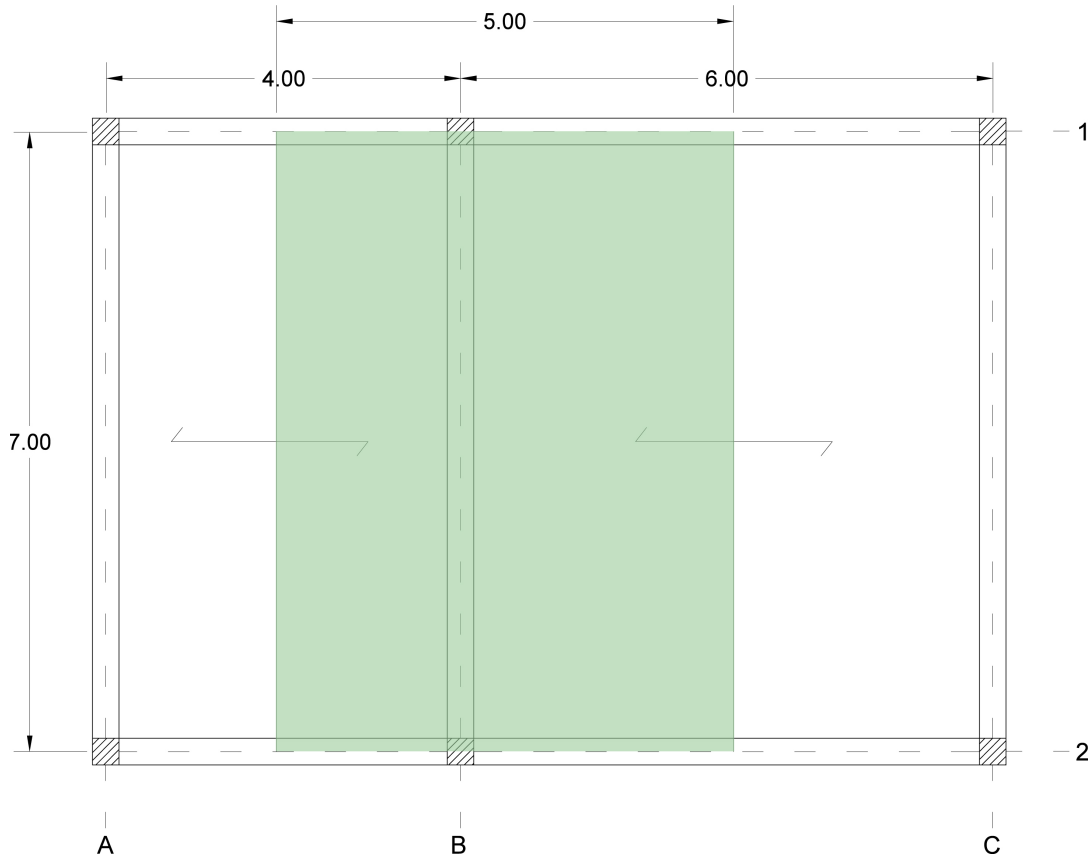


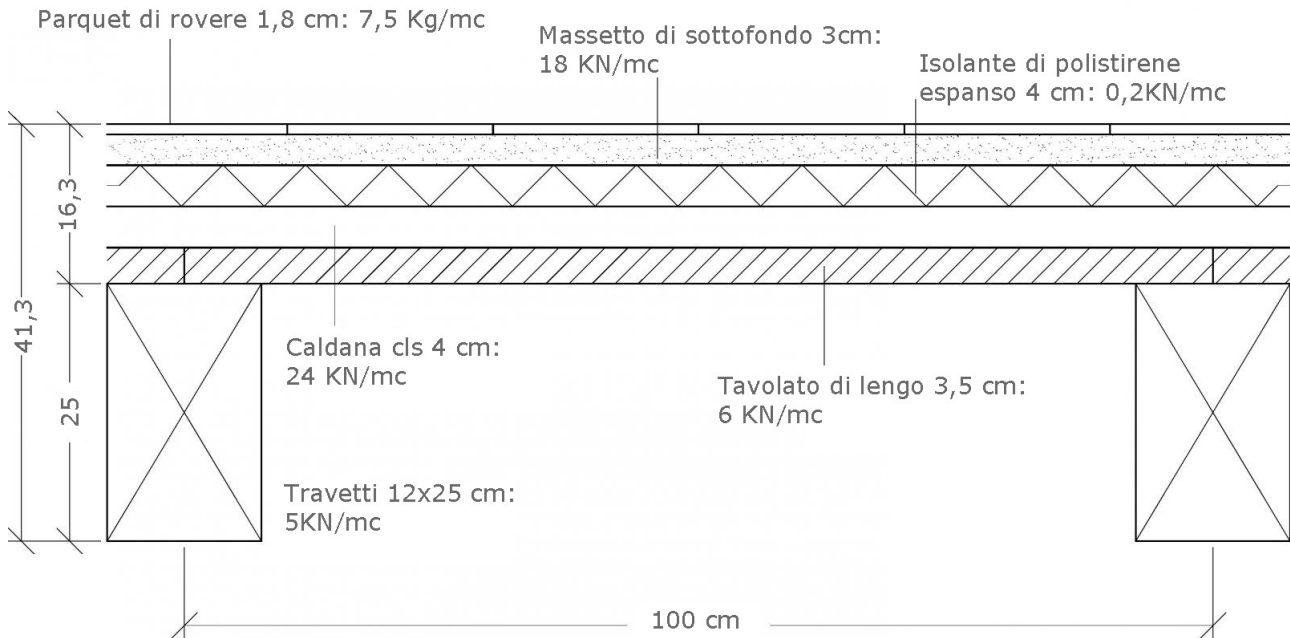
Si ipotizza il solaio in figura come un solaio di un edificio ad uso residenziale e, dopo aver scelto le componenti delle tre diverse tecnologie da analizzare, si procede con il dimensionamento della trave più sollecitata per ciascun caso.



La trave più sollecitata è quella dell'allineamento B, che ha un' **area di influenza** pari a $A = 7 \times 5 = 35$ mq.

LEGNO

Il solaio preso in considerazione per la struttura in legno è il seguente:



Si calcolano i carichi strutturali, permanenti e accidentali.

(qs) carichi strutturali (per il momento si esclude la trave):

Travetti: $5 \text{ KN/mc} * 2 * (0,12 * 0,25 * 1) \text{ mc/mq} = 0,3 \text{ KN/mq}$

Tavolato di lengo: $6 \text{ KN/mc} * (0,035 * 1 * 1) \text{ mc/mq} = 0,21 \text{ KN/mq}$

qs = 0,3 KN/mq + 0,21 KN/mq = 0,51 KN/mq

(qp) carichi permanenti:

Cls caldana: $24 \text{ KN/mc} * (0,04 * 1 * 1) \text{ mc/mq} = 0,96 \text{ KN/mq}$

Isolante: $0,2 \text{ KN/mc} * (0,04 * 1 * 1) \text{ mc/mq} = 0,08 \text{ KN/mq}$

Sottofondo: $18 \text{ KN/mc} * (0,03 * 1 * 1) \text{ mc/mq} = 0,54 \text{ KN/mq}$

Parquet: $7,5 \text{ KN/mc} * (0,018 * 1 * 1) \text{ mc/mq} = 0,135 \text{ KN/mq}$

Impianti: 0,5 KN/mq

Tramezzi: 1 KN/mq

qp = (0,96 + 0,08 + 0,54 + 0,135 + 1,5) KN/mq = 3,215 KN/mq

(qa) carico accidentale:

civile abitazione: 2 KN/mq

(qtot) carico totale = qs + qp + qa

$$q_{tot} = (0,51 + 3,215 + 2) \text{KN/mq} = 5,725 \text{KN/mq}$$

Carico che agisce sulla trave considerata:

$$q_u = (1,3 \cdot q_s + 1,5 \cdot q_p + 1,5 \cdot q_a) \cdot i$$

$$q_u = 42,43 \text{KN/m}$$

Si può quindi calcolare il M_{max} , seguendo il modello della trave appoggiata: $M_{max} = 259,87 \text{KNm}$

Si sceglie di realizzare il solaio con un legno lamellare **GL24C** ($f_{m,k} = 24 \text{N/mm}^2$), con una classe di durata lunga e una classe di servizio 2, quindi il $k_{mod} = 0,70$.

Classi di resistenza per il lamellare di conifera

Valori caratteristici per le proprietà di resistenza in N/mm^2		LEGNO LAMELLARE (UNI EN 1194)					
		GL 24c	GL 24h	GL 28c	GL 28h	GL 32c	GL 36c
resistenza a flessione	$f_{m,k}$	24	24	28	28	32	36
resistenza a trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	14	16,5	16,5	19,5	19,5	22,5
resistenza a trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0,35	0,4	0,4	0,45	0,45	0,5
resistenza a compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	21	24	24	26,5	26,5	29
resistenza a compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2,4	2,7	2,7	3,0	3,0	3,3
resistenza a taglio	$f_{v,k}$	2,2	2,7	2,7	3,2	3,2	3,8

Valori caratteristici per le proprietà di massa volumica in kg/m^3		LEGNO LAMELLARE (UNI EN 1194)					
		GL 24c	GL 24h	GL 28c	GL 28h	GL 32c	GL 36c
modulo di elasticità medio parallelo alla fibratura	$E_{0,mean}$	11.600	11.600	12.600	12.600	13.700	14.700
modulo di elasticità parallelo alla fibratura	$E_{0,05}$	9.400	9.400	10.200	10.200	11.100	11.900
modulo di elasticità medio perpendicolare alla fibratura	$E_{90,mean}$	320	390	390	420	420	460
modulo di taglio medio	G_{mean}	590	720	720	780	780	850
massa volumica	ρ_k	350	380	380	410	410	430

VALORI DI k_{mod} assunti (vd. p.to 4.4.6, Tab. 4.4.IV - D.M. 14/01/2008)

Tabella 4.4.IV - Valori di k_{mod} per legno e prodotti strutturali a base di legno

Materiale	Riferimento	Classe di servizio	Classe di durata del carico					
			Permanente	Lunga	Media	Breve	Istantanea	
Legno massiccio Legno lamellare incollato	EN 14081-1 EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00	
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90	
Compensato	EN 636	Parti 1, 2, 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		Parti 2, 3	2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,00
		Parte 3	3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Pannello di scaglie orientate (OSB)	EN 300	OSB/2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		OSB/3 - OSB/4	1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
			2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
		Pannello di particelle (truciolare)	EN 312	Parti 4, 5	1	0,30	0,45	0,65
Parte 5	2			0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Parti 6, 7	1			0,40	0,50	0,70	0,90	1,00
Parte 7	2			0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Pannello di fibre, alta densità	EN 622-2	HB LA, HB HLA 1 o 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,00
		HB HLA 1 o 2	2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Pannello di fibre, media densità (MDF)	EN 622-3	MBH LA1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		MBH HLS1 o 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
	2		-	-	-	0,45	0,80	
	EN 622-5	MDF LA, MDF HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,00
		MDF HLS	2	-	-	-	0,45	0,80

Si calcola poi la resistenza di progetto, definita dal prodotto della resistenza caratteristica del legno $f_{m,k}$ per il coefficiente di degrado nel tempo k_{mod} diviso il coefficiente di sicurezza γ_m :

$$\sigma_{adm} = f_d = (24 \text{ N/mm}^2 * 0,70) / 1,45 = 11,59 \text{ N/mm}^2$$

DIMENSIONAMENTO TRAVE:

Si imposta la base della trave di 35 cm e si ricava l'altezza.

Si inseriscono i dati nella tabella Excel per dimensionare la trave.

interasse (m)	q _s (KN/m ²)	q _p (KN/m ²)	q _a (KN/m ²)	q _u (KN/m)	luce (m)	M _{max} (KN*m)	f _{m,k} (N/mm ²)	k _{mod}	γ _m	f _d (N/mm ²)	b (cm)	h _{min} (cm)	H (cm)
5,00	0,51	3,22	2,00	42,43	7,00	259,87	24,00	0,70	1,45	11,59	35,00	62,01	65,00

L'altezza minima della trave deve essere di 62,01 cm infatti:

$$b = 35 \text{ cm}$$

$$W_x = M_x / f_d$$

Per una sezione rettangolare omogenea $W_x = 1/6 * b * h^2$

$$h = \sqrt{[(6M_x) / (b * f_d)]} = l * \alpha$$

Si prende una sezione di **35x65 cm**.

VERIFICA:

Si verifica la dimensione della trave principale, aggiungendo il peso proprio della trave al carico totale al metro lineare, cioè q_{tot} moltiplicato per l'interasse.

Peso specifico trave: 5KN/mc

Area sezione trave: A = (0,35 * 0,65) mq = 0,23 mq

Coefficiente di sicurezza: 1,3

Carico lineare della trave: 5KN/mc * 0,23 mq * 1,3 = 1,5 KN/m

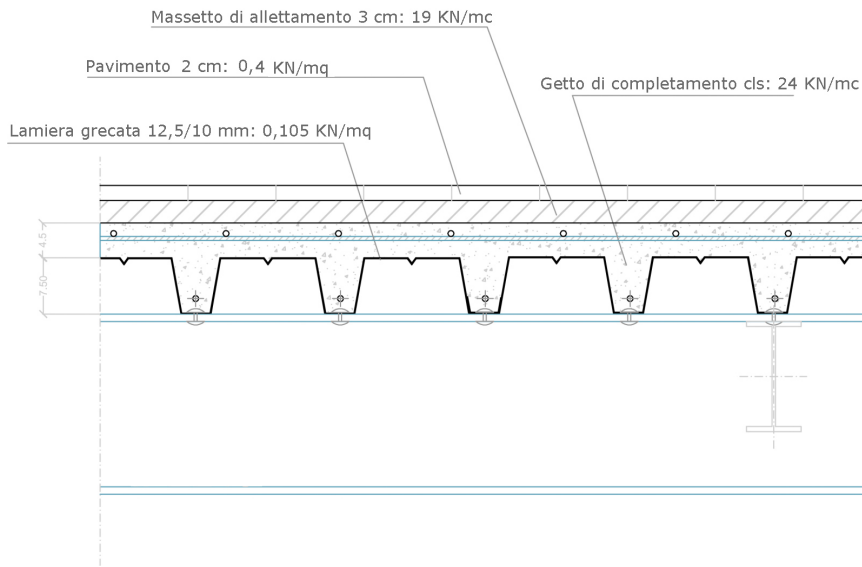
q = q_u (solaio) + carico lineare trave

$$q = 42,43 \text{ KN/m} + 1,5 \text{ KN/m} = 43,96 \text{ KN/m}$$

interasse (m)	q _s (KN/m ²)	q _p (KN/m ²)	q _a (KN/m ²)	q _u (KN/m)	luce (m)	M _{max} (KN*m)	f _{m,k} (N/mm ²)	k _{mod}	γ _m	f _d (N/mm ²)	b (cm)	h _{min} (cm)	H (cm)
5,00	0,51	3,22	2,00	42,43	7,00	259,87	24,00	0,70	1,45	11,59	35,00	62,01	65,00
5,00	0,51	3,22	2,00	43,96	7,00	269,26	24,00	0,70	1,45	11,59	35,00	63,12	65,00

Si ottiene come valore di **h_{min} = 63,12 cm < 65 cm**, quindi la sezione è verificata.

ACCIAIO



(qs) carico strutturale (per il momento si escludono i travetti):

Lamiera grecata: 0,105 KN/mq

Getto di completamento: $24 \text{ KN/mc} * (0,045*1*1 + 0,038*0,5*1) \text{ mc/mq} = 1,53 \text{ KN/mq}$

Trave secondaria: Ipe 140; $78,5 \text{ KN/mc} *(0,001643*1) \text{ mc/mq} = 0,1289 \text{ KN/mq}$

$$\mathbf{qs = (0,105 + 1,53 + 0,13) \text{ KN/mq} = 1,76 \text{ KN/mq}}$$

(qp) carichi permanenti:

Pavimento: 0,4 KN/mq

Massetto: $19 \text{ KN/mc} * 0,03 \text{ mc/mq} = 0,57 \text{ KN/mq}$

Rete elettrosaldata: 0,54 KN/mq

Impianti: 0,5 KN/mq

Tramezzi: 1 KN/mq

$$\mathbf{qp = (0,4 + 0,57 + 0,54 + 1,5) \text{ KN/mq} = 3,01 \text{ KN/mq}}$$

(qa) carico accidentale:

Civile abitazione: 2KN/mq

(qu) carico ultimo:

$$qu = (1,3*qs + 1,5*qp + 1,5*qa)* i$$

$$q_u = (1,76 \cdot 1,3 + 3,01 \cdot 1,5 + 2 \cdot 1,5) \text{ KN/mq} \cdot 5 \text{ m} = 49,02 \text{ KN/m}$$

DIMENSIONAMENTO TRAVE:

Luce: 7 m

Interasse: 5m

Area di influenza: 35 mq

L'acciaio scelto è del tipo Fe 360/ S 235

interasse (m)	q _s (KN/m ²)	q _p (KN/m ²)	q _a (KN/m ²)	q _u (KN/m)	luce (m)	M _{max} (KN*m)	f _{y,k} (N/mm ²)	f _d (N/mm ²)	W _{x,min} (cm ³)	W _x (cm ³)
5,00	1,76	3,01	2,00	49,02	7,00	300,22	235,00	223,81	1341,39	1500,00

Il valore ottenuto dalla tabella Excel è $W_x = 1341,39 \text{ cm}^3$ quindi si sceglie una trave Ipe 450, con $W_x = 1500 \text{ cm}^3$

A parità di luce, carichi ed interassi, è indifferente usare un acciaio con $f_{yd} = 235 \text{ MPa}$ o con $f_{yd} = 275 \text{ MPa}$, infatti in entrambi i casi si sceglie un profilato Ipe 450 con $W_x = 1500 \text{ cm}^3$.

VERIFICA DEL DIMENSIONAMENTO:

Si deve aggiungere al q_u il carico lineare della trave.

Peso specifico acciaio: 78,5 KN/mc

Area Ipe 450: $98,82 \text{ cm}^2 = 0,9882 \text{ mq}$

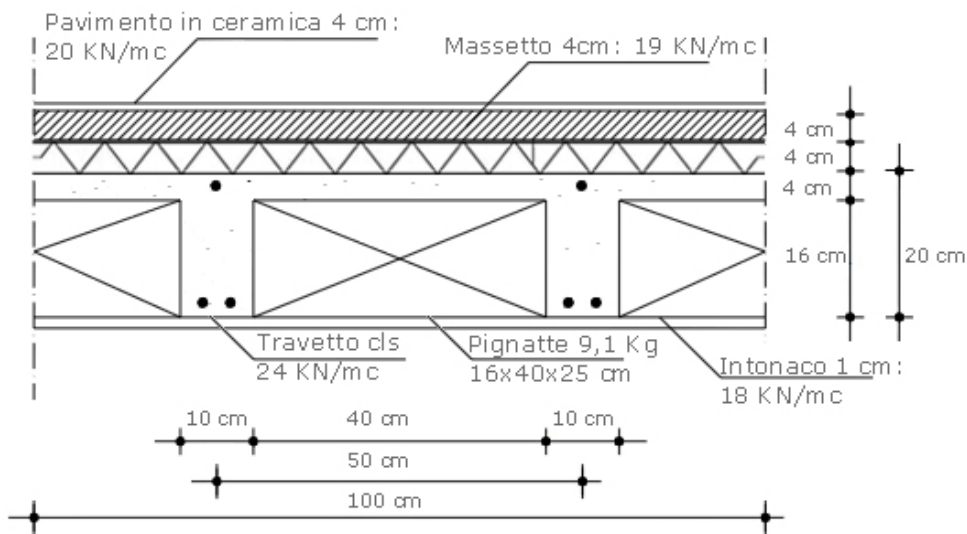
Coefficiente di sicurezza: 1,3

$$q = 78,5 \text{ KN/mc} \cdot 0,9882 \text{ mq} \cdot 1,3 = 1 \text{ KN/m}$$

Il modulo di resistenza $W_x = 1368,79 \text{ cm}^3 < 1500 \text{ cm}^3$ dell'Ipe 450. Quindi il **dimensionamento è verificato**.

interasse (m)	q _s (KN/m ²)	q _p (KN/m ²)	q _a (KN/m ²)	q _u (KN/m)	luce (m)	M _{max} (KN*m)	f _{y,k} (N/mm ²)	f _d (N/mm ²)	W _{x,min} (cm ³)	W _x (cm ³)
5,00	1,76	3,01	2,00	49,02	7,00	300,22	235,00	223,81	1341,39	1500,00
5,00	1,76	3,01	2,00	50,02	7,00	306,35	235,00	223,81	1368,79	1500,00

CEMENTO ARMATO



(qs) carichi strutturali:

Soletta: $24 \text{ KN/mc} * 0,04 \text{ mc/mq} = 0,96 \text{ KN/mq}$

Travetti: $24 \text{ KN/mc} * 2 * (0,16 * 0,10) \text{ mc/mq} = 0,768 \text{ KN/mq}$

Pignatte: $0,091 \text{ KN/mq} * 8 = 0,728 \text{ KN/mq}$

$$qs = (0,96 + 0,768 + 0,728) \text{ KN/mq} = 2,456 \text{ KN/mq}$$

(qp) carichi permanenti:

Pavimento: $20 \text{ KN/mc} * 0,04 \text{ mc/mq} = 0,8 \text{ KN/mq}$

Massetto: $19 \text{ KN/mc} * 0,04 \text{ mc/mq} = 0,76 \text{ KN/mq}$

Isolante: $0,2 \text{ KN/mc} * 0,04 \text{ mc/mq} = 0,008 \text{ KN/mq}$

Intonaco: $18 \text{ KN/mc} * 0,01 \text{ mc/mq} = 0,18 \text{ KN/mq}$

Tramezzi : 1 KN/mq

Impianti: 0,5 KN/mq

$$qp = (0,8 + 0,76 + 0,008 + 0,18 + 1,5) \text{ KN/mq} = 3,248 \text{ KN/mq} \approx 3,25 \text{ KN/mq}$$

(qa) carichi accidentali:

Civile abitazione: 2 KN/mq

$$qu = (1,3 * 2,456 + 1,5 * 3,25 + 1,5 * 2) \text{ KN/mq} * 5 \text{ m} = 55,34 \text{ KN/m}$$

DIMENSIONAMENTO TRAVE

Luce= 7 m

Interasse= 5 m

Per l'armatura si tiene conto di un acciaio con $f_{yk} = 450$ Mpa.
Si sceglie un calcestruzzo ordinario C35/45.

CLASSI DI RESISTENZA PER CALCESTRUZZO NORMALE.

Classe di resistenza	f_{ck} N/mm ²	R_{ck} N/mm ²	Categoria del calcestruzzo
C8/10 C12/15	8 12	10 15	NON STRUTTURALE
C16/20 C20/25 C25/30 C30/37 C35/45 C40/50 C45/55	16 20 25 30 35 40 45	20 25 30 37 45 50 55	ORDINARIO
C50/60 C55/67 C60/75	50 55 60	60 67 75	ALTE PRESTAZIONI
C70/85 C80/95 C90/105 C100/115	70 80 90 100	85 95 105 115	ALTA RESISTENZA

Scegliendo una base di 30 cm e un copriferro di 5 cm, si ottiene $h_{min} = 60,51$, quindi è stata data come altezza della trave $h = 65$ cm.
Si ha dunque una trave 30x65 cm, di $A = 1950$ cm².

VERIFICA

interasse (m)	q_s (KN/m ²)	q_p (KN/m ²)	q_a (KN/m ²)	q_u (KN/m)	luce (m)	M_{max} (KN*m)	f_{yk} (N/mm ²)	f_{yd} (N/mm ²)	f_{ck} (N/mm ²)	f_{cd} (N/mm ²)	β	r	b (cm)	h_u (cm)	δ (cm)	H_{min} (cm)	H	H/l	area (m ²)	peso unitario (KN/m)
5,00	2,46	3,25	2,00	55,34	7,00	338,95	450,00	391,30	35,00	19,83	0,43	2,33	30,00	55,51	5,00	60,51	65,00	0,09	0,20	4,88
				61,68	7,00	377,77	450,00	391,30	35,00	19,83	0,43	2,33	30,00	58,60	5,00	63,60	verificata			

Si aggiunge al q_u del solaio il carico al metro lineare della trave principale.

$$q_{trave} = 25 \text{ KN/mc} * 0,195 \text{ mq} = 4,88 \text{ KN/m}$$

$$q_{tot} = q_{solaio} + q_{trave} = 55,34 \text{ KN/m} + (1,3 * 4,88) \text{ KN/m} = 61,68 \text{ KN/m}$$

Il valore di $h_{min} = 63,60$ cm, quindi la sezione è verificata in quanto $63,60 \text{ cm} < 65 \text{ cm}$.

Se il valore di h_{min} fosse venuto maggiore di 65 cm, si sarebbe dovuto tornare indietro, cambiando i valori della luce, o della base o cambiando la classe del cls.