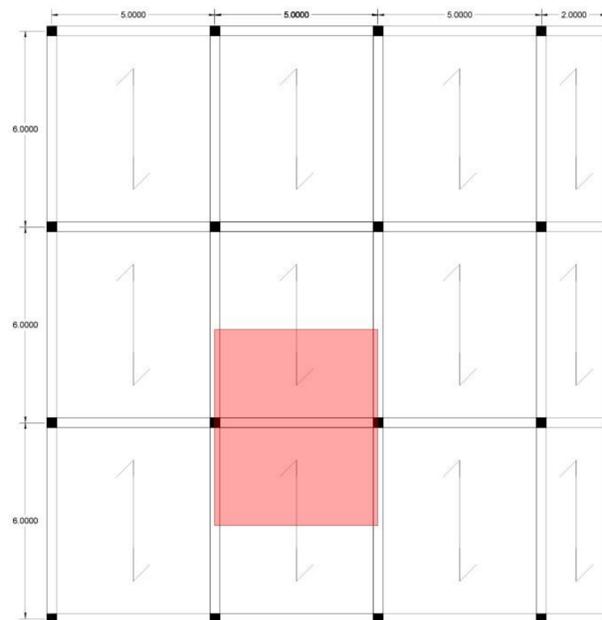


DIMENSIONAMENTO DI UNA TRAVE



Il primo passo per il dimensionamento di una trave è l'analisi della pianta di carpenteria del nostro edificio. La struttura è composta da telai piani e la maglia strutturale da me utilizzata è irregolare 6 x 5 m.

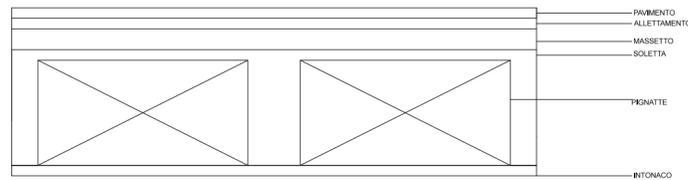
Area influenza trave= interasse x luce trave.

Interasse = 6,00 m.

Luce trave= 5,00 m.

Dimensionerò la trave per ognuna delle seguenti tecnologie: cemento armato, legno e acciaio.

SOLAIO IN CEMENTO
Solaio in latero cemento



ANALISI DEI CARICHI

1 CARICO STRUTTURALE q_s

Strato	Spessore	Peso Unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Soletta	0.04	25	$0.04 \times 25 = 1$
Travetto	0.20 (interasse 0.5 m)	25	$0.20 \times 0.1 \times 25 / 0.5 = 1$
Pignatta	0.20 (interasse 0.5m)	11	$0.20 \times 0.4 \times 11 / 0.5 = 1.76$
<u>Totale</u>			<u>3.76</u>

$$q_s = (\text{pignatte} + \text{soletta} + \text{travetti}) \times \text{coefficiente di sicurezza}$$

$$= (1+1+1.76) \times 1.3 = 3.76 \times 1.3 = 4.81$$

2 CARICO PERMANENTE q_p

Strato	Spessore	Peso Unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Pavimento	0.02	20	0.02 x 20 = 0.4
Allettamento	0.02	20	0.02 x 20 = 0.4
Massetto	0.04	18	0.04 x 18 = 0.72
Intonaco	0.02	20	0.02 x 20 = 0.4
Totale			1.92

$q_p = (\text{pavimento} + \text{allettamento} + \text{massetto} + \text{intonaco} + \text{incidenza impianti e tramezzi}) \times \text{coefficiente di sicurezza}$
 $= (0.4 + 0.4 + 0.72 + 0.4 + 0.5 + 1) \times 1.5 = 3.42 \times 1.5 = 5.13$

3 CARICO ACCIDENTALE q_a : Edificio ad uso residenziale = 2 kN/ mq.

q_u (CARICO STATO LIMITE ULTIMO) = 64,11

Si determina il M_{max} agente sulla trave considerando per il calcolo il modello della trave appoggiata-appoggiata, il M_{max} si trova in mezzera e si calcola **$M_{max} = QU \times l^2/8$**

interasse (m)	q_b (KN/m ²)	q_p (KN/m ²)	q_a (KN/m ²)	q_u (KN/m)	luce (m)	M_{max} (KN*m)
6,00	3,76	1,92	2,00	64,61	5,00	201,90
				69,97	5,00	218,66

Per il dimensionamento della trave si impone che la tensione massima nelle trave sia uguale alla tensione di progetto del materiale. Per calcolare la tensione è necessario scegliere la resistenza caratteristica del materiale. Il cemento armato essendo un materiale non omogeneo bensì composto da acciaio e calcestruzzo è necessario fornire la resistenza caratteristica di entrambi i materiali.

(f_{ck}) resistenza caratteristica del calcestruzzo

(f_{yk}) resistenza caratteristica dell'acciaio di armatura

(f_{cd}) resistenza tensioni di progetto del cls. = $\alpha_{cc} f_{ck} / g_c$

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

g_c coefficiente parziale di sicurezza relativo al cls. = 1,5.

(f_{yd}) resistenza tensioni di progetto dell'acciaio di armatura = f_{yk} / g_s

g_s coefficiente riduttivo dell'acciaio di armatura = 1,5

Dopo aver determinato β e r tramite un foglio di Excel sarà possibile calcolare l' H_u . Si sceglie poi un modello di trave e si determina l'altezza utile della sezione trave. L'altezza minima sarà data dalla somma di H_u con lo spessore del copriferro σ .

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)
450,00	391,30	60,00	34,00	0,57	2,09	30,00	29,36	5,00	34,36	55,00	0,07	0,17	4,13
450,00	391,30	60,00	34,00	0,57	2,09	30,00	30,56	5,00	35,56	verificata			

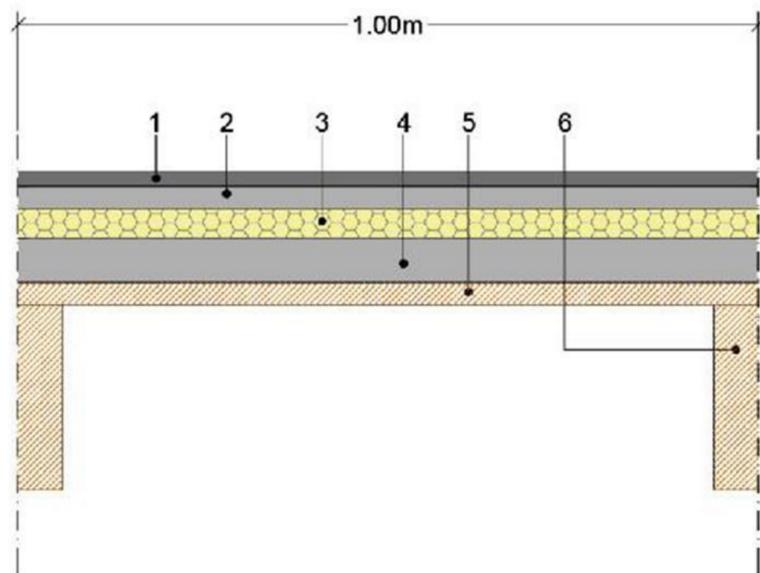
AGGETTO

Il metodo di progetto è inizialmente lo stesso con l'unica differenza che il valore del momento massimo non sarà più ricavato dalla formula $ql^2/8$ (nel caso di una trave doppiamente appoggiata) bensì sarà ricavato dalla formula $q_u l^2/2$ (caso della mensola).

interasse (m)	q_s (kN/mq)	q_p (kN/mq)	q_a (kN/mq)	q_u (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)
6	3,76	1,92	2,00	64,61	2	129,22
				77,61	2,00	155,22

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 (cm)	area (m ²)	peso (kN/m)	q_e	E (N/mm ²)	I_x (cm ⁴)	v_{max} (cm)	l/v_{max}		
129,22	450	391,30	30	17,00	0,39	2,42	40	33,30	5	38,30	100	0,40	10,00	50,08	21000	3333333	0,01	13977,64	Sì	
155,22	450,00	391,30	30,00	17,00	0,39	2,42	40,00	36,50	5,00	41,50	verificata									

LEGNO



- 1 - PAVIMENTO LASTRE DI ARDESIA 0,02 m
- 2 - ALLETTAMENTO 0,03 m
- 3 - ISOLANTE TERMO - ACUSTICO 0,04 m
- 4 - CALDANA IN CLS.A. 0,04 m
- 5 - IMPALCATO IN LEGNO 0,03 m
- 6 - TRAVETTO IN LEGNO 0,12 x 0,25 m

CARICHI STRUTTURALI (qs)

Strato	Spessore	Peso Unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Travetto in legno	0.12 x 0,25(interasse 1 m)	6	$(0,12 \times 0,25 \times 1) \times 6 = 0,18$
Impalcato in legno	0.03	5	$0,03 \times 5 = 0,15$
Caldana in cls	0.04	25	$0,04 \times 25 = 1$
<u>Totale</u>			<u>1,33</u>

CARICO PERMANENTE (qp)

Strato	Spessore	Peso Unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Isolante termo-acustico	0.04	0,50	0,04 x 0,50 = 0,02
Malta di allettamento	0.03	18	0.03 x 18 = 0,54
Pavimento in ardesia	0.02	27	0.02 x 27 = 0,54
<u>Totale</u>			<u>1,1</u>

Al carico permanente va aggiunta l'incidenza dei tramezzi e degli impianti
 $Q_p = 1,1 + 0,5 + 1 = 2,6 \text{ kN/m}^2$

CARICO ACCIDENTALE (qa)

Edificio ad uso residenziale = $2,00 \text{ kN/m}^2$

Dopo aver inserito i valori sul foglio Excel ottengo **$q_u = 48,57 \text{ kN/m}$ e $M_{max} = 151,78 \text{ KN}^*\text{m}$.**

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)
6,00	1,00	2,6	2,00	48,57	5,00	151,78

Dopo aver scelto il tipo di legno GL24h inserisco il valore caratteristico di resistenza $f_{m,k} = 24 \text{ N/mm}^2$, il coefficiente diminutivo $K_{mod} = 0,8$ e coefficiente di sicurezza $\gamma_m = 1,45$ in modo che il foglio Excel mi fornisca il valore della tensione di progetto $f_d = 13,24 \text{ N/mm}^2$.
Ipotizzando una base di 40 cm l'altezza minima $H_{min} = 48,63 \text{ cm}$.

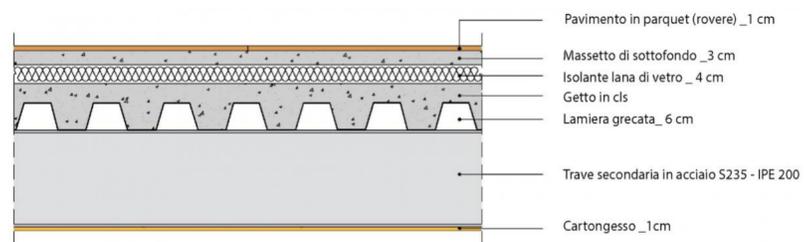
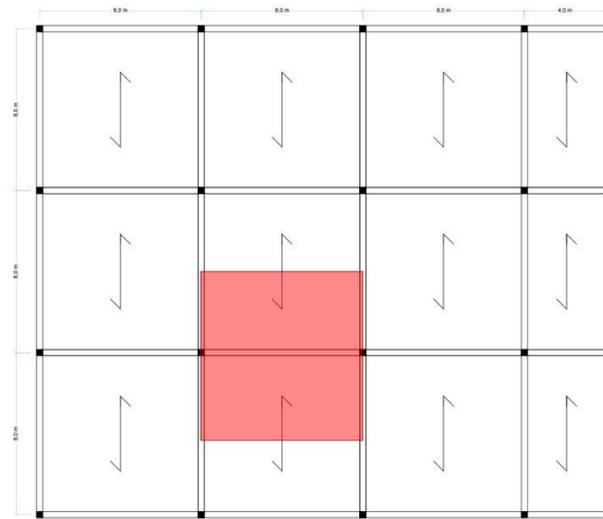
luce (m)	M_{max} (KN*m)	$f_{m,k}$ (N/mm ²)	K_{mod}	γ_m	f_d (N/mm ²)	b (cm)	h_{min} (cm)	H (cm)
5,00	153,75	24,00	0,80	1,45	13,24	40	44,62	50,00

AGGETTO

interasse (m)	q_s (kN/mq)	q_p (kN/mq)	q_a (kN/mq)	q_u (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)
6	1	2,6	2,00	49,2	2	98,4

M_{max} (kN*m)	$f_{m,k}$ (N/mm ²)	k_{mod}	γ_m	f_d c	b (cm)	h_{min} (cm)	H (cm)	E (N/mm ²)	I_x (cm ⁴)	q_e (kN/m)	v_{max} (cm)	l/v_{max}	
98,4	24	0,6	1,50	9,60	25	49,60	45	8000	189844	28	0,36	550,27	Si

ACCIAIO



CARICHI STRUTTURALI (qs)

1 Travetti IPE 200 S235
Area 0,00285 m²

Peso 0,224 kN/m

Peso al m² 0,224 kN/m²

2 Getto cls

Sezione 0,07 m²

Peso Specifico 25 kN/m³

Peso al m² 0,07 x 25 = 1,75 kN/m²

qs = 0,224 + 1,75 = 1,974 kN/m²

CARICHI PERMANENTI (qp)

Strato	Spessore	Peso Unitario (kN/m ³)	Peso (kN/m ²)
Pavimento	0,01	7,2	0,01 x 7,2 = 0,072
Massetto	0.03	20	0.03 x 20 = 0,6
Lana di vetro	0.04	0.2	0.04x 0.2 = 0,008
Cartongesso	0.01	9	0,01 x 9 = 0,09
<u>Totale</u>			0,77

Qp = 0,77 + 1,5 = 2,27 kN/m²

CARICHI ACCIDENTALI (qa)

Edificio ad uso residenziale = 2,00kN/ m²

Calcolo ora il carico stato limite ultimo ricavato dalla somma dei tre carichi (moltiplicati per i loro rispettivi coefficienti di sicurezza) tutto moltiplicato per l'interasse per ottenere il carico che agisce su un ml.

$$Q_u = 71,73 \text{ kN/m}$$

$$M_{\max} = 573,82 \text{ KN*m}$$

interasse (m)	q_s (KN/m ²)	q_p (KN/m ²)	q_b (KN/m ²)	q_u (KN/m)	luce (m)	M_{\max} (KN*m)
8,00	1,97	2,27	2,00	71,73	8,00	573,82

Dopo scelgo il tipo di Acciaio da utilizzare. Nel mio caso ho scelto S235 che ha un valore di resistenza allo snervamento pari a 235 Mpa. ($f_{y,k}$)

In seguito trovo la tensione di progetto $f_d = f_{y,k} / \gamma_s$ dove γ_s è il coefficiente di sicurezza per la resistenza delle membrature.

$$F_d = 261,90 \text{ N/mm}^2$$

$$W_{x,\min} (\text{Modulo di resistenza a flessione}) = M_{\max} / f_d = 2190,96 \text{ cm}^3.$$

Nella tabella dei profili metallici sceglierò un profilo adatto che abbia un modulo di resistenza a flessione W_x maggiore di quello ricavato in precedenza.

Scelgo una IPE 550.

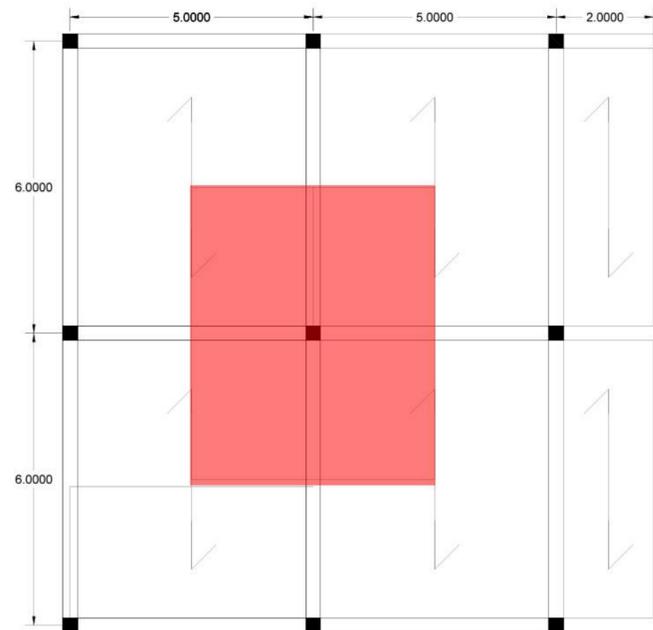
M_{\max} (KN*m)	$f_{y,k}$ (N/mm ²)	f_d (N/mm ²)	$W_{x,\min}$ (cm ³)	W_x (cm ³)
573,82	275,00	261,90	2190,96	2441,00

sigla HEA	b mm	h 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
100	100	96	5,0	8,0	12	16,7	21,24	349,2	133,8	72,76	26,76	4,06	2,51
120	120	114	5,0	8,0	12	19,9	25,34	606,2	230,9	106,3	38,48	4,89	3,02
140	140	133	5,5	8,5	12	24,7	31,42	1.033	389,3	155,4	55,62	5,73	3,52
160	160	152	6,0	9,0	15	30,4	38,77	1.673	615,6	220,1	76,95	6,57	3,98
180	180	171	6,0	9,5	15	35,5	45,25	2.510	924,6	293,6	102,7	7,45	4,52
200	200	190	6,5	10,0	18	42,3	53,83	3.692	1.326	388,6	133,6	8,28	4,98
220	220	210	7,0	11,0	18	50,5	64,34	5.410	1.955	515,2	177,7	9,17	5,51
240	240	230	7,5	12,0	21	60,3	76,84	7.763	2.769	675,1	230,7	10,05	6,00
260	260	250	7,5	12,5	24	68,2	86,82	10.450	3.668	836,4	282,1	10,97	6,50
280	280	270	8,0	13,0	24	76,4	97,26	13.670	4.763	1.013	340,2	11,86	7,00
300	300	290	8,5	14,0	27	88,3	112,5	18.260	6.310	1.260	420,6	12,74	7,49
320	300	310	9,0	15,5	27	97,6	124,4	22.930	6.985	1.479	465,7	13,58	7,49
340	300	330	9,5	16,5	27	105,0	133,5	27.690	7.436	1.678	495,7	14,40	7,46
360	300	350	10,0	17,5	27	112,0	142,8	33.090	7.887	1.891	525,8	15,22	7,43
400	300	390	11,0	19,0	27	125,0	159,0	45.070	8.564	2.311	570,9	16,84	7,34
450	300	440	11,5	21,0	27	140,0	178,0	63.720	9.465	2.896	631,0	18,92	7,29
500	300	490	12,0	23,0	27	155,0	197,5	86.970	10.370	3.550	691,1	21,98	7,24
550	300	540	12,5	24,0	27	166,0	211,8	111.900	10.820	4.146	721,3	22,99	7,15
600	300	590	13,0	25,0	27	178,0	226,5	141.200	11.270	4.787	751,4	24,97	7,05
650	300	640	13,5	26,0	27	190,0	241,6	175.200	11.720	5.474	781,6	26,93	6,97
700	300	690	14,5	27,0	27	204,0	260,5	215.300	12.180	6.241	811,9	28,87	6,84
800	300	790	15,0	28,0	30	224,0	285,8	303.400	12.640	7.682	842,6	32,58	6,65
900	300	890	16,0	30,0	30	252,0	320,5	422.100	13.550	9.485	903,2	36,29	6,50
1000	300	990	16,5	31,0	30	272,0	346,8	553.800	14.000	11.190	933,6	39,96	6,35

AGGETTO

interasse (m)	q _s (kN/mq)	q _p (kN/mq)	q _a (kN/mq)	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)	I _x (cm ⁴)	peso (kN/m)	q _e (kN/m)	E (N/mm ²)	v _{max} (cm)	I/v _{max}	
8	1,97	2,27	2,00	71,728	4	573,824	235	223,81	2563,89	67120	0,571	42,491	210000	0,965	414,653	Si

DIMENSIONAMENTO PILASTRO



1 CEMENTO ARMATO

Prendiamo in riferimento il pilastro più sollecitato dopo aver calcolato l'area di influenza (pari a $6 \times 5 = 30 \text{mq.}$) In seguito vado a calcolare il peso del solaio che grava su di esso sommandogli il peso dei piani superiori e quello delle rispettive travi primarie e secondarie.

Il carico dovuto al solaio si ricava moltiplicando il carico limite ultimo (q_u) per l'area di influenza per il numero di piani.

$$N = (q_{\text{trave}} \times q_{\text{solaio}}) \times N_{\text{piani}}$$

$$q_{\text{solaio}} = 278,04 \text{ kN}$$

$$q_{\text{trave}} = 4,13 \text{ kN}$$

$$N_{\text{piani}} = 4$$

N=1348 kN

L _p	L _s	Area	trave _p	trave _s	q _{trave}	q _s	q _p	q _a	q _{solaio}	n _{piani}	N	f _{ck}	f _{cd}	A _{min}	b _{min}
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN	Mpa	Mpa	cm ²	cm
6,00	5,00	30,00	4,13	4,13	59,06	3,76	0,92	2,00	278,04	4	1348	40,0	22,7	594,9	24,4

Adesso occorre calcolare l'Area minima della sezione e verificare che la tensione massima del pilastro non sia inferiore alla resistenza a compressione di progetto del materiale **fcd**.

Fcd= 22,7 Mpa.

Fck = resistenza a compressione pari a 40 Mpa

Successivamente occorre trovare la base minima che deve avere la sezione e per fare questo ho bisogno del raggio minimo di inerzia (ρ_{min}) che si calcola moltiplicando l'altezza dell'interpiano (l) per il coefficiente adimensionale (β) diviso il coefficiente di snellezza (λ) il tutto moltiplicato per 100 a causa della conversione in cm.

Dopo aver trovato la base minima, scelgo un valore per la base di progetto(b design) che serve per determinare l'altezza minima.

E	β	l	λ*	ρ _{min}	b _{min}	b	h _{min}	h	A _{design}	I _{design}	I _{max}	W _{max}	q _t	M _t	σ _{max}	
Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	kN/m	kN*m	Mpa	
21000	1,00	3,50	95,62	3,66	12,68	35,00	17,00	45,00	1575	160781	265781	11812,50	46,34	139,02	20,33	Si

LEGNO

Lo stesso procedimento che abbiamo svolto per il cemento armato lo ripetiamo per il legno inserendo nel foglio Excel i valori di resistenza propri del legno.

Per i pilastri in legno sapendo che $\rho_{min} = \sqrt{1/12} b$ si può trovare la dimensione della sezione :

$$b = 2 \sqrt{3} \rho_{min}$$

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

L ₁	L ₂	Area	trave _p	trave _s	q _{trave}	q _s	q _p	q _a	q _{solaio}	n _{piani}	N	f _{c0,k}	k _{mod}	γ _m	f _{c0d}	A _{min}	E,005	β	l	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	5,00	30,00	0,36	0,36	5,15	1,00	2,60	2,00	246,00	4	1005	21,00	0,80	1,45	11,59	867,1	8800	1,0	3,50	86,54	4,04	14,01	14,00	61,93	62,00	868	14177

ACCIAIO

Dimensiono la sezione di un pilastro di acciaio

$$I_{min} = A \rho_{min}^2$$

Dopo aver individuato il momento minimo di inerzia , sceglierò dal tabellario la sezione avente un valore del momento di inerzia minimo maggiore rispetto a quello ottenuto. Scelto il profilo troverò l'Area di Design e il Momento di Inerzia di Design.

sigla HEA	b mm	h 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
100	100	96	5,0	8,0	12	16,7	21,24	349,2	133,8	72,76	26,76	4,06	2,51
120	120	114	5,0	8,0	12	19,9	25,34	606,2	230,9	106,3	38,48	4,89	3,02
140	140	133	5,5	8,5	12	24,7	31,42	1.033	389,3	155,4	55,62	5,73	3,52
160	160	152	6,0	9,0	15	30,4	38,77	1.673	615,6	220,1	76,95	6,57	3,98
180	180	171	6,0	9,5	15	35,5	45,25	2.510	924,6	293,6	102,7	7,45	4,52
200	200	190	6,5	10,0	18	42,3	53,83	3.692	1.326	388,6	133,6	8,28	4,98
220	220	210	7,0	11,0	18	50,5	64,34	5.410	1.955	515,2	177,7	9,17	5,51
240	240	230	7,5	12,0	21	60,3	76,84	7.763	2.769	675,1	230,7	10,05	6,00
260	260	250	7,5	12,5	24	68,2	86,82	10.450	3.668	836,4	282,1	10,97	6,50
280	280	270	8,0	13,0	24	76,4	97,26	13.670	4.763	1.013	340,2	11,86	7,00
300	300	290	8,5	14,0	27	88,3	112,5	18.260	6.310	1.260	420,6	12,74	7,49
320	300	310	9,0	15,5	27	97,6	124,4	22.930	6.985	1.479	465,7	13,58	7,49
340	300	330	9,5	16,5	27	105,0	133,5	27.690	7.436	1.678	495,7	14,40	7,46
360	300	350	10,0	17,5	27	112,0	142,8	33.090	7.887	1.891	525,8	15,22	7,43
400	300	390	11,0	19,0	27	125,0	159,0	45.070	8.564	2.311	570,9	16,84	7,34
450	300	440	11,5	21,0	27	140,0	178,0	63.720	9.465	2.896	631,0	18,92	7,29
500	300	490	12,0	23,0	27	155,0	197,5	86.970	10.370	3.550	691,1	21,98	7,24
550	300	540	12,5	24,0	27	166,0	211,8	111.900	10.820	4.146	721,3	22,99	7,15
600	300	590	13,0	25,0	27	178,0	226,5	141.200	11.270	4.787	751,4	24,97	7,05
650	300	640	13,5	26,0	27	190,0	241,6	175.200	11.720	5.474	781,6	26,93	6,97
700	300	690	14,5	27,0	27	204,0	260,5	215.300	12.180	6.241	811,9	28,87	6,84
800	300	790	15,0	28,0	30	224,0	285,8	303.400	12.640	7.682	842,6	32,58	6,65
900	300	890	16,0	30,0	30	252,0	320,5	422.100	13.550	9.485	903,2	36,29	6,50
1000	300	990	16,5	31,0	30	272,0	346,8	553.800	14.000	11.190	933,6	39,96	6,35

Ho scelto il profilo HEA 240.

L ₁	L ₂	Area	trave _p	trave _s	q _{trave}	q _s	q _p	q _a	q _{solaio}	n _{piani}	N	f _{yk}	γ _m
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN	Mpa	
8,00	8,00	64,00	1,06	1,06	22,05	1,97	2,27	2,00	574,16	4	2385	235,00	1,05

f _{yd}	A _{min}	E	β	I	λ*	ρ _{min}	I _{min}	A _{design}	I _{design}	ρ _{min}	λ	profilo
Mpa	cm ²	Mpa		m		cm	cm ⁴	cm ²	cm ⁴	cm		
223,81	106,6	210000	2,00	3,50	96,23	7,27	5638	76,8	2770	6,00	116,67	HEA240

