

# CALCOLO AGLI S.L.U. DI SOLAIO CON TRAVI IN LEGNO

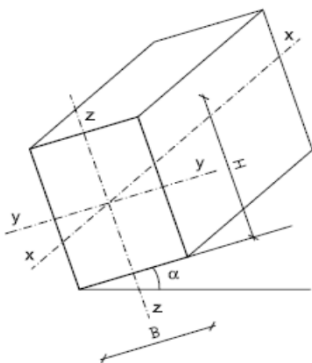
(ai sensi del D.M. 17/01/2018)

I solai del fabbricato in oggetto avranno struttura portante costituita da travi in legno ..... e soprastante tavolato.

## Caratteristiche geometriche e inerziali

Classe di durata del carico: Lunga durata 6 mesi-10 anni (carichi perm. o var. di magaz.)  
 Classe di servizio 1 UR < 65%  $K_{mod} = 0,7$   $K_{def} = 0,6$

Altezza trave in legno  
 Larghezza trave in legno  
 Interasse travi in legno  
 Angolo inclinazione falda  
 Spessore tavolato  
 Peso unità di volume del legno  
 Spessore cappa  
 Peso unità di volume cappa  
 Luce netta solaio  
 Carico permanente (pavim., sottof., intonaco, imperme., tegole)  
 Peso tramezzatura  
 Carico variabile  
 Modulo di resistenza della sezione asse forte  
 Modulo di resistenza della sezione asse debole  
 Coefficiente  $K_h$  in direz. y per sezione in legno lamellare  
 Coefficiente  $K_h$  in direz. z per sezione in legno lamellare  
 Coefficiente  $K_h$  in direz. y per sezione in legno massiccio  
 Coefficiente  $K_h$  in direz. z per sezione in legno massiccio  
 Coefficiente parziale per le proprietà del materiale (Tab. 4.4.III)  
 Resistenza di progetto a flessione legno Lamellare GL24c ▼  
     *nel piano xz, tenendo conto del coefficiente  $K_{h,y}$ :*  
     *nel piano xy, tenendo conto del coefficiente  $K_{h,z}$ :*  
 Resistenza di progetto a taglio  
 Area di taglio della sezione della trave in legno  
 Momento d'inerzia della sezione della trave in legno  
 Modulo elastico longitudinale medio  
 Modulo elastico tangenziale medio



## Sez. rettangolare

H = 200 mm  
 B = 140 mm  
 i = 0,60 m  
 $\alpha =$  0,0 °  
 $h_t =$  2,5 cm  
 = 6,00 KN/m<sup>3</sup>  
 = 0 cm  
 = 0,00 KN/m<sup>3</sup>  
 l = 5,00 m  
 = 1,00 KN/m<sup>2</sup>  
 = 0,00 KN/m<sup>2</sup>  
 = 1,00 KN/m<sup>2</sup>  
 $W_{ply} =$  933333 mm<sup>3</sup>  
 $W_{plz} =$  653333 mm<sup>3</sup>  
 $K_{h,y,l} =$  1,10  
 $K_{h,z,l} =$  1,10  
 $K_{h,y,m} =$  1,00  
 $K_{h,z,m} =$  1,01  
 $\gamma_M =$  Colonna A  
 $f_{m,d} =$  11,59 N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{m,y,d} =$  12,74 N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{m,z,d} =$  12,74 N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{v,d} =$  1,69 N/mm<sup>2</sup>  
 $A_v =$  28000 mm<sup>2</sup>  
 $I_y =$  93333333 mm<sup>4</sup>  
 $E_{0,m} =$  11000 N/mm<sup>2</sup>  
 $G_{0,m} =$  650 N/mm<sup>2</sup>

## Analisi dei carichi in KN/m

Tavolato	0,025	x	6,00	x	0,60	=	0,09	KN/m
Travi in legno						=	0,17	"
Cappa	0	x	0,00	x	0,60	=	0,00	"
Perman.			1,00	x	0,60	=	0,60	"
Tramez.			0,00	x	0,60	=	0,00	"
Carico variabile			1,00	x	0,60	q =	0,60	"
Altri carichi distribuiti						=	0,00	"

Totale (carichi fissi + sovraccarico)		$Q_t =$	<b>1,46 KN/m</b>
Carico permanente	$Q_1 =$	0,26 KN/m	
Carico perm. non strutt. + variabile	$Q_2 =$	1,20 KN/m	
Carico permanente + perm. non strutturale	$Q_3 =$	0,86 KN/m	

Il carico totale di progetto allo SLU è dato da:

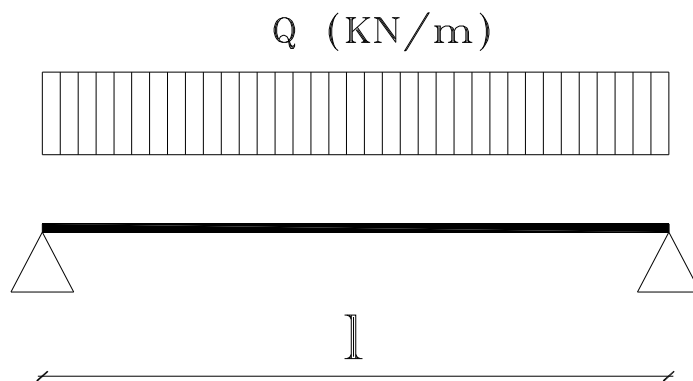
$$Q = 1,3 \times Q_1 + 1,5 \times Q_2 = \mathbf{2,14 \text{ KN/m}}$$

dove:

$\gamma_G = 1,3$  è il fattore parziale di amplificazione dei carichi permanenti.

$\gamma_Q = 1,5$  è il fattore parziale di amplificazione dei carichi perm. non strutturali + variabili

Lo schema statico risultante è il seguente:



### ***Determinazione delle sollecitazioni***

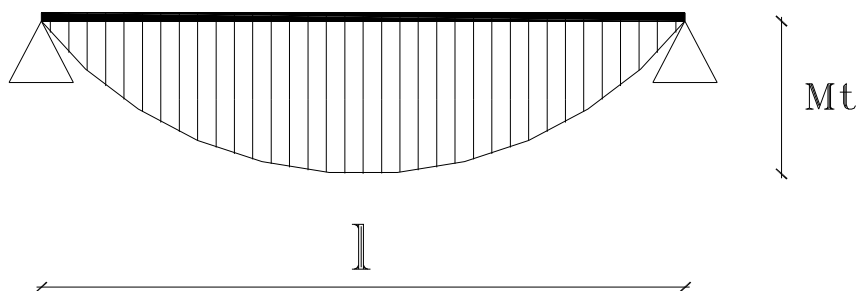
Ogni trave in legno viene sollecitata da un momento flettente massimo in mezzeria:

$$M_t = Q \times l^2 / 8 = \mathbf{6,67 \text{ KNm}}$$

e scomponendo nelle due componenti attorno all'asse y ed all'asse z, si ha:

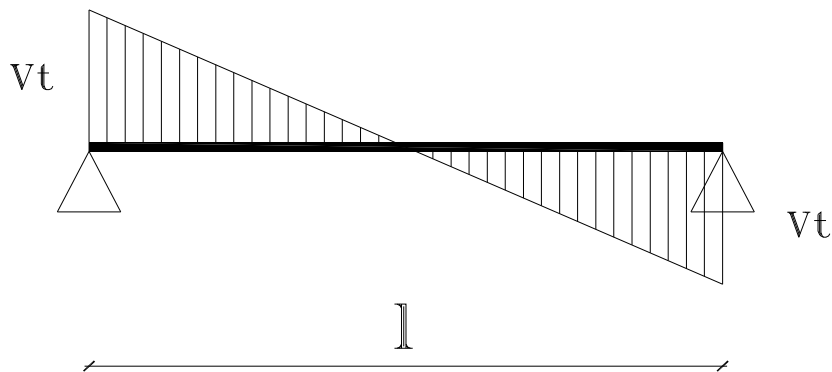
$$M_{ty} = M_t \cos \alpha = 6,67 \text{ KNm}$$

$$M_{tz} = M_t \sin \alpha = 0,00 \text{ KNm}$$



Ogni trave viene sollecitata inoltre da un taglio massimo agli appoggi:

$$V_t = Q \times l / 2 = 5,34 \text{ KN}$$



### Verifica a flessione

Le tensioni di calcolo massime per flessione determinate da  $M_{ty}$  e  $M_{tz}$  nei piani xz e xy sono:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{ty} / W_{ply} = 7,15 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{tz} / W_{plz} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta se sono verificate entrambe le seguenti disuguaglianze:

$$K_m \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} \leq 1$$

dove  $K_m$  è un coefficiente convenzionale che tiene conto del diverso comportamento del legno a trazione e compressione e della disomogeneità del materiale. Vale 0,7 per sezioni rettangolari e 1 per altre sezioni.

$$K_m \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,39 < 1$$

VERIFICATO

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} = 0,56 < 1$$

VERIFICATO

### Verifica a taglio

La tensione tangenziale massima determinata da  $V_t$  è data da:

$$\tau_d = 1,5 V_t / (B \times H) = 0,29 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d}$$

VERIFICATO

### Verifica di deformabilità

I limiti di spostamento sono:

$$u_{lim,tot} = l / 250 = 20,00 \text{ mm} \quad (\text{deformazione istantanea})$$

$$u_{lim,q} = l / 300 = 16,67 \text{ mm} \quad (\text{deformazione istantanea})$$

$$u_{lim,lt} = l / 200 = 25,00 \text{ mm} \quad (\text{deformazione a lungo termine})$$

dove:  $u_{lim,tot}$  = spostamento verticale totale massimo (carichi perm. e variabili)  
 $u_{lim,q}$  = spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi variabili  
 $u_{lim,lt}$  = spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi permanenti

La massima freccia della trave, nelle diverse combinazioni di carichi di cui sopra, è:

$$u_{tot} = (5 \times Q_t \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (Q_t \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times B \times H) = \quad \quad \quad \mathbf{11,9 \text{ mm}}$$

$$u_{tot} < u_{lim,tot}$$

**VERIFICATO**

$$u_q = (5 \times q \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (q \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times B \times H) = \quad \quad \quad \mathbf{4,88 \text{ mm}}$$

$$u_q < u_{lim,q}$$

**VERIFICATO**

$$u_{lt} = u_{tot} + (5 \times Q_3 \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) = \quad \quad \quad \mathbf{15,94 \text{ mm}}$$

$$u_{lt} < u_{lim,lt}$$

**VERIFICATO**

dove:  $Q_t$  = carico totale lineare non amplificato agente sulla trave  
 $q$  = carico variabile principale lineare non amplificato agente sulla trave  
 $Q_3$  = carico permanente lineare non amplificato agente sulla trave  
 $l$  = luce netta solaio  
 $E_{0,m}$  = modulo elastico longitudinale medio del legno  
 $G_{0,m}$  = modulo elastico tangenziale medio del legno  
 $I_y$  = momento d'inerzia della sezione

La sezione prevista in progetto è idonea a sopportare i carichi assegnati.

### **Verifica tavolato**

La verifica del tavolato si conduce considerando uno schema statico di trave incastrata o appoggiata alle estremità, di lunghezza pari all'interasse delle travi dell'orditura principale, ed una sezione di base unitaria ed altezza lo spessore del tavolato.

Tipo di vincolo alle estremità **Appoggio**

Il Momento flettente massimo è dato da:

$$M_{tt} = Q_d \times i \times i / 8 = \quad \quad \quad \mathbf{0,09 \text{ KNm}}$$

Il taglio massimo è dato da:

$$V_{tt} = Q_d \times i / 2 = \quad \quad \quad \mathbf{0,58 \text{ KN}}$$

La tensione normale massima determinata da  $M_{tt}$  è data da:

$$\sigma_{m,y,d,t} = M_{tt} / W_{tl} = 0,83 \text{ N/mm}^2 < f_{m,d}$$

VERIFICATO

dove  $W_{tl} = (b_t \times h_t^2 / 6)$  è il modulo elastico della sezione del tavolato (striscia unitaria 1,00 m.).

La tensione tangenziale massima determinata da  $V_{tt}$  è data da:

$$\tau_{d,t} = 1,5V_{tt} / (b_t \times h_t) = 0,03 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d}$$

VERIFICATO

dove  $b_t$  è la larghezza della sezione del tavolato (striscia unitaria 1,00 m.) e  $h_t$  è lo spessore del tavolato.

# CALCOLO AGLI S.L.U. DI SOLAIO CON TRAVI IN LEGNO

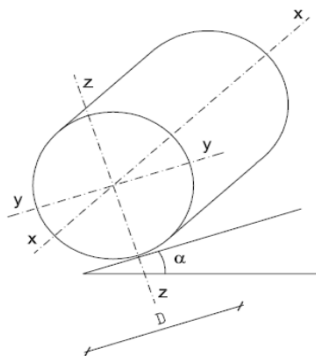
(ai sensi del D.M. 17/01/2018)

I solai del fabbricato in oggetto avranno struttura portante costituita da travi in legno ..... e soprastante tavolato.

## Caratteristiche geometriche e inerziali

Classe di durata del carico: Lunga durata 6 mesi-10 anni (carichi perm. o var. di magaz.)  
 Classe di servizio 1 UR < 65%  $K_{mod} = 0,7$   $K_{def} = 0,6$

Diametro trave in legno  
 Interasse travi in legno  
 Angolo inclinazione falda  
 Spessore tavolato  
 Peso unità di volume del legno  
 Spessore cappa  
 Peso unità di volume cappa  
 Luce netta solaio  
 Carico permanente (pavim., sottof., intonaco, imperme., tegole)  
 Peso tramezzatura  
 Carico variabile  
 Modulo di resistenza della sezione  
 Coefficiente  $K_h$  per sezione in legno lamellare  
 Coefficiente  $K_h$  per sezione in legno massiccio  
 Coefficiente parziale per le proprietà del materiale (Tab. 4.4.III)  
 Tensione di calcolo a flessione legno tipo Lamellare GL24c  
*tenendo conto del coefficiente  $K_h$ :*  
 Tensione di calcolo a taglio  
 Area di taglio della sezione della trave in legno  
 Momento d'inerzia della sezione della trave in legno  
 Modulo elastico longitudinale medio  
 Modulo elastico tangenziale medio



## Sezione circolare

$D = 240$  mm  
 $i = 0,50$  m  
 $\alpha = 0,0^\circ$   
 $h_t = 2$  cm  
 $= 6,00$  KN/m<sup>3</sup>  
 $= 4$  cm  
 $= 24,00$  KN/m<sup>3</sup>  
 $l = 5,00$  m  
 $= 1,00$  KN/m<sup>2</sup>  
 $= 0,80$  KN/m<sup>2</sup>  
 $= 2,00$  KN/m<sup>2</sup>  
 $W_{pl} = 1356480$  mm<sup>3</sup>  
 $K_{h,l} = 1,10$   
 $K_{h,m} = 1,00$   
 $\gamma_M = \text{Colonna A}$   
 $f_{m,d} = 11,59$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{m,k,d} = 12,70$  N/mm<sup>2</sup>  
 $f_{v,d} = 1,69$  N/mm<sup>2</sup>  
 $A_v = 723456$  mm<sup>2</sup>  
 $I_y = 162777600$  mm<sup>4</sup>  
 $E_{0,m} = 11000$  N/mm<sup>2</sup>  
 $G_{0,m} = 650$  N/mm<sup>2</sup>

## Analisi dei carichi in KN/m

Tavolato	0,02	x	6,00	x	0,50	=	0,06	KN/m
Travi in legno						=	0,27	"
Cappa	0,04	x	24,00	x	0,50	=	0,48	"
Perman.			1,00	x	0,50	=	0,50	"
Tramez.			0,80	x	0,50	=	0,40	"
Carico variabile			2,00	x	0,50	q =	1,00	"
Altri carichi distribuiti						=	0,00	"
Totale (carichi fissi + sovraccarico)						$Q_t =$	<b>2,71</b>	KN/m

Carico permanente  $Q_1 = 0,81$  KN/m  
 Carico perm. non strutt. + variabile  $Q_2 = 1,90$  KN/m

Carico permanente + perm. non strutturale  $Q_3 = 1,71 \text{ KN/m}$

Il carico totale di progetto allo SLU è dato da:

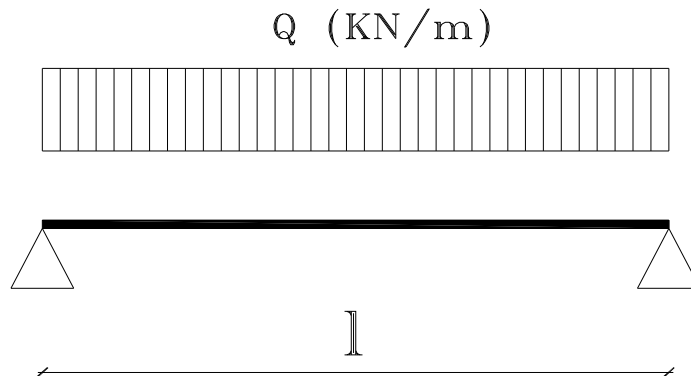
$$Q = 1,3 \times Q_1 + 1,5 \times Q_2 = \mathbf{3,90 \text{ KN/m}}$$

dove:

$\gamma_G = 1,3$  è il fattore parziale di amplificazione dei carichi permanenti.

$\gamma_Q = 1,5$  è il fattore parziale di amplificazione dei carichi perm. non strutturali + variabili

Lo schema statico risultante è il seguente:



### ***Determinazione delle sollecitazioni***

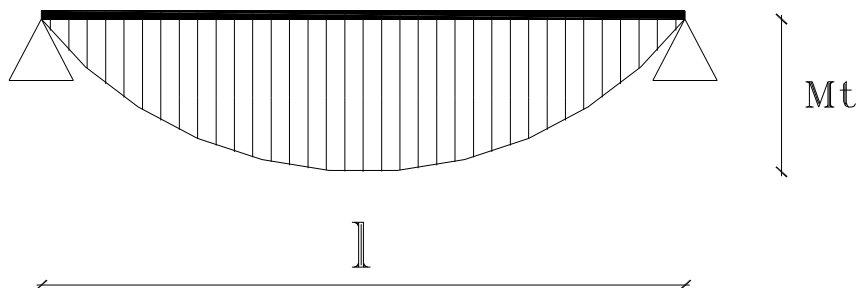
Ogni trave in legno viene sollecitata da un momento flettente massimo in mezzeria:

$$M_t = Q \times l^2 / 8 = \mathbf{12,20 \text{ KNm}}$$

e scomponendo nelle due componenti attorno all'asse  $y$  ed all'asse  $z$ , si ha:

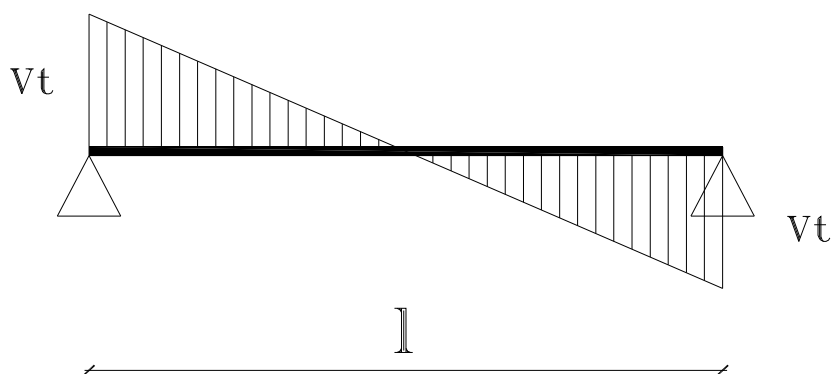
$$M_{ty} = M_t \cos \alpha = 12,20 \text{ KNm}$$

$$M_{tz} = M_t \sin \alpha = 0,00 \text{ KNm}$$



Ogni trave viene sollecitata inoltre da un taglio massimo agli appoggi:

$$V_t = Q \times l / 2 = \mathbf{9,76 \text{ KN}}$$



### Verifica a flessione

Le tensioni di calcolo massime per flessione determinate da  $M_{ty}$  e  $M_{tz}$  nei piani xz e xy sono:

$$\sigma_{m,y,d} = M_{ty} / W_{pl} = 9,00 \text{ N/mm}^2$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{tz} / W_{pl} = 0,00 \text{ N/mm}^2$$

La verifica è soddisfatta se è verificata la seguente disuguaglianza:

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,k,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,k,d} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,k,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,k,d} = 0,71 < 1$$

**VERIFICATO**

### Verifica a taglio

La tensione tangenziale massima determinata da  $V_t$  è data da:

$$\tau_d = 1,5 V_t / (B \times H) = 0,32 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d}$$

**VERIFICATO**

### Verifica di deformabilità

I limiti di spostamento sono:

$u_{lim,tot} = l / 250 =$	20,00 mm	(deformazione istantanea)
$u_{lim,q} = l / 300 =$	16,67 mm	(deformazione istantanea)
$u_{lim,lt} = l / 200 =$	25,00 mm	(deformazione a lungo termine)

dove:  $u_{lim,tot}$  = spostamento verticale totale massimo (carichi perm. e variabili)

$u_{lim,q}$  = spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi variabili

$u_{lim,lt}$  = spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi permanenti

La massima freccia della trave, nelle diverse combinazioni di carichi di cui sopra, è:

$$u_{tot} = (5 \times Q_t \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (Q_t \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times B \times H) = 12,7 \text{ mm}$$

$$u_{tot} < u_{lim,tot}$$

**VERIFICATO**



$$u_q = (5 \times q \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (q \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times B \times H) = 4,67 \text{ mm}$$

$$u_q < u_{lim,q}$$

VERIFICATO

$$u_{lt} = u_{tot} + (5 \times Q_3 \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) = 17,85 \text{ mm}$$

$$u_{lt} < u_{lim,lt}$$

VERIFICATO

dove:  $Q_t$  = carico totale lineare non amplificato agente sulla trave  
 $q$  = carico variabile principale lineare non amplificato agente sulla trave  
 $Q_3$  = carico permanente lineare non amplificato agente sulla trave  
 $l$  = luce netta solaio  
 $E_{0,m}$  = modulo elastico longitudinale medio del legno  
 $G_{0,m}$  = modulo elastico tangenziale medio del legno  
 $I_y$  = momento d'inerzia della sezione

La sezione prevista in progetto è idonea a sopportare i carichi assegnati.

### Verifica tavolato

La verifica del tavolato si conduce considerando uno schema statico di trave incastrata o appoggiata alle estremità, di lunghezza pari all'interasse delle travi dell'orditura principale, ed una sezione di base unitaria ed altezza lo spessore del tavolato.

Tipo di vincolo alle estremità **Appoggio**

$$M_{tt} = Q_d \times i \times i / 8 = 0,11 \text{ KNm}$$

Il taglio massimo è dato da:

$$V_{tt} = Q_d \times i / 2 = 0,89 \text{ KN}$$

La tensione normale massima determinata da  $M_{tt}$  è data da:

$$\sigma_{m,y,d,t} = M_{tt} / W_{tl} = 1,67 \text{ N/mm}^2 < f_{m,d} \quad \text{VERIFICATO}$$

dove  $W_{tl} = (b_t \times h_t^2) / 6$  è il modulo elastico della sezione del tavolato (striscia unitaria 1,00 m.).

La tensione tangenziale massima determinata da  $V_{tt}$  è data da:

$$\tau_{d,t} = 1,5 V_{tt} / (b_t \times h_t) = 0,07 \text{ N/mm}^2 < f_{v,d} \quad \text{VERIFICATO}$$

dove  $b_t$  è la larghezza della sezione del tavolato (striscia unitaria 1,00 m.) e  $h_t$  è lo spessore del tavolato.



**RELAZIONE DI CALCOLO**

Il solaio con travi in legno, impiegato sia per gli impalcati di interpiano che per le coperture degli edifici, è costituito da travi in legno lamellare o massiccio (a sezione rettangolare o circolare) poste ad opportuno interasse e considerate appoggiate alle estremità. L'elemento strutturale viene sottoposto a carichi verticali distribuiti linearmente lungo l'asse longitudinale dello stesso.

Il software, effettuata l'analisi dei carichi, effettua il calcolo della trave in legno, lamellare o massiccio, soggetta a carichi esterni lineari uniformemente distribuiti, dai quali vengono desunte le sollecitazioni di flessione e taglio massime, rispettivamente in mezzzeria ed agli appoggi della trave. Viene effettuata inoltre la verifica del tavolato a flessione e taglio, nel caso in cui sia presente questa tipologia di piano di calpestio.

Il calcolo viene effettuato con il metodo degli stati limite ultimi ai sensi del D.M. 17/01/2018 (N.T.C. 2018) e tiene conto della classe di durata del carico (breve durata, istantaneo, lunga durata, media durata e permanente), della classe di servizio (variazioni di umidità ed influenza sulle caratteristiche di resistenza e deformabilità del legno) e del relativo coefficiente correttivo dei carichi  $K_{mod}$  (funzione della durata del carico e dell'umidità della struttura). Il coefficiente parziale di sicurezza del materiale  $\gamma_M$  dipende dal tipo di materiale e dalla combinazione di carico considerata. Per la combinazione di carico fondamentale il coefficiente  $\gamma_M$  assume i valori riportati nella tab. 4.4.III, collona A o B, del D.M. per il legno lamellare e per il legno massiccio. Le caratteristiche del legno lamellare sono desunte dalle norme UNI EN 14080, mentre quelle del legno massiccio dalle norme UNI EN 14081-1.

La verifica della trave in legno viene effettuata agli stati limite ultimi, con resistenze dei materiali desunti dal par. 4.4.6 delle NTC 2018, secondo l'espressione:

$$X_d = (K_{mod} \cdot X_k) / \gamma_M$$

dove:  $X_d$  è la resistenza di progetto del materiale;  $X_k$  è la resistenza caratteristica del materiale;  $K_{mod}$  è il coefficiente correttivo dei carichi e  $\gamma_M$  è il coeff. parziale di sicurezza (Tab. 4.4.III).

Le verifiche eseguite sono:

Verifica a flessione semplice per travi orizzontali e a flessione deviata per travi inclinate;

Verifica a taglio;

Verifica di deformabilità istantanea ed a lungo termine (per effetto della viscosità del materiale);

Verifica a flessione e taglio del tavolato;

Per effetto del carico esterno verticale ogni trave è sollecitata a flessione e taglio, le cui espressioni degli sforzi sono, rispettivamente:

$$M_t = Q \cdot L^2 / 8$$

$$V_t = Q \cdot L / 2$$

dove Q è il carico esterno distribuito lineare e L la lunghezza dell'asta.

Per la verifica a flessione dell'elemento devono essere soddisfatte entrambe le condizioni:

$$K_m \cdot \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + \sigma_{m,z,d} / f_{m,y,d} \leq 1$$

$$\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} + K_m \cdot \sigma_{m,z,d} / f_{m,y,d} \leq 1$$

dove:  $\sigma_{m,y,d}$  e  $\sigma_{m,z,d}$  sono le tensioni di calcolo massime per flessione rispettivamente nei piani xz e xy determinate assumendo una distribuzione elastico lineare delle tensioni sulla sezione,  $k_m$  è un coefficiente che tiene conto convenzionalmente della distribuzione delle tensioni e della disomogeneità del materiale nella sezione trasversale (si impiega il valore di 0,7 per le sezioni rettangolari ed il valore 1 per altre sezioni trasversali).

$$\sigma_{m,y,d} = M_{ty} / W_{ply}$$

$$\sigma_{m,z,d} = M_{tz} / W_{plz}$$

dove:  $M_{ty}$  e  $M_{tz}$  sono le componenti del momento flettente agente sull'asta attorno all'asse y e a z,  
 $W_{ply}$  e  $W_{plz}$  sono i moduli di resistenza della sezione rispetto all'asse y e z.  
 $f_{m,y,d}$  e  $f_{m,z,d}$  sono le corrispondenti resistenze di calcolo a flessione del materiale, desunte da:

$$f_{m,y,d} = (K_{mod} \cdot f_{m,k}) \cdot k_{h,y} / \gamma_M$$

$$f_{m,z,d} = (K_{mod} \cdot f_{m,k}) \cdot k_{h,z} / \gamma_M$$

dove:  $f_{m,k}$  è la resistenza caratteristica a flessione del materiale e  $K_h$  è un coefficiente moltiplicativo che incrementa i valori di resistenza del materiale in funzione delle dimensioni della sezione trasv., dato dalle seguenti espressioni:

$$K_h = \min \{ (150/h)^{0,2}; 1,3 \}$$

dove h è l'altezza in mm della sezione trasversale dell'elemento oppure il lato maggiore della sezione trasversale.

per elementi di legno massiccio sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino un'altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 150 mm;

$$K_h = \min \{ (600/h)^{0,1}; 1,1 \}$$

dove h è l'altezza in mm della sezione trasversale dell'elemento oppure il lato maggiore della sezione trasversale.

per elementi di legno lamellare sottoposti a flessione o a trazione parallela alla fibratura che presentino un'altezza o il lato maggiore della sezione trasversale inferiore a 600 mm.

I moduli di resistenza  $W_{pl}$  dell'elemento in legno sono dati dalle espressioni:

$$W_{ply} = B \cdot H^2 / 6$$

$$W_{plz} = H \cdot B^2 / 6$$

dove: B e H sono la larghezza e l'altezza della sezione dell'asta.

Per la verifica a taglio dell'elemento deve essere soddisfatta la condizione:

$$\tau_d \leq f_{v,d}$$

dove:  $\tau_d$  è la tensione di calcolo a taglio, desunta dall'espressione:

$$\tau_d = 1,5 \cdot V_t / (B \cdot H)$$

dove:  $V_t$  è lo sforzo di taglio agente sull'asta e B ed H sono altezza e larghezza dell'asta.

e  $f_{v,d}$  è la resistenza di calcolo a taglio del materiale, desunta da:

$$f_{v,d} = (K_{mod} \cdot f_{v,k}) / \gamma_M$$

dove:  $f_{v,k}$  è la resistenza caratteristica a taglio del materiale.

Per la verifica di indeformabilità degli elementi inflessi deve risultare:

$$u_{tot} < u_{lim,tot}$$

$$u_q < u_{lim,q}$$

$$u_{lt} < u_{lim,lt}$$

dove:  $u_{lim,tot}$  è lo spostamento verticale totale massimo dovuto ai carichi permanenti e variabili,  
 $u_{lim,q}$  è lo spostamento verticale massimo dovuto ai soli carichi variabili e  $u_{lim,lt}$  è lo spostamento

verticale massimo dovuto ai soli carichi permanenti.

Mentre le frecce massime  $u_{tot}$ ,  $u_q$  e  $u_{lt}$  sono date rispettivamente dalle espressioni:

$$u_{tot} = (5 \times Q_t \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (Q_t \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times A)$$

$$u_q = (5 \times q \times l^4) / (384 \times E_{0,m} \times I_y) + (q \times l^2) / (8 \times G_{0,m} \times 0,83 \times A)$$

$$u_{lt} = u_{tot} + (5 \times Q_p \times l^4) K_{def} / (384 \times E_{0,m} \times I_y)$$

dove:  $Q_t$  è il carico totale lineare non amplificato agente sulla trave;  $q$  è il carico variabile principale lineare non amplificato agente sulla trave;  $l$  è la luce netta del solaio;  $A$  è l'area della sezione della trave;  $E_{0,m}$  è il modulo elastico longitudinale medio del legno;  $G_{0,m}$  è il modulo elastico tangenz. medio del legno;  $I_y$  è il momento d'inerzia della sezione;  $Q_p$  è il carico totale permanente agente sulla trave.

Per la verifica del tavolato si considera lo schema statico di trave incastrata o appoggiata agli estremi, di lunghezza pari all'interasse delle travi dell'orditura principale, di sezione di base unitaria ed altezza pari allo spessore del tavolato.

Deve risultare:

$$\sigma_{m,y,d,t} \leq f_{m,d}$$

$$\tau_{d,t} \leq f_{v,d}$$

dove:

$$\sigma_{m,y,d,t} = M_{tt} / W_{tl}$$

$$\tau_{d,t} = 1,5 \cdot V_{tt} / (b_t \cdot h_t)$$

dove  $b_t$  e  $h_t$  sono rispettivamente la larghezza della sezione del tavolato considerato (striscia unit.) e lo spessore dello stesso e  $W_{tl}$  è il modulo elastico della sezione del tavolato.

Il momento flettente massimo ed il taglio massimo del tavolato sono dati dalle espressioni:

$$M_{tt} = Q_d \cdot L^2 / 12$$

$$V_{tt} = Q_d \cdot i / 2 \quad \text{incastro}$$

$$M_{tt} = Q_d \cdot L^2 / 8$$

$$V_{tt} = Q_d \cdot i / 2 \quad \text{appoggio}$$

dove  $Q_d$  è il carico lineare agente sulla striscia di tavolato (dedotto il peso delle travi);  $i$  è l'interasse delle travi in legno.