



COMUNE DI VALSAMOGGIA

Città Metropolitana di Bologna

AREA PROGRAMMAZIONE, REALIZZAZIONE, GESTIONE E CURA DEL PATRIMONIO
SERVIZIO LAVORI PUBBLICI

PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI NUOVA STRUTTURA
DA ADIBIRE AD ASILO NIDO PRESSO LA MUNICIPALITA' DI
SAVIGNO.



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU

PROGETTO ESECUTIVO

SERVIZIO LAVORI PUBBLICI

RESPONSABILE:

Stefano Cremonini

PROGETTO:

Nicola Dall'Olio

Francesca Danielli

Antonella Colombari

Elisa Sandri

PROGETTAZIONE:

Arch. Andrea Nerozzi

PROGETTO STRUTTURE:

Ing. Patrizio Bessi



PROGETTO IMPIANTI TERMICI:

Per.Ind.. Catia Vigetti

PROGETTO IMPIANTI ELETTRICI:

Per.Ind.. Samuele Lucchini

RESPONSABILE DEL

PROCEDIMENTO:

Geom. Stefano Cremonini

DATA:

ELABORATO n°:

DESCRIZIONE ELABORATO :

aprile 2023

STR 1

RELAZIONE DI CALCOLO E SUI MATERIALI

COMUNE DI VALSAMOGGIA

**PROGETTO ESECUTIVO PER LA REALIZZAZIONE DI
NUOVA STRUTTURA DA ADIBIRE AD ASILO NIDO
PRESSO LA MUNICIPALITA' DI SAVIGNO**

**RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURALE
E SUI MATERIALI**

1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO	
STRUTTURALE	3
2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO	3
3. GENERALITA' SUL METODO DI CALCOLO E DI ANALISI.....	4
5. AZIONI DI PROGETTO.....	6
5.1. Pesi propri strutturali.....	6
5.2. Carico neve	6
5.3. Carichi portati - copertura	8
6. COMBINAZIONE DELLE AZIONI STATICHE	8
7. AZIONI NELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE.....	9
7.1. STATI LIMITE ULTIMI	9
8. AZIONE SISMICA	10
9. ANALISI E VERIFICA DELLA STRUTTURA	12
9.1. Verifica elementi secondari in legno	12
9.2. Sfruttamento strutture in c.a.	15

1. ILLUSTRAZIONE SINTETICA DEGLI ELEMENTI ESSENZIALI DEL PROGETTO STRUTTURALE

L'intervento in questione riguarda la realizzazione di una struttura adibita ad asilo nido.

L'edificio è caratterizzato da una pianta poligonale inscritta in un rettangolo di dimensioni 22,00 x 15,00 mt con una appendice in corrispondenza del portico sull'ingresso principale.

La struttura portante è costituita da una pilastrata in c.a. in elevazione ed una orditura di copertura con travi in legno lamellare e travi perimetrali in c.a.

Le fondazioni sono previste con travi rovesce in c.a. e cordoli di collegamento a sezione quadrata.

Il solaio del piano terra sarà realizzato mediante "igloo" con getto integrativo di completamento in calcestruzzo.

Per quanto riguarda il solaio di copertura è previsto con doppio pannello in legno appoggiato ad una orditura secondaria costituita da travetti in legno lamellare.

2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- D.M. 17/01/2018 – “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- Circolare n. 7 - 11/02/2019 – “Istruzioni per l'applicazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018”.
- Legge 5 Novembre 1971, n. 1086 - “Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- UNI EN 1995-1-1:2009 Parte 1-1: Regole generali - Regole comuni e regole per gli edifici - Progettazione delle strutture in legno
- CNR-DT 206/2007 – Istruzioni per la Progettazione, l'Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno

3. GENERALITA' SUL METODO DI CALCOLO E DI ANALISI

Il dimensionamento e la verifica delle strutture è eseguita con il metodo degli stati limite (S.L.U. e S.L.E.). Il calcolo delle sollecitazioni sulla struttura e il dimensionamento delle varie sezioni caratteristiche è stato condotto con i metodi della Scienza e della Tecnica delle Costruzioni. L'analisi strutturale adottata è di norma nell'ambito della teoria elastica lineare che ben rappresenta il comportamento globale dell'intera struttura.

Nello spirito della verifica agli stati limite le strutture devono essere verificate sia in condizioni di carico prossimo a quello di rottura (Verifiche agli Stati Limite Ultimi), sia per livelli di carico di esercizio (Verifiche agli Stati Limite di Esercizio). Rispetto agli SLU devono essere verificate: la rottura per sollecitazioni normali, a flessione, di taglio o di torsione, l'instabilità dell'equilibrio globale e locale. Rispetto agli S.L.E. deve essere limitata la deformabilità strutturale.

Per la verifica delle strutture è stato realizzato un modello tridimensionale sul software di calcolo agli elementi finiti di cui si riporta lo schema:

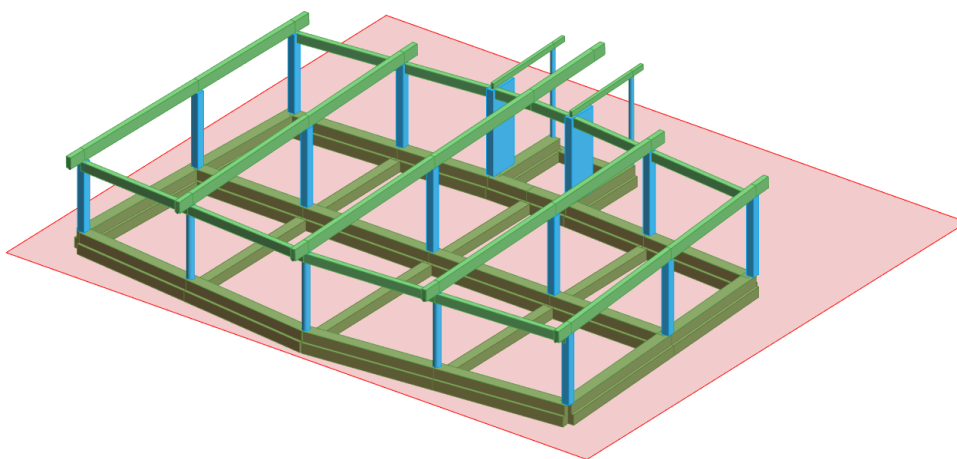


Figura 1 - Assonometria modello

4. MATERIALI

CALCESTRUZZO STRUTTURE DI FONDAZIONE

- Classi di resistenza : C25/30
- Classi di esposizione ambientale: XC2
- Rapporto a/c max: 0.55
- Dosaggio minimo di cemento: 300 Kg/m³
- Diametro massimo dell'aggregato: 20 mm
- Classe di consistenza al getto S4/S5

CALCESTRUZZO STRUTTURE IN ELEVAZIONE

- Classi di resistenza : C28/35
- Classi di esposizione ambientale: XC2
- Rapporto a/c max: 0.50
- Dosaggio minimo di cemento: 340 Kg/m³
- Diametro massimo dell'aggregato: 20 mm
- Classe di consistenza al getto S4/S5

ACCIAIO PER C.A.: B450C

- | | |
|----------------------------|---------------------------|
| - Tensione a rottura : | $f_{tk} = 450 N / mm^2$ |
| - Tensione di snervamento: | $f_{yk} = 391.3 N / mm^2$ |
| - Tensione ammissibile: | $\sigma_s = 255 N / mm^2$ |

ACCIAIO DA CARPENTERIA

Tipo: S235 zincato a caldo

$f_{tk} = 360 N/mm^2$

$f_{yk} = 235 N/mm^2$

BULLONERIA

Tipo: classe 8.8

$f_{tk} = 800 N/mm^2$

$f_{yk} = 649 N/mm^2$

STRUTTURE IN LEGNO

Tavolato legno massello – [Abete] C16

Travi legno lamellare 12 x 20 cm – [Douglas lamellare] GL 28h

Travi legno lamellare 20 x 44 cm – [Douglas lamellare] GL 32h

5. AZIONI DI PROGETTO

Oltre ai carichi derivanti dai pesi propri strutturali, sono state valutate le azioni dei carichi permanenti portati, di quelli accidentali e dell'azione del sisma.

5.1. Pesi propri strutturali

Per quanto riguarda il peso proprio dei materiali da costruzione utilizzati si è considerato i seguenti valori di densità

- Strutture in c.a.: 2.500 kg/mc
- Legno lamellare: 600 kg/mc

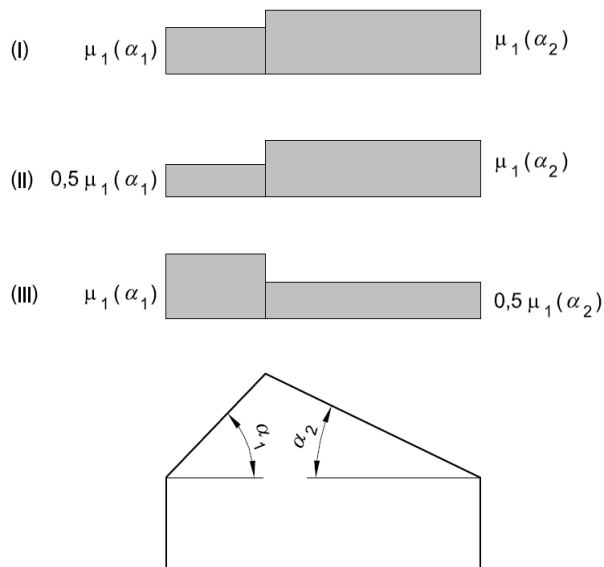
5.2. Carico neve

Zona di ubicazione dell'edificio: I Mediterranea

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese

Coefficiente di esposizione del sito: Normale

Classificazione della costruzione: Copertura a due falde



T_r (tempo di ritorno): 50 anni

C_t (coefficiente termico): 1.00

a_s (altitudine sul livello del mare): 260.00 <m>

α_1 (angolo sinistro d'inclinazione della falda): 2.00 <grad>

α_2 (angolo destro d'inclinazione della falda): 2.00 <grad>

Parametri derivati (3.4.2):

q_{sk} (valore di riferimento del carico neve al suolo): 160.18 <daN/mq>

Parametri derivati (tab. 3.4.I):

C_E (coefficiente d'esposizione): 1.00

$\mu_1(\alpha_1)$ (coefficiente di forma della copertura): 0.80

$\mu_1(\alpha_2)$ (coefficiente di forma della copertura): 0.80

Carichi agenti:

q_{ss} (carico sinistro provocato dalla neve sulle coperture nel caso I):
128.15 <daN/mq>

q_{sd} (carico destro provocato dalla neve sulle coperture nel caso I):
128.15 <daN/mq>

q_{ss} (carico sinistro provocato dalla neve sulle coperture nel caso II):
64.07 <daN/mq>

q_{sd} (carico destro provocato dalla neve sulle coperture nel caso II):

128.15 <daN/mq>

qss (carico sinistro provocato dalla neve sulle coperture nel caso III):

128.15 <daN/mq>

qsd (carico destro provocato dalla neve sulle coperture nel caso III):

64.07 <daN/mq>

5.3. Carichi portati - copertura

Carichi gravanti sul solaio di copertura:

- Lamiera grecata h = 5 cm: 12 daN/mq
- Correnti in legno 5 x 5 cm: 3 daN/mq
- Tavolati in legno 3 + 3 cm: 36 “
- Isolante fibra legno 24 cm: 12 daN/mq
63 “

6. COMBINAZIONE DELLE AZIONI STATICHE

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} G_1 + \gamma_{G2} G_2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1} Q_{k1} + \gamma_{Q2} \psi_{02} Q_{k2} + \gamma_{Q3} \psi_{03} Q_{k3} + \dots \quad (2.5.1)$$
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili, da utilizzarsi nelle verifiche alle tensioni ammissibili di cui al § 2.7:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} Q_{k2} + \psi_{03} Q_{k3} + \dots \quad (2.5.2)$$
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots \quad (2.5.3)$$
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \psi_{23} Q_{k3} + \dots \quad (2.5.4)$$
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} Q_{k1} + \psi_{22} Q_{k2} + \dots \quad (2.5.5)$$
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto Ad (v. § 3.6):

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad (2.5.6)$$

Nelle combinazioni per SLE, si intende che vengono omessi i carichi Q_{kj} che danno un contributo favorevole ai fini delle verifiche e, se del caso, i carichi G_2 .

I valori dei coefficienti parziali Ψ_{0j} , Ψ_{1j} , Ψ_{2j} sono:

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{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 ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso ≤ 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	0,0	0,0	0,0
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 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

7. AZIONI NELLE VERIFICHE AGLI STATI LIMITE

Le verifiche agli stati limite sono eseguite per tutte le più gravose condizioni di carico che possono agire sulla struttura, valutando gli effetti delle combinazioni definite sopra.

7.1. STATI LIMITE ULTIMI

Nelle verifiche agli stati limite ultimi si distinguono:

- Lo stato limite di equilibrio come corpo rigido: EQU
- Lo stato limite di resistenza della struttura compresi gli elementi di fondazione: STR
- Lo stato limite di resistenza del terreno: GEO

Di seguito si riportano i valori dei coefficienti parziali delle azioni da assumere per la determinazione degli effetti delle azioni nelle verifiche agli stati limite ultimi.

		Coefficiente γ_F	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali ⁽¹⁾	favorevoli	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevol		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	γ_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

dove:

γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura, nonché del peso proprio del terreno e dell'acqua, quando pertinenti;

γ_{G2} coefficiente parziale dei pesi propri degli elementi non strutturali;

γ_{Qi} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Nelle verifiche nei confronti degli stati limite ultimi strutturali si è seguito l'approccio 2 previsto dalla normativa, ossia si è impiegata un'unica combinazione dei gruppi di coefficienti parziali definiti per le Azioni (A), per la resistenza dei materiali (M) e per la resistenza globale (R). In tale approccio, per le azioni si impiegano i coefficienti γ_F riportati nella colonna A1.

8. AZIONE SISMICA

La valutazione delle azioni sismiche è stata svolta nel rispetto delle Norme Tecniche per le costruzioni del 17/01/2018.

Come indicato nella relazione geologica a firma del Dott. Geol. G. Tusso la categoria sismica del sottosuolo è di tipo C – *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s;*

di seguito si riportano i parametri e i grafici dell'azione sismica:

- Sito di costruzione: Via della Pace, Savigno – Valsamoggia BO, Italia
- LON. 11°.0731 - LAT. 43°.3915

Pericolosità sismica di base

Parametri di pericolosità Sismica				
Stato Limite	T_r [anni]	a_g/g [-]	F_o [-]	T_c^* [s]
Operatività	45	0.065	2.500	0.267
Danno	75	0.080	2.507	0.271
Salvaguardia Vita	712	0.182	2.481	0.296
Prevenzione Collasso	1462	0.224	2.481	0.305

- Tipo di opera: Opera ordinaria
- Vita nominale VN: 50.00
- Classe d'uso: Classe III
- Coefficiente d'uso CU: 1.50
- Periodo di riferimento VR: 75.00
- Valore di riferimento del fattore di struttura (q_0) 3.30
- Fattore riduttivo (K_w) 1.00
- Fattore riduttivo regolarità in altezza (K_R) 1.00
- Fattore di struttura (q) 3.30
- Categoria topografica: T1 - Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
- Coeff. amplificazione topografica ST: 1.00

Di seguito si riportano i grafici degli spettri utilizzati:

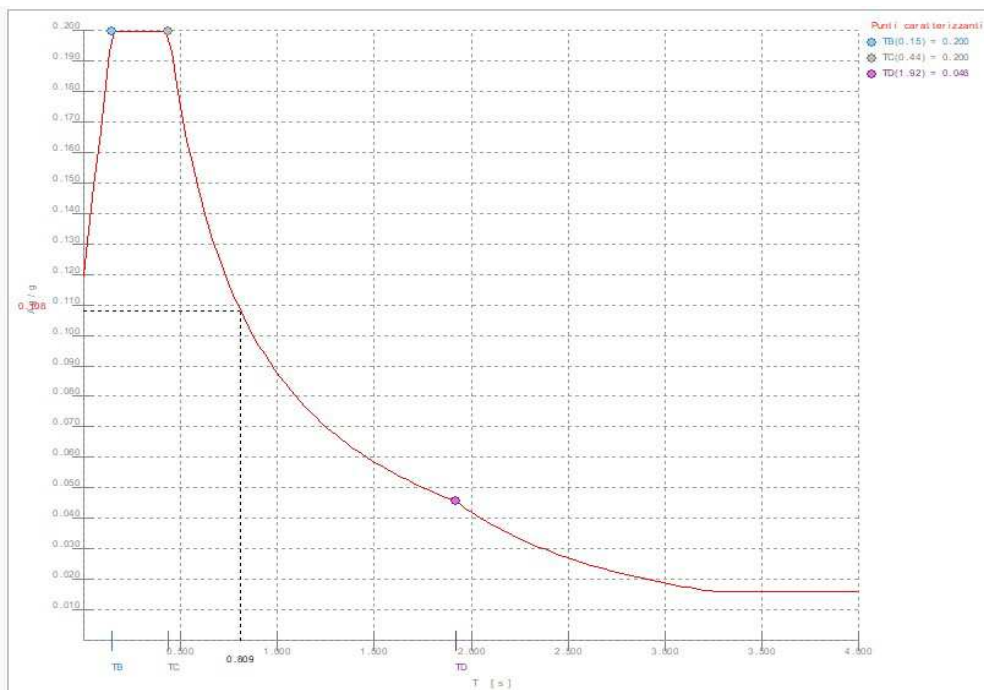


Figura 2 - Spettro SLD

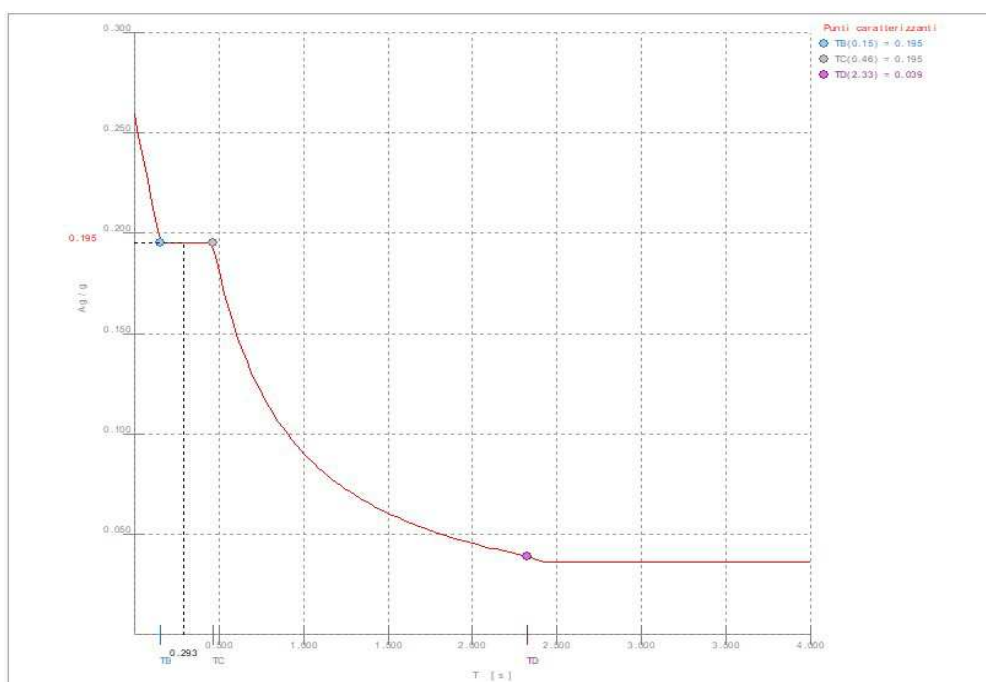


Figura 3 - Spettro SND

9. ANALISI E VERIFICA DELLA STRUTTURA

L'analisi strutturale viene svolta con l'ausilio del software di modellazione FEM tridimensionale Modest ver.8.29 – Tecnisoft. Gli elementi studiati sono stati modellati con elementi 1D beam per le travi, sono presenti solai non rigidi in quanto realizzati con materiale ligneo.

La verifica esaustiva degli elementi strutturali viene svolta in modo automatico dal software di calcolo (vedi tabulato di calcolo), nella presente relazione sono invece riportate le verifiche delle strutture secondarie in legno ed il riepilogo dello sfruttamento dei materiali.

L'analisi sismica è di tipo dinamica lineare con struttura di tipo dissipativa.

9.1. Verifica elementi secondari in legno

Tavolato di copertura

Il tavolato di copertura verrà realizzato con pannelli in legno classe C16 di spessore 3 cm ancorati ai travicelli posti ad interasse medio di 70 cm.

$$G1 = 18 \text{ daN/mq} \times 1,3 = 23,4 \text{ daN/mq}$$

$$G2 = 45 \text{ daN/mq} \times 1,5 = 67,5 \text{ daN/mq}$$

$$Q = 130 \text{ daN/mq} \times 1,5 = 195 \text{ daN/mq}$$

- Classe di servizio: 1
- Kmod = 0,6/0,8
- Ym = 1,5
- Kdef = 0,60
- Luce di calcolo max: 1,00 mt
- Appoggio: 5 cm

VERIFICA - SLU

$f_{m,d}$	85,33	daN/cm ²
$f_{v,d}$	9,60	daN/cm ²
$f_{c,90,d}$	11,73	daN/cm ²

Sez. mezzeria	σ_{md}	22,88	daN/cm ²
Sez. appoggio	τ_{md}	0,69	daN/cm ²
Appoggio	σ_{c90d}	0,27	daN/cm ²

sfr.	0,27	(< 1,00)
sfr.	0,07	
sfr.	0,02	

VERIFICA - SLE

SLE - Rara	$\eta_{\sigma Q}$	0,094	cm
	$\eta_{\tau Q}$	0,0013	cm

$u_{2 \text{ in}}$	0,0953	cm	1/ 1049	(< 1/300)
--------------------	--------	----	---------	-------------

SLE - Rara	$\eta_{\sigma \text{ Tot}}$	0,1333	cm
	$\eta_{\tau \text{ Tot}}$	0,0018	cm

$u_{\text{ in}}$	0,1352	cm
------------------	--------	----

SLE - Q.Perm.	$\eta_{\sigma \text{ Tot}}$	0,0393	cm
	$\eta_{\tau \text{ Tot}}$	0,0005	cm

$u'_{\text{ in}}$	0,0398	cm
-------------------	--------	----

$u'_{2 \text{ in}}$	0,000	cm
---------------------	-------	----

$u_{\text{ fin}}$	0,1591	cm	1/ 629	(< 1/250)
$u_{2 \text{ fin}}$	0,0953	cm	1/ 1049	(< 1/200)

Travetti secondari

L'orditura secondaria è formata da travetti in legno lamellare, classe GL 28h, di dimensioni 12 x 20 cm posti a interasse medio di 70 cm.

- Luce di calcolo max: 5,45 mt

$$G1 = 18 \text{ daN/mq} \times 1,3 = 23,4 \text{ daN/mq} \times 0,70 = 12,6 \text{ daN/m} + \text{p.p. } 9,3 \text{ daN/m}$$

$$G2 = 45 \text{ daN/mq} \times 1,5 = 67,5 \text{ daN/mq} \times 0,70 = 31,5 \text{ daN/m}$$

$$Q = 130 \text{ daN/mq} \times 1,5 = 195 \text{ daN/mq} \times 0,70 = 136,5 \text{ daN/m}$$

- Appoggio: 8 cm

VERIFICA - SLU

$f_{m,d}$	154,48	daN/cm ²
$f_{v,d}$	17,66	daN/cm ²
$f_{c,90,d}$	16,55	daN/cm ²

Sez. mezzeria	σ_{md}	98,82	daN/cm ²
Sez. appoggio	τ_{md}	3,63	daN/cm ²
Appoggio	σ_{c90d}	6,04	daN/cm ²

sfr.	0,64	(< 1,00)
sfr.	0,21	
sfr.	0,37	

VERIFICA - SLE

SLE - Rara	$\eta_{\sigma Q}$	1,0371	cm
	$\eta_{\tau Q}$	0,0217	cm

$U_{2 in}$	1,0587	cm	1/ 515	(< 1/300)
------------	--------	----	--------	-------------

SLE - Rara	$\eta_{\sigma Tot}$	1,6518	cm
	$\eta_{\tau Tot}$	0,0345	cm

U_{in}	1,6863	cm
----------	--------	----

SLE - Q.Perm.	$\eta_{\sigma Tot}$	0,6147	cm
	$\eta_{\tau Tot}$	0,0128	cm

U'_{in}	0,6276	cm
-----------	--------	----

$U'_{2 in}$	0,000	cm
-------------	-------	----

U_{fin}	2,0628	cm	1/ 264	(< 1/250)
$U_{2 fin}$	1,0587	cm	1/ 515	(< 1/200)

Unione sella appoggio travetti / trave lamellare

I travetti sono ancorati alle travi lamellari tramite una selletta in acciaio ancorata alla trave mediante 2 + 2 bulloni $\Phi 8$ mm.

Sforzo di taglio max: 580 daN

Verifica Unione travetto 12x20 - trave 20x44

Tipo di unione=	B	A)Unioni a singolo piano di taglio piastra sottile;B)Singolo piano-piastra spessa
Tipo di legno=	A	A)legno di conifere massiccio e lamellare B) per legno di latifoglie massiccio e lamellare
Nf=	2	Numero di file di bulloni
ρ_k (kg/m ³)=	410	Massa volumica legno
$t_{1,2}$ (mm)=	200	spessore pannello di legno
Nf=	1	Numero piastre
sf=	4	spessore piastre
d (mm)=	8,00	diametro bullone
f_{uk} (N/mm ²)=	800	resistenza caratteristica ultima del bullone
n=	2	numero bulloni della fila
$\alpha(^{\circ})$ =	90	Angolo dello sforzo rispetto alla direzione della fibra
a1=	150	spaziatura fra i bulloni in direzione della fibratura
c_b =	0,7835	
K90=	1,47	
$f_{h,0k}$ =	30,9304	N/mm ²
n,ef=	2	numero efficace dei bulloni della fila
$f_{h,a,k}$ (N/mm ²)=	21,0411	Resistenza rifollamento pannello di legno
$M_{y,rk}$ (Nmm)=	53486,6	momento di snervamento
$F_{ax,RK/4}$ =	0	

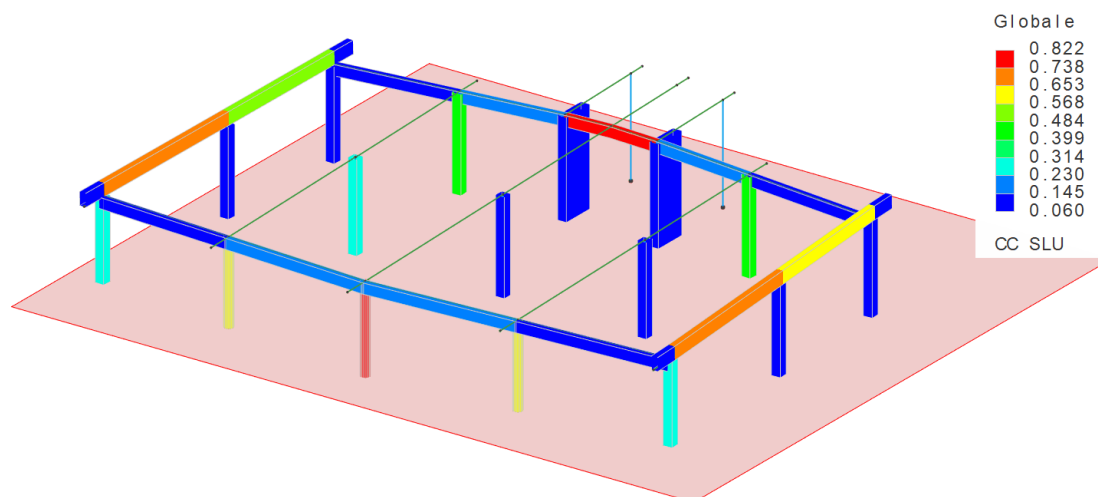
B) Unione a singolo piano di taglio con piastra spessa

FV,RK=	6901,28	N
FV,RD=	18,4034	kN
F _{Ed} =	5,8	kN
F _{Ed} /F _{v,RD}	0,32	kN

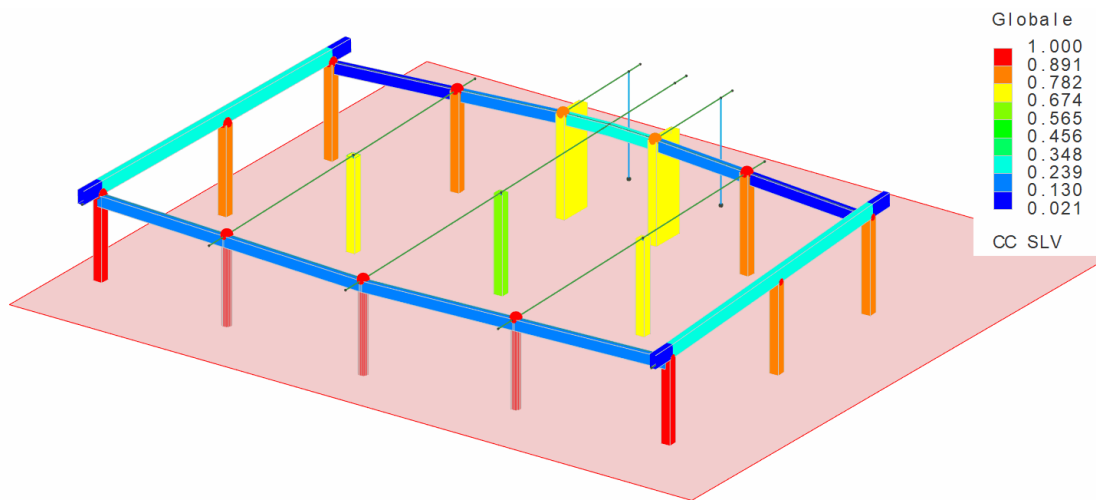
9.2. Sfruttamento strutture in c.a.

Si riportano i diagrammi di sfruttamento massimo per le membrature in c.a.

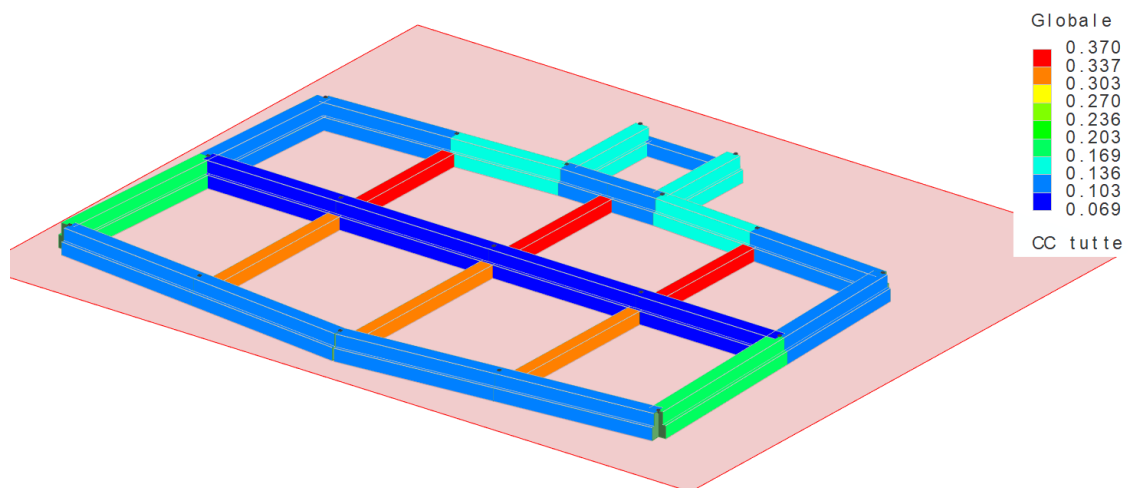
Combinazione SLU



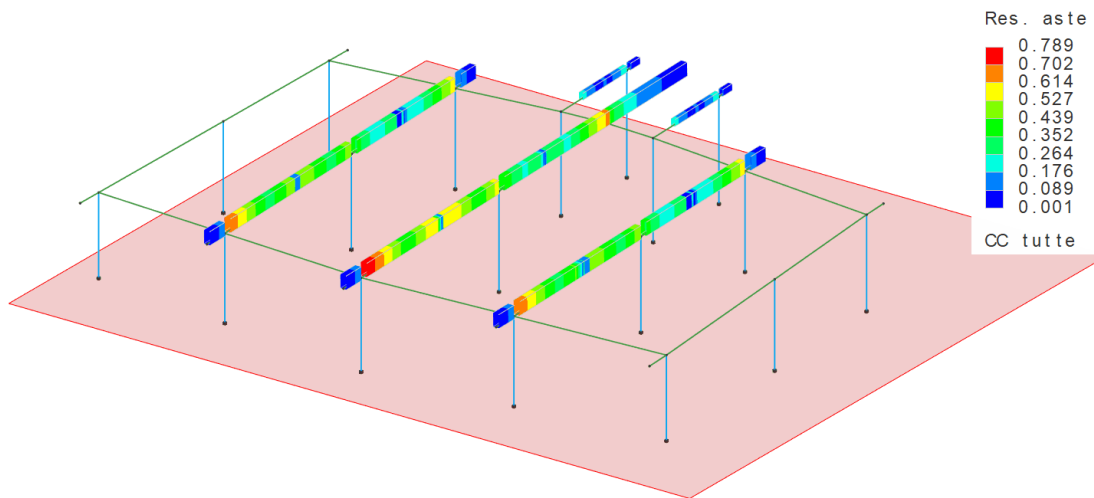
Combinazione SLV



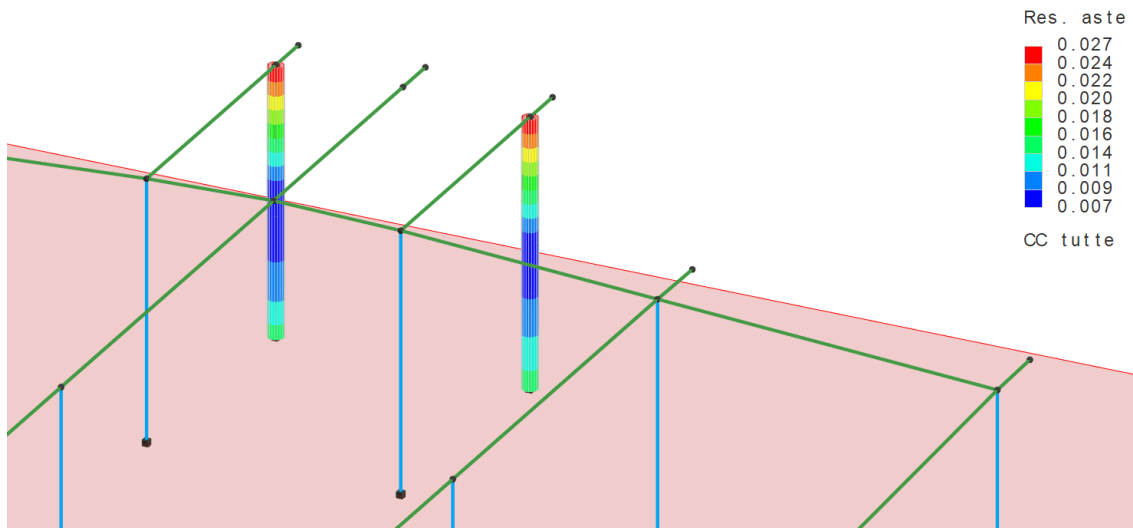
Travi di fondazione



Travi in legno lamellare



Pilastri in acciaio



Savigno, Aprile 2023

Il Progettista