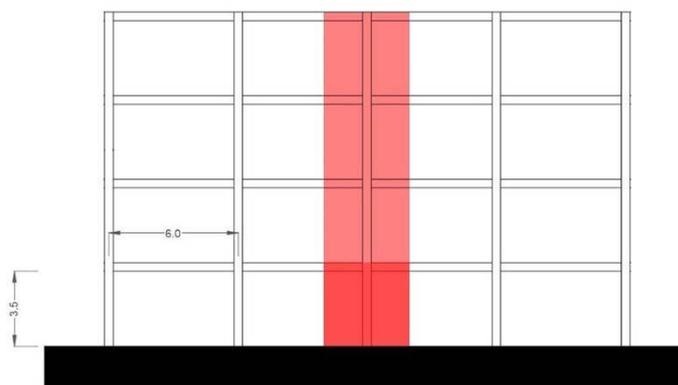
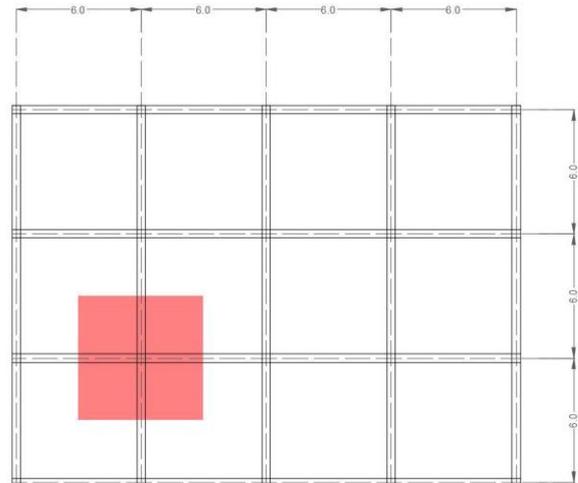
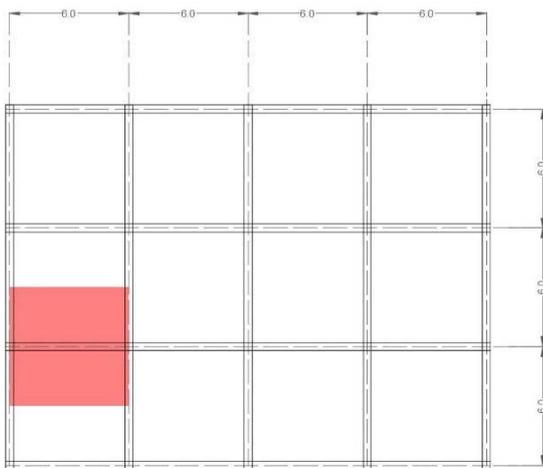


II Esercitazione: Dimensionamento struttura a travi e pilastri_Cls – acciaio – legno

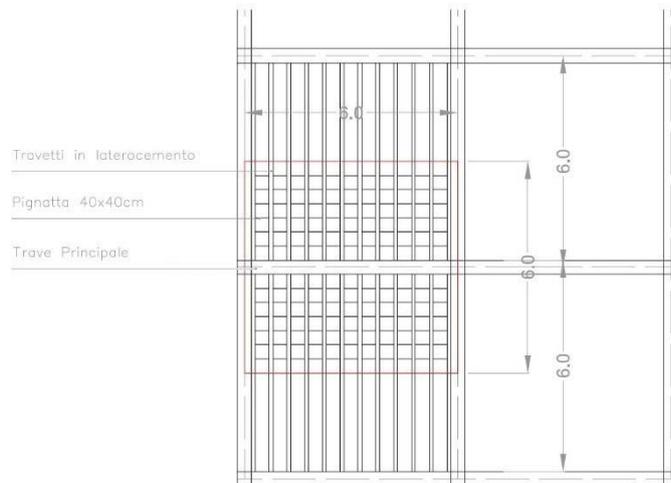
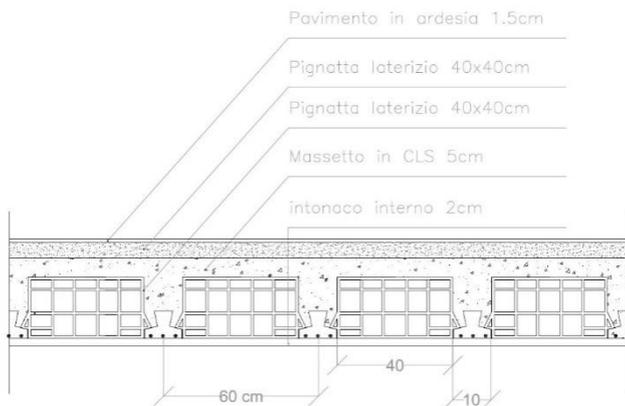


Prendiamo in esame un edificio per uffici composto da una struttura rettangolare a telaio di modulo 4x3, con un interasse di 6. Individuiamo quindi la trave e il pilastro più sollecitato della struttura (una trave e un pilastro interno alla struttura sulla quale agiscono carichi provenienti da tutti e quattro i lati) per effettuare un pre dimensionamento corretto.

Individuiamo per ognuna delle 3 tecnologie i diversi carichi che compongono l'intero pacchetto del solaio per dimensionare correttamente travi e pilastri della struttura a telaio utilizzata

Questi carichi sono suddivisi per carichi accidentali (di natura aleatoria e legati alla funzione svolta dall'edificio) regolati dalla normativa NTC2008, carichi permanenti (elementi che gravano costantemente sulla struttura ma che non svolgono funzione portante), carichi strutturali (peso portato da tutti gli elementi strutturali). In seguito calcola il peso al mq di ogni elemento tecnologico che compone il solaio.

1) Cemento armato – Trave



Carichi accidentali (Qa):

- Destinazione d'uso: edificio per uffici aperto al pubblico → **3 KN/mq**

Carichi permanenti (Qp):

- Tramezzi: 1.00 KN/mq
- Impianti: 0,5 KN/mq
- Pavimento in mattonelle di ardesia: 0,05 KN/mq
- Massetto, allettamento ed intonaco: 1,52 KN/mq

Tot. → **3,07 KN/mq**

Carichi strutturali (Qs):

- Soletta: $0,05 \times 25 = 1,25$ KN/mq

Per il calcolo del peso portato dalle pignatte e dai travetti del solaio moltiplichiamo lo spessore (m) x la larghezza (m) x il peso unitario (KN/mc) del singolo travetto o pignatta e dividiamo il risultato per l'interasse (m).

- Pignatta: $(0,20 \times 0,40 \times 11) / 0,5 = 1,76$ KN/mq
- Travetto: $(0,20 \times 0,10 \times 25) / 0,5 = 1$ KN/mq

Tot. → **4,01 KN/mq**

A questo punto per il calcolo del carico totale a ml sulla trave si moltiplicano i singoli carichi per dei coefficienti moltiplicativi, riportati in funzione dello stato limite ultimo, e per l'interasse:

$$Q_u = [(Q_a \times G_1) + (Q_p \times G_2) + (Q_s \times G_3)] \times i$$

$$Q_u = [(3 \times 1,5) + (3,07 \times 1,5) + (4,01 \times 1,3)] = (14,318 \text{ KN/mq}) \times i$$

$$Q_u = Q_u \times i = 14,318 \times 6$$

$$Q_u = \mathbf{85,91 \text{ KN}}$$

Determiniamo quindi il Momento massimo (M_{max}) della trave considerando il modello della trave doppiamente appoggiata in cui il M_{max} si trova in mezzera e si calcola utilizzando la formula: $M_{max} = (QU \times l^2) / 8$.

Al fine del calcolo della tensione è necessario scegliere sia la resistenza caratteristica dell'acciaio (f_{yk}), che quella del calcestruzzo (f_{ck}).

Si è scelto per acciaio $f_{yk} = 450$

Si è scelto per il calcestruzzo $f_{ck} = 60$

Successivamente è possibile ricavare da queste la tensione di progetto del calcestruzzo compresso (f_{cd}) e quella dell'acciaio (f_{yd}):

$$f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$$

γ_s = coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio → di valore pari a 1,15 per gli acciai d'armatura

$$f_{cd} = \alpha_{cc} \times (f_{ck} / \gamma_c)$$

α_{cc} = coefficiente riduttivo per le resistenze di lunga durata → di valore pari a 0,85

γ_c = coefficiente parziale di sicurezza relativo al calcestruzzo → di valore pari a 1,50

Infine, una volta ricavati i valori delle tensioni di progetto β e r , si determina H_u (altezza utile della sezione) e in seguito H_{min} (altezza minima della sezione, comprensiva della distanza δ tra il baricentro del fondino di armatura e il filo del calcestruzzo teso). $H_{min} = H_u + \delta$

Una volta individuata un'altezza minima della sezione questa viene ingegnerizzata portando l'altezza alla prima decina superiore al valore minimo.

Si determina poi, il Peso unitario della trave moltiplicando l'Area della trave per il peso specifico del cls.

Al termine di questo processo è necessario verificare se la sezione calcolata risulta adatta a sostenere i carichi o se sarà opportuno ridimensionarla.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	
1	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/I	area (m ²)	peso unitario (KN/m)	
2																						
3	6,00	4,01	3,07	3,00	85,91	5,60	336,76	450,00	391,30	60,00	34,00	0,57	2,09	40,00	32,84	5,00	37,84	40,00	0,07	0,16	4,00	
4					91,11	5,60	357,14	450,00	391,30	60,00	34,00	0,57	2,09	40,00	33,82	5,00	38,82	verificata				

Cemento armato – Pilastri

Al fine di dimensionare un elemento strutturale verticale soggetto a sforzo normale di compressione, si deve definire un'Area di progetto e un Momento di inerzia minima di progetto, il quale dipende dal carico dovuto al peso proprio delle travi che gravano sul pilastro, dal carico del solaio e dal numero di piani dell'edificio analizzato.

Il pilastro maggiormente sollecitato si trova al piano terra in quanto sostiene tutto carico dei piani superiori. Per ricavare lo sforzo normale di compressione N si calcola l'area di influenza del pilastro, determinando prima:

- il carico che grava sul pilastro, dovuto al peso proprio delle travi che poggiano sulla testa del pilastro

$$Q_{trave} = 1,3 \times \text{Peso Unitario della trave} \times \text{Lunghezza della trave nell'area di influenza}$$

- il carico dovuto al solaio

- moltiplicazione dei risultati ottenuti per il numero di piani dell'edificio

$$N = (Q_{trave} + Q_{solaio}) \times n^{\circ} \text{ piani}$$

Una volta calcolata la forza agente sul pilastro, è possibile dimensionare la sezione, partendo dalla resistenza del materiale per poi definire l'Area minima necessaria:

$$F_{cd} = F_{ck} \alpha / G_m$$

$$A_{min} = N / F_{cd}$$

$$(G_m=1,5, \alpha=0,85)$$

Si procede quindi con il calcolo del Raggio di inerzia minimo, ovvero la base minima che deve avere la sezione nel caso di elementi strutturali in cls armato con sezioni rettangolari piene. Per questo calcolo si rendono necessari i seguenti dati:

- E = modulo di elasticità

- β (valore legato ai vincoli a cui è soggetto il pilastro)

- L = altezza del pilastro

Dai precedenti dati è poi possibile ricavare il massimo valore di Snellezza (λ_{max}) del pilastro e il Minimo valore del raggio d'inerzia (r_{min}).

$$\lambda_{max} = \beta E / F_{cd}$$

$$r_{min} = l_0 / \lambda_{max}$$

L'altra dimensione H si ricava dividendo l'Area, precedentemente trovata nel dimensionamento a resistenza, per la base:

$$h = A_{min} / b$$

Infine con i valori trovati si deve scegliere dal formulario una sezione di progetto ed ingegnerizzarla opportunamente, facendo attenzione che l'Adesign e ldesign siano maggiori di quelli calcolati.

$$I_{design} = hb^3/12$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF		
1	L _p	L _s	Area	trave _p	trave _s	q _{trave}	q _s	q _p	q _a	q _{solaio}	n _{pani}	N	f _{ck}	f _{cd}	A _{min}	b _{min}	E	β	I	λ*	ρ _{min}	b _{min}	b	h _{min}	h	A _{design}	I _{design}	I _{max}	W _{max}	q _t	M _t	σ _{max}		
2	m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN	Mpa	Mpa	cm ²	cm	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	kN/m	kN*m	Mpa		
3																																		
4	6,00	6,00	36,00	4,00	4,00	62,40	4,01	3,07	3,00	515,45	4	2311	60,0	34,0	679,8	26,1	#####	1,00	3,00	78,08	3,84	13,31	40,00	17,00	40,00	1600	213333	213333	10666,67	85,91	257,72	38,61		

Trattandosi di cls si rende opportuna un'ulteriore verifica della sezione, in quanto il nodo tra trave e pilastro è un incastro e trasmette Momento, sottoponendo il pilastro a presso-flessione. Per fare la verifica a presso-flessione si impone che la tensione massima sia minore della resistenza di progetto:

$$s_{max} < F_{cd}$$

La tensione può essere calcolata con le due sollecitazioni sul pilastro, ovvero N e M (trasmesso dalla trave)

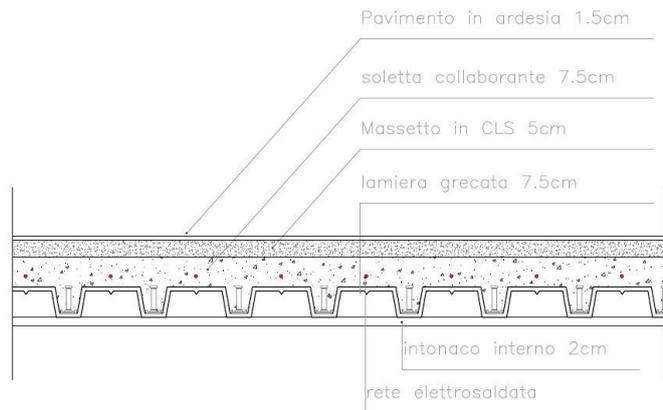
$$s_{max} = N/A + M_t / W_{max}$$

$$W_{max} = \text{modulo di resistenza a flessione}$$

2) Acciaio - trave

La prima operazione da compiere è di mettere in evidenza la sua area di influenza e misurare il suo interasse.

Si analizzano i diversi carichi agenti sul solaio (KN/mq), al fine di determinare il carico di progetto sulla trave messa in evidenza (espresso come densità di carico lineare, KN/m).



Carichi accidentali (Q_a):

- Destinazione d'uso: edificio per uffici aperto al pubblico → **3 KN/mq**

Carichi permanenti (Q_p):

- Tramezzi: 1 KN/mq
- Impianti: 0,5 KN/mq
- Pavimento in mattonelle di ardesia: 0,05 KN/mq
- Massetto, allettamento ed intonaco: 1,52 KN/mq

Tot. → **3,07 KN/mq**

Carichi strutturali (Q_s):

- | | | | |
|---------------------------|-----------|---------------|------------|
| - Trave primaria IPE 300 | 42.2 KN/m | x 0.01mc/mq | 0.42 KN/mq |
| - Lamiera Grecata zincata | 9.8 KN/mc | x 0.016 mc/mq | 0.16 KN/mq |
| - Getto di compl. in CA | 25 KN/mc | x 0.10 mc/mq | 2.50 KN/mq |

Tot. → **3,08 KN/mq**

Trovati i 3 carichi: Q_s , Q_p , Q_a , per trovare il carico lineare bisogna moltiplicarli ognuno per 3 coefficienti di sicurezza (uno rispettivamente per ogni carico), sommare tra di loro i carichi e moltiplicarli per l'interasse preso in esame.

$$Q_u = [(Q_s \times 1.30) + (Q_p \times 1.50) + (Q_a \times 1.50)] \times i$$

$$Q_u = [(3.08 \times 1.30) + (3.07 \times 1.50) + (3.00 \times 1.50)] \times 6 = 78.65 \text{ KN/m}$$

Ora calcoliamo il momento massimo M sapendo che il momento massimo di una trave appoggiata è $ql^2/8$ e la luce che copre la trave è 5.60m (braccio).

$$M_{\max} = ql^2/8 = 78.65 \times (5.60)^2/8 = 308.32 \text{ KNm}$$

Ora bisogna scegliere il valore caratteristico di snervamento per l'acciaio f_y che individua la classe di resistenza del materiale, scelgo la classe (Fe 510/S355) di resistenza 355 Nmm^2 . Questo serve per calcolare la tensione di progetto f_d (tensione ammissibile).

$$f_d = f_y / 1.05$$

$\gamma_s = 1,05$ coefficiente di sicurezza per la resistenza

$$f_d = 355 / 1.05 = 338.10$$

Ora bisogna calcolare il modulo di resistenza a flessione (W_{xmin}). Questo ci serve per scegliere il profilato nella tabella dei profili in acciaio.

$$W_{xmin} = M_{max} / f_d = 911.94 \text{ cm}^3$$

Questo risultato è il valore minimo che la sezione scelta dovrà avere affinché nessuna fibra dei materiali superi la tensione di progetto, ovvero, va ingegnerizzato, ossia che vada scelto un valore del modulo di resistenza a flessione superiore al valore minimo e compatibile con i profili esistenti sul mercato.

Nella tabella scelgo il profilo evidenziato **IPE400** che ha un modulo di resistenza a flessione W_x maggiore di quello da me trovato.

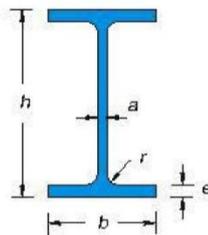
Di seguito sono riportati i profilati IPE.



Travi IPE ad ali parallele UNI 5398-78

Profilati metallici

0101



Download (dwg+pdf)

h mm	b mm	a mm	e mm	r mm	Peso kg/m	Sezione cm ²	Momenti di inerzia		Moduli di resistenza		Raggi di inerzia	
							Jx cm ⁴	Jy cm ⁴	Wx cm ³	Wy cm ³	ix cm	iy cm
80	46	3,8	5,2	5	6,0	7,64	80,14	8,49	20,03	3,69	3,24	1,05
100	55	4,1	5,7	7	8,1	10,32	171,0	15,92	34,20	5,79	4,07	1,24
120	64	4,4	6,3	7	10,4	13,21	317,8	27,67	52,96	8,65	4,90	1,45
140	73	4,7	6,9	7	12,9	16,43	541,2	44,92	77,32	12,31	5,74	1,65
160	82	5,0	7,4	9	15,8	20,09	869,3	68,31	108,7	16,66	6,58	1,84
180	91	5,3	8,0	9	18,8	23,95	1.317	100,9	146,3	22,16	7,42	2,05
200	100	5,6	8,5	12	22,4	28,48	1.943	142,4	194,3	28,47	8,26	2,24
220	110	5,9	9,2	12	26,2	33,37	2.772	204,9	252,0	37,25	9,11	2,48
240	120	6,2	9,8	15	30,7	39,12	3.892	283,6	324,3	47,27	9,97	2,69
270	135	6,6	10,2	15	36,1	45,95	5.790	419,9	428,9	62,20	11,23	3,02
300	150	7,1	10,7	15	42,2	53,81	8.356	603,8	557,1	80,50	12,46	3,35
330	160	7,5	11,5	18	49,1	62,61	11.770	788,1	713,1	98,52	13,71	3,55
360	170	8,0	12,7	18	57,1	72,73	16.270	1.043	903,6	122,8	14,95	3,79
400	180	8,6	13,5	21	66,3	84,46	23.130	1.318	1.156	146,4	16,55	3,95
450	190	9,4	14,6	21	77,6	98,82	33.740	1.676	1.500	176,4	18,48	4,12
500	200	10,2	16,0	21	90,7	115,5	48.200	2.142	1.928	214,2	20,43	4,31
550	210	11,1	17,2	24	106	134,4	67.120	2.668	2.441	254,1	22,35	4,45
600	220	12,0	19,0	24	122	156,0	92.080	3.387	3.069	307,9	24,30	4,66

Tabella Acciaio_trave

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	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)	
2												
3	6,00	3,08	3,07	3,00	78,65	5,60	308,32	355,00	338,10	911,94	1156,00	IPE 400
4												

Acciaio- pilastro

Il pilastro che si andrà ad analizzare è quello al piano terra perché quello maggiormente sollecitato visto che deve sostenere il carico dei piani superiori. L'obiettivo è quello di definire **un'area di progetto** e **un momento di inerzia minimo** tenendo conto della possibilità di rottura del materiale per schiacciamento e della possibilità che si verifichi il fenomeno di instabilità.

Per determinare lo sforzo normale di compressione N , bisogna calcolare il carico dovuto al peso proprio delle travi che si poggiano in testa al pilastro, il carico dovuto al peso del solaio e al numero di piani dell'edificio.

q_{trave} = peso unitario trave x 1.30 x L della trave nell'area di influenza

$$= (0.65 \times 1.30 \times 6) + (0.65 \times 1.30 \times 6) = \mathbf{10.14 \text{ KN}}$$

q_{solaio} = [(1.30 x Q_s) + (1.50 x Q_p) +(1.50 x Q_a)] x area di influenza pilastro

$$= [(1.30 \times 3.08) + (1.50 \times 3.07) +(1.50 \times 3.00)] \times 36 = \mathbf{471.92 \text{ KN}}$$

N= (q_{trave} + q_{solaio}) x n piani

$$= (10.14 + 471.92) \times 4 \text{ piani} = \mathbf{1928 \text{ KN}}$$

Calcolata la forza che agisce sul pilastro, è possibile dimensionare la sezione, per cui definiamo la resistenza a compressione e l'area minima.

F_{yd} = f_{yk} / γ_m

$$= 355 / 1.05 = \mathbf{338.10 \text{ Mpa}}$$

A_{min} = N / F_{yd} = 57.00 cm²

Ora, bisogna calcolare il raggio minimo di inerzia **r_{min}**, la snellezza **λ_{max}** del pilastro e il valore di inerzia minima **I_{min}**.

I dati da inserire sono:

- E modulo di elasticità
- B valore legato ai vincoli a cui è soggetto il pilastro
- L altezza del pilastro

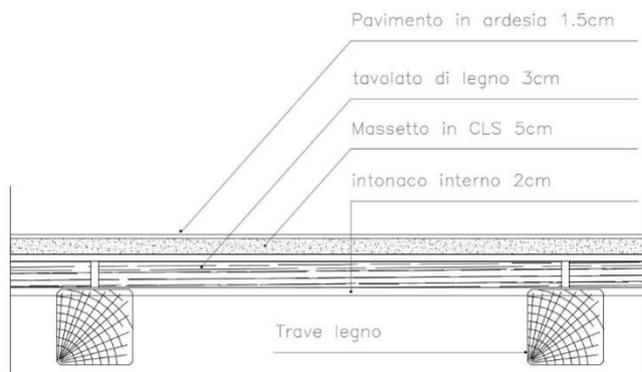
Per cui:

$$\lambda_{\max} = \pi \sqrt{E / f_{yd}} = 78.30$$

$$r_{\min} = B \times L / \lambda_{\max} = 3.83$$

$$I_{\min} = A_{\min} \times (r_{\min})^2 = 837$$

3) Legno – trave



Per progettare il solaio viene impiegata la tipologia del legno lamellare **GL24** (GL: classi di resistenza; 24: valore caratteristico della resistenza a flessione). Dalla normativa si riprendono i seguenti dati: la resistenza caratteristica a flessione $f_{m,k}$ del legno scelto, il coefficiente diminutivo dei valori di resistenza del materiale k_{mod} ed il coefficiente parziale di sicurezza γ_m . In primo luogo si andranno ad analizzare i carichi agenti sul solaio, caratterizzato da un interasse di 6m.

$f_{m,k}$ (N/mm ²)	k_{mod}	γ_m
24,00	0,80	1,45

Carichi accidentali (Q_a):

- Destinazione d'uso: edificio per uffici aperto al pubblico → **3 KN/mq**

Carichi permanenti (Q_p):

- Tramezzi: 1 KN/mq
- Impianti: 0,5 KN/mq
- Pavimento in mattonelle di ardesia: 0,05 KN/mq
- Massetto, allettamento ed intonaco: 1,52 KN/mq

Tot. → **3,07 KN/mq**

Carichi strutturali (Q_s):

- Tavolato di base: 0,22 KN/mq
- Travicello: 0,13 KN/mq
- Caldana in cls: 0,92 KN/mq
- Rete elettrosaldata: 0,053 KN/mq

Tot. → **1.32 KN/mq**

Trovati i 3 carichi: Q_s , Q_p , Q_a , per trovare il carico lineare bisogna moltiplicarli ognuno per 3 coefficienti di sicurezza (uno rispettivamente per ogni carico), sommare tra di loro i carichi e moltiplicarli per l'interasse preso in esame.

$$Q_u = (Q_s \times 1.30) + (Q_p \times 1.50) + (Q_a \times 1.50) \times i$$

$$Q_u = [(1.32 \times 1.30) + (3.07 \times 1.50) + (3.00 \times 1.50)] \times 6 = \mathbf{64.95 \text{ KN/m}}$$

Conoscendo il valore del momento massimo di una trave doppiamente appoggiata, $M_{max} = ql^2/8$, è possibile ricavare il momento massimo M agente sulla trave; il carico Q_u è lineare e la luce è di $l = 5,60 \text{ m}$.

$$M_{max} = ql^2/8$$

$$M_{max} = [64,95 \times (5,60)^2] / 8 = \mathbf{254,51 \text{ KNm}}$$

A questo punto avendo scelto una determinata tipologia di legno lamellare conosco il suo f_{mk} , k_{mod} e γ_m , si procede con il calcolo della tensione di progetto, f_d .

$$f_d = (k_{mod} \times f_{mk}) / \gamma_m$$

Infine, inserendo nel foglio di calcolo la base della trave ipotizzata, $b = 40 \text{ cm}$, si trova l'altezza minima della trave, incognita del nostro progetto.

$$H_{min} = \sqrt{M_{max} / b} \cdot \sqrt{6 / f_d}$$

Trovandoci nel caso di una trave appoggiata, il momento massimo è noto, quindi l' H_{min} si calcola con la seguente formula:

$$H_{min} = l \sqrt{\frac{3}{4} \cdot \frac{q_u}{b f_d}}$$

Dal calcolo è stata ricavata l'altezza minima della sezione, avendo questa un valore decimale si procede con una ingegnerizzazione: si è scelto un valore dell'altezza superiore ad H_{min} compatibile con i profili esistenti in commercio; l' H scelto è 55cm.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
1	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)
2														
3	6,00	1,32	3,07	3,00	64,93	5,60	254,51	24,00	0,80	1,50	12,80	40,00	54,61	55,00

Legno- pilastro

Il pilastro studiato è quello maggiormente sollecitato, sarà quindi un elemento strutturale del piano terra che possiede un'area di influenza maggiore. Le incognite da definire sono l'area di progetto, A_{design} e il momento minimo di progetto, I_{design} .

Si procede calcolando la superficie di influenza, essendo rettangolare la formula è la seguente: $A = L_1 \cdot L_2$.

Per determinare N , lo sforzo normale di compressione a cui è soggetto il pilastro in esame, considero il carico dovuto al peso proprio delle travi che si poggiano sul pilastro, q_{trave} , il carico del solaio, q_{solaio} e il numero dei piani n_{piani} .

$$N = [q_{trave} + q_{solaio}] \cdot n_{piani}$$

q_{trave} = peso unitario trave x 1.30 x L della trave nell'area di influenza

$$q_{trave} = (0.62 \times 1.30 \times 6) + (0.62 \times 1.30 \times 6) = 9,59 \text{ KN}$$

$$q_{solaio} = [(1.30 \times q_s) + (1.50 \times q_p) + (1.50 \times q_a)] \times A$$

$$q_{solaio} = [(1.30 \times 1,32) + (1.50 \times 3,07) + (1.50 \times 3,00)] \times 36 = 389,56 \text{ KN}$$

$$N = [q_{trave} + q_{solaio}] \cdot n_{piani}$$

$$N = [9,59 + 389,56] \cdot 4 = 1597 \text{ KN}$$

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	L_1	L_2	Area	trave _p	trave _s	q_{trave}	q_s	q_p	q_a	q_{solaio}	n_{piani}	N
2	m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN
3	6,00	6,00	36,00	0,62	0,62	9,59	1,32	3,07	3,00	389,56	4	1597

Ricavata la forza **N** agente sul pilastro si procede con il dimensionamento della sezione, partendo dalla resistenza a compressione del materiale **F_{Co,d}** per arrivare alla prima incognita, **A_{min}**, l'area minima affinché il materiale non entri in crisi.

$$F_{Co,d} = (F_{Co,k} * K_{mod}) / \gamma_m$$

$$A_{min} = N * 10 / F_{Co,d}$$

L	M	N	O	P	Q
N	f _{c0,k}	K _{mod}	γ _m	f _{c0d}	A _{min}
kN	Mpa			Mpa	cm ²
1597	24,00	0,80	1,45	13,24	1205,8

A questo punto si determina il massimo valore di snellezza **λ_{min}** e il raggio minimo di inerzia **ρ_{min}**, da cui si ricava la **b_{min}** che deve avere la sezione, essendo nel caso di sezioni rettangolari; vengono impiegati in questo calcolo:

- E modulo di elasticità
- β valore legato ai vincoli a cui è soggetto il pilastro
- L altezza del pilastro

$$\lambda_{min} = \sqrt{\frac{\pi^2 x E}{F_{Co,d}}}$$

$$\rho_{min} = \frac{\beta x l x 100}{\lambda_{min}}$$

R	S	T	U	V	W
E,005	β	I	λ _{max}	ρ _{min}	b _{min}
Mpa		m		cm	cm
9400	1,0	3,00	83,66	3,59	12,42

La dimensione **h_{min}** verrà calcolata con il rapporto dell'area minima e la base scelta in precedenza, **b = 30** cm.

$$h_{min} = A_{min} / b$$

I valori ottenuti verranno sovradimensionati nell'atto dell'ingegnerizzazione, **b = 30** cm e **h = 55** cm. In conclusione si calcolano **A_{design}** e **I_{design}**.

$$A_{design} = b * h$$

$$I_{design} = \frac{h b^3}{12}$$

L ₁	L ₂	Area	trave _p	trave _s	q _{trave}	q _s	q _p	q _a	q _{soffitto}	Π _{piani}	N	f _{c0,k}	K _{mod}	γ _m	f _{c0d}	A _{min}	E,005	β	I	λ _{max}	ρ _{min}	b _{min}	b	h _{min}	h	A _{design}	I _{design}
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN	Mpa			Mpa	cm ²	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴
6,00	6,00	36,00	0,62	0,62	9,59	1,32	3,07	3,00	389,56	4	1597	24,00	0,80	1,45	13,24	1205,8	9400	1,0	3,00	83,66	3,59	12,42	30,00	40,19	55,00	1650	123750

Affinché la sezione risulti verificata è necessario che **A_{design} > A_{min}**