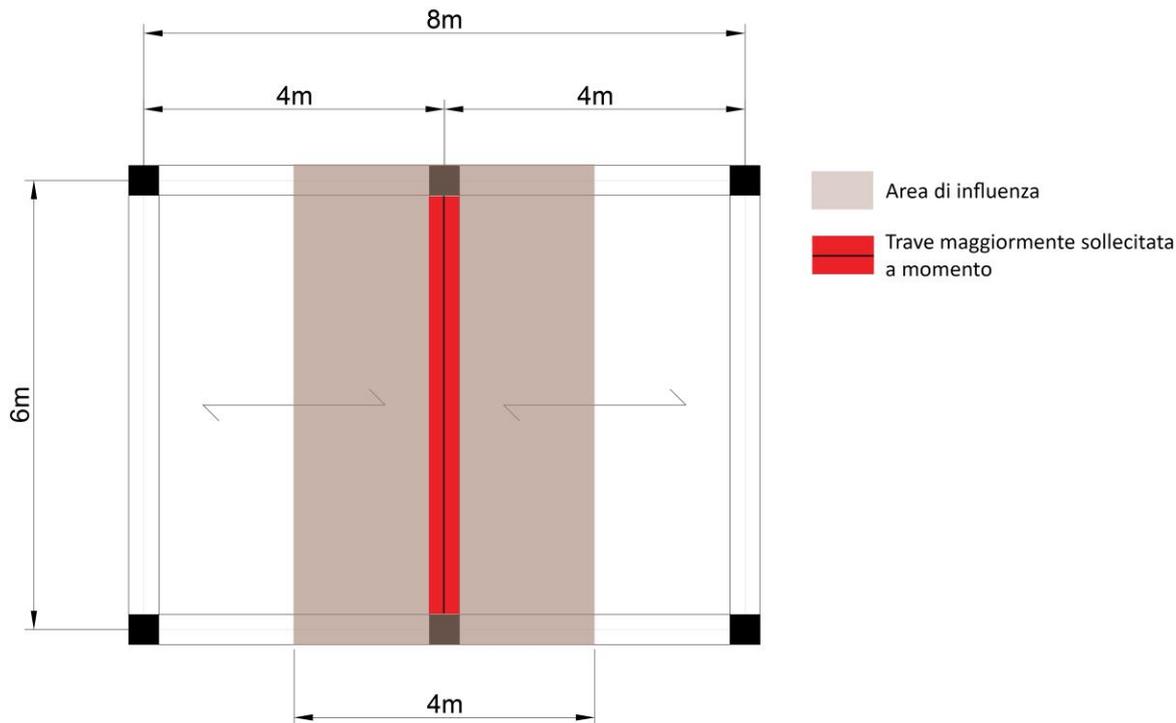
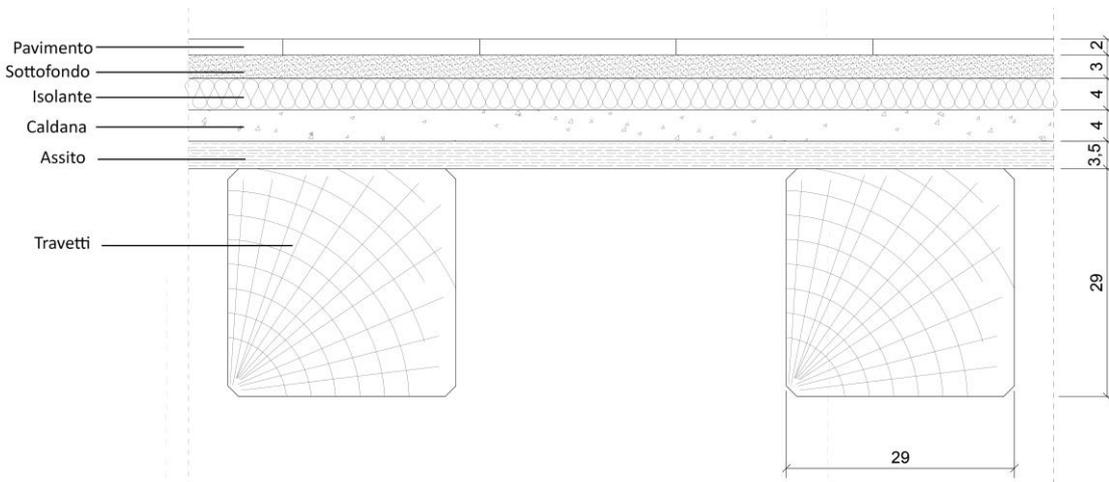


Questa esercitazione prevede il dimensionamento della trave maggiormente sollecitata in un sistema di travi a telaio nelle tre diverse tecnologie del legno, acciaio e cemento armato.



Come si nota dall'immagine, nel sistema di riferimento, la trave da dimensionare è quella centrale, la cui area d'influenza è di 24mq: 6m di luce x 4m di interasse.

### LEGNO



Ipotizzo un solaio in legno composto da:

- Pavimento** (gres porcellanato), 2cm di spessore, 0.4 KN/m<sup>2</sup>;
- Sottofondo di allettamento** (malta cementizia) 3cm di spessore, 0.54 KN/m<sup>2</sup> di peso (0.03m x 18 KN/m<sup>3</sup>);
- Isolante** (polistirolo espanso sfuso), 4 cm di spessore, 0.4 KN/m<sup>2</sup> di peso (0.04m x 10KN/m<sup>3</sup>);
- Caldana** (cls) 4cm di spessore, 0.28 KN/m<sup>2</sup>
- Assito** (legno di abete), 3.5 cm di spessore, 0,21KN/m<sup>2</sup> di peso (0.035m x 6KN/m<sup>3</sup>);

-**Travetti** (legno di abete), 29x29 cm e peso specifico di 6 KN/m<sup>3</sup>;

Ora calcolo il carico strutturale (**Qs**) escludendo il peso proprio della trave, che considero solo in un secondo momento, il carico permanente(**Qp**) e il carico accidentale (**Qa**).

-**Travetti** (0.29 x 0.29 x 1) m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup> x 6KN/m<sup>3</sup> =0.5 KN/m<sup>2</sup>;

-**Assito** 0.21 KN/m<sup>2</sup>;

**Qs** = (0.5 + 0.21) KN/m<sup>2</sup> = **0.71 KN/m<sup>2</sup>**;

-**Pavimento** 0.4 KN/m<sup>2</sup>;

-**Sottofondo di allettamento** 0.54 KN/m<sup>2</sup>;

-**Isolante** 0.4 KN/m<sup>2</sup>;

-**Caldana** 0.28 KN/m<sup>2</sup>;

**Qp** = ( 0.4 + 0.54 + 0.4 + 0.28 + 1.00 + 0.5) KN/m<sup>2</sup> = **3.12 KN/m<sup>2</sup>**;

Ipotizziamo che l'ambiente sia ad uso residenziale 2 KN/m<sup>2</sup>

**Qa** = **2 KN/m<sup>2</sup>**

In un foglio di calcolo excel inserisco i dati dei tre differenti carichi ognuno dei quali viene moltiplicato per uno specifico coefficiente di sicurezza ( $\gamma$ ) stabilito dalla Normativa: 1.3 per i carichi strutturali e permanenti (Qs e Qp) e 1.5 per i carichi accidentali (Qa).

Ora che conosco il carico totale dato dalla somma dei 3 carichi specifici amplificati e noto l'interasse, posso calcolare il momento massimo agente sulla trave in esame, dato dalla formula  $M = ql^2/8$ .

Assegno all'elemento strutturale di riferimento una classe di riferimento del legno:

**Legno lamellare GL24c** con resistenza caratteristica a flessione pari a **24 MPa**

interasse (m)	q <sub>s</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>p</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>a</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (KN/m)	luce (m)	M <sub>max</sub> (KN*m)	f <sub>m,k</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	k <sub>mod</sub>	v <sub>m</sub>	f <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	b (cm)	h <sub>min</sub> (cm)	H (cm)
4,00	0,71	3,12	2,00	34,41	6,00	154,85	24,00	0,80	1,50	12,80	35,00	45,54	50,00

L'altezza minima della trave è pari a 45.54 cm. Non avendo ancora considerato il peso proprio della trave è opportuno, però, sovradimensionare l'altezza della sezione della trave; per questo motivo scelgo una sezione **35 x 50 cm**.

Ipotizzata la sezione di progetto posso aggiungere il peso proprio della trave nel foglio di calcolo, verificando che la sezione scelta (35 x 50 cm) sia in grado di sostenere il carico complessivo del solaio e della trave.

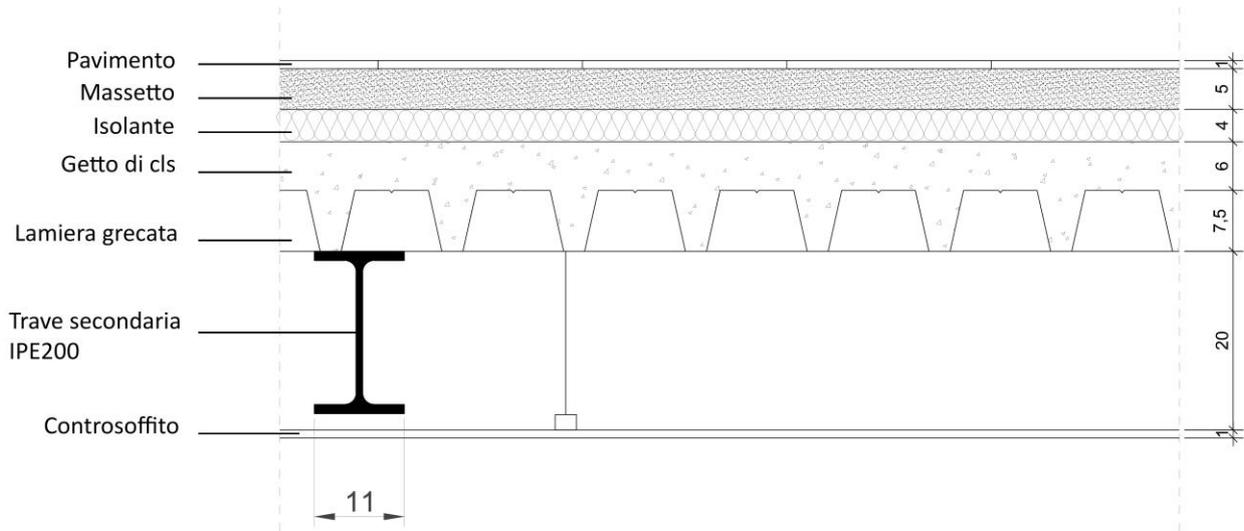
**P** = (0.35 x 0.5 x 1) m<sup>3</sup> /m x 7 KN/m<sup>3</sup> = **1.225 KN / m**

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
interasse (m)	q <sub>s</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>p</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>a</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (KN/m)	luce (m)	M <sub>max</sub> (KN*m)	f <sub>m,k</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	k <sub>mod</sub>	v <sub>m</sub>	f <sub>d</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	b (cm)	h <sub>min</sub> (cm)	H (cm)
4,00	0,71	3,12	2,00	36,00	6,00	162,02	24,00	0,80	1,50	12,80	35,00	46,58	50,00

Il carico totale che tiene conto anche del peso proprio della trave è pari a 36 KN/m e può essere sostenuto da una trave che abbia un'altezza minima pari a 46.54 cm.

**Quindi l'ipotesi iniziale di adottare una trave con sezione 35 x 50 cm è stata ulteriormente confermata!**

## ACCIAIO



Suppongo di avere un solaio in acciaio costituito da:

- Pavimento** (parquet): 1cm di spessore,  $0.25 \text{ KN/m}^2$ ;
- Massetto** (calcestruzzo): 5cm di spessore,  $0.8 \text{ KN/m}^2$  di peso ( $0.05\text{m} \times 16 \text{ KN/m}^3$ );
- Isolante** (polistirolo espanso sfuso): 4 cm di spessore,  $0.4 \text{ KN/m}^2$  di peso ( $0.04\text{m} \times 10\text{KN/m}^3$ );
- Calcestruzzo Armato**: 6cm di spessore e con un peso specifico di  $25 \text{ KN/m}^3$ ;
- Lamiera grecata** (acciaio): con un'altezza di 7,5 cm e con un peso totale di  $0.11 \text{ KN/m}^2$ ;
- Travi secondarie (IPE200)**: 20 cm di altezza e con un peso specifico di  $78.5 \text{ KN/m}^3$ ;
- Controsoffitto**: 1cm di spessore e peso specifico di  $13 \text{ KN/m}^3$ ;

Calcolo il carico strutturale ( $Q_s$ ), ad esclusione del peso proprio della trave, il carico permanente ( $Q_p$ ) e il carico accidentale ( $Q_a$ ).

- Lamiera grecata**:  $0.11 \text{ KN/m}^2$ ;
- Calcestruzzo Armato**:  $V \times p = 0.035 \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 35 \text{ KN/m}^3 = 1.225 \text{ KN/m}^2$ ;
- Travi secondarie (IPE200)** ( $0.00285 \times 1$ )  $\text{m}^3/\text{m}^2 \times 78.5 \text{ KN/m}^3 = 0.23725 \text{ KN/m}^2$ ;
- **$Q_s = (0.11 + 1.225 + 0.23725) \text{ KN/m}^2 = 1.56 \text{ KN/m}^2$** ;

- 
- Pavimento** (parquet):  $0.25 \text{ KN/m}^2$ ;
  - Massetto** (calcestruzzo):  $0.8 \text{ KN/m}^2$ ;
  - Isolante** (polistirolo espanso sfuso):  $0.4 \text{ KN/m}^2$ ;
  - **$Q_p = (0.25 + 0.8 + 0.4) \text{ KN/m}^2 = 1.45 \text{ KN/m}^2$** ;

Ipotizziamo che l'ambiente sia ad uso residenziale  $2 \text{ KN/m}^2$

**$Q_a = 2 \text{ KN/m}^2$**

Inserisco i dati nel foglio excel e mi accorgo che il modulo di resistenza a flessione minimo della trave principale ( $W_{x\min}$ ) è di  $495.04 \text{ cm}^3$ ; per tale motivo scelgo il profilato IPE300 con  $W_{x\min} = 557.1 \text{ cm}^3$ .

interasse (m)	$q_s$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_p$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_a$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_u$ (KN/m)	luce (m)	$M_{\max}$ (KN*m)	$f_{y,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	$W_{x,\min}$ (cm <sup>3</sup> )	$W_x$ (cm <sup>3</sup> )
4,00	1,56	1,45	2,00	28,81	6,00	129,65	275,00	261,90	495,04	712,00

A questo punto, così come ho fatto per le altre due tecnologie considero il peso proprio della trave individuata:

TRAVE IPE300 con un'area pari a  $53.81 \text{ cm}^2$  e peso specifico di  $78.5 \text{ KN/m}^3$  (valori da tabella);

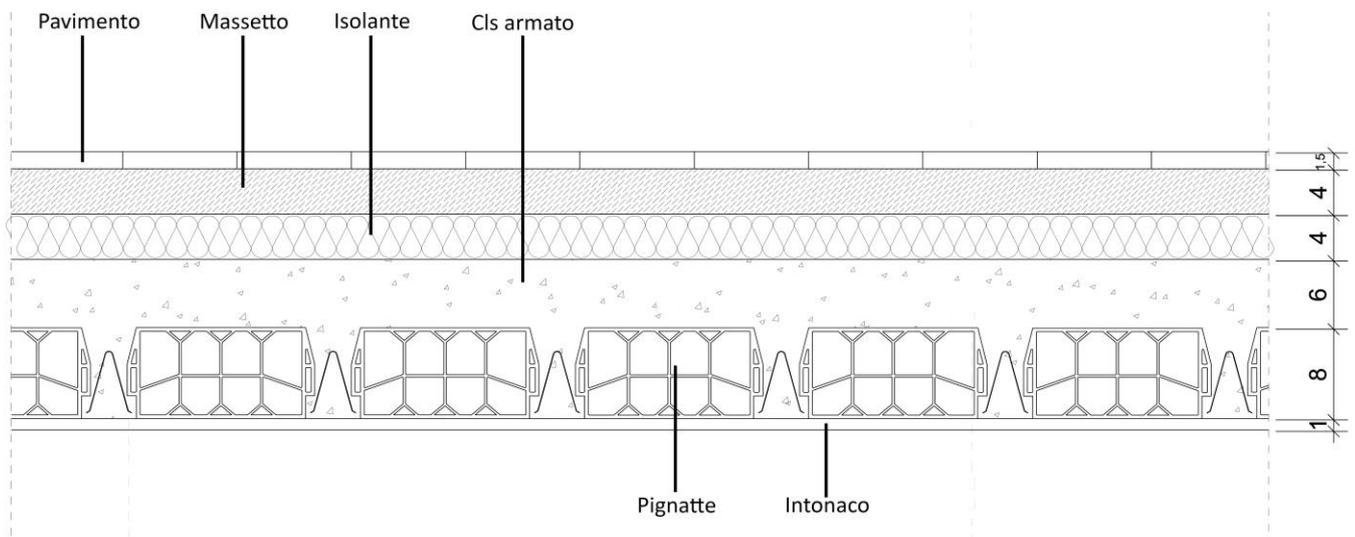
$$p = (53.81 \times 10^{-4} \times 1) \text{ m}^3 / \text{m} \times 78.5 \text{ KN/m}^3 = \mathbf{0.422 \text{ KN/m}^2}$$

Formula:  $= (1,3 * B2 + 1,5 * C2 + 1,5 * D2) * A2 + (0,442 * 1,3)$

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K
interasse (m)	$q_s$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_p$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_a$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_u$ (KN/m)	luce (m)	$M_{\max}$ (KN*m)	$f_{y,k}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_d$ (N/mm <sup>2</sup> )	$W_{x,\min}$ (cm <sup>3</sup> )	$W_x$ (cm <sup>3</sup> )
4,00	1,56	1,45	2,00	29,39	6,00	132,24	275,00	261,90	504,92	712,00

Anche considerando il peso proprio della trave, il profilato IPE400 è adeguato a sostenere il carico complessivo.

## CALCESTRUZZO



Suppongo di avere un solaio in latero-cemento composto da:

- Pavimento** (parquet): 1cm di spessore,  $0.25 \text{ KN/m}^2$ ;
- Massetto** (calcestruzzo): 4cm di spessore,  $0.64 \text{ KN/m}^2$  di peso ( $0.04 \text{ m} \times 16 \text{ KN/m}^3$ );
- Isolante** (polistirolo espanso sfuso): 4 cm di spessore,  $0.4 \text{ KN/m}^2$  di peso ( $0.04 \text{ m} \times 10 \text{ KN/m}^3$ );
- Calcestruzzo Armato**: alto 6 cm e con una area di sezione di  $820 \text{ cm}^2$  in un metro e con un peso specifico di  $25 \text{ KN/m}^3$ ;
- Pignatte** (laterizio): n°2 di dimensioni  $8 \times 50 \times 25 \text{ cm}$  e con un peso totale di  $1.328 \text{ KN/m}^2$ ;

-Intonaco: 1cm di spessore e peso specifico di 18 KN/m<sup>3</sup>;

Calcolo il carico strutturale (Qs), ad esclusione del peso proprio della trave che stiamo dimensionando, il carico permanente (Qp) e il carico accidentale (Qa).

-Calcestruzzo Armato:  $(0.082 \times 1) \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 25 \text{ KN/m}^3 = 2.05 \text{ KN/m}^2$ ;

-Pignatte : 1.328 KN/m<sup>2</sup>;

-Qs =  $(1.328 + 2.05) \text{ KN/m}^2 = 3.378 \text{ KN/m}^2$ ;

-Pavimento: 0.25 KN/m<sup>2</sup>;

-Massetto: 0.64 KN/m<sup>2</sup>;

-Isolante: 0.4 KN/m<sup>2</sup>;

-Intonaco:  $(0.01 \times 1 \times 1) \text{ m}^3/\text{m}^2 \times 18 \text{ KN/m}^3 = 0.18 \text{ KN/m}^2$ ;

-Qp =  $(0.25 + 0.64 + 0.4 + 0.18) \text{ KN/m}^2 = 1.47 \text{ KN/m}^2$ ;

Ipotizziamo che l'ambiente sia di uso residenziale 2 KN/m<sup>2</sup>

**Qa = 2 KN/m<sup>2</sup>**

A questo punto scelgo un tipo di acciaio con tensione caratteristica **f<sub>y</sub> = 450 MPa** e un calcestruzzo con resistenza a compressione **R<sub>ck</sub> = 50 MPa**; mi imposto la base della sezione pari a 20 cm e ricaveremo dal foglio excel un'altezza utile pari a 37.64 cm che diventerà 42.64cm, aggiungendo il  $\delta = 5$  cm (distanza tra le armature e il bordo della sezione della trave). Arrotondo per eccesso l'altezza in favore di sicurezza a 45 cm.

**Quindi scelgo una sezione 20 x 45 cm che è verificata.**

interasse (m)	q <sub>s</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>p</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>a</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (KN/m)	luce (m)	M <sub>max</sub> (KN*m)
4,00	3,38	1,47	2,00	38,39	6,00	172,74
				41,31	6,00	185,90

M <sub>max</sub> (KN*m)	f <sub>yk</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>yd</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>cd</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β	r	b (cm)	h <sub>u</sub> (cm)	δ (cm)	H <sub>min</sub> (cm)	H
172,74	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	20,00	37,64	5,00	42,64	45,00
185,90	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	20,00	39,05	5,00	44,05	verificata

Ora calcolo il peso proprio della trave e andrò a verificare se questo grava sulle dimensioni sopra scelte.

**p =  $(0.20 \times 0.45 \times 1) \text{ m}^3 \times 25 \text{ KN/m}^3 = 2.25 \text{ KN/m}^2$**

Dal foglio di calcolo verifico che l'altezza ipotizzata (45cm) non sia sufficiente a sostenere il peso dei carichi;

interasse (m)	q <sub>s</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>p</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>a</sub> (KN/m <sup>2</sup> )	q <sub>u</sub> (KN/m)	luce (m)	M <sub>max</sub> (KN*m)
4,00	5,63	1,47	2,00	50,09	6,00	225,39
				53,01	6,00	238,55

M <sub>max</sub> (KN*m)	f <sub>yk</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>yd</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>ck</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	f <sub>cd</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	β	r	b (cm)	h <sub>u</sub> (cm)	δ (cm)	H <sub>min</sub> (cm)	H
225,39	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	20,00	43,00	5,00	48,00	45,00
238,55	450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	20,00	44,23	5,00	49,23	non verificato

Scelgo, quindi, di aumentare l'altezza della trave fino a 50 cm.

interasse (m)	$q_s$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_p$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_a$ (KN/m <sup>2</sup> )	$q_u$ (KN/m)	luce (m)	$M_{max}$ (KN*m)
4,00	5,63	1,47	2,00	50,09	6,00	225,39
				53,34	6,00	240,01

$f_{yk}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{yd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{ck}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$f_{cd}$ (N/mm <sup>2</sup> )	$\beta$	$r$	$b$ (cm)	$h_u$ (cm)	$\delta$ (cm)	$H_{min}$ (cm)	H
450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	20,00	43,00	5,00	48,00	50,00
450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	20,00	44,37	5,00	49,37	verificata

A questo punto la sezione 20 x 50 cm è una soluzione adeguata!