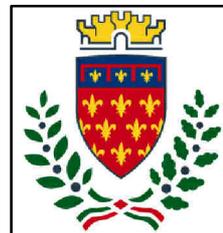




Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



**PFC** Prato  
Forest  
City  
**comune di**  
**PRATO**  
Codice Fiscale: 84006890481

## Progetto

**PNRR - MISSIONE 5 - INCLUSIONE E COESIONE - COMPONENTE 2 - INVESTIMENTO 2.1 "INVESTIMENTI IN PROGETTI DI RIGENERAZIONE URBANA, VOLTI A RIDURRE SITUAZIONI DI EMARGINAZIONE E DEGRADO SOCIALE FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - NEXT GENERATION EU - PROGETTO DI RIGENERAZIONE URBANA RELATIVO A "RIQUALIFICAZIONE VERDE SCOLASTICO PER ATTIVITA' DIDATTICA OPEN AIR"**

## CUP

**C37H21001480001**

## Titolo

Relazione tecnica generale e relazione di calcolo

## Fase

**Progetto Esecutivo**

Servizio	<b>Servizio Urbanistica, Transizione Ecologica e Protezione Civile</b>
Dirigente del servizio	<b>Arch. Pamela Bracciotti</b>
Responsabile Unico del Procedimento	<b>Arch. Michela Brachi</b>

Progettisti delle opere architettoniche

**Arch. Massimo Fabbri - Ing. Alessandro Pazzagli**

Collaborazione

**Arch. Martina Melani - Arch. Gianni Balloni**

Forestazione urbana

**Dott. Agr. Paolo Bellocci - Arch. Antonella Perretta**

Coordinatore della sicurezza in fase di progettazione

**Geom. Andrea Landi**

Progettazione opere strutturali

**Ing. Silvia Paoletti**

Tecnico rilevatore

**Geom. David Cinalli**

Studi Geologici

**Dott. Geol. Luca Aiazzi**

Lotto 6: S02

Scala:

**PNRR - MISSIONE 5 - INCLUSIONE E COESIONE - COMPONENTE 2 - INVESTIMENTO  
2.1 "INVESTIMENTI IN PROGETTI DI RIGENERAZIONE URBANA, VOLTI A RIDURRE  
SITUAZIONI DI EMARGINAZIONE E DEGRADO SOCIALE FINANZIATO DALL'UNIONE  
EUROPEA - NEXT GENERATION EU - PROGETTO DI RIGENERAZIONE URBANA  
RELATIVO A "RIQUALIFICAZIONE VERDE SCOLASTICO PER ATTIVITA' DIDATTICA  
OPEN AIR"**

**RELAZIONE GENERALE E RELAZIONE DI CALCOLO**

**LOTTO 06**

## 1. PREMESSA

La presente relazione tecnica costituisce parte integrante del Progetto Esecutivo relativo ad un intervento più ampio di INCLUSIONE E COESIONE - COMPONENTE 2 - INVESTIMENTO 2.1 "INVESTIMENTI IN PROGETTI DI RIGENERAZIONE URBANA, VOLTI A RIDURRE SITUAZIONI DI EMARGINAZIONE E DEGRADO SOCIALE FINANZIATO DALL'UNIONE EUROPEA - NEXT GENERATION EU - PROGETTO DI RIGENERAZIONE URBANA RELATIVO A "RIQUALIFICAZIONE VERDE SCOLASTICO PER ATTIVITA' DIDATTICA OPEN AIR" da eseguirsi all'intervento del Comune di Prato in resedi esterne di complessi scolastici esistenti.

Gli interventi sono relativi alla realizzazione di manufatti esterni fuori terra di varia natura, geometria e materiali costruttivi che variano a seconda del complesso scolastico considerato.

Trattasi di tettoie, pergolati, strutture coperte e/o scoperte in legno, acciaio e alluminio.

Sono collocate del giardino della scuola o in aree prospicienti l'edificio scolastico.

Gli interventi sono accorpati in vari lotti a seconda della zona di appartenenza e pertanto la presente relazione farà riferimento al lotto interessato ed alle scuole di specifico interesse.

Si riporta a chiarimento il dettaglio dei LOTTI interessati e delle scuole appartenenti nei singoli lotti.

### LOTTO 01

- Nido Ranocchio, via Meucci 6, angolo vicolo del Chiassarello, Prato
- Infanzia Fontanelle, via del Palasaccio, 7 Prato
- Scuola primaria e secondaria I grado statale Ivana Marcocci, via Ardengo Soffici, 30 Prato
- Scuola infanzia statale Paperino, via Giulio Pastore, 5 Prato
- Scuola primaria statale Valeria Crocini, via Fossi del Ferro, 17 Prato
- Scuola infanzia statale Le Badie, via Augusto Righi, 75/A Prato e Scuola primaria statale Le Fonti, via Louis Pasteur, 3 Prato
- Nido Fiore, via Righi, 79 Prato

### LOTTO 02

- Scuola secondaria I grado statale Convevole Da Prato, via Primo Maggio, 40 Prato
- Scuola infanzia statale Tobbiana, via Traversa Pistoiese, 17D Prato
- Scuola primaria statale Agostino Ammannati, via Del Chiasso, 2 Prato
- Scuola primaria statale Leonardo Da Vinci, via di Vergaio, 12 Prato
- Scuola infanzia statale Vergaio, via di Vergaio, 51 Prato
- Scuola primaria statale Laura Poli, via Mauro Miliotti, 4 Prato
- Scuola infanzia statale Cafaggio, via Roma, 317 Prato
- Scuola infanzia e primaria statale Carlo Collodi, via Del Purgatorio, 26 Prato

### LOTTO 03

- Scuola infanzia statale Ferrucci, via Francesco Ferrucci, 416 Prato
- Scuola infanzia statale Il Campino, via Giovanni Amendola, 46 Prato;
- Scuola primaria statale Fabrizio De Andrè, via Gino Capponi, 51 Prato;
- Scuola primaria statale Pizzidimonte, via Mugellese 58/59 Prato
- Nido La Querce, via Firenze 310, Prato;

- Scuola secondaria I grado statale Giovan Battista Mazzoni, via San Silvestro, 11 Prato

#### **LOTTO 04**

- Scuola primaria statale Luca D'Amico, via Visiana, 225 Prato
- Scuola infanzia e primaria statale Gandhi, via Renato Mannocci, 23 Prato
- Infanzia Galciana, Via Valori, 1 Prato
- Infanzia Maliseti, via Cefalonia, 12 e Nido Pan Di Ramerino, via Coppola 10, Prato
- Scuola infanzia e primaria statale Claudio Puddu, via Montalese, 239 Prato

#### **LOTTO 05**

- Scuola primaria statale Virginia Frosini e Scuola secondaria I grado statale Buricchi via Galcianese, 20 Prato
- Scuola infanzia e primaria statale Pietro Mascagni, via Arturo Toscanini, 6 Prato
- Scuola infanzia Statale Borgo e Nido Le Girandole, via San Paolo, 149 Prato
- Nido Borgo, via Paisiello, 2 Prato
- Scuola infanzia Statale Il Pino, via Galcianese, 20 Prato
- Scuola infanzia statale Chiesanuova, Via Enrico Toti, 40/41 Prato
- Scuola primaria statale Ciliani, via Tarò, 56 Prato

#### **LOTTO 06**

- Scuola infanzia e primaria statale Giuseppe Meucci – via Giovanni Marradi, 2 Prato
- Scuola secondaria I grado statale Enrico Fermi, via Evaristo Gherardi, Prato
- Infanzia Galilei via Ada Negri, 57 e Nido Astrolabio, via Bisenzio a San Martino snc, Prato
- Scuola primaria statale Puccini – via Clemente Guerra, 47 Prato
- Scuola infanzia statale Cilianuzzo – via del Cilianuzzo, 10 Prato
- Nido e Infanzia Corridoni, via Corridoni, 15 Prato

Non tutte le scuole appartenenti al Lotto analizzato sono interessata dalla realizzazione dei nuovi manufatti.

La presente relazione è relativa alla descrizione delle opere strutturali che riguardano i manufatto oggetto di nuova realizzazione.

I manufatti sono primariamente distinti in 'opera di minore rilevanza' ai sensi delle NTC 2018 e 'opera priva di rilevanza'.

Le opere di minore rilevanza sono state dimensionate ai sensi delle NTC e per le stesse si procederà ad uno specifico deposito sismico configurato come nuova costruzione.

Le opere prive di rilevanza sono sempre dimensionate ai sensi delle NCT però per le stesse si procederà alla redazione di un fascicolo di calcolo che verrà opportunamente depositato solo presso l'AC.

## 2. LOTTO 06

Il LOTTO 01 accorpa 06 edificio scolastici della zona nord del territorio pratese.

L'intervento strutturale relativo alla realizzazione dei nuovi manufatti si ha solo in 05 degli edifici sopra indicati.

Nel dettaglio

- Scuola infanzia e primaria statale Giuseppe Meucci
- Scuola secondaria I grado statale Enrico Fermi,
- Scuola primaria statale Puccini
- Scuola infanzia statale Cilianuzzo
- Nido e Infanzia Corridoni,

Gli interventi nello specifico analizzati sono i seguenti:

- Scuola infanzia e primaria statale Giuseppe Meucci nel resede scolastico è progettata la realizzazione di una struttura in LEGNO COPERTA dimensioni fuori terra 600x490x300
- Scuola secondaria I grado statale Enrico Fermi, nel resede scolastico è progettata la realizzazione di una STRUTTURA DI ALLUMINIO COPERTA dimensioni fuori terra 600x400x295
- Scuola primaria statale Puccini nel resede scolastico è progettata la realizzazione di una STRUTTURA DI ALLUMINIO COPERTA dimensioni fuori terra 600x400x295
- Scuola infanzia statale Cilianuzzo nel resede scolastico è progettata la realizzazione di una struttura in LEGNO COPERTA dimensioni fuori terra 900x500x300
- Nido e Infanzia Corridoni, nel resede scolastico è progettata la realizzazione di un GAZEBO OTTAGONALE LIGNEO

## DESCRIZIONE STRUTTURALE E RELAZIONE DI CALCOLO DEI MANUFATTI OGGETTO DI PROGETTAZIONE

### 3. STRUTTURA IN LEGNO COPERTA DIMENSIONI FUORI TERRA 600X490X300

Trattasi di una struttura lignea identificabile come gazebo a pianta rettangolare. Il manufatto ha dimensione fuori terra pari a 6.00mlx4.90ml altezza sotto travetto 3.00ml con leggera pendenza della copertura per consentire il regolare deflusso delle acque meteoriche.

Gli elementi portanti della struttura di legno coperta 9600x490 sono 06 pilastri verticali in legno tipo lamellare incollato BS11- GLH24 sezione 18x18, travi perimetrali e di collegamento sempre sezione 18x18 e travicelli di falda sezione 12x12 interasse 77cm con interposto doppio tavolato incrociato . Tutti gli elementi lignei sono in legno lamellare incollato tipo BS11-Glh24.

La fondazione della struttura è formata da una platea sezione 20cm appoggiata su 10 cm di magrone impostato a -40cm rispetto al piano di campagna.

La platea è armata con doppia rete elettrosaldata diam 12mm maglia 20x20.

I pilastri sono vincolati alla platea mediante dei piedini in acciaio regolabili composti da una piastra inferiore tassellata alla platea, un perno di regolazione centrale ed una piastra superiore di appoggio per il pilastro.

L'utilizzo del piede regolabile consente di vincolare il pilastro direttamente alla platea pur permettendo la posa della pavimentazione sotto l'elemento ligneo verticale.

In copertura il tavolato viene posto in opera in aggetto per la realizzazione di una gronda perimetrale di 30cm andante.

La copertura è poi completata con posa di guaina impermeabilizzante, manto e lattonerie.

I collegamenti tra i vari elementi portanti della struttura sono realizzati mediante staffe a scomparsa in acciaio, mentre l'aggancio dei travetti alle travi principali avviene mediante staffe a L.

#### 3.1 RELAZIONE DI CALCOLO

Dal punto di vista strutturale l'intervento si configura come nuova costruzione ai sensi delle NTC 2018.

Il manufatto è stato dimensionato considerando la sovrastruttura incastrata alla base e sollecitata da vento, neve e sisma nelle combinazioni di carico previste dalla normativa.

Le sollecitazioni ricavate poi dalla verifica dinamica della sovrastruttura sono state poi applicate alla platea sottostante per il dimensionamento della stessa e per la verifica della portanza del terreno.

La sovrastruttura è stata dimensionata mediante l'ausilio di un modellatore strutturale Modest e sono stati sulla stessa applicati i carichi neve e vento come da normativa vigente.

Ipotesi progettuali comuni a tutti i manufatti dimensionati sono:

- $q=1$
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi - SCUOLE

**Simbologia**

TCC	=Tipo di combinazione di carico
SLU	= Stato limite ultimo
SLU S	= Stato limite ultimo (azione sismica)
SLE R	= Stato limite d'esercizio, combinazione rara
SLE F	= Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
SLE Q	= Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
SLD	= Stato limite di danno
SLV	= Stato limite di salvaguardia della vita
SLC	= Stato limite di prevenzione del collasso
SLO	= Stato limite di operatività
Ag	=Accelerazione orizzontale massima al sito
FO	=Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
TC*	=Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

TCC	Ag	FO	TC*
SLO	0.5481	2.57	0.26
SLD	0.6588	2.58	0.27
SLV	1.5237	2.40	0.31

- Tipo di opera: Opera ordinaria
- Vita nominale  $V_N$ : 50.00
- Classe d'uso: classe III
- SL Esercizio: SLO-Pvr 81.00, SLD-Pvr 63.00
- SL Ultimi: SLV-Pvr 10.00, SLC-Pvr no
- Classe di duttilità: classe B
- Quota di riferimento: 0.00 <m>
- Altezza della struttura: 2.80 <m>
- Numero piani edificio: 1
- Coefficiente  $\theta$ : 0
- Edificio regolare in altezza: si
- Edificio regolare in pianta: si
- Forze orizzontali convenzionali per stati limite non sismici: 1.00%

**Dati di calcolo**

- Categoria del suolo di fondazione: B
- Tipologia edificio: legno a portali iperstatici in classe B

Coeff. $C_1$	0.05
Periodo $T_1$	0.1082
	3
Coeff. $\lambda$ SLO	1.00
Coeff. $\lambda$ SLD	1.00
Coeff. $\lambda$ SLV	1.00
Rapporto di sovreresistenza ( $\alpha_u/\alpha_1$ )	--

Fattore riduttivo ( $K_w$ ) 1.00  
 Fattore di struttura ( $q$ ) 1.00

- Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$
- Coeff. amplificazione topografica: 1.00
- Fattore di struttura per sisma verticale ( $q_v$ ): 1.50
- Modi da calcolare: 3
- Modi da considerare: tali da movimentare una percentuale di massa pari a 85.00%
- Smorzamento spettro: 5.00

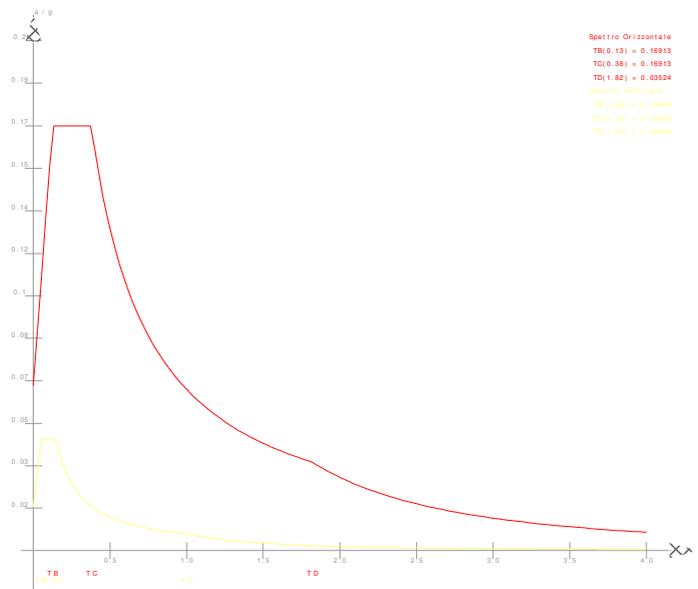


Figura numero 1: Spettro allo SLO

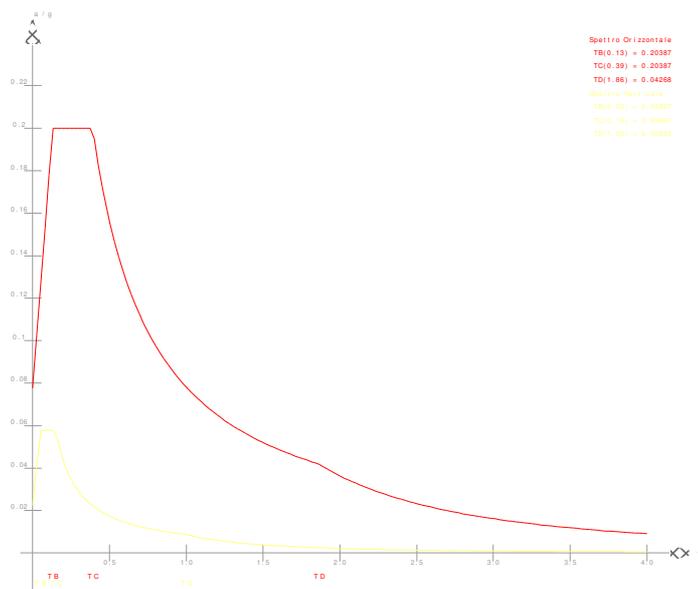


Figura numero 2: Spettro allo SLD

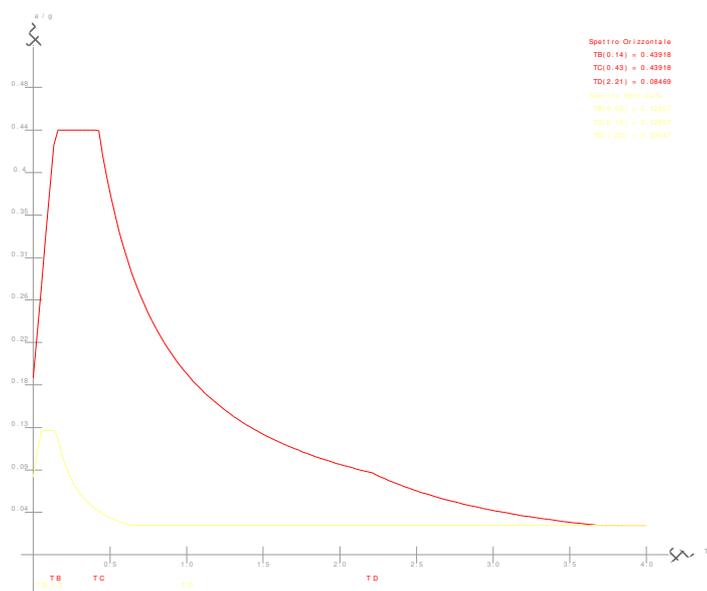
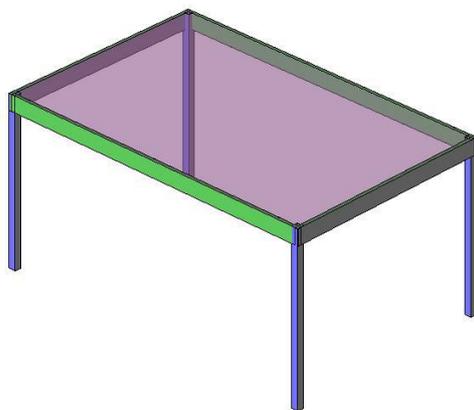


Figura numero 3: Spettro allo SLV

- Angolo di ingresso del sisma: 0.00 <grad>



### 3.2 RELAZIONE SUI MATERIALI

**Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata:**

Tensione di snervamento:

**B450C**

$$f_{yk} \geq 4500 \text{ Kg/cm}^2$$

**Conglomerato cementizio armato per strutture di fondazione:**

**C28/35**

Classe di consistenza S4, Dimensione max inerte < 24 mm  
 Resistenza di progetto a compressione:  $f_{cd} = 158.7 \text{ Kg/cm}^2$   
 Resistenza di progetto a trazione:  $f_{ctd} = 12.9 \text{ Kg/cm}^2$   
 Classe di esposizione XC2  
 Da tabella 4.1.III delle NTC condizioni ambientali ordinarie: copriferro  $\geq 25 \text{ mm}$

**Acciaio da carpenteria**

Tutti gli elementi dovranno avere un modulo di elasticità non inferiore a 206000 N/mmq.

**Profilati, larghi piatti, barre e lamiere**

**Acciaio tipo S 235** con le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento  $\geq 235 \text{ N/mmq}$   
 Tensione di rottura a trazione  $\geq 390 \text{ N/mmq}$   
 Allungamento percentuale a rottura per lamiere  $\geq 24\%$   
 Allungamento percentuale a rottura per barre, laminati, profilati e larghi piatti  $\geq 26\%$

**Bulloneria**

Classe 4.6

**LEGNO LAMELLARE**

Valori caratteristici delle proprietà di resistenza e rigidità espressi in N/mm2 e delle masse volumiche in kg/m3.

Classe di resistenza del legno lamellare		GL 24h	GL 28c	GL 32c
Resistenza alla flessione	$f_{m,g,k}$	24	28	36
Resistenza alla trazione	$f_{t,0,g,k}$	16,5	16,5	19
	$f_{t,90,g,k}$	0,5		
Resistenza alla pressione	$f_{c,0,g,k}$	24	24	26,5
	$f_{c,90,g,k}$	2,7	2,7	3,0
Resistenza al taglio	$f_{v,g,k}^{a)}$	2,5		
Modulo di elasticità	$E_{0,g,mean}^{c)}$	11.600	12.600	13.700
	$E_{90,g,mean}^{c)}$	390	390	420
Modulo di taglio	$G_{g,mean}^{b)c)}$	720	720	780
Masse volumiche	$\rho_{g,k}$	380	380	410

a) La resistenza caratteristica al taglio perpendicolare alla fibratura  $f_{g,R,k}$  può essere calcolata per tutte le classi di resistenza a  $1,0 \text{ N/mm}^2$ .  
 b) Il modulo di taglio relativo alla sollecitazione del taglio perpendicolare alla fibratura dev'essere assunto con  $G_{R,k} = 0,10 G_{g,mean}$   
 c) Per i valori caratteristici di riferimento di rigidità  $E_{g,0,05}$ ;  $E_{g,90,0,05}$  e  $G_{g,0,05}$  valgono i valori di calcolo  $E_{g,0,0,05} = 5/6 E_{g,0,mean}$ ;  $E_{g,90,0,05} = 5/6 E_{g,90,mean}$ ;  $G_{g,0,05} = 5/6 G_{g,mean}$

DIN 1052-1/A1: 1996-10	DIN 1052: 2008-10
BS 11	GL 24h1) GL 24c2)
BS 14	GL 28h1)

	GL 28c2)
BS 16	GL 32h1) GL 32c2)
BS 18	GL 36h1) GL 36c2)
1) h = struttura omogenea 2) c = struttura combinata	

### 3.3 RELAZIONE DI FONDAZIONE

Di seguito si procede al calcolo della tensione trasmessa dalla struttura astiforme a alla platea di fondazione.

Dall'analisi delle reazioni vincolari alla base di ciascun elemento portante verticale si procede al dimensionamento della platea di fondazione ed al calcolo della tensione massima trasmessa da questa al terreno sottostante.

Si è proceduto ad una doppia verifica: la verifica STRU della platea e la verifica GEO con la quale si è ricavato il valore del carico massimo sul terreno da confrontare con il carico limite indicato nella relazione geologico-tecnica allegata alla presente pratica.

#### Reazioni vincolari

##### Simbologia

Nodo	=	Numero del nodo
Rx	=	Reazione vincolare (forza) in dir. X
CC	=	Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
Ry	=	Reazione vincolare (forza) in dir. Y
Rz	=	Reazione vincolare (forza) in dir. Z
Mx	=	Reazione vincolare (momento) intorno all'asse X
My	=	Reazione vincolare (momento) intorno all'asse Y
Mz	=	Reazione vincolare (momento) intorno all'asse Z

Nodo	Rx	CC	Ry	CC	Rz	CC	Mx	CC	My	CC	Mz	CC
	<kg>		<kg>		<kg>		<kgm>		<kgm>		<kgm>	
1 Max	270.43	13	459.06	7	697.59	13	315.65	19	414.39	13	4.41	13
1 Min.	-265.73	1	-128.38	19	33.20	25	-621.63	7	-410.08	1	-4.41	1
2 Max	348.82	13	545.76	19	1044.11	7	169.95	7	486.93	13	4.41	13
2 Min.	-348.85	1	10.74	7	683.45	31	-684.89	19	-486.99	1	-4.41	1
3 Max	258.83	13	458.83	19	691.09	1	315.83	7	403.66	13	4.41	13
3 Min.	-263.48	1	-128.58	7	33.37	26	-621.42	19	-408.00	1	-4.41	1
5 Max	270.43	1	128.38	7	697.59	1	621.63	19	414.39	1	4.41	13
5 Min.	-265.73	13	-459.06	19	22.88	25	-315.65	7	-410.08	13	-4.41	1
<b>6 Max</b>	<b>348.82</b>	<b>1</b>	<b>-10.74</b>	<b>19</b>	<b>1044.11</b>	<b>19</b>	<b>684.89</b>	<b>7</b>	<b>486.93</b>	<b>1</b>	<b>4.41</b>	<b>13</b>
6 Min.	-348.85	13	-545.76	7	676.56	32	-169.95	19	-486.99	13	-4.41	1

**VERIFICA GEO DELLA PLATEA**

APPROCCIO 2 (A1 + M1 + R3)

azioni incrementate, parametrici geotecnici invariati, resistenze ridotte

GammaG1 (*)	1,3	gammaM
GammaG2 (*)	1,5	gammaR
GammaQ (*)	1,5	Kh sismico

**VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEOTECNICO**

**CALCOLO DEL CARICO LIMITE INSIEME FONDAZIONE-TERRENO**

**Dati terreno**

angolo d'attrito fi	gradi	25
peso specifico 1	t/mc	1,70
peso specifico 2	t/mc	1,80
coesione c'	t/mq	0,00
inclinazione del pendio	gradi	0 ok
profondità della falda dw	m	100
tipo di terreno	C/A	PD

**Geometria fondazione**

profondità di posa D	m	0,45
base B	m	1,00
lunghezza L (L>B)	m	1,00
eccentricità Eb	m	0,00
eccentricità El	m	0,00
inclinazione del carico effettiva	gradi	0,00

**Dati di calcolo**

inclinazione del carico sismica	gradi	3,60
inclinazione del carico totale	gradi	3,60487
B" (= B o B')	m	1
L" (= L o L')	m	1
c" (= c o c*)	t/mq	0,00
fi" (= fi o fi*)	gradi	25
Nq		10,66
Ng		10,88
Nc		20,72
fq		1,466
fg		0,600
fc		1,514
iq		0,960
ig		0,856
ic		0,960
eq		1,000
eg		1,000
ec		1,000

**Risultati**

qlim	t/mq	17
gammaR		1,00
<b>qRd</b>	<b>t/mq</b>	<b>17</b>
kwinkler	DaN/cm3	0,66

<b>PLATEA</b>					
<b>GEOMETRIA</b>					
Dimensioni	(cm)	<b>bx</b>	<b>by</b>	<b>Bx</b>	<b>By</b>
		18	18	45	45
H plinto	(cm)	20			
copriferro	(cm)	3			
d	(cm)	<b>17</b>			
<b>SOLLECITAZIONI - MATERIALI</b>					
Azioni agenti SLU (KN-KNm)		<b>Nsd</b>	<b>Msd x</b>	<b>Msd<sub>y</sub></b>	
		10,45	6,85	4,87	
<b>PRESSIONI</b>					
Pressioni sul terreno	MPa	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\sigma_4$
		<b>0,906</b>	<b>0,179</b>	<b>-0,116</b>	<b>-0,843</b>

La verifica geo risulta soddisfatta in quanto  $0.91 < 1.70$ .

### VERIFICA STRU DELLA PLATEA

Si considera una sezione della platea 40x40x20 in corrispondenza della quale vengono trasmesse le reazioni vincolari dei pilastri e si procede alla verifica geo della sezione.

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo: \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,14	3
2	3,14	17

Tipologia Sezione:  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.  
 DXF

File

Metodo di calcolo:  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

Tipologia flessione:  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub>  cm Col. modello

M-curvatura

Precompresso

Materiali

B450C C28/35

ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 15,87  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 11  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6667  
 τ<sub>c1</sub> 1,971

M<sub>xRd</sub> 20,59 kN m

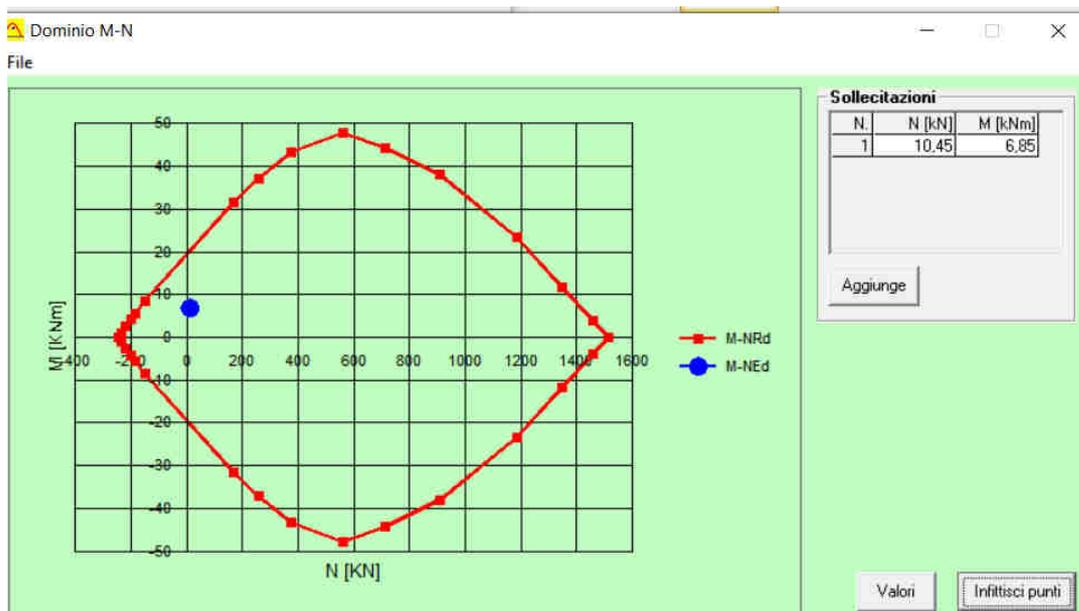
σ<sub>c</sub> -15,87 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 17,47 ‰  
 d 17 cm  
 x 2,837 x/d 0,1669  
 ϕ 0,7

Solecitazioni S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 10,45 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 6,85 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 4,87 0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN  yN

Tipologia rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato



### 3.4 RELAZIONE DI CALCOLO

#### ANALISI DEI CARICHI

L' **ANALISI DEI CARICHI** per la determinazione delle forze statiche agenti sulla struttura in esame è stata effettuata in modo tale da pervenire alle condizioni più gravose nei confronti delle verifiche da effettuare.

I carichi d'esercizio assunti a base dei calcoli, oltre il peso proprio delle strutture portanti ed ai sovraccarichi permanenti conformemente alla destinazione specifica dei locali ed a quelli stabiliti dalle NTC 2018 sono stati i seguenti:

#### CARICHI VERTICALI DISTRIBUITI – STATO di PROGETTO

G+QPS+QPN		25	Kg/mq
VENTO	SOPR	27	Kg/mq
VENTO	SOTT	54	Kg/mq
CARICO NEVE	Qacc	80	Kg/mq

La determinazione delle caratteristiche della sollecitazione provocate nelle strutture è stata effettuata con i **METODI DELLA SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**, basati sull'ipotesi dell'elasticità lineare dei materiali e cumulando le condizioni di carico nel modo più sfavorevole.

Tutte le verifiche di resistenza del legno sono state eseguite con l'applicazione del **METODO DEGLI STATI LIMITE** , tenendo conto delle condizioni più gravose possibili di carico.

Le caratteristiche delle azioni sollecitanti ricavate in base alle combinazioni, secondo quanto stabilito al **p.to 2.5.3 del D.M. 17.01.2018** risultano inferiori alle azioni resistenti per tutti gli stati limite previsti dal suddetto decreto

#### SLU - Combinazione fondamentale

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

#### SLE - Combinazione caratteristica (rara) – per tensioni ammissibili

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

#### SLE - Combinazione frequente - reversibili

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

#### SLE - Combinazione quasi permanente – a lungo termine

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

#### SLU – SLE - Combinazione sismica

$$G_1 + G_2 + P + E + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

#### SLU - Combinazione eccezionale

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

In carichi sopra definiti, una volta definiti e assegnati, vengono combinati (par. 2.5.3) a seconda della categoria dell'azione variabile, e fattorizzati (par. 2.6) a seconda che l'azione che esercita il carico sulla struttura sia a vantaggio o a svantaggio di sicurezza, come riportato nelle seguenti tabelle.

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0.7	0.5	0.3
Categoria B – Uffici	0.7	0.5	0.3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0.7	0.7	0.6
Categoria D – Ambienti d uso commerciale	0.7	0.7	0.6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti industriali	1.0	0.9	0.8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0.7	0.7	0.6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0.7	0.5	0.3
Categoria H – coperture accessibili per sola manutenzione	0.0	0.0	0.0
Categoria I – coperture praticabili	<i>Da valutarsi caso per caso</i>		
Categoria K – coperture per usi speciali (impianti, eliporti...)	<i>caso</i>		
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

**Tab. 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione**

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qj}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

<sup>(1)</sup> per i carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti si possono utilizzare gli stessi coefficienti dei carichi permanenti

**Tab. 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

Nel modello strutturale , non avendo considerato la copertura come elemento rigido per la ripartizione dei carichi, le sollecitazioni sono state applicate direttamente sui vari elementi strutturali in funzione della propria area di influenza.

### 3.5 FASCICOLO DI CALCOLO

Ciascun elemento strutturale ligneo è stato dimensionato considerando le sollecitazioni ricavate dalla risoluzione dello schema statico.

Si riporta di seguito la tabella delle sollecitazioni agenti e la verifica del elementi principali più sollecitati secondo le NTC 2018.

Sollecitazioni aste

Sollecitazioni aste

Simbologia

Asta	=	Numero dell'asta
------	---	------------------

N1	=	Nodo1
N2	=	Nodo2
X	=	Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale
N	=	Sforzo normale
CC	=	Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
Ty	=	Taglio in dir. Y
Mz	=	Momento flettente intorno all'asse Z
Tz	=	Taglio in dir. Z
My	=	Momento flettente intorno all'asse Y
Mx	=	Momento torcente intorno all'asse X

Asta	N1	N2	X	N	CC	Ty	CC	Mz	CC	Tz	CC	My	CC	Mx	CC
			<cm>	<kg>		<kg>		<kgm>		<kg>		<kgm>		<kgm>	
1	1	101 Max	0.00	-33.20	25	459.06	7	315.65	19	265.73	1	414.39	13	4.41	1
1	1	101 Max	264.00	-5.02	25	459.06	7	590.28	7	265.73	1	291.46	1	4.41	1
1	1	101 Min.	0.00	-697.59	13	-128.38	19	-621.63	7	-270.43	13	-410.08	1	-4.41	13
1	1	101 Min.	264.00	-675.91	13	-128.38	19	-23.28	19	-270.43	13	-299.53	13	-4.41	13
2	2	102 Max	0.00	-683.45	31	545.76	19	169.95	7	348.85	1	486.93	13	4.41	1
2	2	102 Max	264.00	-661.77	31	545.76	19	755.91	19	348.85	1	433.98	1	4.41	1
<b>2</b>	<b>2</b>	<b>102 Min.</b>	<b>0.00</b>	<b>-1044.11</b>	<b>7</b>	<b>10.74</b>	<b>7</b>	<b>-684.89</b>	<b>19</b>	<b>-348.82</b>	<b>13</b>	<b>-486.99</b>	<b>1</b>	<b>-4.41</b>	<b>13</b>
2	2	102 Min.	264.00	-1022.42	7	10.74	7	198.30	7	-348.82	13	-433.94	13	-4.41	13
3	3	103 Max	0.00	-33.37	26	458.83	19	315.83	7	263.48	1	403.66	13	4.41	1
3	3	103 Max	264.00	-5.19	26	458.83	19	589.88	19	263.48	1	287.60	1	4.41	1
3	3	103 Min.	0.00	-691.09	1	-128.58	7	-621.42	19	-258.83	13	-408.00	1	-4.41	13
3	3	103 Min.	264.00	-669.41	1	-128.58	7	-23.61	7	-258.83	13	-279.65	13	-4.41	13
5	5	105 Max	0.00	-22.88	25	128.38	7	621.63	19	265.73	13	414.39	1	4.41	1
5	5	105 Max	50.81					-3.34	30			9.40	30		
5	5	105 Max	264.00	5.31	25	128.38	7	23.28	7	265.73	13	291.46	13	4.41	1
5	5	105 Min.	0.00	-697.59	1	-459.06	19	-315.65	7	-270.43	1	-410.08	13	-4.41	13
5	5	105 Min.	50.81					-3.34	29			-7.27	29		
5	5	105 Min.	264.00	-675.91	1	-459.06	19	-590.28	19	-270.43	1	-299.53	1	-4.41	13
6	6	106 Max	0.00	-676.56	32	-10.74	19	684.89	7	348.85	13	486.93	1	4.41	1
6	6	106 Max	264.00	-654.88	32	-10.74	19	-198.30	19	348.85	13	433.98	13	4.41	1
6	6	106 Min.	0.00	-1044.11	19	-545.76	7	-169.95	19	-348.82	1	-486.99	13	-4.41	13
6	6	106 Min.	264.00	-1022.42	19	-545.76	7	-755.91	7	-348.82	1	-433.94	1	-4.41	13
101	101	102 Max	15.00	0.00	1	0.00	19	0.00	7	205.13	13	303.50	1	-23.92	13
101	101	102 Max	93.66									8.61	25		
101	101	102 Max	292.50	0.00	1	0.00	19	0.00	19	180.82	13	226.66	13	-23.92	13
101	101	102 Min.	15.00	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-183.34	1	-308.86	13	-60.29	25
101	101	102 Min.	126.00									4.02	39		
101	101	102 Min.	292.50	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-207.65	1	-238.99	1	-60.29	25
101	102	103 Max	7.50	0.00	1	0.00	19	0.00	7	201.18	13	220.87	1	59.15	25
101	102	103 Max	201.98									8.47	26		
101	102	103 Max	292.50	0.00	1	0.00	19	0.00	19	176.22	13	304.64	13	59.15	25
101	102	103 Min.	7.50	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-174.33	1	-233.16	13	23.46	1
101	102	103 Min.	160.75									4.15	39		
101	102	103 Min.	292.50	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-199.30	1	-311.56	1	23.46	1
102	105	106 Max	15.00	0.00	1	0.00	19	0.00	7	205.13	1	303.50	13	60.29	25
102	105	106 Max	93.66									8.61	25		
102	105	106 Max	292.50	0.00	1	0.00	19	0.00	19	180.82	1	226.66	1	60.29	25
102	105	106 Min.	15.00	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-183.34	13	-308.86	1	23.92	1
102	105	106 Min.	126.00									4.02	39		
102	105	106 Min.	292.50	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-207.65	13	-238.99	13	23.92	1

102	106	107	Max	7.50	0.00	1	0.00	19	0.00	7	201.18	1	220.87	13	-23.46	13
102	106	107	Max	201.98									8.47	26		
102	106	107	Max	292.50	0.00	1	0.00	19	0.00	19	176.22	1	304.64	1	-23.46	13
102	106	107	Min.	7.50	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-174.33	13	-233.16	1	-59.15	25
102	106	107	Min.	160.75									4.15	39		
102	106	107	Min.	292.50	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-199.30	13	-311.56	13	-59.15	25
103	101	105	Max	15.00	0.00	1	0.00	13	0.00	1	556.34	7	110.34	19	3.07	13
103	101	105	Max	165.51									313.94	19		
103	101	105	Max	475.00	0.00	1	0.00	13	0.00	13	21.26	28	110.34	7	3.07	13
103	101	105	Min.	15.00	0.00	1	0.00	1	0.00	13	-10.93	27	-546.97	7	-3.07	1
103	101	105	Min.	220.82									14.52	31		
103	101	105	Min.	475.00	0.00	1	0.00	1	0.00	1	-556.34	19	-546.97	19	-3.07	1
104	102	106	Max	15.00	0.00	1	0.00	13	0.00	1	938.02	7	-149.43	19	1.29	13
104	102	106	Max	282.42									500.97	7		
104	102	106	Max	475.00	0.00	1	0.00	13	0.00	13	-587.37	32	-149.43	7	1.29	13
104	102	106	Min.	15.00	0.00	1	0.00	1	0.00	13	594.26	31	-753.27	7	-1.29	1
104	102	106	Min.	244.10									341.37	31		
<b>104</b>	<b>102</b>	<b>106</b>	<b>Min.</b>	<b>475.00</b>	<b>0.00</b>	<b>1</b>	<b>0.00</b>	<b>1</b>	<b>0.00</b>	<b>1</b>	<b>-938.02</b>	<b>19</b>	<b>-753.27</b>	<b>19</b>	<b>-1.29</b>	<b>1</b>
105	103	107	Max	15.00	0.00	1	0.00	13	0.00	1	556.35	19	110.25	7	3.22	13
105	103	107	Max	165.50									313.83	7		
105	103	107	Max	475.00	0.00	1	0.00	13	0.00	13	21.26	28	110.25	19	3.22	13
105	103	107	Min.	15.00	0.00	1	0.00	1	0.00	13	-10.93	27	-547.12	19	-3.22	1
105	103	107	Min.	220.84									14.33	31		
105	103	107	Min.	475.00	0.00	1	0.00	1	0.00	1	-556.35	7	-547.12	7	-3.22	1

## PILASTRO 18X18

### CARATTERISTICHE DEL LEGNO

Coefficiente di sicurezza per il materiale	$\gamma_m$	<b>1,35</b>	
Coefficiente $k_{mod}$	$K_{mod}$	<b>0,60</b>	
		<b>BS11</b>	
Flessione	$f_{m,k}$	<b>24,00</b>	[MPa]
Trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	<b>19,20</b>	[MPa]
Trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	<b>0,50</b>	[MPa]
Compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	<b>24,00</b>	[MPa]
Compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	<b>2,50</b>	[MPa]
Taglio	$f_{v,k}$	<b>3,50</b>	[MPa]
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	<b>11,50</b>	[MPa]
Modulo parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	<b>9,60</b>	[MPa]
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	<b>0,30</b>	[MPa]
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	<b>0,65</b>	[MPa]
Caratteristiche di sollecitazione	$\gamma_{a/g}$	<b>1,00</b>	

### CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RETTANGOLARE E DELL'ASTA

Base della sezione	b	<b>180</b>	[mm]
Altezza della sezione	h	<b>180</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	$L_{0y}$	<b>2800</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	$L_{0z}$	<b>2800</b>	[mm]

Distanza tra i ritegni torsionali	$L_{LT}$	<b>2800</b>	[mm]
Area della sezione	$A$	32400	[mm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia y - y	$I_y$	87480000	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia z - z	$I_z$	87480000	[mm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza y - y	$W_y$	972000	[mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza z - z	$W_z$	972000	[mm <sup>3</sup> ]
Raggio d'inerzia y	$i_y$	51,96	[mm]
Raggio d'inerzia z	$i_z$	51,96	[mm]
Snellezze dell'elemento	$\lambda_y$	53,89	[-]
	$\lambda_z$	53,89	[-]
Tensioni critiche euleriane	$\sigma_{c,crit,y}$	32,63	[MPa]
	$\sigma_{c,crit,z}$	32,63	[MPa]
Snellezze relative dell'elemento	$\lambda_{rel,y}$	0,858	[-]
	$\lambda_{rel,z}$	0,858	[-]
Coefficienti di stabilità	$\beta_c$	<b>0,20</b>	[-]
	$k_y$	0,924	[-]
	$k_z$	0,924	[-]
	$k_{c,y}$	0,790	[-]
	$k_{c,z}$	0,790	[-]
<b>Tensioni limite di calcolo</b>	<b><math>k_{c,y}f_{c,0,d}</math></b>	<b>8,42</b>	<b>[MPa]</b>
	<b><math>k_{c,z}f_{c,0,d}</math></b>	<b>8,42</b>	<b>[MPa]</b>

<b>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TENSOFFLESSIONE - TAGLIO</b>		<b>SLU</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>
Massima forza di compressione	$N_{c,sd}$	10,45 [kN]	<b>10,45</b>
Massima forza di trazione	$N_{t,sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massimo momento flettente	$M_{sd}$	6,85 [kNm]	<b>6,85</b>
Massimo taglio	$V_{sd}$	3,50 [kN]	<b>3,50</b>
Tensione massima di compressione	$\sigma_{c,0,d} = N_{c,sd}/A$	0,32 [MPa]	
Tensione massima di trazione	$\sigma_{t,0,d} = N_{t,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima a flessione	$\sigma_{m,y,d} = M_{sd}/W_y$	7,05 [MPa]	
Tensione tangenziale massima	$\tau_d = 1,5 V_{sd}/(b h)$	0,16 [MPa]	
<b>Tasso di lavoro in compressione</b>	<b><math>\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}]</math></b>	<b>0,04 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro in trazione</b>	<b><math>\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}</math></b>	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a flessione</b>	<b><math>\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}</math></b>	<b>0,66 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	<b><math>\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}</math></b>	<b>0,70 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a taglio</b>	<b><math>\tau_d/f_{v,d}</math></b>	<b>0,10 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>VERIFICA DI FLESSO TORSIONE</b>			
Momento d'inerzia torsionale	$I_t$	349920000 [mm <sup>4</sup> ]	
Tensione critica flessione torsionale	$\sigma_{m,crit}$	426,38 [MPa]	
Snellezza relativa a flessione torsione	$\lambda_{rel,m}$	0,237 [-]	

Coefficiente di svergolamento	$k_{crit,m}$	1,000	[-]	
<b>Tasso di lavoro a flessione semplice</b>	$\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}]$		[-]	
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min} f_{c,0,d}] + (\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}])^2$		[-]	

TRAVE 18X18

<b>CARATTERISTICHE DEL LEGNO</b>			
Coefficiente di sicurezza per il materiale	$\gamma_m$	<b>1,35</b>	
Coefficiente $k_{mod}$	$k_{mod}$	<b>0,60</b>	
		<b>BS11</b>	
Flessione	$f_{m,k}$	<b>24,00</b>	[MPa]
Trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	<b>19,20</b>	[MPa]
Trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	<b>0,50</b>	[MPa]
Compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	<b>24,00</b>	[MPa]
Compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	<b>2,50</b>	[MPa]
Taglio	$f_{v,k}$	<b>3,50</b>	[MPa]
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	<b>11,50</b>	[MPa]
Modulo parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	<b>9,60</b>	[MPa]
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	<b>0,30</b>	[MPa]
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	<b>0,65</b>	[MPa]
Caratteristiche di sollecitazione	$\gamma_{a/g}$	<b>1,00</b>	
<b>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RETTANGOLARE E DELL'ASTA</b>			
Base della sezione	$b$	<b>180</b>	[mm]
Altezza della sezione	$h$	<b>180</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	$L_{0y}$	<b>4400</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	$L_{0z}$	<b>4400</b>	[mm]
Distanza tra i ritegni torsionali	$L_{LT}$	<b>4400</b>	[mm]
Area della sezione	$A$	32400	[mm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia y - y	$I_y$	87480000	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia z - z	$I_z$	87480000	[mm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza y - y	$W_y$	972000	[mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza z - z	$W_z$	972000	[mm <sup>3</sup> ]
Raggio d'inerzia y	$i_y$	51,96	[mm]
Raggio d'inerzia z	$i_z$	51,96	[mm]
Snellezze dell'elemento	$\lambda_y$	84,68	[-]
	$\lambda_z$	84,68	[-]
Tensioni critiche euleriane	$\sigma_{c,crit,y}$	13,21	[MPa]
	$\sigma_{c,crit,z}$	13,21	[MPa]
Snellezze relative dell'elemento	$\lambda_{rel,y}$	1,348	[-]
	$\lambda_{rel,z}$	1,348	[-]

Coefficients di stabilità	$\beta_c$	<b>0,20</b>	[-]
	$k_y$	1,513	[-]
	$k_z$	1,513	[-]
	$k_{c,y}$	0,454	[-]
	$k_{c,z}$	0,454	[-]
<b>Tensioni limite di calcolo</b>	$k_{c,y}f_{c,0,d}$	<b>4,85</b>	<b>[MPa]</b>
	$k_{c,z}f_{c,0,d}$	<b>4,85</b>	<b>[MPa]</b>

<b>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TENSOFFLESSIONE - TAGLIO</b>		<b>SLU</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>
Massima forza di compressione	$N_{c,sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massima forza di trazione	$N_{t,sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massimo momento flettente	$M_{sd}$	7,60 [kNm]	<b>7,60</b>
Massimo taglio	$V_{sd}$	9,40 [kN]	<b>9,40</b>
Tensione massima di compressione	$\sigma_{c,0,d} = N_{c,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima di trazione	$\sigma_{t,0,d} = N_{t,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima a flessione	$\sigma_{m,y,d} = M_{sd}/W_y$	7,82 [MPa]	
Tensione tangenziale massima	$\tau_d = 1,5 V_{sd}/(b h)$	0,44 [MPa]	
<b>Tasso di lavoro in compressione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}]$	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro in trazione</b>	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a flessione</b>	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,73 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,73 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a taglio</b>	$\tau_d/f_{v,d}$	<b>0,28 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>VERIFICA DI FLESSO TORSIONE</b>			
Momento d'inerzia torsionale	$I_t$	349920000 [mm <sup>4</sup> ]	
Tensione critica flessione torsionale	$\sigma_{m,crit}$	271,33 [MPa]	
Snellezza relativa a flessione torsione	$\lambda_{rel,m}$	0,297 [-]	
Coefficiente di svergolamento	$k_{crit,m}$	1,000 [-]	
<b>Tasso di lavoro a flessione semplice</b>	$\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}]$	<b>[-]</b>	
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + (\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}])^2$	<b>[-]</b>	

Arcareccio 12x12

### **CARATTERISTICHE DEL LEGNO**

Coefficiente di sicurezza per il materiale	$\gamma_m$	<b>1,35</b>	
Coefficiente $k_{mod}$	$K_{mod}$	<b>0,60</b>	
		<b>BS11</b>	
Flessione	$f_{m,k}$	<b>24,00</b>	[MPa]
Trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	<b>19,20</b>	[MPa]
Trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	<b>0,50</b>	[MPa]

Compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	<b>24,00</b>	[MPa]
Compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	<b>2,50</b>	[MPa]
Taglio	$f_{v,k}$	<b>3,50</b>	[MPa]
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	<b>11,50</b>	[MPa]
Modulo parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	<b>9,60</b>	[MPa]
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	<b>0,30</b>	[MPa]
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	<b>0,65</b>	[MPa]
Caratteristiche di sollecitazione	$\gamma_{a/g}$	<b>1,00</b>	
<b>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RETTANGOLARE E DELL'ASTA</b>			
Base della sezione	$b$	<b>120</b>	[mm]
Altezza della sezione	$h$	<b>120</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	$L_{0y}$	<b>2500</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	$L_{0z}$	<b>2500</b>	[mm]
Distanza tra i ritegni torsionali	$L_{LT}$	<b>2500</b>	[mm]
Area della sezione	$A$	14400	[mm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia y - y	$I_y$	17280000	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia z - z	$I_z$	17280000	[mm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza y - y	$W_y$	288000	[mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza z - z	$W_z$	288000	[mm <sup>3</sup> ]
Raggio d'inerzia y	$i_y$	34,64	[mm]
Raggio d'inerzia z	$i_z$	34,64	[mm]
Snellezze dell'elemento	$\lambda_y$	72,17	[-]
	$\lambda_z$	72,17	[-]
Tensioni critiche euleriane	$\sigma_{c,crit,y}$	18,19	[MPa]
	$\sigma_{c,crit,z}$	18,19	[MPa]
Snellezze relative dell'elemento	$\lambda_{rel,y}$	1,149	[-]
	$\lambda_{rel,z}$	1,149	[-]
Coefficienti di stabilità	$\beta_c$	<b>0,20</b>	[-]
	$k_y$	1,245	[-]
	$k_z$	1,245	[-]
	$k_{c,y}$	0,580	[-]
	$k_{c,z}$	0,580	[-]
<b>Tensioni limite di calcolo</b>	$k_{c,y}f_{c,0,d}$	<b>6,19</b>	<b>[MPa]</b>
	$k_{c,z}f_{c,0,d}$	<b>6,19</b>	<b>[MPa]</b>

<b>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TENSOFFLESSIONE - TAGLIO</b>		<b>SLU</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>
Massima forza di compressione	$N_{c,Sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massima forza di trazione	$N_{t,Sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massimo momento flettente	$M_{Sd}$	1,60 [kNm]	<b>1,60</b>
Massimo taglio	$V_{Sd}$	2,10 [kN]	<b>2,10</b>

Tensione massima di compressione	$\sigma_{c,0,d} = N_{c,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima di trazione	$\sigma_{t,0,d} = N_{t,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima a flessione	$\sigma_{m,y,d} = M_{sd}/W_y$	5,56 [MPa]	
Tensione tangenziale massima	$\tau_d = 1,5 V_{sd}/(b h)$	0,22 [MPa]	
<b>Tasso di lavoro in compressione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}]$	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro in trazione</b>	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a flessione</b>	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,52 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,52 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a taglio</b>	$\tau_d/f_{v,d}$	<b>0,14 [-]</b>	<b>SI</b>
<b><u>VERIFICA DI FLESSO TORSIONE</u></b>			
Momento d'inerzia torsionale	$I_t$	6912000 0 [mm <sup>4</sup> ]	
Tensione critica flessione torsionale	$\sigma_{m,crit}$	318,36 [MPa]	
Snellezza relativa a flessione torsione	$\lambda_{rel,m}$	0,275 [-]	
Coefficiente di svergolamento	$k_{crit,m}$	1,000 [-]	
<b>Tasso di lavoro a flessione semplice</b>	$\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}]$	<b>[-]</b>	
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + (\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}])^2$	<b>[-]</b>	

#### **4        STRUTTURA DI ALLUMINIO COPERTA**

La tipologia di pergola prevista nel progetto è riconducibile ad un modello esistente sul mercato definita Eclettica.

Trattasi di una struttura con profili estrusi di alluminio ideale per proteggersi dal sole e dalla pioggia o attività scolastica all'aperto e quant'altro attività come relax, picnic, parchi giochi e socializzazione all'aperto. La struttura ha un ingombro fuori terra pari a 600x400 con altezza sotto trave pari a 2.95ml dal pavimento.

E' composta da 4 pilastri ciascuno composto da un profilo estruso di alluminio EN AW- 6005 A – T6.

I pilastri sono realizzati mediante profili estrusi in alluminio a forma quadrata dimensioni esterne 130x130 collegati alla base da piastre a scomparsa.

In testa i pilastri sono collegati da travi principali sagomate ingombro massimo della sezione 130x260 provviste già di canala per la raccolta delle acque.

La falda della struttura è poi realizzata mediante arcarecci sempre in profili estrusi di alluminio sezioni 80x52

La fondazione della struttura è realizzata mediante platea gettata in opera opportunamente dimensionata. Gli elementi verticali del gazebo sono vincolati alla platea di base mediante piastre di ancoraggio a scomparsa come da dettaglio esecutivo allegato.

I nodi di collegamento tra gli elementi sono semplici appoggi.

#### 4.1 RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURA DI ALLUMINIO

Dal punto di vista strutturale l'intervento si configura come nuova costruzione ai sensi delle NTC 2018.

Il manufatto è stato dimensionato considerando la sovrastruttura incastrata alla base e sollecitata da vento, neve e sisma nelle combinazioni di carico previste dalla normativa.

Le sollecitazioni ricavate poi dalla verifica dinamica della sovrastruttura sono state poi applicate alla platea sottostante per il dimensionamento della stessa e per la verifica della portanza del terreno.

La sovrastruttura è stata dimensionata mediante l'ausilio di un modellatore strutturale Modest e sono stati sulla stessa applicati i carichi neve e vento come da normativa vigente.

Ipotesi progettuali comuni a tutti i manufatti dimensionati sono:

- $q=1$
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi - SCUOLE

##### Simbologia

TCC = Tipo di combinazione di carico

SLU = Stato limite ultimo

SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)

SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara

SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente

SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente

SLD = Stato limite di danno

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso

SLO = Stato limite di operatività

$A_g$  = Accelerazione orizzontale massima al sito

FO = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

TC\* = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

TCC	$A_g$	FO	TC*
SLO	0.5764	2.55	0.27
SLD	0.7013	2.54	0.27
SLV	1.6150	2.41	0.31

- Tipo di opera: Opera ordinaria

- Vita nominale  $V_N$ : 50.00

- Classe d'uso: classe III

- SL Esercizio: SLO-Pvr 81.00, SLD-Pvr 63.00

- SL Ultimi: SLV-Pvr 10.00, SLC-Pvr no

- Classe di duttilità: classe B

- Quota di riferimento: 0.00 <m>

- Altezza della struttura: 2.70 <m>

- Numero piani edificio: 1

- Coefficiente  $\theta$ : 0

- Edificio regolare in altezza: si

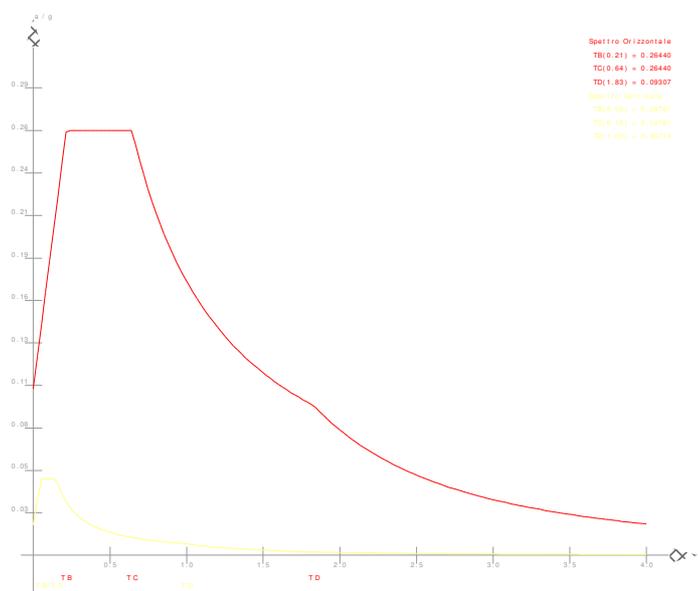
- Edificio regolare in pianta: si
- Forze orizzontali convenzionali per stati limite non sismici: 1.00%

**Dati di calcolo**

- Categoria del suolo di fondazione: D
- Tipologia edificio: acciaio a telaio con controventi concentrici a K ad un piano

Coeff. $C_1$	0.085
Periodo $T_1$	0.1790
	4
Coeff. $\lambda$ SLO	1.00
Coeff. $\lambda$ SLD	1.00
Coeff. $\lambda$ SLV	1.00
Rapporto di sovrarresistenza ( $\alpha_u/\alpha_1$ )	1.10
Fattore riduttivo ( $K_w$ )	1.00
Fattore di struttura ( $q$ )	1.00

- Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$
- Coeff. amplificazione topografica: 1.00
- Fattore di struttura per sisma verticale ( $q_v$ ): 1.50
- Modi da calcolare: 3
- Modi da considerare: tali da movimentare una percentuale di massa pari a 85.00%
- Smorzamento spettro: 5.00



**Figura numero 1: Spettro allo SLO**

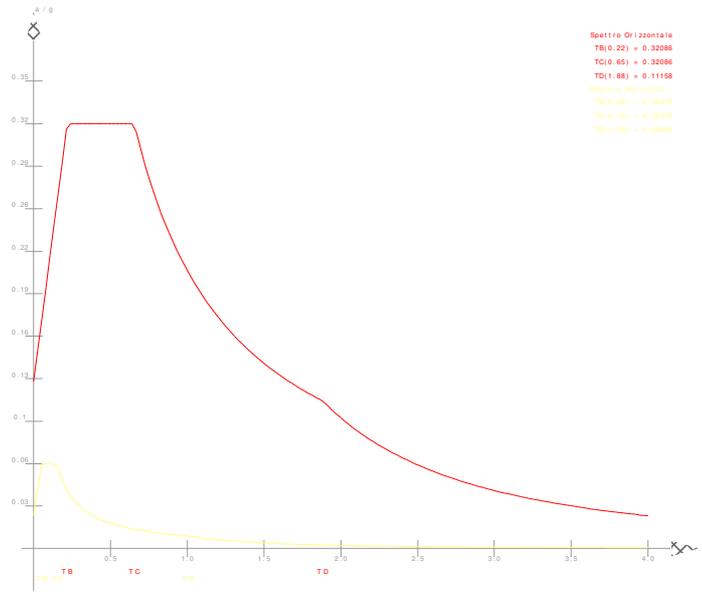


Figura numero 2: Spettro allo SLD

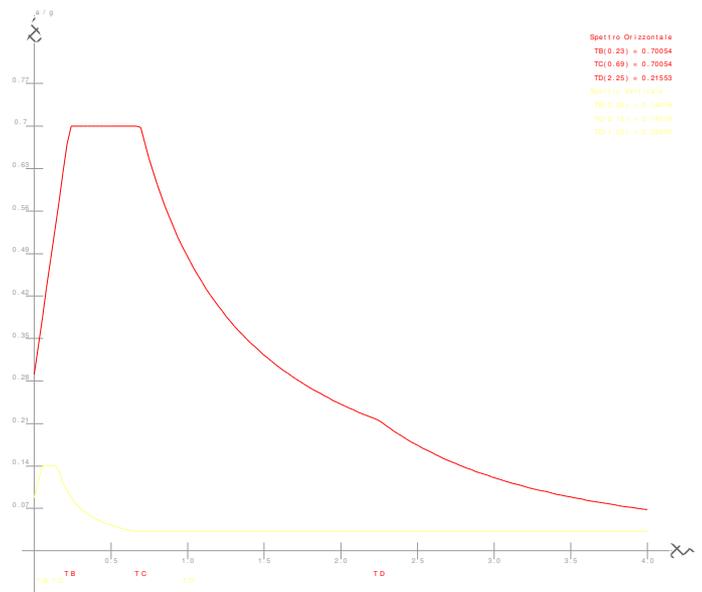
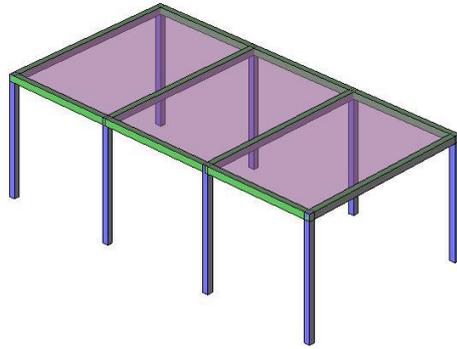


Figura numero 3: Spettro allo SLV

- Angolo di ingresso del sisma: 0.00 <grad>



## 4.2 RELAZIONE SUI MATERIALI

### Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata:

Tensione di snervamento: **B450C**

$$f_{yk} \geq 4500 \text{ Kg/cm}^2$$

### Conglomerato cementizio armato per strutture di fondazione: **C28/35**

Classe di consistenza S4, Dimensione max inerte < 24 mm  
 Resistenza di progetto a compressione:  $f_{cd} = 158.7 \text{ Kg/cm}^2$   
 Resistenza di progetto a trazione:  $f_{ctd} = 12.9 \text{ Kg/cm}^2$   
 Classe di esposizione XC2  
 Da tabella 4.1.III delle NTC condizioni ambientali ordinarie: copriferro  $\geq 25 \text{ mm}$

### Acciaio da carpenteria

Tutti gli elementi dovranno avere un modulo di elasticità non inferiore a 206000 N/mmq.

### Profilati, larghi piatti, barre e lamiera

**Acciaio tipo S 235** con le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento  $\geq 235 \text{ N/mmq}$   
 Tensione di rottura a trazione  $\geq 390 \text{ N/mmq}$   
 Allungamento percentuale a rottura per lamiera  $\geq 24\%$   
 Allungamento percentuale a rottura per barre, laminati, profilati e larghi piatti  $\geq 26\%$

### Bulloneria

Classe 4.6

### ALLUMINIO DA ESTRUSIONE EN AW 6005 A

#### Caratteristiche fisiche

massa volumica :	2,71	g / cm <sup>3</sup>	conducibilità termica a 20°C	- nello stato O: -nello stato T6:	2,09 1,72	W / cm °K W / cm °K
punto di fusione inferiore :	615	°C	coefficiente di dilatazione termica lineare	-tra 20° e 100°C: -tra 20° e 200°C: -tra 20° e 300°C:	23,2 · 10 <sup>-6</sup> 24,1 · 10 <sup>-6</sup> 25 · 10 <sup>-6</sup>	1 / °K 1 / °K 1 / °K
calore specifico tra 0° e 100°C:	897	J/Kg °K	resistività elettrica a 20°C	-nello stato O: -nello stato T6	3,14 3,85	μΩ · cm μΩ · cm
modulo di elasticità lineare E:	69000	N / mm <sup>2</sup>				
modulo elasticità tangenziale G:	26000	N / mm <sup>2</sup>				

#### Composizione chimica secondo Norma Europea EN 573.3

	Si	Fe	Cu	Mn	Mg	Cr	Zn	Ti	Altri		Al
									ciascuno	totale	
<b>EN AW-6005A</b>	0,5 ÷ 0,9	0,35 max	0,30 max	0,50 max (*)	0,4 ÷ 0,7	0,30 max (*)	0,20 max	0,10 max	0,05 max	0,15 max	resto
NOTA (*): (Mn + Cr) = 0,12 ÷ 0,50											

**Proprietà meccaniche minime, secondo Norma Europea EN 755.2**

Tipi di profilo	(1) stato fisico di fornitura	diametro D [mm] per tondi, o spess. S [mm] per barre, o spess. di parete e per profili		Carico di rottura a trazione Rm [MPa]		Carico limite di elasticità R <sub>p0.2</sub> [MPa]		Allungamento	
				min	max	min	max	A % min	A <sub>50mm</sub> % min
Barre piene	T6 (*)	D ≤ 25	S ≤ 25	270	-	225	-	10	8
		25 ≤ D ≤ 50	25 ≤ S ≤ 50	270	-	225	-	8	-
		50 ≤ D ≤ 100	50 ≤ S ≤ 100	260	-	215	-	8	-
Tubi	T6 (*)	e ≤ 5		270	-	225	-	8	6
		5 < e ≤ 10		260	-	215	-	8	6
Profili aperti	T4 (*)	e ≤ 25		180	-	90	-	15	13
	T6 (*)	e ≤ 5		270	-	225	-	8	6
		5 < e ≤ 10		260	-	215	-	8	6
		10 < e ≤ 25		250	-	200	-	8	6
Profili cavi	T4 (*)	e ≤ 10		180	-	90	-	15	13
	T6 (*)	e ≤ 5		255	-	215	-	8	6
		5 < e ≤ 15		250	-	200	-	8	6

**4.3 RELAZIONE DI FONDAZIONE**

Si fa riferimento alla caratterizzazione geologico tecnica delle Scuole Collodi in quanto il substrato ha caratteristiche di portanza inferiori rispetto a quello delle Scuole <convenevole da Prato.

Di seguito si procede al calcolo della tensione trasmessa dalla struttura astiforme a alla platea di fondazione.

Dall'analisi delle reazioni vincolari alla base di ciascun elemento portante verticale si procede al dimensionamento della platea di fondazione ed al calcolo della tensione massima trasmessa da questa al terreno sottostante.

Si è proceduto ad una doppia verifica: la verifica STRU della platea e la verifica GEO con la quale si è ricavato il valore del carico massimo sul terreno da confrontare con il carico limite indicato nella relazione geologico-tecnica allegata alla presente pratica.

**Reazioni vincolari**

**Simbologia**

- Nodo = Numero del nodo
- Rx = Reazione vincolare (forza) in dir. X
- CC = Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
- Ry = Reazione vincolare (forza) in dir. Y
- Rz = Reazione vincolare (forza) in dir. Z
- Mx = Reazione vincolare (momento) intorno all'asse X
- My = Reazione vincolare (momento) intorno all'asse Y
- Mz = Reazione vincolare (momento) intorno all'asse Z

Nodo	Rx <kg>	CC	Ry <kg>	CC	Rz <kg>	CC	Mx <kgm>	CC	My <kgm>	CC	Mz <kgm>	CC
1 Max	559.52	1	416.54	7	942.85	7	522.96	7	702.54	1	0.00	7
1 Min.	-236.54	1	-379.52	7	304.60	7	-555.52	7	-418.76	1	0.00	7
2 Max	236.54	1	416.54	7	942.85	7	522.96	7	418.76	1	0.00	7
2 Min.	-559.52	1	-379.52	7	304.60	7	-555.52	7	-702.54	1	0.00	7
3 Max	559.52	1	379.52	7	942.85	7	555.52	7	702.54	1	0.00	7
3 Min.	-236.54	1	-416.54	7	304.60	7	-522.96	7	-418.76	1	0.00	7
4 Max	236.54	1	379.52	7	942.85	7	555.52	7	418.76	1	0.00	7
4 Min.	-559.52	1	-416.54	7	304.60	7	-522.96	7	-702.54	1	0.00	7

## VERIFICA GEO DELLA PLATEA

### CAPACITA' PORTANTE - METODO DI TERZAGHI GENERALIZZATO

APPROCCIO 2 (A1 + M1 + R3)

azioni incrementate, parametrici geotecnici invariati, resistenze ridotte

GammaG1 (*)	1,3
GammaG2 (*)	1,5
GammaQ (*)	1,5

### VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEOTECNICO CALCOLO DEL CARICO LIMITE INSIEME FONDAZIONE- TERRENO

#### Dati terreno

angolo d'attrito $\phi$	gradi	22
peso specifico 1	t/mc	1,70
peso specifico 2	t/mc	1,80
coesione $c'$	t/mq	0,00
inclinazione del pendio	gradi	0
profondità della falda dw	m	100
tipo di terreno	C/A	PD

#### Geometria fondazione

profondità di posa D	m	0,45
base B	m	1,00
lunghezza L (L>B)	m	1,00
eccentricità Eb	m	0,00
eccentricità EI	m	0,00
inclinazione del carico effettiva	gradi	0,00

#### Dati di calcolo

inclinazione del carico sismica	gradi	3,60
inclinazione del carico totale	gradi	3,60487
B" (= B o B')	m	1
L" (= L o L')	m	1
c" (= c o c*)	t/mq	0,00
fi" (= fi o fi*)	gradi	22
Nq		7,82
Ng		7,13

Nc		16,88
fq		1,404
fg		0,600
fc		1,463
iq		0,960
ig		0,836
ic		0,960
eq		1,000
eg		1,000
ec		1,000
<b>Risultati</b>		
qlim	t/mq	11
gammaR		1,00
<b>qRd</b>	<b>t/mq</b>	<b>11</b>
kwinkler	DaN/cm3	0,45

<b><u>PLATEA</u></b>					
<b><u>GEOMETRIA</u></b>					
Dimensioni	(cm)	<b>bx</b>	<b>by</b>	<b>Bx</b>	<b>By</b>
		13	13	60	60
H plinto	(cm)	20			
copriferro	(cm)	3			
d	(cm)	<b>17</b>			
<b><u>SOLLECITAZIONI - MATERIALI</u></b>					
Azioni agenti SLU (KN-KNm)		<b>Nsd</b>	<b>Msd x</b>	<b>Msd y</b>	
		9,43	5,23	7,03	
<b><u>PRESSIONI</u></b>					
Pressioni sul terreno	MPa	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\sigma_4$
		<b>0,402</b>	<b>-0,035</b>	<b>0,077</b>	<b>-0,361</b>

La verifica GEO è soddisfatta in quanto  $0.402 < 1.1$ .

### VERIFICA STRU DELLA PLATEA

Si considera una sezione della platea 40x40x20 in corrispondenza della quale vengono trasmesse le reazioni vincolari dei pilastri e si procede alla verifica geo della sezione

Verifica C.A. S.L.U. - File: \_ □ ×

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

**Titolo:** \_\_\_\_\_

N° strati barre  Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,14	3
2	3,14	17

**Tipo Sezione**

Rettan.re  Trapezi

a T  Circolare

Rettangoli  Coord.

DXF

**Metodo di calcolo**

S.L.U.+  S.L.U.-

Metodo n

**Tipo flessione**

Retta  Deviala

**Calcola MRd** **Dominio M-N**

**L<sub>0</sub>**  cm **Col. modello**

**M-curvatura**

Precompresso

**Materiali**

**B450C**

$\epsilon_{su}$   ‰

$f_{yd}$   N/mm²

$E_s$   N/mm²

$E_s/E_c$

$\epsilon_{syd}$   ‰

$\sigma_{s,adm}$   N/mm²

**C28/35**

$\epsilon_{c2}$   ‰

$\epsilon_{cu}$

$f_{cd}$

$f_{cc}/f_{cd}$   [?]

$\sigma_{c,adm}$

$\tau_{co}$

$\tau_{c1}$

**P.to applicazione N**

Centro  Baricentro cls

Coord.[cm] xN  yN

**Tipo rottura**

Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

**M<sub>xRd</sub>**  kNm

$\sigma_c$   N/mm²

$\sigma_s$   N/mm²

$\epsilon_c$   ‰

$\epsilon_s$   ‰

d  cm

x  x/d   $\delta$

**Sollecitazioni**

S.L.U.  Metodo n

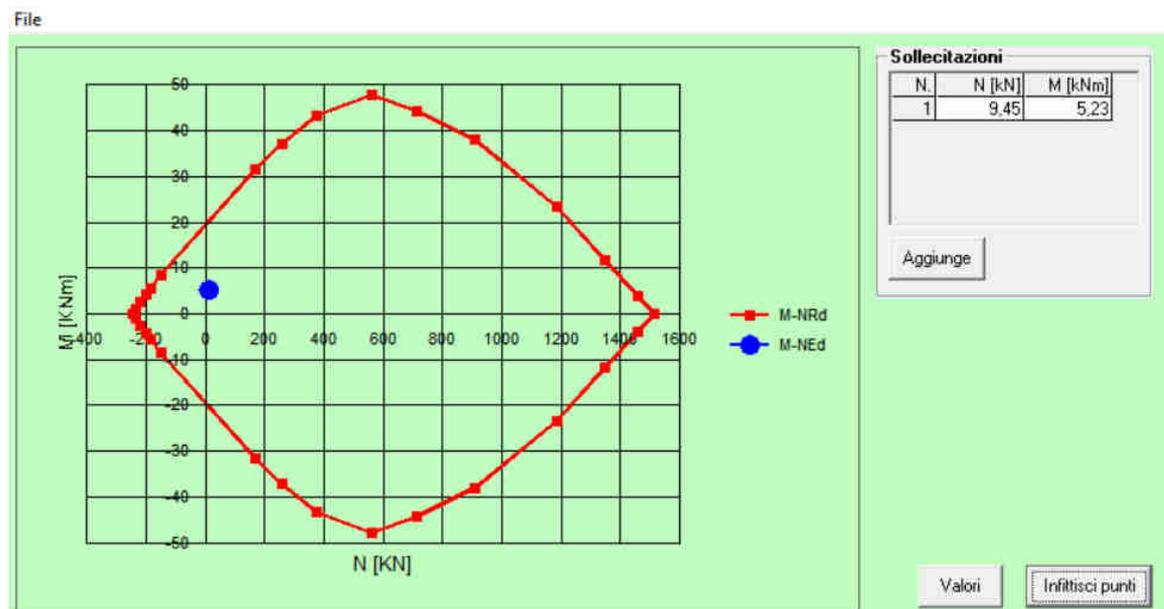
N<sub>Ed</sub>  kN

M<sub>xEd</sub>  kNm

M<sub>yEd</sub>  kNm

**Diagramma**

Dominio M-N



#### 4.4 RELAZIONE DI CALCOLO

##### ANALISI DEI CARICHI

L' **ANALISI DEI CARICHI** per la determinazione delle forze statiche agenti sulla struttura in esame è stata effettuata in modo tale da pervenire alle condizioni più gravose nei confronti delle verifiche da effettuare.

I carichi d'esercizio assunti a base dei calcoli, oltre il peso proprio delle strutture portanti ed ai sovraccarichi permanenti conformemente alla destinazione specifica dei locali ed a quelli stabiliti dalle NTC 2018 sono stati i seguenti:

##### CARICHI VERTICALI DISTRIBUITI – STATO di PROGETTO

G+QPS+QPN		25	Kg/mq
VENTO	SOPR	27	Kg/mq
VENTO	SOTT	54	Kg/mq
CARICO NEVE	Qacc	80	Kg/mq

La determinazione delle caratteristiche della sollecitazione provocate nelle strutture è stata effettuata con i **METODI DELLA SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**, basati sull'ipotesi dell'elasticità lineare dei materiali e cumulando le condizioni di carico nel modo più sfavorevole.

Tutte le verifiche di resistenza del legno sono state eseguite con l'applicazione del **METODO DEGLI STATI LIMITE** , tenendo conto delle condizioni più gravose possibili di carico.

Le caratteristiche delle azioni sollecitanti ricavate in base alle combinazioni, secondo quanto stabilito al **p.to 2.5.3 del D.M. 17.01.2018** risultano inferiori alle azioni resistenti per tutti gli stati limite previsti dal suddetto decreto

##### SLU - Combinazione fondamentale

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

##### SLE - Combinazione caratteristica (rara) – per tensioni ammissibili

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

##### SLE - Combinazione frequente - reversibili

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

##### SLE - Combinazione quasi permanente – a lungo termine

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

##### SLU – SLE - Combinazione sismica

$$G_1 + G_2 + P + E + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

##### SLU - Combinazione eccezionale

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

In carichi sopra definiti, una volta definiti e assegnati, vengono combinati (par. 2.5.3) a seconda della categoria dell'azione variabile, e fattorizzati (par. 2.6) a seconda che l'azione che esercita il carico sulla struttura sia a vantaggio o a svantaggio di sicurezza, come riportato nelle seguenti tabelle.

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0.7	0.5	0.3
Categoria B – Uffici	0.7	0.5	0.3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0.7	0.7	0.6
Categoria D – Ambienti d uso commerciale	0.7	0.7	0.6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti industriali	1.0	0.9	0.8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0.7	0.7	0.6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0.7	0.5	0.3
Categoria H – coperture accessibili per sola manutenzione	0.0	0.0	0.0
Categoria I – coperture praticabili	<i>Da valutarsi caso per caso</i>		
Categoria K – coperture per usi speciali (impianti, eliporti...)	<i>caso</i>		
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

**Tab. 2.5.1** – Valori dei coefficienti di combinazione

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qj}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

<sup>(1)</sup> per i carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti si possono utilizzare gli stessi coefficienti dei carichi permanenti

**Tab. 2.6.1** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

Nel modello strutturale , non avendo considerato la copertura come elemento rigido per la ripartizione dei carichi, le sollecitazioni sono state applicate direttamente sui vari elementi strutturali in funzione della propria area di influenza.

#### 4.5 FASCICOLO DI CALCOLO

Ciascun elemento strutturale ligneo è stato dimensionato considerando le sollecitazioni ricavate dalla risoluzione dello schema statico.

Si riporta di seguito la tabella delle sollecitazioni agenti e la verifica del elementi principali più sollecitati secondo le NTC 2018.

#### Sollecitazioni aste

##### Simbologia

Asta	=	Numero dell'asta
N1	=	Nodo1
N2	=	Nodo2
X	=	Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale

- N = Sforzo normale
- CC = Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
- Ty = Taglio in dir. Y
- Mz = Momento flettente intorno all'asse Z
- Tz = Taglio in dir. Z
- My = Momento flettente intorno all'asse Y
- Mx = Momento torcente intorno all'asse X

Asta	N1	N2	X <cm>	N <kg>	CC	Ty <kg>	CC	Mz <kgm>	CC	Tz <kg>	CC	My <kgm>	CC	Mx <kg m>	CC
1	1	101 Max	0.00	-304.60	7	416.54	7	522.96	7	236.54	1	702.54	1	0.00	7
1	1	101 Max	244.00	-204.20	7	416.54	7	460.85	7	236.54	1	158.38	1	0.00	7
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>101 Min.</b>	<b>0.00</b>	<b>-942.85</b>	<b>7</b>	<b>-379.52</b>	<b>7</b>	<b>-555.52</b>	<b>7</b>	<b>-559.52</b>	<b>1</b>	<b>-418.76</b>	<b>1</b>	<b>0.00</b>	<b>7</b>
1	1	101 Min.	244.00	-842.45	7	-379.52	7	-403.06	7	-559.52	1	-662.69	1	0.00	7
2	2	102 Max	0.00	-304.60	7	416.54	7	522.96	7	559.52	1	418.76	1	0.00	7
2	2	102 Max	244.00	-204.20	7	416.54	7	460.85	7	559.52	1	662.69	1	0.00	7
2	2	102 Min.	0.00	-942.85	7	-379.52	7	-555.52	7	-236.54	1	-702.54	1	0.00	7
2	2	102 Min.	244.00	-842.45	7	-379.52	7	-403.06	7	-236.54	1	-158.38	1	0.00	7
3	3	103 Max	0.00	-304.60	7	379.52	7	555.52	7	236.54	1	702.54	1	0.00	7
3	3	103 Max	244.00	-204.20	7	379.52	7	403.06	7	236.54	1	158.38	1	0.00	7
3	3	103 Min.	0.00	-942.85	7	-416.54	7	-522.96	7	-559.52	1	-418.76	1	0.00	7
3	3	103 Min.	244.00	-842.45	7	-416.54	7	-460.85	7	-559.52	1	-662.69	1	0.00	7
4	4	104 Max	0.00	-304.60	7	379.52	7	555.52	7	559.52	1	418.76	1	0.00	7
4	4	104 Max	244.00	-204.20	7	379.52	7	403.06	7	559.52	1	662.69	1	0.00	7
4	4	104 Min.	0.00	-942.85	7	-416.54	7	-522.96	7	-236.54	1	-702.54	1	0.00	7
4	4	104 Min.	244.00	-842.45	7	-416.54	7	-460.85	7	-236.54	1	-158.38	1	0.00	7
101	101	102 Max	13.00	-161.50	1	0.00	7	0.00	7	587.93	14	251.99	1	0.00	7
101	101	102 Max	302.22									495.28	14		
101	101	102 Max	587.00	-161.50	1	0.00	7	0.00	7	-237.71	1	251.99	1	0.00	7
<b>101</b>	<b>101</b>	<b>102 Min.</b>	<b>13.00</b>	<b>-230.34</b>	<b>13</b>	<b>0.00</b>	<b>7</b>	<b>0.00</b>	<b>7</b>	<b>237.71</b>	<b>1</b>	<b>-731.51</b>	<b>1</b>	<b>0.00</b>	<b>7</b>
101	101	102 Min.	420.22									38.24	1		
101	101	102 Min.	587.00	-230.34	13	0.00	7	0.00	7	-587.93	13	-731.52	1	0.00	7
102	103	104 Max	13.00	-161.50	1	0.00	7	0.00	7	587.93	14	251.99	1	0.00	7
102	103	104 Max	302.22									495.28	14		
102	103	104 Max	587.00	-161.50	1	0.00	7	0.00	7	-237.71	1	251.99	1	0.00	7
102	103	104 Min.	13.00	-230.34	13	0.00	7	0.00	7	237.71	1	-731.51	1	0.00	7
102	103	104 Min.	420.22									38.24	1		
102	103	104 Min.	587.00	-230.34	13	0.00	7	0.00	7	-587.93	13	-731.52	1	0.00	7
103	101	103 Max	13.00	74.20	13	0.00	7	0.00	7	347.24	7	477.63	7	0.00	7
103	101	103 Max	269.75									62.14	3		
103	101	103 Max	387.00	74.20	13	0.00	7	0.00	7	346.73	16	477.63	7	0.00	7
103	101	103 Min.	13.00	-18.51	1	0.00	7	0.00	7	-335.77	15	-523.65	7	0.00	7
103	101	103 Min.	206.45									13.56	21		
103	101	103 Min.	387.00	-18.51	1	0.00	7	0.00	7	-347.24	7	-523.65	7	0.00	7
104	102	104 Max	13.00	74.20	13	0.00	7	0.00	7	347.24	7	477.63	7	0.00	7
104	102	104 Max	269.75									62.14	3		
104	102	104 Max	387.00	74.20	13	0.00	7	0.00	7	346.73	16	477.63	7	0.00	7

104 102 104 Min.	13.00	-18.51	1	0.00	7	0.00	7	-335.77	15	-523.65	7	0.00	7
104 102 104 Min.	206.45									13.56	21		
104 102 104 Min.	387.00	-18.51	1	0.00	7	0.00	7	-347.24	7	-523.65	7	0.00	7

**Aluminium Hollow Section - Extrude Tube - no weld**

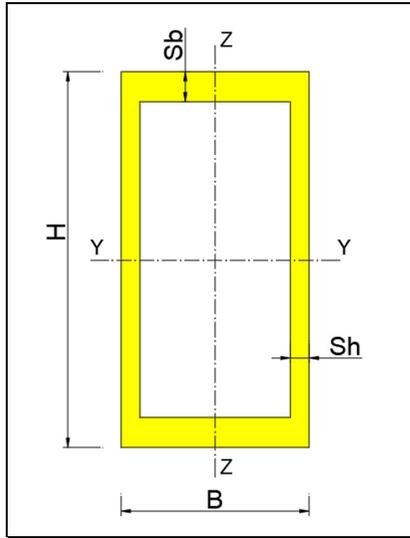
N - mm  Kg - cm

Input	
Alluminiumm	Class A
fo	2150 Kg/cm <sup>2</sup>
fu	1954,545455 Kg/cm <sup>2</sup>
γ/m1	1,1
γ/m2	1,25
Geometry	
B	13 cm
H	13 cm
Sb	0,3 cm
Sh	0,3 cm
Loads	
N	942 Kg
Ty	380 Kg
Tz	560 Kg
My	55552 Kg*cm
Mz	41876 Kg*cm

Verifica Sezione

Output - Risultati

Area	15,24 cm <sup>2</sup>
Iy	409,9052 cm <sup>4</sup>
Iz	409,9052 cm <sup>4</sup>
Wy	63,06233846 cm <sup>3</sup>
Wz	63,06233846 cm <sup>3</sup>
Wpl,y	72,594 mm <sup>3</sup>
Wpl,z	72,594 mm <sup>3</sup>



Reset OutPut

Spessori-Inerzie

Classificazione Sezione	
Classe	4

Fattore di riduzione	
ρc	0,685099359

Aeff	10,44 cm <sup>2</sup>
Avy	7,44 cm <sup>2</sup>
Avz	7,44 cm <sup>2</sup>

Sollecitazioni Resistenti	
Nc,Rd	20407,24145 Kg
VRd,y	10086,4266 Kg
VRd,z	10086,4266 Kg

Weff,y	44,16204502 cm <sup>3</sup>
Weff,z	44,16204502 cm <sup>3</sup>
McRd,y	86316,72436 Kg*cm
McRd,z	86316,72436 Kg*cm

Classificazione Sezione	
Classe	4

Fattore di riduzione	
ρc	0,685099359

Aeff	10,44 cm <sup>2</sup>
Avy	7,44 cm <sup>2</sup>
Avz	7,44 cm <sup>2</sup>

Sollecitazioni Resistenti	
Nc,Rd	20407,24145 Kg
VRd,y	10086,4266 Kg
VRd,z	10086,4266 Kg

Coefficienti e Parametri	
--------------------------	--

β <sup>H</sup>	41,33333
β <sup>B</sup>	41,33333
β	41,33333

ε	1,078328
---	----------

	β1	β2	β3
Class A	11,86161	17,25324	23,72321
Class B			

β < β1	→ Class 1
β1 < β < β2	→ Class 2
β2 < β < β3	→ Class 3
β > β3	→ Class 4

**VERIFICHE**

Verifica N	
N Ed / Nc,Rd < 1	0,04616 OK

Verifica Vy	
Vy Ed / VRd < 1	0,037674 OK

Verifica Vz	
Vz Ed / VRd < 1	0,05552 OK

Verifica N - My - Mz	
N+ (My+Mz) < 1	0,869969 OK

$$\left( \frac{N_{Ed}}{\omega_0 N_{Rd}} \right)^{\psi} + \left[ \left( \frac{M_{y,Ed}}{\omega_0 M_{y,Rd}} \right)^{1,7} + \left( \frac{M_{z,Ed}}{\omega_0 M_{z,Rd}} \right)^{1,7} \right]^{0,6} \leq 1,00$$

**GUIDE - UTILIZZO DEL FOGLIO:**

**INPUT:**  
fo, fu - resistenze Elastica e Ultima Alluminio  
γm1, γm2- coeff. di sicurezza  
N - Axial Load - Compression - Sforzo Normale  
Ty - Shear along Y - Taglio parallelo a Y  
Tz - Shear along Z - Taglio parallelo a Z  
My - Bending around Y - Momento a Y  
Mz - Bending around Z - Momento a Z

**OUTPUT:**  
Classe - Class Section (1,2,3, or 4)  
ρc - Reduction Factor  
Nc,Rd - Cmpression Resistance  
Vrd,y - Shear Resistance Y  
Vrd,z - Shear Resistance Z  
McRd,y - Bending Resistance Y  
McRd,z - Bending Resistance Z

Weff,y Effective Elastic Modulus Y  
Weff,z Effective Elastic Modulus Z

Verifica: Soll / Resist < 1 -> OK  
Soll / Resist > 1 -> KO

EC9 -Tab. 6.2

	β1 / ε	β2 / ε	β3 / ε
Class A	11	16	22
Class B	13	16,5	18

Classe A o B a seconda del Materiale  
Vedere EC9 tab 3.2 colonna BC. (Buckling Class)

$W_{eff,y}$	44,16204502	cm <sup>3</sup>
$W_{eff,z}$	44,16204502	cm <sup>3</sup>
$McRd,y$	86316,72436	Kg*cm
$McRd,z$	86316,72436	Kg*cm

Verifica N<1      0,046160085 OK  
 Verifica Vy<1    0,037674393 OK  
 Verifica Vz<1    0,055520158 OK  
 Verifica (N+M)<1    0,86996873 OK      vedi EC9 6.2.9.2

$\rho_c$	$\beta < \beta_3 \rightarrow$ Class 1, 2, 3	Vedi EC9 - 6.1.5
$\rho_c$ 0,685099	$\beta > \beta_3 \rightarrow$ Class 4	

$W_{eff}$	Mod. Elastico calcolato con spess. ridotto da $\rho_c$
-----------	--

### 6.2.4 Compression

(1)P The design value of the axial compression force  $N_{Ed}$  shall satisfy:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.20)$$

(2) The design resistance for uniform compression  $N_{c,Rd}$  should be taken as the lesser of  $N_{u,Rd}$  and  $N_{c,Rd}$  where :

a) in sections with unfilled holes       $N_{u,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}$       (6.21)

b) other sections       $N_{c,Rd} = A_{eff} f_o / \gamma_{M1}$       (6.22)

in which:

$A_{net}$  is the net section area, with deductions for unfilled holes and HAZ softening if necessary. See 6.2.2.2. For holes located in reduced thickness regions the deduction may be based on the reduced thickness, instead of the full thickness.

$A_{eff}$  is the effective section area based on reduced thickness allowing for local buckling and HAZ softening but ignoring unfilled holes.

### 6.2.6 Shear

(1)P The design value of the shear force  $V_{Ed}$  at each cross-section shall satisfy:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Rd} = A_v \frac{f_o}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (6.29)$$

where  $A_v$  is the shear area, taken as:

a) For sections containing shear webs

$$A_v = \sum_{i=1}^n [(h_w - \sum d)(t_w)_i - (1 - \rho_{o, haz}) b_{haz} (t_w)_i] \quad (6.30)$$

where:

$h_w$  is the depth of the web between flanges.

$b_{haz}$  is the total depth of HAZ material occurring between the clear depth of the web between flanges. For sections with no welds,  $\rho_{o, haz} = 1$ . If the HAZ extends the entire depth of the web

panel  $b_{haz} = h_w - \sum d$

$t_w$  is the web thickness

**Aluminium Hollow Section - Extrude Tube - no weld**

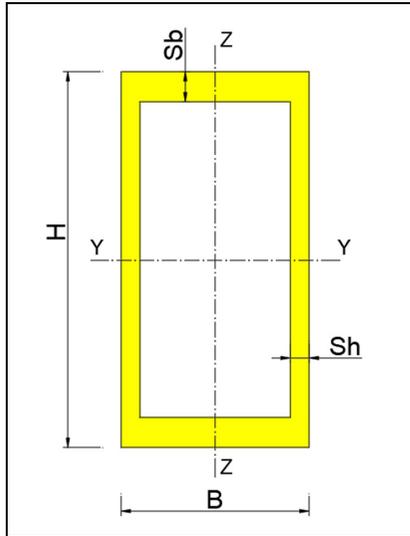
N - mm  Kg - cm

Input	
Alluminiumm	Class A
fo	2150 Kg/cm <sup>2</sup>
fu	1954,545455 Kg/cm <sup>2</sup>
γ/m1	1,1
γ/m2	1,25
Geometry	
B	6 cm
H	26 cm
Sb	0,3 cm
Sh	0,3 cm
Loads	
N	234 Kg
Ty	237 Kg
Tz	0 Kg
My	73100 Kg*cm
Mz	0 Kg*cm

Verifica Sezione

**Output - Risultati**

Area	18,84 cm <sup>2</sup>
Iy	1413,8212 cm <sup>4</sup>
Iz	134,7012 cm <sup>4</sup>
Wy	108,7554769 cm <sup>3</sup>
Wz	44,9004 cm <sup>3</sup>
Wpl,y	143,034 mm <sup>3</sup>
Wpl,z	48,834 mm <sup>3</sup>



Reset OutPut

Spessori-Inerzie

Classificazione Sezione	
Classe	4

Fattore di riduzione	
ρc	0,37187082

Aeff	7,01 cm <sup>2</sup>
Avy	3,24 cm <sup>2</sup>
Avz	15,24 cm <sup>2</sup>

Sollecitazioni Resistenti	
Nc,Rd	13693,63586 Kg
VRd,y	4392,4761 Kg
VRd,z	20660,9061 Kg

Weff,y	41,75144875 cm <sup>3</sup>
Weff,z	17,95925841 cm <sup>3</sup>
McRd,y	81605,10438 Kg*cm
McRd,z	35102,1869 Kg*cm

Classificazione Sezione	
Classe	4

Fattore di riduzione	
ρc	0,37187082

Aeff	7,01 cm <sup>2</sup>
Avy	3,24 cm <sup>2</sup>
Avz	15,24 cm <sup>2</sup>

Sollecitazioni Resistenti	
Nc,Rd	13693,63586 Kg
VRd,y	4392,4761 Kg
VRd,z	20660,9061 Kg

**Coefficienti e Parametri**

β <sup>H</sup>	84,66667
β <sup>B</sup>	18
β	84,66667

ε	1,078328
---	----------

	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>
Class A	11,86161	17,25324	23,72321
Class B			

β < β <sub>1</sub>	→ Class 1
β <sub>1</sub> < β < β <sub>2</sub>	→ Class 2
β <sub>2</sub> < β < β <sub>3</sub>	→ Class 3
β > β <sub>3</sub>	→ Class 4

**VERIFICHE**

Verifica N	
N Ed / Nc,Rd < 1	0,017088 OK

Verifica Vy	
Vy Ed / VRd < 1	0,053956 OK

Verifica Vz	
Vz Ed / VRd < 1	0 OK

Verifica N - My - Mz	
N+ (My+Mz) < 1	0,898848 OK

$$\left( \frac{N_{Ed}}{\omega_0 N_{Rd}} \right)^{\psi} + \left[ \left( \frac{M_{y,Ed}}{\omega_0 M_{y,Rd}} \right)^{1,7} + \left( \frac{M_{z,Ed}}{\omega_0 M_{z,Rd}} \right)^{1,7} \right]^{0,6} \leq 1,00$$

**GUIDE - UTILIZZO DEL FOGLIO:**

**INPUT:**  
fo, fu - resistenze Elastica e Ultima Alluminio  
γm1, γm2- coeff. di sicurezza  
N - Axial Load - Compression - Sforzo Normale  
Ty - Shear along Y - Taglio parallelo a Y  
Tz - Shear along Z - Taglio parallelo a Z  
My - Bending around Y - Momento a Y  
Mz - Bending around Z - Momento a Z

**OUTPUT:**  
Classe - Class Section (1,2,3, or 4)  
ρc - Reduction Factor  
Nc,Rd - Cmpression Resistance  
Vrd,y - Shear Resistance Y  
Vrd,z - Shear Resistance Z  
McRd,y - Bending Resistance Y  
McRd,z - Bending Resistance Z

Weff,y Effective Elastic Modulus Y  
Weff,z Effective Elastic Modulus Z

Verifica: Soll / Resist < 1 -> OK  
Soll / Resist > 1 -> KO

EC9 -Tab. 6.2

	β <sub>1</sub> / ε	β <sub>2</sub> / ε	β <sub>3</sub> / ε
Class A	11	16	22
Class B	13	16,5	18

Classe A o B a seconda del Materiale  
Vedere EC9 tab 3.2 colonna BC. (Buckling Class)

$W_{eff,y}$	41,75144875	cm <sup>3</sup>
$W_{eff,z}$	17,95925841	cm <sup>3</sup>
$McRd,y$	81605,10438	Kg*cm
$McRd,z$	35102,1869	Kg*cm

Verifica N<1            **0,01708823** OK  
 Verifica Vy<1         **0,0539559** OK  
 Verifica Vz<1         **0** OK  
 Verifica (N+M)<1    **0,898848499** OK      vedi EC9 6.2.9.2

$\rho_c$	$\beta < \beta_3 \rightarrow$ Class 1, 2, 3	Vedi EC9 - 6.1.5
$\rho_c$	0,371871 $\beta > \beta_3 \rightarrow$ Class 4	

$W_{eff}$	Mod. Elastico calcolato con spess. ridotto da $\rho_c$
-----------	--

### 6.2.4 Compression

(1)P The design value of the axial compression force  $N_{Ed}$  shall satisfy:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.20)$$

(2) The design resistance for uniform compression  $N_{c,Rd}$  should be taken as the lesser of  $N_{u,Rd}$  and  $N_{c,Rd}$  where :

a) in sections with unfilled holes  $N_{u,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}$  (6.21)

b) other sections  $N_{c,Rd} = A_{eff} f_o / \gamma_{M1}$  (6.22)

in which:

$A_{net}$  is the net section area, with deductions for unfilled holes and HAZ softening if necessary. See 6.2.2.2. For holes located in reduced thickness regions the deduction may be based on the reduced thickness, instead of the full thickness.

$A_{eff}$  is the effective section area based on reduced thickness allowing for local buckling and HAZ softening but ignoring unfilled holes.

### 6.2.6 Shear

(1)P The design value of the shear force  $V_{Ed}$  at each cross-section shall satisfy:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Rd} = A_v \frac{f_o}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (6.29)$$

where  $A_v$  is the shear area, taken as:

a) For sections containing shear webs

$$A_v = \sum_{i=1}^n [(h_w - \sum d)(t_w)_i - (1 - \rho_{o,haz})b_{haz}(t_w)_i] \quad (6.30)$$

where:

$h_w$  is the depth of the web between flanges.

$b_{haz}$  is the total depth of HAZ material occurring between the clear depth of the web between flanges. For sections with no welds,  $\rho_{o,haz} = 1$ . If the HAZ extends the entire depth of the web

panel  $b_{haz} = h_w - \sum d$

$t_w$  is the web thickness

**Aluminium Hollow Section - Extrude Tube - no weld**

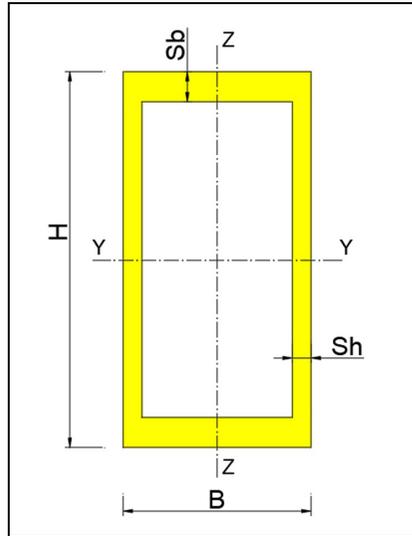
N - mm    Kg - cm

Input	
Alluminiumm	Class A
fo	2150 Kg/cm <sup>2</sup>
fu	1954,545455 Kg/cm <sup>2</sup>
γ/m1	1,1
γ/m2	1,25
Geometry	
B	5,2 cm
H	8 cm
Sb	0,3 cm
Sh	0,3 cm
Loads	
N	0 Kg
Ty	120 Kg
Tz	0 Kg
My	12000 Kg*cm
Mz	0 Kg*cm

Verifica Sezione

**Output - Risultati**

Area	7,56 cm <sup>2</sup>
Iy	66,5308 cm <sup>4</sup>
Iz	33,7148 cm <sup>4</sup>
Wy	16,6327 cm <sup>3</sup>
Wz	12,96723077 cm <sup>3</sup>
Wpl,y	20,226 mm <sup>3</sup>
Wpl,z	14,934 mm <sup>3</sup>



Reset OutPut

Spessori-Inerzie

Classificazione Sezione	
Classe	4

Fattore di riduzione	
ρc	0,978472357

Aeff	7,4 cm <sup>2</sup>
Avy	2,76 cm <sup>2</sup>
Avz	4,44 cm <sup>2</sup>

Sollecitazioni Resistenti	
Nc,Rd	14458,26336 Kg
VRd,y	3741,7389 Kg
VRd,z	6019,3191 Kg

Weff,y	16,31937661 cm <sup>3</sup>
Weff,z	12,73157324 cm <sup>3</sup>
McRd,y	31896,96337 Kg*cm
McRd,z	24884,4386 Kg*cm

Classificazione Sezione	
Classe	4

Fattore di riduzione	
ρc	0,978472357

Aeff	7,4 cm <sup>2</sup>
Avy	2,76 cm <sup>2</sup>
Avz	4,44 cm <sup>2</sup>

Sollecitazioni Resistenti	
Nc,Rd	14458,26336 Kg
VRd,y	3741,7389 Kg
VRd,z	6019,3191 Kg

**Coefficienti e Parametri**

β <sup>H</sup>	24,66667
β <sup>B</sup>	15,33333
β	24,66667

ε	1,078328
---	----------

	β <sub>1</sub>	β <sub>2</sub>	β <sub>3</sub>
Class A	11,86161	17,25324	23,72321
Class B			

β < β <sub>1</sub>	→ Class 1
β <sub>1</sub> < β < β <sub>2</sub>	→ Class 2
β <sub>2</sub> < β < β <sub>3</sub>	→ Class 3
β > β <sub>3</sub>	→ Class 4

**VERIFICHE**

Verifica N	
N Ed / Nc,Rd < 1	0 OK

Verifica Vy	
Vy Ed / VRd < 1	0,032071 OK

Verifica Vz	
Vz Ed / VRd < 1	0 OK

Verifica N - My - Mz	
N+ (My+Mz) < 1	0,368927 OK

$$\left( \frac{N_{Ed}}{\omega_0 N_{Rd}} \right)^{\psi} + \left[ \left( \frac{M_{y,Ed}}{\omega_0 M_{y,Rd}} \right)^{1,7} + \left( \frac{M_{z,Ed}}{\omega_0 M_{z,Rd}} \right)^{1,7} \right]^{0,6} \leq 1,00$$

**GUIDE - UTILIZZO DEL FOGLIO:**

**INPUT:**  
fo, fu - resistenze Elastica e Ultima Alluminio  
γm1, γm2- coeff. di sicurezza  
N - Axial Load - Compression - Sforzo Normale  
Ty - Shear along Y - Taglio parallelo a Y  
Tz - Shear along Z - Taglio parallelo a Z  
My - Bending around Y - Momento a Y  
Mz - Bending around Z - Momento a Z

**OUTPUT:**  
Classe - Class Section (1,2,3, or 4)  
ρc - Reduction Factor  
Nc,Rd - Cmpression Resistance  
Vrd,y - Shear Resistance Y  
Vrd,z - Shear Resistance Z  
McRd,y - Bending Resistance Y  
McRd,z - Bending Resistance Z

Weff,y Effective Elastic Modulus Y  
Weff,z Effective Elastic Modulus Z

Verifica: Soll / Resist < 1 -> OK  
Soll / Resist > 1 -> KO

EC9 -Tab. 6.2

	β <sub>1</sub> / ε	β <sub>2</sub> / ε	β <sub>3</sub> / ε
Class A	11	16	22
Class B	13	16,5	18

Classe A o B a seconda del Materiale  
Vedere EC9 tab 3.2 colonna BC. (Buckling Class)

$W_{eff,y}$	16,31937661	cm <sup>3</sup>
$W_{eff,z}$	12,73157324	cm <sup>3</sup>
$McRd,y$	31896,96337	Kg*cm
$McRd,z$	24884,4386	Kg*cm

Verifica N<1                   0 OK  
 Verifica Vy<1                0,03207065 OK  
 Verifica Vz<1                0 OK  
 Verifica (N+M)<1        0,368927089 OK        vedi EC9 6.2.9.2

$\rho_c$	$\beta < \beta_3 \rightarrow$ Class 1, 2, 3	Vedi EC9 - 6.1.5
$\rho_c$	0,978472 $\beta > \beta_3 \rightarrow$ Class 4	

$W_{eff}$	Mod. Elastico calcolato con spess. ridotto da $\rho_c$
-----------	--

### 6.2.4 Compression

(1)P The design value of the axial compression force  $N_{Ed}$  shall satisfy:

$$\frac{N_{Ed}}{N_{c,Rd}} \leq 1,0 \quad (6.20)$$

(2) The design resistance for uniform compression  $N_{c,Rd}$  should be taken as the lesser of  $N_{u,Rd}$  and  $N_{c,Rd}$  where :

a) in sections with unfilled holes  $N_{u,Rd} = A_{net} f_u / \gamma_{M2}$  (6.21)

b) other sections  $N_{c,Rd} = A_{eff} f_o / \gamma_{M1}$  (6.22)

in which:

$A_{net}$  is the net section area, with deductions for unfilled holes and HAZ softening if necessary. See 6.2.2.2. For holes located in reduced thickness regions the deduction may be based on the reduced thickness, instead of the full thickness.

$A_{eff}$  is the effective section area based on reduced thickness allowing for local buckling and HAZ softening but ignoring unfilled holes.

### 6.2.6 Shear

(1)P The design value of the shear force  $V_{Ed}$  at each cross-section shall satisfy:

$$\frac{V_{Ed}}{V_{Rd}} \leq 1,0$$

$$V_{Rd} = A_v \frac{f_o}{\sqrt{3} \gamma_{M1}} \quad (6.29)$$

where  $A_v$  is the shear area, taken as:

a) For sections containing shear webs

$$A_v = \sum_{i=1}^n [(h_w - \sum d)(t_w)_i - (1 - \rho_{o,haaz}) b_{haaz} (t_w)_i] \quad (6.30)$$

where:

$h_w$  is the depth of the web between flanges.

$b_{haaz}$  is the total depth of HAZ material occurring between the clear depth of the web between flanges. For sections with no welds,  $\rho_{o,haaz} = 1$ . If the HAZ extends the entire depth of the web

panel  $b_{haaz} = h_w - \sum d$

$t_w$  is the web thickness

## 5. STRUTTURA IN LEGNO COPERTA DIMENSIONI FUORI TERRA 900X500X300

Trattasi di una struttura lignea identificabile come gazebo a pianta rettangolare. Il manufatto ha dimensione fuori terra pari a 9.00mlx5.00ml altezza sotto travetto 3.00ml con leggera pendenza della copertura per consentire il regolare deflusso delle acque meteoriche.

Gli elementi portanti della struttura di legno coperta 900x500 sono 08 pilastri verticali in legno tipo lamellare incollato BS11- GLH24 sezione 18x18, travi perimetrali e di collegamento sempre sezione 18x18 e travicelli di falda sezione 12x12 interasse 77cm con interposto doppio tavolato incrociato . Tutti gli elementi lignei sono in legno lamellare incollato tipo BS11-Glh24.

La fondazione della struttura è formata da una platea sezione 20cm appoggiata su 10 cm di magrone impostato a -40cm rispetto al piano di campagna.

La platea è armata con doppia rete elettrosaldata diam 12mm maglia 20x20.

I pilastri sono vincolati alla platea mediante dei piedini in acciaio regolabili composti da una piastra inferiore tassellata alla platea, un perno di regolazione centrale ed una piastra superiore di appoggio per il pilastro.

L'utilizzo del piede regolabile consente di vincolare il pilastro direttamente alla platea pur permettendo la posa della pavimentazione sotto l'elemento ligneo verticale.

In copertura il tavolato viene posto in opera in aggetto per la realizzazione di una gronda perimetrale di 30cm andante.

La copertura è poi completata con posa di guaina impermeabilizzante, manto e lattonerie.

I collegamenti tra i vari elementi portanti della struttura sono realizzati mediante staffe a scomparsa in acciaio, mentre l'aggancio dei travetti alle travi principali avviene mediante staffe a L.

### 5.1 RELAZIONE DI CALCOLO

Dal punto di vista strutturale l'intervento si configura come nuova costruzione ai sensi delle NTC 2018.

Il manufatto è stato dimensionato considerando la sovrastruttura incastrata alla base e sollecitata da vento, neve e sisma nelle combinazioni di carico previste dalla normativa.

Le sollecitazioni ricavate poi dalla verifica dinamica della sovrastruttura sono state poi applicate alla platea sottostante per il dimensionamento della stessa e per la verifica della portanza del terreno.

La sovrastruttura è stata dimensionata mediante l'ausilio di un modellatore strutturale Modest e sono stati sulla stessa applicati i carichi neve e vento come da normativa vigente.

Ipotesi progettuali comuni a tutti i manufatti dimensionati sono:

- $q=1$
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi - SCUOLE

Simbologia

TCC	=Tipo di combinazione di carico
SLU	= Stato limite ultimo
SLU S	= Stato limite ultimo (azione sismica)
SLE R	= Stato limite d'esercizio, combinazione rara
SLE F	= Stato limite d'esercizio, combinazione frequente
SLE Q	= Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente
SLD	= Stato limite di danno
SLV	= Stato limite di salvaguardia della vita
SLC	= Stato limite di prevenzione del collasso
SLO	= Stato limite di operatività
Ag	=Accelerazione orizzontale massima al sito
FO	=Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale
TC*	=Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

TCC	Ag	FO	TC*
SLO	0.5481	2.57	0.26
SLD	0.6588	2.58	0.27
SLV	1.5237	2.40	0.31

- Tipo di opera: Opera ordinaria
- Vita nominale  $V_N$ : 50.00
- Classe d'uso: classe III
- SL Esercizio: SLO-Pvr 81.00, SLD-Pvr 63.00
- SL Ultimi: SLV-Pvr 10.00, SLC-Pvr no
- Classe di duttilità: classe B
- Quota di riferimento: 0.00 <m>
- Altezza della struttura: 2.80 <m>
- Numero piani edificio: 1
- Coefficiente  $\theta$ : 0
- Edificio regolare in altezza: si
- Edificio regolare in pianta: si

**Dati di calcolo**

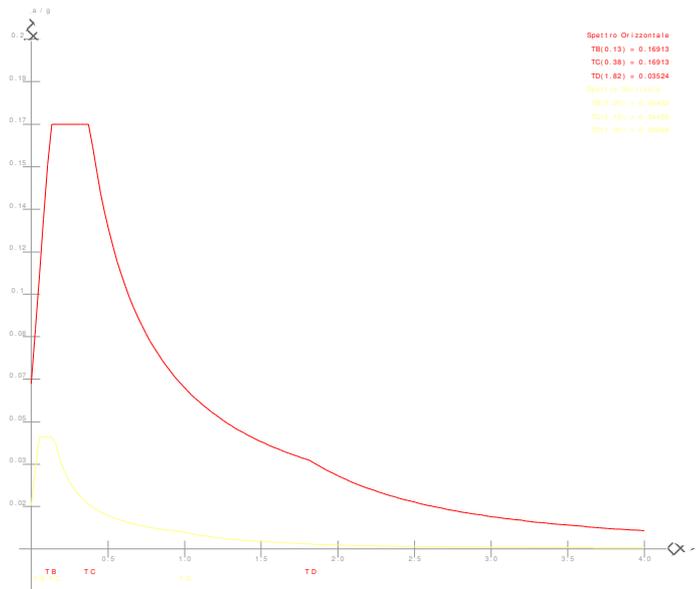
- Categoria del suolo di fondazione: C
- Tipologia edificio: legno a portali iperstatici in classe B ( $q_0=1$ )

Coeff. $C_1$	0.05
Periodo $T_1$	0.10823
Coeff. $\lambda$ SLO	1.00
Coeff. $\lambda$ SLD	1.00
Coeff. $\lambda$ SLV	1.00
Rapporto di sovreresistenza ( $\alpha_u/\alpha_1$ )	--
Fattore riduttivo ( $K_w$ )	1.00
Fattore di struttura ( $q$ )	1.00

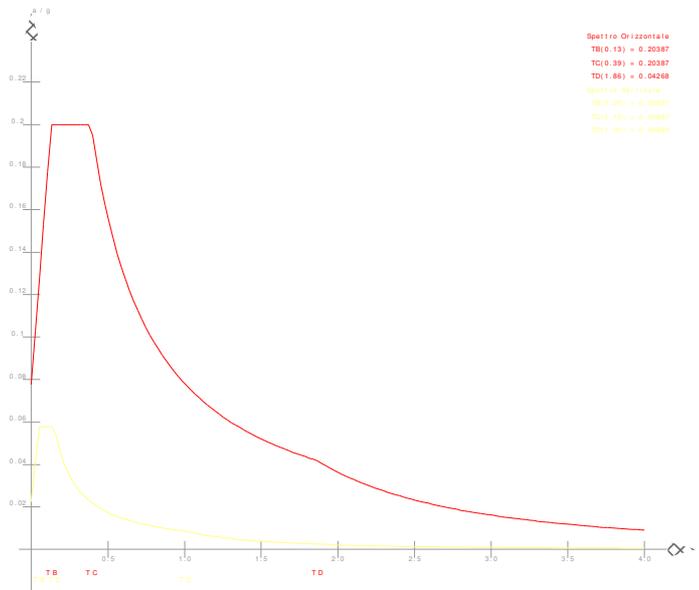
- Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione

media  $i \leq 15^\circ$

- Coeff. amplificazione topografica: 1.00
- Fattore di struttura per sisma verticale (qv): 1.50
- Modi da calcolare: 3
- Modi da considerare: tali da movimentare una percentuale di massa pari a 85.00%
- Smorzamento spettro: 5.00



**Figura numero 1: Spettro allo SLO**



**Figura numero 2: Spettro allo SLD**

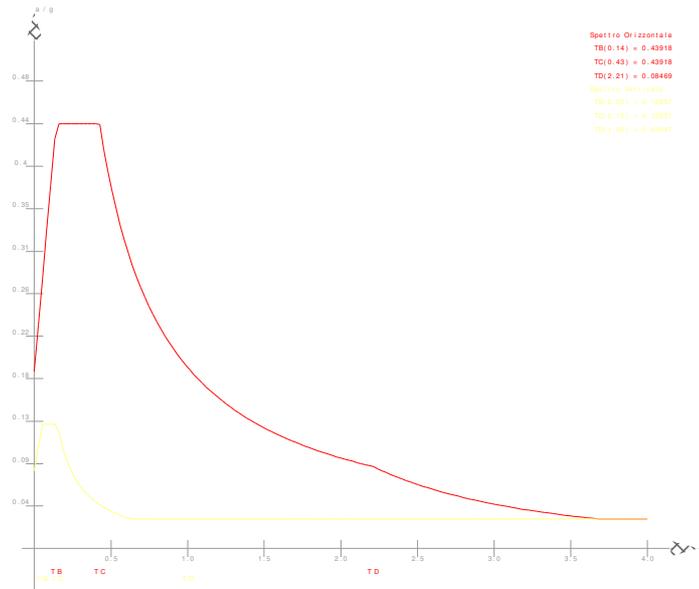


Figura numero 3: Spettro allo SLV

- Angolo di ingresso del sisma: 0.00 <grad>

## 5.2 RELAZIONE SUI MATERIALI

### Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata:

Tensione di snervamento: **B450C**

$$f_{yk} \geq 4500 \text{ Kg/cm}^2$$

### Conglomerato cementizio armato per strutture di fondazione: **C28/35**

Classe di consistenza S4, Dimensione max inerte < 24 mm  
 Resistenza di progetto a compressione:  $f_{cd} = 158.7 \text{ Kg/cm}^2$   
 Resistenza di progetto a trazione:  $f_{ctd} = 12.9 \text{ Kg/cm}^2$   
 Classe di esposizione XC2  
 Da tabella 4.1.III delle NTC condizioni ambientali ordinarie: copriferro  $\geq 25 \text{ mm}$

### Acciaio da carpenteria

Tutti gli elementi dovranno avere un modulo di elasticità non inferiore a 206000 N/mmq.

### Profilati, larghi piatti, barre e lamiere

**Acciaio tipo S 235** con le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento  $\geq 235 \text{ N/mmq}$   
 Tensione di rottura a trazione  $\geq 390 \text{ N/mmq}$   
 Allungamento percentuale a rottura per lamiere  $\geq 24\%$   
 Allungamento percentuale a rottura per barre, laminati, profilati e larghi piatti  $\geq 26\%$

### Bulloneria

Classe 4.6

**LEGNO LAMELLARE**

Valori caratteristici delle proprietà di resistenza e rigidità espressi in N/mm<sup>2</sup> e delle masse volumiche in kg/m<sup>3</sup>.

Classe di resistenza del legno lamellare		GL 24h	GL 28c	GL 32c
Resistenza alla flessione	$f_{m,g,k}$	24	28	36
Resistenza alla trazione	$f_{t,0,g,k}$	16,5	16,5	19
	$f_{t,90,g,k}$		0,5	
Resistenza alla pressione	$f_{c,0,g,k}$	24	24	26,5
	$f_{c,90,g,k}$	2,7	2,7	3,0
Resistenza al taglio	$f_{v,g,k}^{a)}$		2,5	
Modulo di elasticità	$E_{0,g,mean}^{c)}$	11.600	12.600	13.700
	$E_{90,g,mean}^{c)}$	390	390	420
Modulo di taglio	$G_{g,mean}^{b)c)}$	720	720	780
Masse volumiche	$\rho_{g,k}$	380	380	410

a) La resistenza caratteristica al taglio perpendicolare alla fibratura  $f_{g,R,k}$  può essere calcolata per tutte le classi di resistenza a 1,0 N/mm<sup>2</sup>.

b) Il modulo di taglio relativo alla sollecitazione del taglio perpendicolare alla fibratura dev'essere assunto con  $G_{g,R,k} = 0,10 G_{g,mean}$

c) Per i valori caratteristici di riferimento di rigidità  $E_{g,0,0.05}$ ;  $E_{g,90,0.05}$  e  $G_{g,0.05}$  valgono i valori di calcolo  $E_{g,0,0.05} = 5/6 E_{g,0,mean}$ ;  $E_{g,90,0.05} = 5/6 E_{g,90,mean}$ ;  $G_{g,0.05} = 5/6 G_{g,mean}$

DIN 1052-1/A1: 1996-10	DIN 1052: 2008-10
BS 11	GL 24h1) GL 24c2)
BS 14	GL 28h1) GL 28c2)
BS 16	GL 32h1) GL 32c2)
BS 18	GL 36h1) GL 36c2)

1) h = struttura omogenea  
2) c = struttura combinata

### 5.3 RELAZIONE DI FONDAZIONE

Di seguito si procede al calcolo della tensione trasmessa dalla struttura astiforme a alla platea di fondazione.

Dall'analisi delle reazioni vincolari alla base di ciascun elemento portante verticale si procede al dimensionamento della platea di fondazione ed al calcolo della tensione massima trasmessa da questa al terreno sottostante.

Si è proceduto ad una doppia verifica: la verifica STRU della platea e la verifica GEO con la quale si è ricavato il valore del carico massimo sul terreno da confrontare con il carico limite indicato nella relazione geologico-tecnica allegata alla presente pratica.

Reazioni vincolari

Reazioni vincolari

Simbologia

Nodo	=	Numero del nodo
Rx	=	Reazione vincolare (forza) in dir. X
CC	=	Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
Ry	=	Reazione vincolare (forza) in dir. Y
Rz	=	Reazione vincolare (forza) in dir. Z
Mx	=	Reazione vincolare (momento) intorno all'asse X
My	=	Reazione vincolare (momento) intorno all'asse Y
Mz	=	Reazione vincolare (momento) intorno all'asse Z

Nodo	Rx <kg>	CC	Ry <kg>	CC	Rz <kg>	CC	Mx <kgm>	CC	My <kgm>	CC	Mz <kg m>	CC
1 Max	294.56	13	510.05	7	735.11	1	377.39	19	449.19	13	3.57	13
1 Min.	-289.75	1	-162.31	19	31.83	25	-699.16	7	-444.74	1	-3.57	1
2 Max	360.63	13	616.56	7	1105.63	7	226.10	19	510.33	13	3.57	13
2 Min.	-360.76	1	-13.66	19	695.26	31	-783.98	7	-510.45	1	-3.57	1
3 Max	360.76	13	616.56	19	1105.63	19	226.10	7	510.45	13	3.57	13
3 Min.	-360.63	1	-13.66	7	695.26	31	-783.98	19	-510.33	1	-3.57	1
4 Max	289.75	13	510.05	19	735.11	13	377.39	7	444.74	13	3.57	13
4 Min.	-294.56	1	-162.31	7	31.83	26	-699.16	19	-449.19	1	-3.57	1
5 Max	294.56	1	162.31	7	735.11	13	699.16	19	449.19	1	3.57	13
5 Min.	-289.75	13	-510.05	19	21.75	25	-377.39	7	-444.74	13	-3.57	1
<b>6 Max</b>	<b>360.63</b>	<b>1</b>	<b>13.66</b>	<b>7</b>	<b>1105.63</b>	<b>19</b>	<b>783.98</b>	<b>19</b>	<b>510.33</b>	<b>1</b>	<b>3.57</b>	<b>13</b>
6 Min.	-360.76	13	-616.56	19	688.54	32	-226.10	7	-510.45	13	-3.57	1
7 Max	360.76	1	13.66	19	1105.63	7	783.98	7	510.45	1	3.57	13
7 Min.	-360.63	13	-616.56	7	688.54	32	-226.10	19	-510.33	13	-3.57	1
8 Max	289.75	1	162.31	19	735.11	1	699.16	7	444.74	1	3.57	13
8 Min.	-294.56	13	-510.05	7	21.75	26	-377.39	19	-449.19	13	-3.57	1

**VERIFICA GEO DELLA PLATEA**

**verifica a lungo termine in condizioni drenate**

APPROCCIO 2 (A1 + M1 + R3)

azioni incrementate, parametrici geotecnici invariati, resistenze ridotte

GammaG1 (*)	1,3	gammaM
GammaG2 (*)	1,5	gammaR
GammaQ (*)	1,5	Kh sismico

**VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEOTECNICO**

**CALCOLO DEL CARICO LIMITE INSIEME FONDAZIONE-TERRENO**

**Dati terreno**

angolo d'attrito fi	gradi	24
peso specifico 1	t/mc	1,70
peso specifico 2	t/mc	1,80
coesione c'	t/mq	0,00
inclinazione del pendio	gradi	0 ok
profondità della falda dw	m	100
tipo di terreno	C/A	PD

**Geometria fondazione**

profondità di posa D	m	0,45
base B	m	1,00
lunghezza L (L>B)	m	1,00
eccentricità Eb	m	0,00
eccentricità El	m	0,00
inclinazione del carico effettiva	gradi	0,00

**Dati di calcolo**

inclinazione del carico sismica	gradi	3,60
inclinazione del carico totale	gradi	3,60487
B'' (= B o B')	m	1
L'' (= L o L')	m	1
c'' (= c o c*)	t/mq	0,00
fi'' (= fi o fi*)	gradi	24
Nq		9,60
Ng		9,44
Nc		19,32
fq		1,445
fg		0,600
fc		1,497
iq		0,960
ig		0,850
ic		0,960
eq		1,000
eg		1,000
ec		1,000

**Risultati**

qlim	t/mq	15
gammaR		1,00

<b>qRd</b>	<b>t/mq</b>	<b>15</b>
------------	-------------	-----------

kwinkler	DaN/cm3	0,58
----------	---------	------

<b>PLATEA</b>					
<b>GEOMETRIA</b>					
Dimensioni	(cm)	<b>bx</b>	<b>by</b>	<b>Bx</b>	<b>By</b>
		18	18	45	45
H plinto	(cm)	20			
copriferro	(cm)	3			
d	(cm)	17			
<b>SOLLECITAZIONI - MATERIALI</b>					
Azioni agenti SLU (KN-KNm)		<b>Nsd</b>	<b>Msd x</b>	<b>Msd y</b>	
		11,1	7,85	5,1	
<b>PRESSIONI</b>					
Pressioni sul terreno	MPa	$\sigma_1$	$\sigma_2$	$\sigma_3$	$\sigma_4$
		1,000	0,239	-0,172	-0,934

La verifica geo risulta soddisfatta in quanto  $1,00 < 1.50$ .

### VERIFICA STRU DELLA PLATEA

Si considera una sezione della platea 40x40x20 in corrispondenza della quale vengono trasmesse le reazioni vincolari dei pilastri e si procede alla verifica geo della sezione.

The screenshot shows the 'Verifica C.A. S.L.U.' software interface. Key sections include:

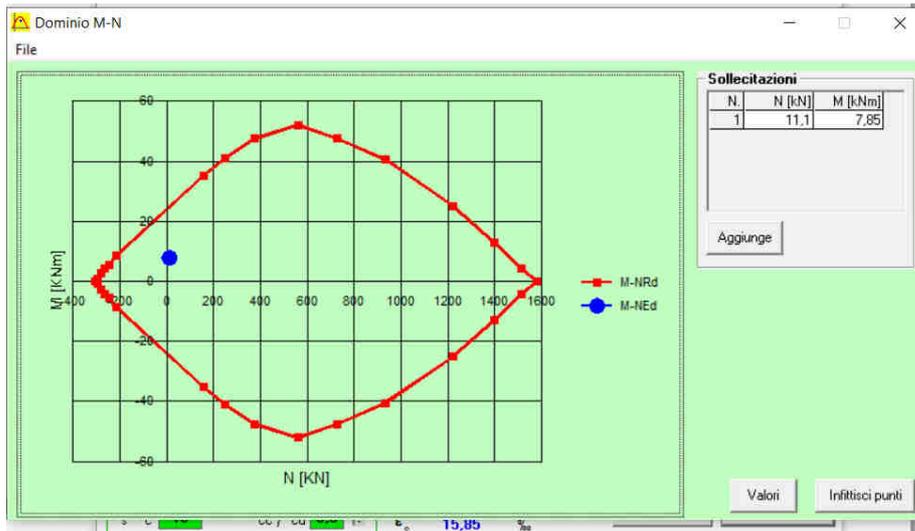
- Titolo:** [Empty field]
- N° strati barre:** 2
- Tables:**

N°	b [cm]	h [cm]
1	40	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3,93	3
2	3,93	17
- Sollecitazioni:** S.L.U. Metodo n.
 

N <sub>Ed</sub>	11,1	0	kN
M <sub>xEd</sub>	7,85	0	kNm
M <sub>yEd</sub>	5,10	0	
- P.to applicazione N:** Centro. xN: 0, yN: 0.
- Materiali:**

Proprietà	B450C	C28/35
$\epsilon_{su}$	67,5 ‰	2 ‰
$f_{yd}$	391,3 N/mm²	3,5
$E_s$	200.000 N/mm²	15,87
$E_s/E_c$	15	0,8
$\epsilon_{syd}$	1,957 ‰	11
$\sigma_{s,adm}$	255 N/mm²	0,6667
$\tau_{c1}$		1,971
- Metodo di calcolo:** S.L.U.+, S.L.U.-, Metodo n.
- Tipo flessione:** Retta, Deviata.
- Calcoli:** M<sub>xRd</sub> = 25,02 kN m;  $\sigma_c$  = -15,87 N/mm²;  $\sigma_s$  = 391,3 N/mm²;  $\epsilon_c$  = 3,5 ‰;  $\epsilon_s$  = 15,85 ‰; d = 17 cm; x = 3,075; x/d = 0,1809;  $\delta$  = 0,7.
- Buttons:** Calcola MRd, Dominio M-N, Col. modello, M-curvatura, Precompresso.



## 5.4 RELAZIONE DI CALCOLO

### ANALISI DEI CARICHI

L' **ANALISI DEI CARICHI** per la determinazione delle forze statiche agenti sulla struttura in esame è stata effettuata in modo tale da pervenire alle condizioni più gravose nei confronti delle verifiche da effettuare.

I carichi d'esercizio assunti a base dei calcoli, oltre il peso proprio delle strutture portanti ed ai sovraccarichi permanenti conformemente alla destinazione specifica dei locali ed a quelli stabiliti dalle NTC 2018 sono stati i seguenti:

#### CARICHI VERTICALI DISTRIBUITI – STATO di PROGETTO

G+QPS+QPN		25	Kg/mq
VENTO	SOPR	27	Kg/mq
VENTO	SOTT	54	Kg/mq
CARICO NEVE	Qacc	80	Kg/mq

La determinazione delle caratteristiche della sollecitazione provocate nelle strutture è stata effettuata con i **METODI DELLA SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**, basati sull'ipotesi dell'elasticità lineare dei materiali e cumulando le condizioni di carico nel modo più sfavorevole.

Tutte le verifiche di resistenza del legno sono state eseguite con l'applicazione del **METODO DEGLI STATI LIMITE**, tenendo conto delle condizioni più gravose possibili di carico.

Le caratteristiche delle azioni sollecitanti ricavate in base alle combinazioni, secondo quanto stabilito al **p.to 2.5.3 del D.M. 17.01.2018** risultano inferiori alle azioni resistenti per tutti gli stati limite previsti dal suddetto decreto

**SLU - Combinazine fondamentale**

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

**SLE - Combinazine caratteristica (rara) – per tensioni ammissibili**

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \Psi_{02} Q_{k2} + \Psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

**SLE - Combinazine frequente - reversibili**

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{11} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

**SLE - Combinazine quasi permanente – a lungo termine**

$$G_1 + G_2 + P + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

**SLU – SLE - Combinazine sismica**

$$G_1 + G_2 + P + E + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

**SLU - Combinazine eccezionale**

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \Psi_{21} Q_{k1} + \Psi_{22} Q_{k2} + \Psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

In carichi sopra definiti, una volta definiti e assegnati, vengono combinati (par. 2.5.3) a seconda della categoria dell'azione variabile, e fattorizzati (par. 2.6) a seconda che l'azione che esercita il carico sulla struttura sia a vantaggio o a svantaggio di sicurezza, come riportato nelle seguenti tabelle.

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0.7	0.5	0.3
Categoria B – Uffici	0.7	0.5	0.3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0.7	0.7	0.6
Categoria D – Ambienti d uso commerciale	0.7	0.7	0.6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti industriali	1.0	0.9	0.8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0.7	0.7	0.6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0.7	0.5	0.3
Categoria H – coperture accessibili per sola manutenzione	0.0	0.0	0.0
Categoria I – coperture praticabili	<i>Da valutarsi caso per caso</i>		
Categoria K – coperture per usi speciali (impianti, eliporti...)	<i>caso</i>		
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

**Tab. 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione**

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qj}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

<sup>(1)</sup> per i carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti si possono utilizzare gli stessi coefficienti dei carichi permanenti

**Tab. 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU**

Nel modello strutturale , non avendo considerato la copertura come elemento rigido per la

ripartizione dei carichi, le sollecitazioni sono state applicate direttamente sui vari elementi strutturali in funzione della propria area di influenza.

### 5.5 FASCICOLO DI CALCOLO

Ciascun elemento strutturale ligneo è stato dimensionato considerando le sollecitazioni ricavate dalla risoluzione dello schema statico.

Si riporta di seguito la tabella delle sollecitazioni agenti e la verifica del elementi principali più sollecitati secondo le NTC 2018.

Sollecitazioni aste

#### Sollecitazioni aste

##### Simbologia

Asta	=	Numero dell'asta
N1	=	Nodo1
N2	=	Nodo2
X	=	Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale
N	=	Sforzo normale
CC	=	Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
Ty	=	Taglio in dir. Y
Mz	=	Momento flettente intorno all'asse Z
Tz	=	Taglio in dir. Z
My	=	Momento flettente intorno all'asse Y
Mx	=	Momento torcente intorno all'asse X

Asta	N1	N2	X <cm>	N <kg>	CC	Ty <kg>	CC	Mz <kgm>	CC	Tz <kg>	CC	My <kgm>	CC	Mx <kgm>	CC
1	1	101 Max	0.00	-31.83	25	510.05	7	377.39	19	289.75	1	449.19	13	3.57	1
1	1	101 Max	264.00	-3.64	25	510.05	7	647.38	7	289.75	1	320.20	1	3.57	1
1	1	101 Min.	0.00	-735.11	1	-162.31	19	-699.16	7	-294.56	13	-444.74	1	-3.57	13
1	1	101 Min.	264.00	-713.43	1	-162.31	19	-51.12	19	-294.56	13	-328.44	13	-3.57	13
2	2	102 Max	0.00	-695.26	31	616.56	7	226.10	19	360.76	1	510.33	13	3.57	1
2	2	102 Max	264.00	-673.58	31	616.56	7	843.73	7	360.76	1	441.96	1	3.57	1
2	2	102 Min.	0.00	-1105.63	7	-13.66	19	-783.98	7	-360.63	13	-510.45	1	-3.57	13
2	2	102 Min.	264.00	-1083.95	7	-13.66	19	190.04	19	-360.63	13	-441.73	13	-3.57	13
3	3	103 Max	0.00	-695.26	31	616.56	19	226.10	7	360.63	1	510.45	13	3.57	1
3	3	103 Max	264.00	-673.58	31	616.56	19	843.73	19	360.63	1	441.73	1	3.57	1
3	3	103 Min.	0.00	-1105.63	19	-13.66	7	-783.98	19	-360.76	13	-510.33	1	-3.57	13
3	3	103 Min.	264.00	-1083.95	19	-13.66	7	190.04	7	-360.76	13	-441.96	13	-3.57	13
4	4	104 Max	0.00	-31.83	26	510.05	19	377.39	7	294.56	1	444.74	13	3.57	1
4	4	104 Max	264.00	-3.64	26	510.05	19	647.38	19	294.56	1	328.44	1	3.57	1
4	4	104 Min.	0.00	-735.11	13	-162.31	7	-699.16	19	-289.75	13	-449.19	1	-3.57	13
4	4	104 Min.	264.00	-713.43	13	-162.31	7	-51.12	7	-289.75	13	-320.20	13	-3.57	13

5	5	105 Max	0.00	-21.75	25	162.31	7	699.16	19	289.75	13	449.19	1	3.57	1
5	5	105 Max	26.58					-2.07	30			13.15	30		
5	5	105 Max	264.00	6.44	25	162.31	7	51.12	7	289.75	13	320.20	13	3.57	1
5	5	105 Min.	0.00	-735.11	13	-510.05	19	-377.39	7	-294.56	1	-444.74	13	-3.57	13
5	5	105 Min.	26.58					-2.07	29			-9.69	29		
5	5	105 Min.	264.00	-713.43	13	-510.05	19	-647.38	19	-294.56	1	-328.44	1	-3.57	13
6	6	106 Max	0.00	-688.54	32	13.66	7	783.98	19	360.76	13	510.33	1	3.57	1
6	6	106 Max	264.00	-666.86	32	13.66	7	-190.04	7	360.76	13	441.96	13	3.57	1
6	6	106 Min.	0.00	-1105.63	19	-616.56	19	-226.10	7	-360.63	1	-510.45	13	-3.57	13
6	6	106 Min.	264.00	-1083.95	19	-616.56	19	-843.73	19	-360.63	1	-441.73	1	-3.57	13
7	7	107 Max	0.00	-688.54	32	13.66	19	783.98	7	360.63	13	510.45	1	3.57	1
7	7	107 Max	264.00	-666.86	32	13.66	19	-190.04	19	360.63	13	441.73	13	3.57	1
7	7	107 Min.	0.00	-1105.63	7	-616.56	7	-226.10	19	-360.76	1	-510.33	13	-3.57	13
7	7	107 Min.	264.00	-1083.95	7	-616.56	7	-843.73	7	-360.76	1	-441.96	1	-3.57	13
8	8	108 Max	0.00	-21.75	26	162.31	19	699.16	7	294.56	13	444.74	1	3.57	1
8	8	108 Max	26.58					-2.07	30			9.69	30		
8	8	108 Max	264.00	6.44	26	162.31	19	51.12	19	294.56	13	328.44	13	3.57	1
8	8	108 Min.	0.00	-735.11	1	-510.05	7	-377.39	19	-289.75	1	-449.19	13	-3.57	13
8	8	108 Min.	26.58					-2.07	29			-13.15	29		
8	8	108 Min.	264.00	-713.43	1	-510.05	7	-647.38	7	-289.75	1	-320.20	1	-3.57	13
101	101	102 Max	15.00	0.00	1	0.00	19	0.00	7	230.77	13	332.91	1	-28.17	13
101	101	102 Max	84.66									8.98	25		
101	101	102 Max	292.50	0.00	1	0.00	19	0.00	19	206.46	13	268.24	13	-28.17	13
101	101	102 Min.	15.00	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-208.79	1	-338.42	13	-68.13	25
101	101	102 Min.	143.08									4.13	31		
101	101	102 Min.	292.50	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-233.10	1	-280.21	1	-68.13	25
101	102	103 Max	7.50	0.00	1	0.00	19	0.00	27	150.87	13	191.27	1	3.14	13
101	102	103 Max	187.60									4.93	26		
101	102	103 Max	292.50	0.00	1	0.00	19	0.00	19	125.90	13	191.27	13	3.14	13
101	102	103 Min.	7.50	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-125.90	1	-203.12	13	-3.14	1
101	102	103 Min.	149.75									2.97	39		
101	102	103 Min.	292.50	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-150.87	1	-203.12	1	-3.14	1
101	103	104 Max	7.50	0.00	1	0.00	19	0.00	7	233.10	13	268.24	1	68.13	25
101	103	104 Max	215.05									8.98	26		
101	103	104 Max	285.00	0.00	1	0.00	19	0.00	19	208.79	13	332.91	13	68.13	25
101	103	104 Min.	7.50	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-206.46	1	-280.21	13	28.17	1
101	103	104 Min.	156.35									4.13	31		
101	103	104 Min.	285.00	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-230.77	1	-338.42	1	28.17	1
102	105	106 Max	15.00	0.00	1	0.00	19	0.00	7	230.77	1	332.91	13	68.13	25
102	105	106 Max	84.66									8.98	25		
102	105	106 Max	292.50	0.00	1	0.00	19	0.00	19	206.46	1	268.24	1	68.13	25
102	105	106 Min.	15.00	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-208.79	13	-338.42	1	28.17	1
102	105	106 Min.	143.08									4.13	31		
102	105	106 Min.	292.50	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-233.10	13	-280.21	13	28.17	1
102	106	107 Max	7.50	0.00	1	0.00	19	0.00	27	150.87	1	191.27	13	3.14	13
102	106	107 Max	187.60									4.93	26		
102	106	107 Max	292.50	0.00	1	0.00	19	0.00	19	125.90	1	191.27	1	3.14	13
102	106	107 Min.	7.50	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-125.90	13	-203.12	1	-3.14	1
102	106	107 Min.	149.75									2.97	39		

102 106	107 Min.	292.50	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-150.87	13	-203.12	13	-3.14	1
102 107	108 Max	7.50	0.00	1	0.00	19	0.00	7	233.10	1	268.24	13	-28.17	13
102 107	108 Max	215.05									8.98	26		
102 107	108 Max	285.00	0.00	1	0.00	19	0.00	19	208.79	1	332.91	1	-28.17	13
102 107	108 Min.	7.50	0.00	1	0.00	7	0.00	19	-206.46	13	-280.21	1	-68.13	25
102 107	108 Min.	156.35									4.13	31		
102 107	108 Min.	285.00	0.00	1	0.00	7	0.00	7	-230.77	13	-338.42	13	-68.13	25
103 101	105 Max	15.00	0.00	1	0.00	13	0.00	1	582.44	7	146.64	19	2.43	13
103 101	105 Max	160.99									338.20	19		
103 101	105 Max	485.00	0.00	1	0.00	13	0.00	13	21.89	28	146.64	7	2.43	13
103 101	105 Min.	15.00	0.00	1	0.00	1	0.00	13	-11.81	27	-605.38	7	-2.43	1
103 101	105 Min.	210.04									15.97	31		
103 101	105 Min.	485.00	0.00	1	0.00	1	0.00	1	-582.44	19	-605.38	19	-2.43	1
104 102	106 Max	15.00	0.00	1	0.00	13	0.00	1	975.15	7	-114.20	19	1.27	13
104 102	106 Max	293.01									532.26	7		
104 102	106 Max	485.00	0.00	1	0.00	13	0.00	13	-599.89	32	-114.20	7	1.27	13
104 102	106 Min.	15.00	0.00	1	0.00	1	0.00	13	606.61	31	-823.24	7	-1.27	1
104 102	106 Min.	248.86									362.87	31		
104 102	106 Min.	485.00	0.00	1	0.00	1	0.00	1	-975.15	19	-823.24	19	-1.27	1
105 103	107 Max	15.00	0.00	1	0.00	13	0.00	1	975.15	19	-114.20	7	1.27	13
105 103	107 Max	293.01									532.26	19		
105 103	107 Max	485.00	0.00	1	0.00	13	0.00	13	-599.89	32	-114.20	19	1.27	13
105 103	107 Min.	15.00	0.00	1	0.00	1	0.00	13	606.61	31	-823.24	19	-1.27	1
105 103	107 Min.	248.86									362.87	31		
105 103	107 Min.	485.00	0.00	1	0.00	1	0.00	1	-975.15	7	-823.24	7	-1.27	1
106 104	108 Max	15.00	0.00	1	0.00	13	0.00	1	582.44	19	146.64	7	2.43	13
106 104	108 Max	160.99									338.20	7		
106 104	108 Max	485.00	0.00	1	0.00	13	0.00	13	21.89	28	146.64	19	2.43	13
106 104	108 Min.	15.00	0.00	1	0.00	1	0.00	13	-11.81	27	-605.38	19	-2.43	1
106 104	108 Min.	210.04									15.97	31		
106 104	108 Min.	485.00	0.00	1	0.00	1	0.00	1	-582.44	7	-605.38	7	-2.43	1

Verifica pilastro 18x18

**CARATTERISTICHE DEL LEGNO**

Coefficiente di sicurezza per il materiale	$\gamma_m$	<b>1,35</b>	
Coefficiente $k_{mod}$	$K_{mod}$	<b>0,60</b>	
		<b>BS11</b>	
Flessione	$f_{m,k}$	<b>24,00</b>	[MPa]
Trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	<b>19,20</b>	[MPa]
Trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	<b>0,50</b>	[MPa]
Compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	<b>24,00</b>	[MPa]
Compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	<b>2,50</b>	[MPa]
Taglio	$f_{v,k}$	<b>3,50</b>	[MPa]
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	<b>11,50</b>	[MPa]
Modulo parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	<b>9,60</b>	[MPa]
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	<b>0,30</b>	[MPa]

Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	<b>0,65</b>	[MPa]
Caratteristiche di sollecitazione	$\gamma_{a/g}$	<b>1,00</b>	
<b><u>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RETTANGOLARE E DELL'ASTA</u></b>			
Base della sezione	b	<b>180</b>	[mm]
Altezza della sezione	h	<b>180</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	$L_{0y}$	<b>2800</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	$L_{0z}$	<b>2800</b>	[mm]
Distanza tra i ritegni torsionali	$L_{LT}$	<b>2800</b>	[mm]
Area della sezione	A	32400	[mm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia y - y	$I_y$	87480000	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia z - z	$I_z$	87480000	[mm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza y - y	$W_y$	972000	[mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza z - z	$W_z$	972000	[mm <sup>3</sup> ]
Raggio d'inerzia y	$i_y$	51,96	[mm]
Raggio d'inerzia z	$i_z$	51,96	[mm]
Snellezze dell'elemento	$\lambda_y$	53,89	[-]
	$\lambda_z$	53,89	[-]
Tensioni critiche euleriane	$\sigma_{c,crit,y}$	32,63	[MPa]
	$\sigma_{c,crit,z}$	32,63	[MPa]
Snellezze relative dell'elemento	$\lambda_{rel,y}$	0,858	[-]
	$\lambda_{rel,z}$	0,858	[-]
Coefficienti di stabilità	$\beta_c$	<b>0,20</b>	[-]
	$k_y$	0,924	[-]
	$k_z$	0,924	[-]
	$k_{c,y}$	0,790	[-]
	$k_{c,z}$	0,790	[-]
	<b>Tensioni limite di calcolo</b>	<b><math>k_{c,y}f_{c,0,d}</math></b>	<b>8,42</b>
	<b><math>k_{c,z}f_{c,0,d}</math></b>	<b>8,42</b>	<b>[MPa]</b>

<b><u>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TENSOFFLESSIONE - TAGLIO</u></b>		<b>SLU</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>
Massima forza di compressione	$N_{c,sd}$	11,06 [kN]	<b>11,06</b>
Massima forza di trazione	$N_{t,sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massimo momento flettente	$M_{sd}$	7,84 [kNm]	<b>7,84</b>
Massimo taglio	$V_{sd}$	3,61 [kN]	<b>3,61</b>
Tensione massima di compressione	$\sigma_{c,0,d} = N_{c,sd}/A$	0,34 [MPa]	
Tensione massima di trazione	$\sigma_{t,0,d} = N_{t,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima a flessione	$\sigma_{m,y,d} = M_{sd}/W_y$	8,07 [MPa]	
Tensione tangenziale massima	$\tau_d = 1,5 V_{sd}/(b h)$	0,17 [MPa]	
<b>Tasso di lavoro in compressione</b>	<b><math>\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}]</math></b>	<b>0,04 [-]</b>	<b>SI</b>

<b>Tasso di lavoro in trazione</b>	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a flessione</b>	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,76 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_c \cdot \min f_{c,0,d}] + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,80 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a taglio</b>	$\tau_d/f_{v,d}$	<b>0,11 [-]</b>	<b>SI</b>

## Verifiche trave 18x18

<b>CARATTERISTICHE DEL LEGNO</b>			
Coefficiente di sicurezza per il materiale	$\gamma_m$	<b>1,35</b>	
Coefficiente $k_{mod}$	$k_{mod}$	<b>0,60</b>	
		<b>BS11</b>	
Flessione	$f_{m,k}$	<b>24,00</b>	
Trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	<b>19,20</b>	
Trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	<b>0,50</b>	
Compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	<b>24,00</b>	
Compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	<b>2,50</b>	
Taglio	$f_{v,k}$	<b>3,50</b>	
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	<b>11,50</b>	
Modulo parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	<b>9,60</b>	
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	<b>0,30</b>	
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	<b>0,65</b>	
Caratteristiche di solleciatazione	$\gamma_{a/g}$	<b>1,00</b>	
<b>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RETTANGOLARE E DELL'ASTA</b>			
Base della sezione	$b$	<b>180</b>	[mm]
Altezza della sezione	$h$	<b>180</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	$L_{0y}$	<b>4850</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	$L_{0z}$	<b>4850</b>	[mm]
Distanza tra i ritegni torsionali	$L_{LT}$	<b>4850</b>	[mm]
Area della sezione	$A$	32400	[mm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia y - y	$I_y$	87480000	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia z - z	$I_z$	87480000	[mm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza y - y	$W_y$	972000	[mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza z - z	$W_z$	972000	[mm <sup>3</sup> ]
Raggio d'inerzia y	$i_y$	51,96	[mm]
Raggio d'inerzia z	$i_z$	51,96	[mm]
Snellezze dell'elemento	$\lambda_y$	93,34	[-]
	$\lambda_z$	93,34	[-]
Tensioni critiche euleriane	$\sigma_{c,crit,y}$	10,88	[MPa]

Snellezze relative dell'elemento	$\sigma_{c,crit,z}$	10,88	[MPa]
	$\lambda_{rel,y}$	1,486	[-]
	$\lambda_{rel,z}$	1,486	[-]
Coefficienti di stabilità	$\beta_c$	<b>0,20</b>	[-]
	$k_y$	1,722	[-]
	$k_z$	1,722	[-]
	$k_{c,y}$	0,386	[-]
	$k_{c,z}$	0,386	[-]

<b>Tensioni limite di calcolo</b>	$k_{c,y}f_{c,0,d}$	<b>4,11</b>	<b>[MPa]</b>
	$k_{c,z}f_{c,0,d}$	<b>4,11</b>	<b>[MPa]</b>

<b>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TENSOFFLESSIONE - TAGLIO</b>		<b>SLU</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>
Massima forza di compressione	$N_{c,sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massima forza di trazione	$N_{t,sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massimo momento flettente	$M_{sd}$	8,24 [kNm]	<b>8,24</b>
Massimo taglio	$V_{sd}$	9,75 [kN]	<b>9,75</b>
Tensione massima di compressione	$\sigma_{c,0,d} = N_{c,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima di trazione	$\sigma_{t,0,d} = N_{t,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima a flessione	$\sigma_{m,y,d} = M_{sd}/W_y$	8,48 [MPa]	
Tensione tangenziale massima	$\tau_d = 1,5 V_{sd}/(b h)$	0,45 [MPa]	
<b>Tasso di lavoro in compressione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}]$	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro in trazione</b>	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a flessione</b>	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,79 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,79 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a taglio</b>	$\tau_d/f_{v,d}$	<b>0,29 [-]</b>	<b>SI</b>

<b>VERIFICA DI FLESSO TORSIONE</b>			
Momento d'inerzia torsionale	$I_t$	349920000	[mm <sup>4</sup> ]
Tensione critica flessione torsionale	$\sigma_{m,crit}$	246,16	[MPa]
Snellezza relativa a flessione torsione	$\lambda_{rel,m}$	0,312	[-]
Coefficiente di svergolamento	$k_{crit,m}$	1,000	[-]
<b>Tasso di lavoro a flessione semplice</b>	$\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}]$		<b>[-]</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + (\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}])^2$		<b>[-]</b>

## Verifiche travetto 12x12

<b>CARATTERISTICHE DEL LEGNO</b>			
Coefficiente di sicurezza per il materiale	$\gamma_m$	<b>1,35</b>	
Coefficiente $k_{mod}$	$K_{mod}$	<b>0,60</b>	
		<b>BS11</b>	
Flessione	$f_{m,k}$	<b>24,00</b>	
Trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	<b>19,20</b>	
Trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	<b>0,50</b>	
Compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	<b>24,00</b>	
Compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	<b>2,50</b>	
Taglio	$f_{v,k}$	<b>3,50</b>	
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	<b>11,50</b>	
Modulo parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	<b>9,60</b>	
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	<b>0,30</b>	
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	<b>0,65</b>	
Caratteristiche di sollecitazione	$\gamma_a/g$	<b>1,00</b>	

<b>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RETTANGOLARE E DELL'ASTA</b>			
Base della sezione	b	<b>120</b>	[mm]
Altezza della sezione	h	<b>120</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	$L_{0y}$	<b>3000</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	$L_{0z}$	<b>3000</b>	[mm]
Distanza tra i ritegni torsionali	$L_{LT}$	<b>3000</b>	[mm]
Area della sezione	A	14400	[mm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia y - y	$I_y$	17280000	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia z - z	$I_z$	17280000	[mm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza y - y	$W_y$	288000	[mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza z - z	$W_z$	288000	[mm <sup>3</sup> ]
Raggio d'inerzia y	$i_y$	34,64	[mm]
Raggio d'inerzia z	$i_z$	34,64	[mm]
Snellezze dell'elemento	$\lambda_y$	86,60	[-]
	$\lambda_z$	86,60	[-]
Tensioni critiche euleriane	$\sigma_{c,crit,y}$	12,63	[MPa]
	$\sigma_{c,crit,z}$	12,63	[MPa]
Snellezze relative dell'elemento	$\lambda_{rel,y}$	1,378	[-]
	$\lambda_{rel,z}$	1,378	[-]
Coefficienti di stabilità	$\beta_c$	<b>0,20</b>	[-]

$k_y$	1,558	[-]
$k_z$	1,558	[-]
$k_{c,y}$	0,438	[-]
$k_{c,z}$	0,438	[-]

<b>Tensioni limite di calcolo</b>	$k_{c,y}f_{c,0,d}$	<b>4,67</b>	<b>[MPa]</b>
	$k_{c,z}f_{c,0,d}$	<b>4,67</b>	<b>[MPa]</b>

<b>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TENSOFFLESSIONE - TAGLIO</b>		<b>SLU</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>
Massima forza di compressione	$N_{c,sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massima forza di trazione	$N_{t,sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massimo momento flettente	$M_{sd}$	1,60 [kNm]	<b>1,60</b>
Massimo taglio	$V_{sd}$	2,10 [kN]	<b>2,10</b>
Tensione massima di compressione	$\sigma_{c,0,d} = N_{c,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima di trazione	$\sigma_{t,0,d} = N_{t,sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima a flessione	$\sigma_{m,y,d} = M_{sd}/W_y$	5,56 [MPa]	
Tensione tangenziale massima	$\tau_d = 1,5 V_{sd}/(b h)$	0,22 [MPa]	
<b>Tasso di lavoro in compressione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}]$	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro in trazione</b>	$\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	<b>0,00 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a flessione</b>	$\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,52 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,52 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a taglio</b>	$\tau_d/f_{v,d}$	<b>0,14 [-]</b>	<b>SI</b>
<b>VERIFICA DI FLESSO TORSIONE</b>			
Momento d'inerzia torsionale	$I_t$	69120000 [mm <sup>4</sup> ]	
Tensione critica flessione torsionale	$\sigma_{m,crit}$	265,30 [MPa]	
Snellezza relativa a flessione torsione	$\lambda_{rel,m}$	0,301 [-]	
Coefficiente di svergolamento	$k_{crit,m}$	1,000 [-]	
<b>Tasso di lavoro a flessione semplice</b>	$\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}]$	<b>[-]</b>	
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$\sigma_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + (\sigma_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}])^2$	<b>[-]</b>	

## 6.0 GAZEBO OTTAGONALE LIGNEO

Trattasi di una struttura lignea ideale per proteggersi dal sole e dalla pioggia o attività scolastica all'aperto e quant'altro attività come relax, picnic, parchi giochi e socializzazione all'aperto. Il gazebo ha sezione ottagonale diametro 490cm ed altezza sotto trave 4.20m.

E' composto da 8 pilastri ciascuno composto da due elementi verticali lignei sezione 9x9 ed è tutta realizzata in legno lamellare BS11/GLH24.

I pilastri sono collegati in testa da puntoni inclinati sezione 7x14 e travi di banchina a quota gronda formate con listoni 4.5x11.50.

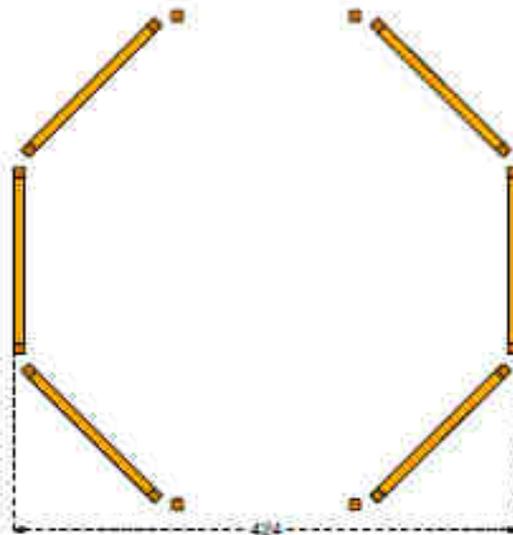
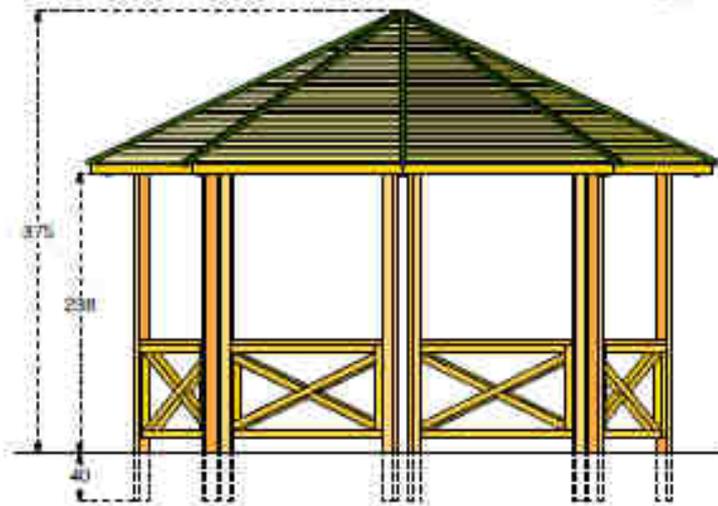
Alla base il gazebo ha un pavimento ligneo formato da listoni 3.5x14 appoggiati su megatelli 11.5x4.5.

La fondazione del gazebo è realizzata mediante platea gettata in opera opportunamente dimensionata. Gli elementi verticali del gazebo sono vincolati alla platea di base mediante piastre di ancoraggio metalliche a U come da dettaglio esecutivo allegato.

Internamente al gazebo sono fornite anche delle sedute anche queste lignee con relativo telaio di appoggio.

I nodi di collegamento tra gli elementi lignei sono realizzati mediante piastre metalliche a scomparsa e bulloni passanti.

Cod. 011197 GAZEBO OTTAGONALE YOUNG  
LEGNOLANDIA Rev. 0



## 6.1 RELAZIONE DI CALCOLO GAZEBO OTTAGONALE

Dal punto di vista strutturale l'intervento si configura come nuova costruzione ai sensi delle NTC 2018.

Il manufatto è stato dimensionato considerando la sovrastruttura incastrata alla base e sollecitata da vento, neve e sisma nelle combinazioni di carico previste dalla normativa.

Le sollecitazioni ricavate poi dalla verifica dinamica della sovrastruttura sono state poi applicate alla platea sottostante per il dimensionamento della stessa e per la verifica della portanza del terreno.

La sovrastruttura è stata dimensionata mediante l'ausilio di un modellatore strutturale Modest e sono stati sulla stessa applicati i carichi neve e vento come da normativa vigente.

Ipotesi progettuali comuni a tutti i manufatti dimensionati sono:

- $q=1$
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi - SCUOLE

### Simbologia

TCC = Tipo di combinazione di carico

SLU = Stato limite ultimo

SLU S = Stato limite ultimo (azione sismica)

SLE R = Stato limite d'esercizio, combinazione rara

SLE F = Stato limite d'esercizio, combinazione frequente

SLE Q = Stato limite d'esercizio, combinazione quasi permanente

SLD = Stato limite di danno

SLV = Stato limite di salvaguardia della vita

SLC = Stato limite di prevenzione del collasso

SLO = Stato limite di operatività

Ag = Accelerazione orizzontale massima al sito

FO = Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

TC\* = Periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale

TCC	Ag	FO	TC*
SLO	0.5491	2.57	0.26
SLD	0.6606	2.58	0.27
SLV	1.5270	2.40	0.31

- Tipo di opera: Opera ordinaria
- Vita nominale  $V_N$ : 50.00
- Classe d'uso: classe III
- SL Esercizio: SLO-Pvr 81.00, SLD-Pvr 63.00
- SL Ultimi: SLV-Pvr 10.00, SLC-Pvr no
- Classe di duttilità: classe B
- Quota di riferimento: 0.00 <m>
- Altezza della struttura: 3.75 <m>
- Numero piani edificio: 1
- Coefficiente  $\theta$ : 0
- Edificio regolare in altezza: si
- Edificio regolare in pianta: si

- Forze orizzontali convenzionali per stati limite non sismici: 1.00%
- Categoria del suolo di fondazione: C
- Tipologia edificio: legno a portali iperstatici in classe B

Coeff. $C_1$	0.05
Periodo $T_1$	0.1347
	4
Coeff. $\lambda$ SLO	1.00
Coeff. $\lambda$ SLD	1.00
Coeff. $\lambda$ SLV	1.00
Rapporto di sovrarresistenza ( $\alpha_u/\alpha_1$ )	--
Fattore riduttivo ( $K_w$ )	1.00
Fattore di struttura ( $q$ )	1.00

- Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$
- Coeff. amplificazione topografica: 1.00
- Fattore di struttura per sisma verticale ( $q_v$ ): 1.50
- Modi da calcolare: 3
- Modi da considerare: tali da movimentare una percentuale di massa pari a 85.00%
- Smorzamento spettro: 5.00

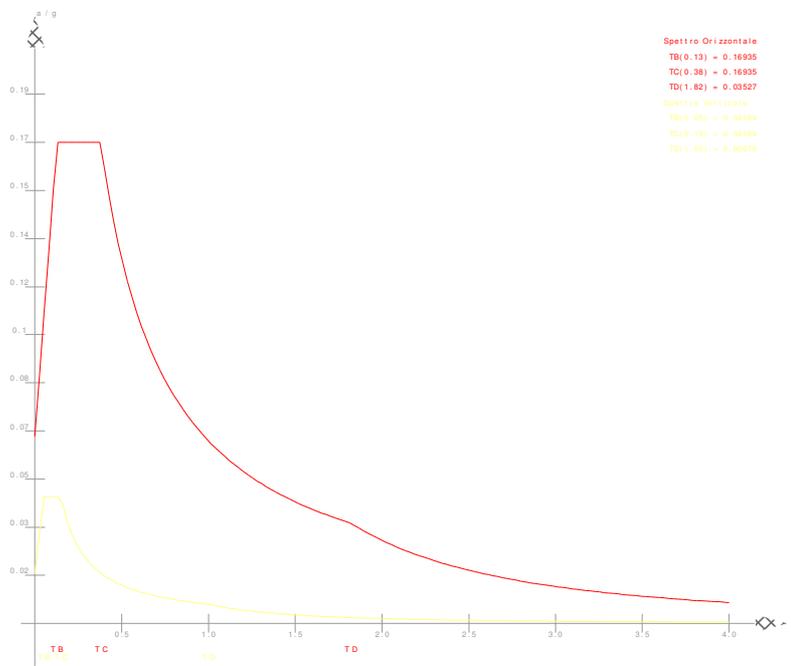
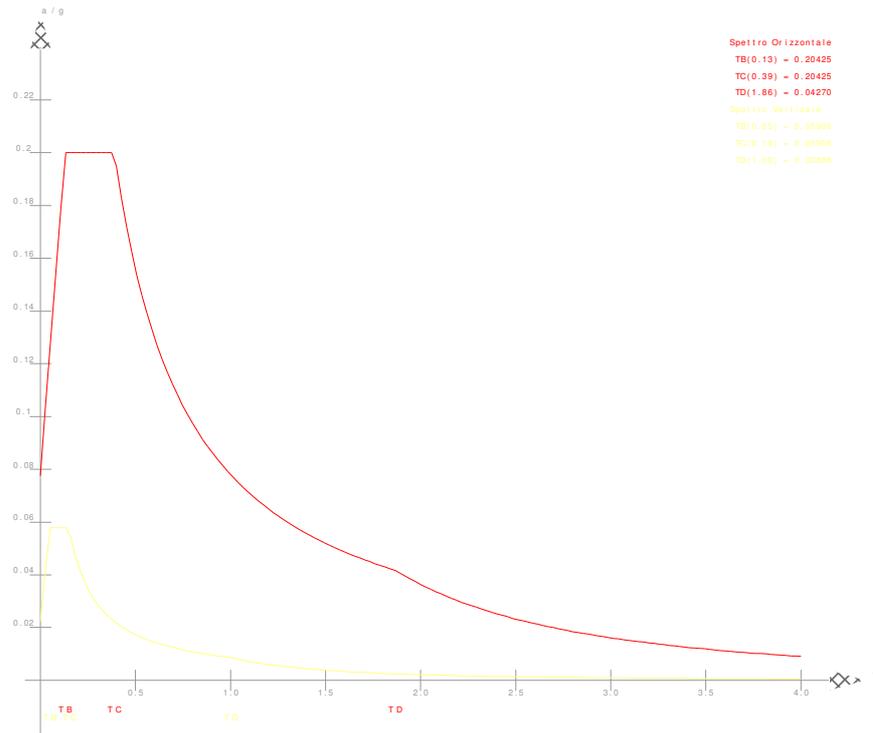
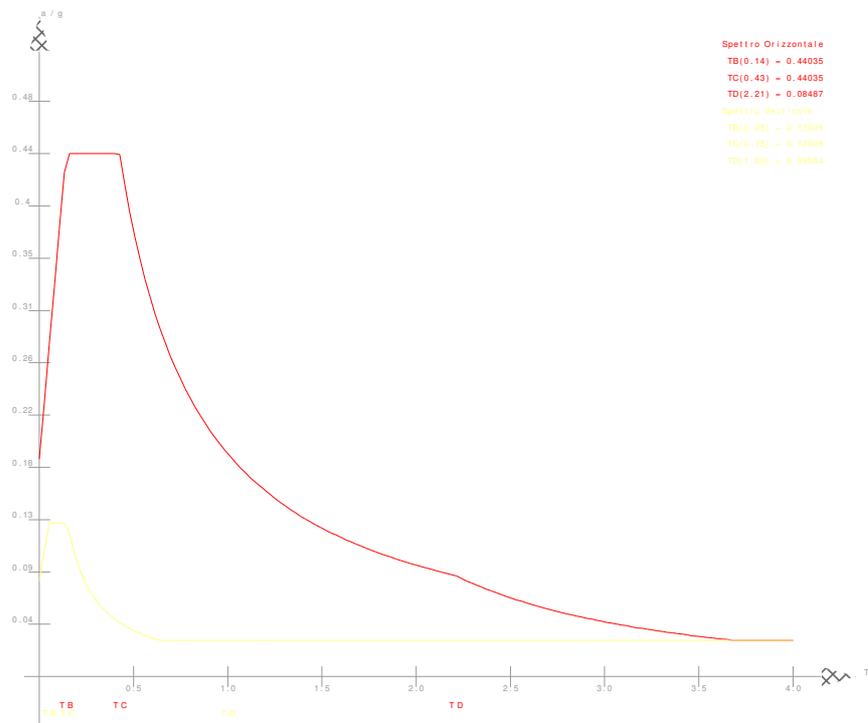


Figura numero 1: Spettro allo SLO

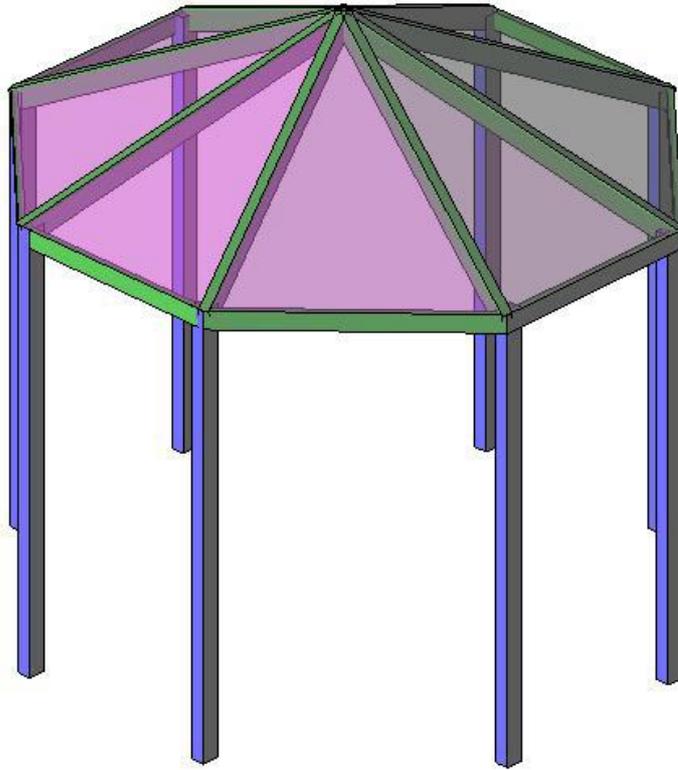


**Figura numero 2: Spettro allo SLD**



**Figura numero 3: Spettro allo SLV**

- Angolo di ingresso del sisma: 0.00 <grad>



## 6.2 RELAZIONE SUI MATERIALI

### Acciaio per c.a. in barre ad aderenza migliorata:

Tensione di snervamento:

**B450C**

$$f_{yk} \geq 4500 \text{ Kg/cm}^2$$

### Conglomerato cementizio armato per strutture di fondazione:

**C28/35**

Classe di consistenza S4,

Dimensione max inerte < 24 mm

Resistenza di progetto a compressione:

$$f_{cd} = 158.7 \text{ Kg/cm}^2$$

Resistenza di progetto a trazione:

$$f_{ctd} = 12.9 \text{ Kg/cm}^2$$

Classe di esposizione XC2

Da tabella 4.1.III delle NTC condizioni ambientali ordinarie:

copriferro  $\geq 25$  mm

### Acciaio da carpenteria

Tutti gli elementi dovranno avere un modulo di elasticità non inferiore a 206000 N/mmq.

### Profilati, larghi piatti, barre e lamiere

**Acciaio tipo S 235** con le seguenti caratteristiche:

Tensione caratteristica di snervamento

$\geq 235$  N/mmq

Tensione di rottura a trazione

$\geq 390$  N/mmq

Allungamento percentuale a rottura per lamiere

$\geq 24\%$

Allungamento percentuale a rottura per barre, laminati, profilati e larghi piatti

$\geq 26\%$

### Bulloneria

Classe 4.6

### LEGNO LAMELLARE

Valori caratteristici delle proprietà di resistenza e rigidità espressi in N/mm<sup>2</sup> e delle masse volumiche in kg/m<sup>3</sup>.

Classe di resistenza del legno lamellare		GL 24h	GL 28c	GL 32c
Resistenza alla flessione	$f_{m,g,k}$	24	28	36
Resistenza alla trazione	$f_{t,0,g,k}$	16,5	16,5	19
	$f_{t,90,g,k}$		0,5	
Resistenza alla pressione	$f_{c,0,g,k}$	24	24	26,5
	$f_{c,90,g,k}$	2,7	2,7	3,0
Resistenza al taglio	$f_{v,g,k}^{a)}$		2,5	
Modulo di elasticità	$E_{0,g,mean}^{c)}$	11.600	12.600	13.700
	$E_{90,g,mean}^{c)}$	390	390	420
Modulo di taglio	$G_{g,mean}^{b)c)}$	720	720	780
Masse volumiche	$\rho_{g,k}$	380	380	410

a) La resistenza caratteristica al taglio perpendicolare alla fibratura  $f_{g,R,k}$  può essere calcolata per tutte le classi di resistenza a  $1,0 \text{ N/mm}^2$ .  
 b) Il modulo di taglio relativo alla sollecitazione del taglio perpendicolare alla fibratura dev'essere assunto con  $G_{g,R,k} = 0,10 G_{g,mean}$   
 c) Per i valori caratteristici di riferimento di rigidità  $E_{g,0.05}$ ;  $E_{g,90,0.05}$  e  $G_{g,0.05}$  valgono i valori di calcolo  $E_{g,0,0.05} = 5/6 E_{g,0,mean}$ ;  $E_{g,90,0.05} = 5/6 E_{g,90,mean}$ ;  $G_{g,0.05} = 5/6 G_{g,mean}$

DIN 1052-1/A1: 1996-10	DIN 1052: 2008-10
BS 11	GL 24h1) GL 24c2)
BS 14	GL 28h1) GL 28c2)
BS 16	GL 32h1) GL 32c2)
BS 18	GL 36h1) GL 36c2)
1) h = struttura omogenea 2) c = struttura combinata	

### 6.3 RELAZIONE DI FONDAZIONE

Di seguito si procede al calcolo della tensione trasmessa dalla struttura astiforme a alla platea di fondazione.

Dall'analisi delle reazioni vincolari alla base di ciascun elemento portante verticale si procede al dimensionamento della platea di fondazione ed al calcolo della tensione massima trasmessa da questa al terreno sottostante.

Si è proceduto ad una doppia verifica: la verifica STRU della platea e la verifica GEO con la quale si è ricavato il valore del carico massimo sul terreno da confrontare con il carico limite indicato nella relazione geologico-tecnica allegata alla presente pratica.

#### Reazioni vincolari

##### Simbologia

Nodo	=	Numero del nodo
Rx	=	Reazione vincolare (forza) in dir. X
CC	=	Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
Ry	=	Reazione vincolare (forza) in dir. Y
Rz	=	Reazione vincolare (forza) in dir. Z
Mx	=	Reazione vincolare (momento) intorno all'asse X
My	=	Reazione vincolare (momento) intorno all'asse Y
Mz	=	Reazione vincolare (momento) intorno all'asse Z

Nodo	Rx <kg>	CC	Ry <kg>	CC	Rz <kg>	CC	Mx <kgm>	CC	My <kgm>	CC	Mz <kgm>	CC
1 Max	5.51	1	55.88	16	128.79	7	-2.04	7	7.12	1	0.01	7
1 Min.	-30.42	13	4.25	7	-45.00	15	-20.18	16	-44.48	13	-5.45	13
2 Max	1.83	1	26.05	16	128.79	7	31.66	15	3.62	1	0.01	7

2 Min.	-29.22	13	4.25	7	-27.94	15	-12.70	7	-43.28	13	-5.95	13
3 Max	8.92	1	78.76	16	125.04	1	2.75	7	10.38	1	0.00	7
3 Min.	-11.01	13	-0.78	7	17.36	17	-56.37	16	-18.20	13	-5.61	16
4 Max	-2.17	1	6.72	7	125.04	1	166.74	15	-0.16	1	0.02	7
4 Min.	-13.79	13	-192.03	15	28.34	18	-8.68	7	-20.54	13	-5.82	15
<b>5 Max</b>	<b>24.41</b>	<b>14</b>	<b>71.19</b>	<b>16</b>	<b>226.59</b>	<b>14</b>	<b>7.96</b>	<b>7</b>	<b>27.38</b>	<b>14</b>	<b>0.05</b>	<b>1</b>
5 Min.	2.43	1	-6.23	7	115.11	1	-49.44	16	0.39	1	-5.62	14
6 Max	9.99	14	1.35	7	125.18	1	163.16	15	14.26	14	-0.02	1
6 Min.	-9.17	1	-188.26	15	31.73	18	-3.58	7	-10.63	1	-6.09	14
7 Max	24.08	14	-4.77	7	131.01	7	86.52	15	36.16	14	0.04	1
7 Min.	-1.50	1	-140.71	15	26.78	20	2.23	7	-3.35	1	-6.30	14
8 Max	25.96	14	-4.77	7	131.01	7	126.17	15	37.98	14	0.00	1
8 Min.	-5.93	1	-164.48	15	-8.70	16	2.23	7	-7.55	1	-6.08	14

### VERIFICA GEO DELLA PLATEA

<b>PLATEA</b>					
<b>GEOMETRIA</b>					
Dimensioni	(cm)	<b>bx</b>	<b>by</b>	<b>Bx</b>	<b>By</b>
		18	18	30	30
H	(cm)	20			
copriferro	(cm)	3			
d	(cm)	<b>17</b>			
<b>SOLLECITAZIONI - MATERIALI</b>					
Azioni agenti SLU (KN-KNm)		<b>Nsd</b>	<b>Msd<sub>x</sub></b>	<b>Msd<sub>y</sub></b>	
		3	0,08	0,3	
<b>PRESSIONI</b>					
Pressioni sul terreno	MPa	<b><math>\sigma_1</math></b>	<b><math>\sigma_2</math></b>	<b><math>\sigma_3</math></b>	<b><math>\sigma_4</math></b>
		<b>0,111</b>	<b>-0,039</b>	<b>0,071</b>	<b>-0,079</b>

### CAPACITA' PORTANTE - METODO DI TERZAGHI GENERALIZZATO

APPROCCIO 2 (A1 + M1 + R3)

azioni incrementate, parametrici geotecnici invariati, resistenze ridotte

GammaG1 (*)	1,3	gammaM
GammaG2 (*)	1,5	gammaR
GammaQ (*)	1,5	Kh sismico

### VERIFICA ALLO SLU DI TIPO GEOTECNICO CALCOLO DEL CARICO LIMITE INSIEME FONDAZIONE-TERRENO

#### Dati terreno

angolo d'attrito $\phi$	gradi	27
peso specifico 1	t/mc	1,70
peso specifico 2	t/mc	1,80
coesione $c'$	t/mq	0,00

inclinazione del pendio	gradi	0 ok
profondità della falda dw	m	100
tipo di terreno	C/A	PD
<b>Geometria fondazione</b>		
profondità di posa D	m	0,40
base B	m	1,00
lunghezza L (L>B)	m	1,00
eccentricità Eb	m	0,00
eccentricità El	m	0,00
inclinazione del carico effettiva	gradi	0,00
<b>Dati di calcolo</b>		
inclinazione del carico sismica	gradi	3,60
inclinazione del carico totale	gradi	3,60487
B" (= B o B')	m	1
L" (= L o L')	m	1
c" (= c o c*)	t/mq	0,00
fi" (= fi o fi*)	gradi	27
Nq		13,20
Ng		14,47
Nc		23,94
fq		1,509
fg		0,600
fc		1,551
iq		0,960
ig		0,866
ic		0,960
eq		1,000
eg		1,000
ec		1,000
<b>Risultati</b>		
qlim	t/mq	20
gammaR		1,00
qRd	t/mq	20
kwinkler	DaN/cm3	0,79

La verifica GEO della platea risulta soddisfatta in quanto  $0.11 < 2.0$  MPa.

#### VERIFICA STRU DELLA PLATEA

Si considera una sezione della platea 40x40x20 in corrispondenza della quale vengono trasmesse le reazioni vincolari dei pilastri e si procede alla verifica geo della sezione

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2018 ?

Titolo : \_\_\_\_\_

N° strati barre 2 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]	N°	As [cm²]	d [cm]
1	40	20	1	3,93	3
			2	3,93	17

Tipo Sezione  
 Rettan.re  Trapezi  
 a T  Circolare  
 Rettangoli  Coord.  
 DXF

Sollecitazioni  
 S.L.U.  $\leftrightarrow$  Metodo n

N<sub>Ed</sub> 2,40 0 kN  
 M<sub>xEd</sub> 0,1 0 kNm  
 M<sub>yEd</sub> 0,3 0

P.to applicazione N  
 Centro  Baricentro cls  
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura  
 Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo  
 S.L.U.+  S.L.U.-  
 Metodo n

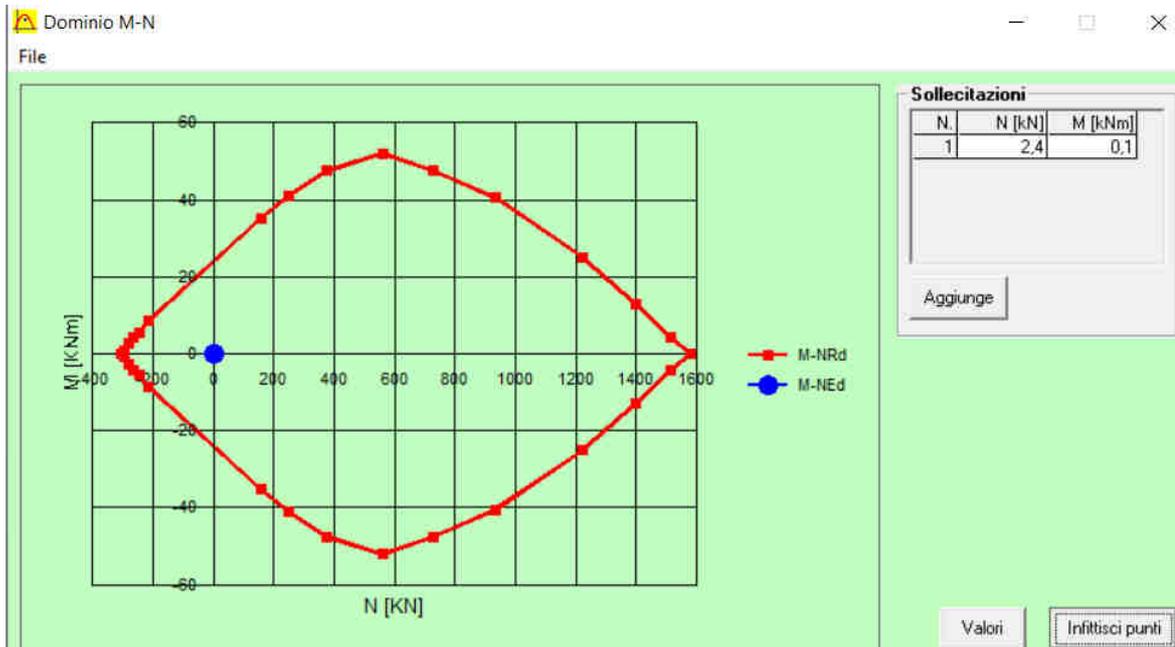
Tipo flessione  
 Retta  Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N  
 L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello  
 M-curvatura  
 Precompresso

Materiali  
 B450C C28/35  
 ε<sub>su</sub> 67,5 ‰ ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
 f<sub>yd</sub> 391,3 N/mm² ε<sub>cu</sub> 3,5 ‰  
 E<sub>s</sub> 200.000 N/mm² f<sub>cd</sub> 15,87  
 E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15 f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0,8  
 ε<sub>syd</sub> 1,957 ‰ σ<sub>c,adm</sub> 11  
 σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm² τ<sub>co</sub> 0,6667  
 τ<sub>c1</sub> 1,971

M<sub>xRd</sub> 24,4 kN m  
 σ<sub>c</sub> -15,87 N/mm²  
 σ<sub>s</sub> 391,3 N/mm²  
 ε<sub>c</sub> 3,5 ‰  
 ε<sub>s</sub> 16,25 ‰  
 d 17 cm  
 x 3,013 x/d 0,1773  
 δ 0,7



## 6.4 RELAZIONE DI CALCOLO

### ANALISI DEI CARICHI

L' **ANALISI DEI CARICHI** per la determinazione delle forze statiche agenti sulla struttura in esame è stata effettuata in modo tale da pervenire alle condizioni più gravose nei confronti delle verifiche da effettuare.

I carichi d'esercizio assunti a base dei calcoli, oltre il peso proprio delle strutture portanti ed ai sovraccarichi permanenti conformemente alla destinazione specifica dei locali ed a quelli stabiliti dalle NTC 2018 sono stati i seguenti:

#### CARICHI VERTICALI DISTRIBUITI – STATO di PROGETTO

G+QPS+QPN		25	Kg/mq
VENTO	SOPR	27	Kg/mq
VENTO	SOTT	54	Kg/mq
CARICO NEVE	Qacc	80	Kg/mq

La determinazione delle caratteristiche della sollecitazione provocate nelle strutture è stata effettuata con i **METODI DELLA SCIENZA DELLE COSTRUZIONI**, basati sull'ipotesi dell'elasticità lineare dei materiali e cumulando le condizioni di carico nel modo più sfavorevole.

Tutte le verifiche di resistenza del legno sono state eseguite con l'applicazione del **METODO DEGLI STATI LIMITE** , tenendo conto delle condizioni più gravose possibili di carico.

Le caratteristiche delle azioni sollecitanti ricavate in base alle combinazioni, secondo quanto stabilito al **p.to 2.5.3 del D.M. 17.01.2018** risultano inferiori alle azioni resistenti per tutti gli stati limite previsti dal suddetto decreto

#### SLU - Combinazione fondamentale

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

#### SLE - Combinazione caratteristica (rara) – per tensioni ammissibili

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots$$

#### SLE - Combinazione frequente - reversibili

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

#### SLE - Combinazione quasi permanente – a lungo termine

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

#### SLU – SLE - Combinazione sismica

$$G_1 + G_2 + P + E + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

#### SLU - Combinazione eccezionale

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots$$

In carichi sopra definiti, una volta definiti e assegnati, vengono combinati (par. 2.5.3) a seconda della categoria dell'azione variabile, e fattorizzati (par. 2.6) a seconda che l'azione che esercita il carico sulla struttura sia a vantaggio o a svantaggio di sicurezza, come riportato nelle seguenti tabelle.

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
Categoria A – Ambienti ad uso residenziale	0.7	0.5	0.3
Categoria B – Uffici	0.7	0.5	0.3
Categoria C – Ambienti suscettibili di affollamento	0.7	0.7	0.6
Categoria D – Ambienti d uso commerciale	0.7	0.7	0.6
Categoria E – Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti industriali	1.0	0.9	0.8
Categoria F – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0.7	0.7	0.6
Categoria G – Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0.7	0.5	0.3
Categoria H – coperture accessibili per sola manutenzione	0.0	0.0	0.0
Categoria I – coperture praticabili	<i>Da valutarsi caso per caso</i>		
Categoria K – coperture per usi speciali (impianti, eliporti...)	<i>caso</i>		
Vento	0.6	0.2	0.0
Neve (a quota $\leq 1000$ m s.l.m.)	0.5	0.2	0.0
Neve (a quota $> 1000$ m s.l.m.)	0.7	0.5	0.2
Variazioni termiche	0.6	0.5	0.0

**Tab. 2.5.1** – Valori dei coefficienti di combinazione

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0.9	1.0	1.0
	sfavorevoli		1.1	1.3	1.0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0.8	0.8	0.8
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qj}$	0.0	0.0	0.0
	sfavorevoli		1.5	1.5	1.3

<sup>(1)</sup> per i carichi permanenti non strutturali compiutamente definiti si possono utilizzare gli stessi coefficienti dei carichi permanenti

**Tab. 2.6.1** – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

Nel modello strutturale , non avendo considerato la copertura come elemento rigido per la ripartizione dei carichi, le sollecitazioni sono state applicate direttamente sui vari elementi strutturali in funzione della propria area di influenza.

## 6.5 FASCICOLO DI CALCOLO

Ciascun elemento strutturale ligneo è stato dimensionato considerando le sollecitazioni ricavate dalla risoluzione dello schema statico.

Si riporta di seguito la tabella delle sollecitazioni agenti e la verifica del elementi principali più sollecitati secondo le NTC 2018.

### Sollecitazioni aste

#### Simbologia

Asta	=	Numero dell'asta
N1	=	Nodo1
N2	=	Nodo2

X	=	Coordinata progressiva rispetto al nodo iniziale
N	=	Sforzo normale
CC	=	Numero della combinazione delle condizioni di carico elementari
Ty	=	Taglio in dir. Y
Mz	=	Momento flettente intorno all'asse Z
Tz	=	Taglio in dir. Z
My	=	Momento flettente intorno all'asse Y
Mx	=	Momento torcente intorno all'asse X

PILASTRI

Asta	N1	N2	X	N	CC	Ty	CC	Mz	CC	Tz	CC	My	CC	Mx	CC
			<cm>	<kg>		<kg>		<kgm>		<kg>		<kgm>		<kgm>	
1	1	101 Max	0.00	45.00	15	55.88	16	-2.04	7	30.42	13	7.12	1	5.45	13
1	1	101 Max	259.65					9.30	21			4.12	21		
1	1	101 Max	268.50	63.15	15	10.89	7	16.54	7	30.42	13	37.19	13	5.45	13
1	1	101 Min	0.00	-128.79	7	4.25	7	-20.18	16	-5.51	1	-44.48	13	-0.01	7
1	1	101 Min	128.08					18.88	13			-5.52	13		
1	1	101 Min	268.50	-114.83	7	-56.93	15	-20.48	15	-5.51	1	-7.67	1	-0.01	7
2	2	102 Max	0.00	27.94	15	26.05	16	31.66	15	29.22	13	3.62	1	5.95	13
2	2	102 Max	220.56					7.23	24			4.58	24		
2	2	102 Max	268.50	46.09	15	10.89	7	16.54	7	29.22	13	35.17	13	5.95	13
2	2	102 Min	0.00	-128.79	7	4.25	7	-12.70	7	-1.83	1	-43.28	13	-0.01	7
2	2	102 Min	58.06					35.52	13			-26.32	13		
2	2	102 Min	268.50	-114.83	7	-86.76	15	-55.31	15	-1.83	1	-1.30	1	-0.01	7
3	3	103 Max	0.00	-17.36	17	78.76	16	2.75	7	11.01	13	10.38	1	5.61	16
3	3	103 Max	188.95					19.41	13			2.61	13		
3	3	103 Max	268.50	0.19	13	6.72	7	9.36	7	11.01	13	11.37	13	5.61	16
3	3	103 Min	0.00	-125.04	1	-0.78	7	-56.37	16	-8.92	1	-18.20	13	-0.00	7
3	3	103 Min	236.22					5.47	22			-7.93	22		
3	3	103 Min	268.50	-111.07	1	-34.60	15	0.65	7	-8.92	1	-13.58	1	-0.00	7
4	4	104 Max	0.00	-28.34	18	6.72	7	166.74	15	13.79	13	-0.16	1	5.82	15
4	4	104 Max	268.50	-14.38	18	30.08	16	9.36	7	13.79	13	16.49	13	5.82	15
4	4	104 Min	0.00	-125.04	1	-192.03	15	-8.68	7	2.17	1	-20.54	13	-0.02	7
4	4	104 Min	268.50	-111.07	1	-0.78	7	-56.88	15	2.17	1	5.67	1	-0.02	7
5	5	105 Max	0.00	-115.11	1	71.19	16	7.96	7	-2.43	1	27.38	14	5.62	14
5	5	105 Max	86.82					1.41	23			1.06	23		
5	5	105 Max	268.50	-101.15	1	1.35	7	0.05	7	-2.43	1	-6.13	1	5.62	14

<b>5</b>	<b>5 105 Min</b>	<b>0.00</b>	<b>-226.59</b>	<b>14</b>	<b>-6.23</b>	<b>7</b>	<b>-49.44</b>	<b>16</b>	<b>-24.41</b>	<b>14</b>	<b>0.39</b>	<b>1</b>	<b>-0.05</b>	<b>1</b>
----------	------------------	-------------	----------------	-----------	--------------	----------	---------------	-----------	---------------	-----------	-------------	----------	--------------	----------

5	5 105 Min	175.03					13.14	16			-14.93	16		
5	5 105 Min	268.50	-208.44	14	-42.18	15	-9.62	15	-24.41	14	-38.16	14	-0.05	1
6	6 106 Max	0.00	-31.73	18	1.35	7	163.16	15	9.17	1	14.26	14	6.09	14
6	6 106 Max	268.50	-17.76	18	33.86	16	0.05	7	9.17	1	13.99	1	6.09	14
6	6 106 Min	0.00	-125.18	1	-188.26	15	-3.58	7	-9.99	14	-10.63	1	0.02	1
6	6 106 Min	268.50	-111.22	1	-6.23	7	-50.35	15	-9.99	14	-12.56	14	0.02	1
7	7 107 Max	0.00	-26.78	20	-4.77	7	86.52	15	1.50	1	36.16	14	6.30	14
7	7 107 Max	268.50	-12.82	20	80.83	16	5.02	16	1.50	1	0.68	1	6.30	14
7	7 107 Min	0.00	-131.01	7	-140.71	15	2.23	7	-24.08	14	-3.35	1	-0.04	1
7	7 107 Min	268.50	-117.04	7	-11.42	7	-17.76	7	-24.08	14	-28.49	14	-0.04	1
8	8 108 Max	0.00	8.70	16	-4.77	7	126.17	15	5.93	1	37.98	14	6.08	14
8	8 108 Max	268.50	26.85	16	57.06	16	-10.58	7	5.93	1	8.36	1	6.08	14
8	8 108 Min	0.00	-131.01	7	-164.48	15	2.23	7	-25.96	14	-7.55	1	0.00	1
8	8 108 Min	268.50	-117.04	7	-11.42	7	-23.49	15	-25.96	14	-31.72	14	0.00	1

**TRAVI**

Asta	N1	N2	X	N	CC	Ty	CC	Mz	CC	Tz	CC	My	CC	Mx	CC
			<cm>	<kg>		<kg>		<kgm>		<kg>		<kgm>		<kgm>	
101	101	102 Max	10.00	117.33	7	0.03	1	1.80	14	5.13	1	21.11	13	0.01	1
101	101	102 Max	26.69					0.01	7			2.00	7		
101	101	102 Max	150.00	117.33	7	0.03	1	0.02	1	2.23	1	3.73	1	0.01	1
101	101	102 Min	10.00	-105.15	15	-2.43	14	-0.02	1	-29.49	13	-1.47	1	-0.48	14
101	101	102 Min	26.69					-0.01	7			0.68	7		
101	101	102 Min	150.00	-105.15	15	-2.43	14	-1.60	14	-33.26	13	-22.82	13	-0.48	14
102	107	108 Max	10.00	111.44	7	0.02	1	1.02	13	30.38	14	4.17	1	0.01	1
102	107	108 Max	134.58					0.01	7			2.36	7		
102	107	108 Max	150.00	111.44	7	0.02	1	0.02	1	26.61	14	18.80	14	0.01	1
102	107	108 Min	10.00	-99.96	16	-1.52	13	-0.01	1	-2.41	1	-21.09	14	-0.73	13
102	107	108 Min	134.58					0.00	7			0.93	7		
102	107	108 Min	150.00	-99.96	16	-1.52	13	-1.11	13	-5.31	1	-1.28	1	-0.73	13
103	103	105 Max	13.00	111.18	1	-0.02	7	1.88	15	8.18	16	3.57	7	0.54	16
103	103	105 Max	135.34					-1.60	15			2.68	15		
103	103	105 Max	145.00	111.18	1	-0.02	7	-0.02	7	4.63	16	5.89	16	0.54	16
103	103	105 Min	13.00	-76.42	13	-2.84	15	0.00	7	-2.42	7	-2.56	16	0.00	7



207 102 201 Max	14.46	143.66	15	0.05	1	4.20	13	49.52	7	43.89	15	0.34	1
207 102 201 Max	83.35					0.44	23			14.75	23		
207 102 201 Max	241.40	124.59	15	0.05	1	1.29	13	37.27	16	-8.89	20	0.34	1
207 102 201 Min	14.46	-125.12	7	-1.28	13	-0.20	1	-8.92	15	-9.42	7	-3.10	13
207 102 201 Min	96.14					-0.10	7			10.66	7		
207 102 201 Min	241.40	-89.90	7	-1.28	13	-0.07	1	-35.64	7	-18.92	7	-3.10	13
<b>208 101 201 Max</b>	<b>14.46</b>	<b>157.77</b>	<b>15</b>	<b>0.04</b>	<b>1</b>	<b>2.39</b>	<b>13</b>	<b>49.52</b>	<b>7</b>	<b>33.46</b>	<b>15</b>	<b>0.22</b>	<b>1</b>
208 101 201 Max	19.00					2.26	15			33.54	15		
208 101 201 Max	241.40	138.69	15	0.04	1	2.20	13	49.70	16	5.47	16	0.22	1
208 101 201 Min	14.46	-125.12	7	-0.09	13	-0.13	1	3.51	15	-9.42	7	-1.29	13
208 101 201 Min	96.14					-0.05	7			10.66	7		
208 101 201 Min	241.40	-89.90	7	-0.09	13	-0.04	1	-35.64	7	-18.92	7	-1.29	13
209 103 201 Max	12.81	97.16	13	0.04	7	1.90	16	51.79	1	13.82	13	0.16	15
209 103 201 Max	96.29					0.13	1			16.44	1		
209 103 201 Max	247.97	79.92	13	0.04	7	1.34	16	67.70	14	24.98	14	0.16	15
209 103 201 Min	12.81	-127.08	1	-0.24	16	-0.09	7	17.83	17	-8.90	1	-0.40	7
209 103 201 Min	96.29					-0.01	1			12.53	1		
209 103 201 Min	247.97	-90.95	1	-0.24	16	0.01	7	-38.26	1	-20.89	1	-0.40	7
210 105 201 Max	12.81	-43.04	17	0.14	7	1.68	16	159.2	14	-2.37	1	1.50	15
210 105 201 Max	103.75					1.10	13			46.35	13		
210 105 201 Max	247.97	48.64	13	0.14	7	0.42	16	-35.42	1	-19.91	1	1.50	15
210 105 201 Min	12.81	-121.97	1	-0.53	16	-0.25	7	49.44	1	-23.20	14	-0.25	7
210 105 201 Min	96.60					-0.09	1			12.96	1		
210 105 201 Min	247.97	-85.53	1	-0.53	16	0.09	7	-99.72	13	-48.06	13	-0.25	7
211 107 201 Max	14.48	129.86	16	0.11	1	4.09	14	54.19	7	12.01	16	0.31	1
211 107 201 Max	103.90					0.05	7			16.22	7		
211 107 201 Max	250.03	114.35	16	0.11	1	0.12	1	62.74	15	14.44	15	0.31	1
211 107 201 Min	14.48	-127.16	7	-2.47	14	-0.23	1	17.26	20	-10.51	7	-0.24	1
211 107 201 Min	48.61					2.03	17			10.09	17		
211 107 201 Min	250.03	-90.76	7	-2.47	14	-1.78	13	-37.15	7	-19.19	7	-0.24	1
212 108 201 Max	14.48	151.30	16	-0.01	1	3.68	14	54.19	7	4.17	16	0.69	13
212 108 201 Max	103.90					0.09	7			16.22	7		
212 108 201 Max	250.03	135.79	16	-0.01	1	-0.02	1	63.15	15	7.58	15	0.69	13
212 108 201 Min	14.48	-127.16	7	-2.20	14	-0.10	1	17.53	20	-10.51	7	-0.31	1

212 108 201 Min	49.29			1.97 18		4.96 18		
212 108 201 Min	250.03	-90.76 7	-2.20 14	-1.56 13	-37.15 7	-19.19 7	-0.31 1	
223 106 201 Max	12.81	90.80 14	-0.06 7	3.86 15	52.44 1	5.08 14	0.25 7	
223 106 201 Max	96.60			0.09 1		16.91 1		
223 106 201 Max	247.97	74.51 14	-0.06 7	-0.09 7	59.26 13	-1.87 13	0.25 7	
223 106 201 Min	12.81	-121.97 1	-1.93 15	-0.05 7	13.72 18	-8.83 1	-0.81 15	
223 106 201 Min	42.55			2.11 17		2.29 17		
223 106 201 Min	247.97	-85.53 1	-1.93 15	-0.73 16	-38.42 1	-20.52 1	-0.81 15	
224 104 201 Max	12.81	13.95 14	0.04 7	3.39 15	51.79 1	10.27 14	0.40 7	
224 104 201 Max	96.29			0.01 1		16.44 1		
224 104 201 Max	247.97	-3.29 14	0.04 7	0.68 15	57.00 13	-3.24 17	0.40 7	
224 104 201 Min	12.81	-127.08 1	-1.15 15	-0.20 7	10.70 18	-8.90 1	-1.44 15	
224 104 201 Min	36.44			2.06 17		5.04 17		
224 104 201 Min	247.97	-90.95 1	-1.15 15	-0.11 7	-38.26 1	-20.89 1	-1.44 15	

**VERIFICA PILASTRO 02 sezione 90x90+90x90**

<b>CARATTERISTICHE DEL LEGNO</b>			
Coefficiente di sicurezza per il materiale	$\gamma_m$	<b>1,35</b>	
Coefficiente $k_{mod}$	$k_{mod}$	<b>0,60</b>	
		<b>BS11</b>	<b>Calcolo</b>
Flessione	$f_{m,k}$	<b>24,00</b>	<b>10,67</b>
Trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	<b>19,20</b>	<b>8,53</b>
Trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	<b>0,50</b>	<b>0,22</b>
Compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	<b>24,00</b>	<b>10,67</b>
Compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	<b>2,50</b>	<b>1,11</b>
Taglio	$f_{v,k}$	<b>3,50</b>	<b>1,56</b>
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	<b>11,50</b>	<b>11500</b>
Modulo parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	<b>9,60</b>	<b>9600</b>
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	<b>0,30</b>	<b>300</b>
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	<b>0,65</b>	<b>650</b>
Caratteristiche di sollecitazione	$\xi_{g/g}$	<b>1,00</b>	

**CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RETTANGOLARE E DELL'ASTA**

Base della sezione	b	<b>180</b>	[mm]
Altezza della sezione	h	<b>90</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	$L_{0y}$	<b>2800</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	$L_{0z}$	<b>2800</b>	[mm]
Distanza tra i ritegni torsionali	$L_{LT}$	<b>2800</b>	[mm]
Area della sezione	A	16200	[mm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia y - y	$I_y$	10935000	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia z - z	$I_z$	43740000	[mm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza y - y	$W_y$	243000	[mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza z - z	$W_z$	486000	[mm <sup>3</sup> ]
Raggio d'inerzia y	$i_y$	25,98	[mm]
Raggio d'inerzia z	$i_z$	51,96	[mm]
Snellezze dell'elemento	$l_y$	107,77	[-]
	$l_z$	53,89	[-]
Tensioni critiche euleriane	$s_{c,crit,y}$	8,16	[MPa]
	$s_{c,crit,z}$	32,63	[MPa]
Snellezze relative dell'elemento	$l_{rel,y}$	1,715	[-]
	$l_{rel,z}$	0,858	[-]
Coefficienti di stabilità	$b_c$	<b>0,20</b>	[-]
	$k_y$	2,113	[-]
	$k_z$	0,924	[-]
	$k_{c,y}$	0,299	[-]
	$k_{c,z}$	0,790	[-]
Tensioni limite di calcolo	$k_{c,y}f_{c,0,d}$	<b>3,19</b>	[MPa]
	$k_{c,z}f_{c,0,d}$	<b>8,42</b>	[MPa]

<b>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TENSOFFLESSIONE - TAGLIO</b>		<b>SLU</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>
Massima forza di compressione	$N_{c,Sd}$	2,26 [kN]	<b>2,26</b>
Massima forza di trazione	$N_{t,Sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massimo momento flettente	$M_{Sd}$	0,50 [kNm]	<b>0,50</b>
Massimo taglio	$V_{Sd}$	0,30 [kN]	<b>0,30</b>
Tensione massima di compressione	$s_{c,0,d} = N_{c,Sd}/A$	0,14 [MPa]	
Tensione massima di trazione	$s_{t,0,d} = N_{t,Sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima a flessione	$s_{m,y,d} = M_{Sd}/W_y$	2,06 [MPa]	
Tensione tangenziale massima	$t_d = 1,5 V_{Sd}/(b h)$	0,03 [MPa]	
<b>Tasso di lavoro in compressione</b>	$s_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}]$	<b>0,04</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro in trazione</b>	$s_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	<b>0,00</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a flessione</b>	$s_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,19</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$s_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + s_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,24</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a taglio</b>	$t_d/f_{v,d}$	<b>0,02</b> [-]	<b>SI</b>

<b>VERIFICA DI FLESSO TORSIONE</b>			
Momento d'inerzia torsionale	$I_t$	174960000 [mm <sup>4</sup> ]	
Tensione critica flesso torsionale	$S_{m,crit}$	852,75 [MPa]	
Snellezza relativa a flesso torsione	$I_{rel,m}$	0,168 [-]	
Coefficiente di svergolamento	$k_{crit,m}$	1,000 [-]	
<b>Tasso di lavoro a flessione semplice</b>	$S_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}]$	[-]	
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$S_{c,0,d}/[k_{c,min} f_{c,0,d}] + (S_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}])^2$	[-]	

**VERIFICA TRAVE 208 puntone 70x140**

<b>CARATTERISTICHE DEL LEGNO</b>			
Coefficiente di sicurezza per il materiale	$\gamma_m$	<b>1,35</b>	
Coefficiente $k_{mod}$	$k_{mod}$	<b>0,60</b>	
		<b>BS11</b>	<b>Calcolo</b>
Flessione	$f_{m,k}$	<b>24,00</b>	<b>10,67</b>
Trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	<b>19,20</b>	<b>8,53</b>
Trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	<b>0,50</b>	<b>0,22</b>
Compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	<b>24,00</b>	<b>10,67</b>
Compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	<b>2,50</b>	<b>1,11</b>
Taglio	$f_{v,k}$	<b>3,50</b>	<b>1,56</b>
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	<b>11,50</b>	<b>11500</b>
Modulo parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	<b>9,60</b>	<b>9600</b>
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	<b>0,30</b>	<b>300</b>
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	<b>0,65</b>	<b>650</b>
Caratteristiche di sollecitazione	$g_{q/g}$	<b>1,00</b>	

<b>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RETTANGOLARE E DELL'ASTA</b>			
Base della sezione	$b$	<b>70</b>	[mm]
Altezza della sezione	$h$	<b>140</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	$L_{0y}$	<b>2800</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	$L_{0z}$	<b>2800</b>	[mm]
Distanza tra i ritegni torsionali	$L_{LT}$	<b>2800</b>	[mm]
Area della sezione	$A$	9800	[mm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia y - y	$I_y$	16006666,7	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia z - z	$I_z$	4001666,67	[mm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza y - y	$W_y$	228666,667	[mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza z - z	$W_z$	114333,333	[mm <sup>3</sup> ]
Raggio d'inerzia y	$i_y$	40,41	[mm]
Raggio d'inerzia z	$i_z$	20,21	[mm]
Snellezze dell'elemento	$l_y$	69,28	[-]
	$l_z$	138,56	[-]
Tensioni critiche euleriane	$S_{c,crit,y}$	19,74	[MPa]
	$S_{c,crit,z}$	4,93	[MPa]
Snellezze relative dell'elemento	$l_{rel,y}$	1,103	[-]
	$l_{rel,z}$	2,205	[-]

Coefficienti di stabilità	$b_c$	<b>0,20</b>	[-]
	$k_y$	1,188	[-]
	$k_z$	3,122	[-]
	$k_{c,y}$	0,613	[-]
	$k_{c,z}$	0,188	[-]

<b>Tensioni limite di calcolo</b>	$k_{c,y}f_{c,0,d}$	<b>6,54</b>	<b>[MPa]</b>
	$k_{c,z}f_{c,0,d}$	<b>2,00</b>	<b>[MPa]</b>

<b>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TENSOFFLESSIONE - TAGLIO</b>		<b>SLU</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>
Massima forza di compressione	$N_{c,Sd}$	1,60 [kN]	<b>1,60</b>
Massima forza di trazione	$N_{t,Sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massimo momento flettente	$M_{Sd}$	0,50 [kNm]	<b>0,50</b>
Massimo taglio	$V_{Sd}$	0,50 [kN]	<b>0,50</b>
Tensione massima di compressione	$s_{c,0,d} = N_{c,Sd}/A$	0,16 [MPa]	
Tensione massima di trazione	$s_{t,0,d} = N_{t,Sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima a flessione	$s_{m,y,d} = M_{Sd}/W_y$	2,19 [MPa]	
Tensione tangenziale massima	$t_d = 1,5 V_{Sd}/(b h)$	0,08 [MPa]	
<b>Tasso di lavoro in compressione</b>	$s_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}]$	<b>0,08</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro in trazione</b>	$s_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	<b>0,00</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a flessione</b>	$s_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,20</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$s_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + s_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,29</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a taglio</b>	$t_d/f_{v,d}$	<b>0,05</b> [-]	<b>SI</b>
<b>VERIFICA DI FLESSO TORSIONE</b>			
Momento d'inerzia torsionale	$I_t$	16006667 [mm <sup>4</sup> ]	
Tensione critica flessione torsionale	$s_{m,crit}$	82,91 [MPa]	
Snellezza relativa a flessione torsione	$l_{rel,m}$	0,538 [-]	
Coefficiente di svergolamento	$k_{crit,m}$	1,000 [-]	
<b>Tasso di lavoro a flessione semplice</b>	$s_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}]$	[-]	
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$s_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + (s_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}])^2$	[-]	

**TRAVE DI BANCHINA nr. 101**
**SEZIONE 45x115**

<b>CARATTERISTICHE DEL LEGNO</b>			
Coefficiente di sicurezza per il materiale	$g_m$	<b>1,35</b>	
Coefficiente $k_{mod}$	$k_{mod}$	<b>0,60</b>	
		<b>BS11</b>	
Flessione	$f_{m,k}$	<b>24,00</b>	
Trazione parallela alla fibra	$f_{t,0,k}$	<b>19,20</b>	
Trazione perpendicolare alla fibra	$f_{t,90,k}$	<b>0,50</b>	
Compressione parallela alla fibra	$f_{c,0,k}$	<b>24,00</b>	
Compressione perpendicolare alla fibra	$f_{c,90,k}$	<b>2,50</b>	
Taglio	$f_{v,k}$	<b>3,50</b>	
Modulo medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	<b>11,50</b>	
Modulo parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	<b>9,60</b>	
Modulo medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	<b>0,30</b>	
Modulo di taglio medio	$G_{mean}$	<b>0,65</b>	
Caratteristiche di sollecitazione	$g_{q/g}$	<b>1,00</b>	

<b>CARATTERISTICHE DELLA SEZIONE RETTANGOLARE E DELL'ASTA</b>			
Base della sezione	$b$	<b>45</b>	[mm]
Altezza della sezione	$h$	<b>115</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a y - y	$L_{0y}$	<b>2800</b>	[mm]
Lunghezza libera d'inflessione attorno a z - z	$L_{0z}$	<b>2800</b>	[mm]
Distanza tra i ritegni torsionali	$L_{LT}$	<b>2800</b>	[mm]
Area della sezione	$A$	5175	[mm <sup>2</sup> ]
Momento d'inerzia y - y	$I_y$	5703281,25	[mm <sup>4</sup> ]
Momento d'inerzia z - z	$I_z$	873281,25	[mm <sup>4</sup> ]
Modulo di resistenza y - y	$W_y$	99187,5	[mm <sup>3</sup> ]
Modulo di resistenza z - z	$W_z$	38812,5	[mm <sup>3</sup> ]
Raggio d'inerzia y	$i_y$	33,20	[mm]
Raggio d'inerzia z	$i_z$	12,99	[mm]
Snellezze dell'elemento	$l_y$	84,34	[-]
	$l_z$	215,54	[-]
Tensioni critiche euleriane	$s_{c,crit,y}$	13,32	[MPa]
	$s_{c,crit,z}$	2,04	[MPa]
Snellezze relative dell'elemento	$l_{rel,y}$	1,342	[-]
	$l_{rel,z}$	3,430	[-]
Coefficienti di stabilità	$b_c$	<b>0,20</b>	[-]
	$k_y$	1,505	[-]

$k_z$	6,697	[-]
$k_{c,y}$	0,457	[-]
$k_{c,z}$	0,080	[-]

<b>Tensioni limite di calcolo</b>	$k_{c,y}f_{c,0,d}$	<b>4,88</b>	<b>[MPa]</b>
	$k_{c,z}f_{c,0,d}$	<b>0,86</b>	<b>[MPa]</b>

<b>VERIFICA A PRESSOFLESSIONE - TENSOFFLESSIONE - TAGLIO</b>		<b>SLU</b>	<b>SOLLECITAZIONI</b>
Massima forza di compressione	$N_{c,Sd}$	1,20 [kN]	<b>1,20</b>
Massima forza di trazione	$N_{t,Sd}$	0,00 [kN]	<b>0,00</b>
Massimo momento flettente	$M_{Sd}$	0,05 [kNm]	<b>0,05</b>
Massimo taglio	$V_{Sd}$	0,40 [kN]	<b>0,40</b>
Tensione massima di compressione	$s_{c,0,d} = N_{c,Sd}/A$	0,23 [MPa]	
Tensione massima di trazione	$s_{t,0,d} = N_{t,Sd}/A$	0,00 [MPa]	
Tensione massima a flessione	$s_{m,y,d} = M_{Sd}/W_y$	0,50 [MPa]	
Tensione tangenziale massima	$t_d = 1,5 V_{Sd}/(b h)$	0,12 [MPa]	
<b>Tasso di lavoro in compressione</b>	$s_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}]$	<b>0,27</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro in trazione</b>	$s_{t,0,d}/f_{t,0,d}$	<b>0,00</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a flessione</b>	$s_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,05</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$s_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + s_{m,y,d}/f_{m,y,d}$	<b>0,32</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a taglio</b>	$t_d/f_{v,d}$	<b>0,07</b> [-]	<b>SI</b>
<b>VERIFICA DI FLESSO TORSIONE</b>			
Momento d'inerzia torsionale	$I_t$	3493125 [mm <sup>4</sup> ]	
Tensione critica flessione torsionale	$s_{m,crit}$	41,71 [MPa]	
Snellezza relativa a flessione torsione	$l_{rel,m}$	0,759 [-]	
Coefficiente di svergolamento	$k_{crit,m}$	0,991 [-]	
<b>Tasso di lavoro a flessione semplice</b>	$s_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}]$	<b>0,05</b> [-]	<b>SI</b>
<b>Tasso di lavoro a pressoflessione</b>	$s_{c,0,d}/[k_{c,min}f_{c,0,d}] + (s_{m,y,d}/[k_{crit,m} f_{m,y,d}])^2$	<b>0,27</b> [-]	<b>SI</b>

IL tecnico  
**SILVIA PAOLETTI**  
 ingegnere

Firmato da:

**PAOLETTI SILVIA**

codice fiscale PLTSLV74M65G999E

num.serie: 123211585690230571860533369402341071990

emesso da: ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

valido dal 29/02/2020 al 01/03/2023