

Esercitazione 2

DIMENSIONAMENTO DEI SEGUENTI ELEMENTI STRUTURALI
PIÙ SOLLECITATI:

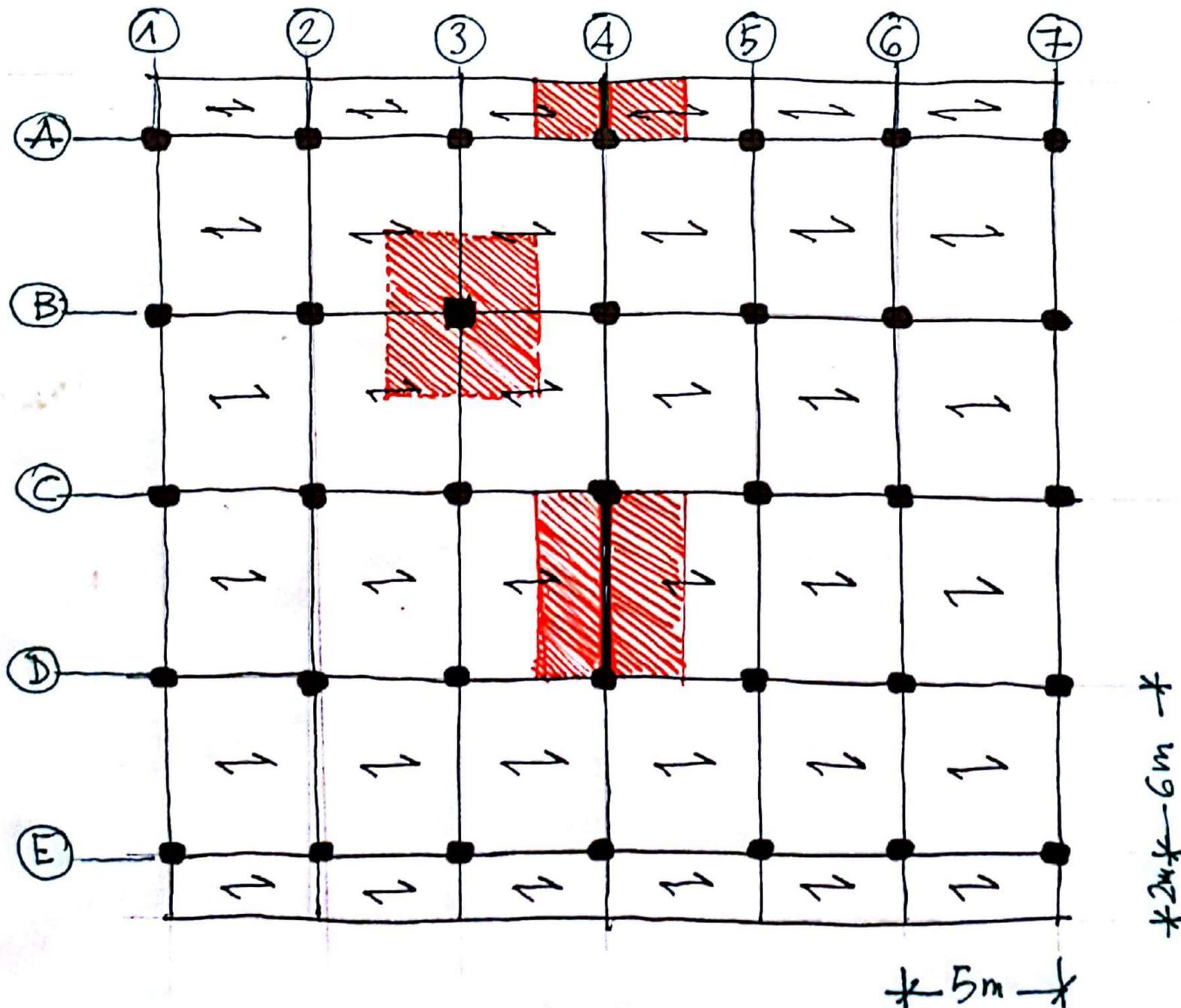
- PILASTRO
- TRAVE PRINCIPALE
- SBALZO

~~INDICAZIONI~~
DI UN TELAIO IN:

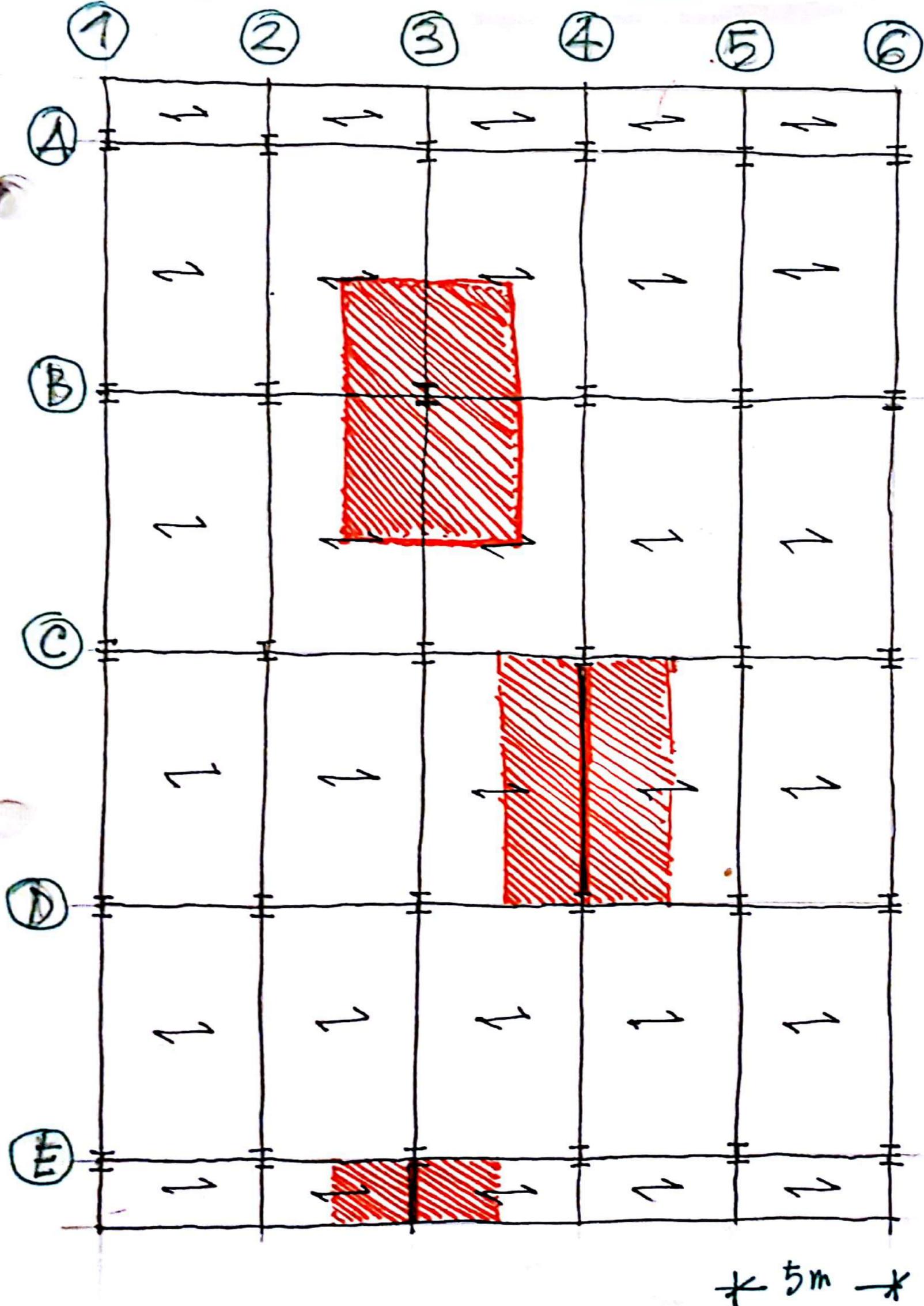
- ACCIAIO
- LEGNO
- CALCESTRUZZO

1. SCELTA DEL TELAIO

POSSO UTILIZZARE LO STESSO TELAIO PER IL CLS E
PER IL LEGNO POICHÈ LE SEZIONI SONO SIMILI E
LE UCI COPERTE ANCHE.



TELAIO IN CLS e LEGNO
piani N 4 h 3.5m



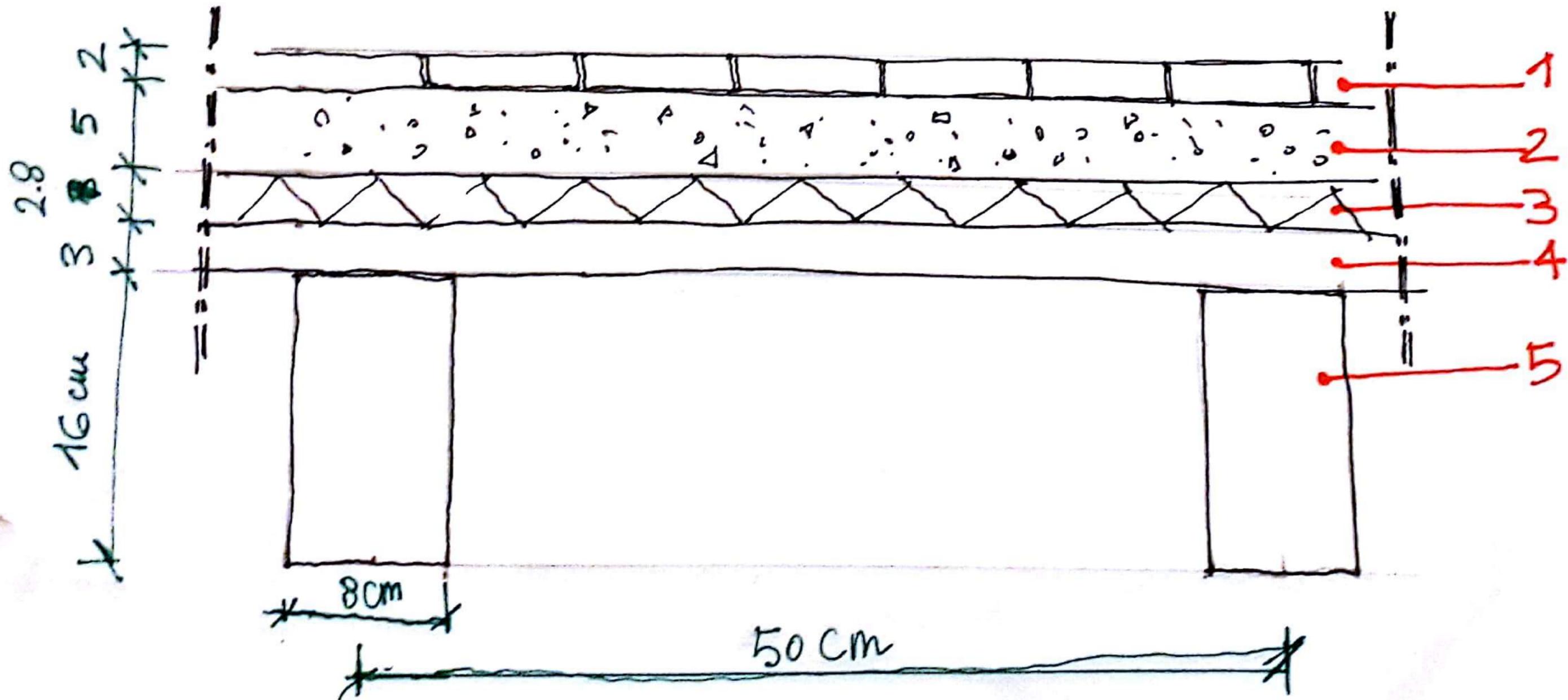
TELAIO IN ACCIAIO
 piani 4 h 3.5m

8m *
 2m *

* 5m *

2. SCELTA DELLA SEZIONE E CALCOLO PESO SOLAIO

2A LEGNO



1. PARQUET IN LEGNO DI CUEGIO

$$S = 2 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 0,9 \text{ t/m}^3 \rightarrow 0,18 \text{ kN/m}^2$$

$$0,9 \text{ t/m}^3 \times 1000 = 900 \text{ kg/m}^3 \times 0,02 \text{ m} = 18 \text{ kg/m}^2 \\ \times 9,81 = 176,58 \text{ N/m}^2 : 1000 \approx 0,18 \text{ kN/m}^2$$

2. MASSETTO ALLEGGERITO IN CLS

$$S = 5 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 21 \text{ kN/m}^3 \rightarrow 1,05 \text{ kN/m}^2$$

3. PANNELLO FONASSORBENTE E FONOSOLANTE (AEROLICA)

$$S = 2,8 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 21,6 \text{ kg/m}^3 \rightarrow 0,21 \text{ kN/m}^2$$

4. TAVOLATO IN LEGNO DI PIOPPO

$$S = 3 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 0,7 \text{ t/m}^3 \rightarrow 0,2 \text{ kN/m}^2$$

5. TRAVETTO IN LEGNO DI PIOPPO (160x80 mm)

$$\text{peso} = 0,7 \text{ t/m}^3 \rightarrow 6,86 \text{ kN/m}^3 \rightarrow 0,18 \text{ kN/m}^2$$

2 travetti el m^2

$$\text{Volume travetto } 0,16 \text{ m} \times 0,08 \text{ m} \times 1 = 0,0128 \text{ m}^3 \\ \rightarrow 0,0128 \text{ m}^3 \times 21 \frac{\text{t}}{\text{m}^3} = 0,0256 \text{ m}^3$$

$$6,86 \text{ kN/m}^3 \times 0,0256 \text{ m}^3 \approx 0,18 \text{ kN/m}^2$$

CALCOLO PESO TOTALE LEGNO

Q_s strutturale permanente

- TRAVETTI = $0,18 \text{ kN/m}^2$
- TAVOLATO = $0,2 \text{ kN/m}^2$

$$\} \boxed{0,38 \text{ kN/m}^2}$$

Q_p non strutturale permanente

- PARQUET = $0,18 \text{ kN/m}^2$
- MASSETO = $1,05 \text{ kN/m}^2$
- PANNELLO FONDASSORBENTE = $0,21 \text{ kN/m}^2$

$$1,44 \text{ kN/m}^2$$

$$* 1,52^+ \text{ kN/m}^2$$

$$\boxed{2,96 \text{ kN/m}^2}$$

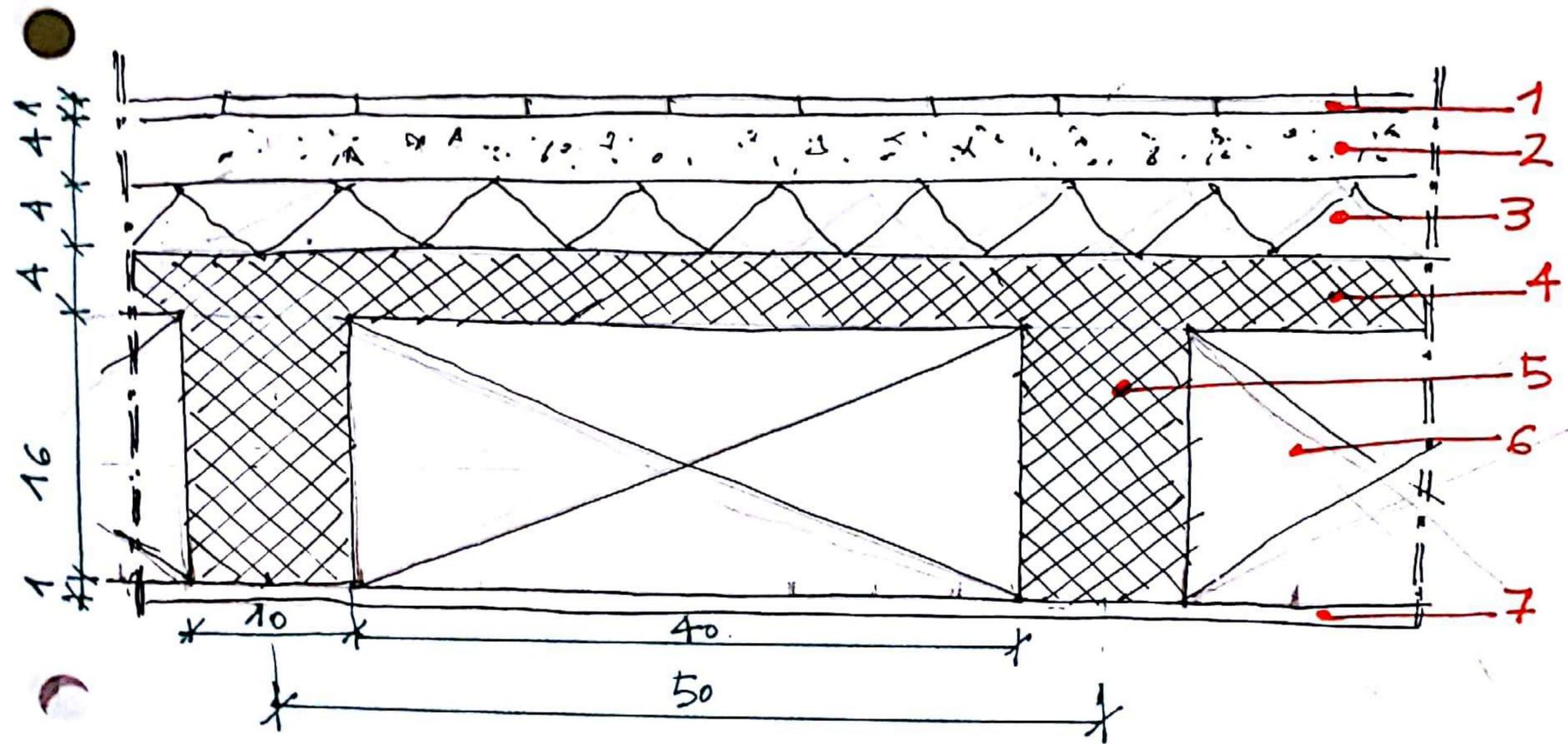
Q_a accidentale

CATEGORIA A (CIVILE ABITAZIONE) \rightarrow

- + impianti
 - + tramezzi
 - + carichi appesi
- $$\} 1,52 \text{ kN/m}^2 *$$

$$\boxed{2 \text{ kN/m}^2}$$

2B. ~~STRUTTURA~~ CALCESTRUZZO ARMATO



1. PAVIMENTO IN GRES

$$s = 1 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 2 \text{ kN/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 0,02 \text{ kN/m}^2$$

2. MASSETTO AUEGGERITO IN CLS

$$s = 4 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,04 \text{ m} = 0,84 \text{ kN/m}^2$$

3. ISOLANTE IN FIBRA DI LEGNO NaturakwBav

$$s = 4 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = ~~20 \text{ kN/m}^3~~ 4,6 \text{ kg/m}^2 = 0,045 \text{ kN/m}^2$$

4. GETTO IN CLS ARMATO

$$s = 4 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 26 \text{ kN/m}^3 \times 0,04 \text{ m} = 1,04 \text{ kN/m}^2$$

5. TRAVETTO IN CLS ARMATO

$$10 \times 16 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 26 \text{ kN/m}^3$$

$$\text{volume} = 0,016 \text{ m}^3 \times 2 \left(\frac{\text{travetti}}{\text{m}^2} \right) \left(\frac{1}{\text{m}^2} \right) = 0,032 \text{ m}$$

$$\rightarrow 26 \text{ kN/m}^3 \cdot 0,032 \text{ m} = 0,83 \text{ kN/m}^2$$

6. AUEGGERIMENTO IN POUSTIRENE

$$16 \times 40 \text{ cm}$$

$$\text{peso p.}$$

$$0,18 \text{ kN/m}^2 \text{ (tabelato)}$$

7.

INTONACO

$$s = 2 \text{ cm}$$

$$\text{peso} 2 \text{ kN/m}^3 \times 0,01 \text{ m} = 0,02 \text{ kN/m}^2$$

CALCOLO PESO TOTALE CLS

Qs strutturale permanente

- ALU. IN POLISTIRENE = $0,18 \text{ kN/m}^2$
- TRAVETTO IN CLS ARMATO = $0,83 \text{ kN/m}^2$
- GETTO IN CLS ARMATO = $1,04 \text{ kN/m}^2$

$2,05 \text{ kN/m}^2$

Qp non strutturale permanente

- INTONACO = $0,02 \text{ kN/m}^2$
- ISOLANTE = $0,045 \text{ kN/m}^2$
- MASSETTO = $0,84 \text{ kN/m}^2$
- PAVIMENTO IN GRES = $0,02 \text{ kN/m}^2$

$0,93 \text{ kN/m}^2$
 $1,52 \text{ kN/m}^2$

$2,45 \text{ kN/m}^2$

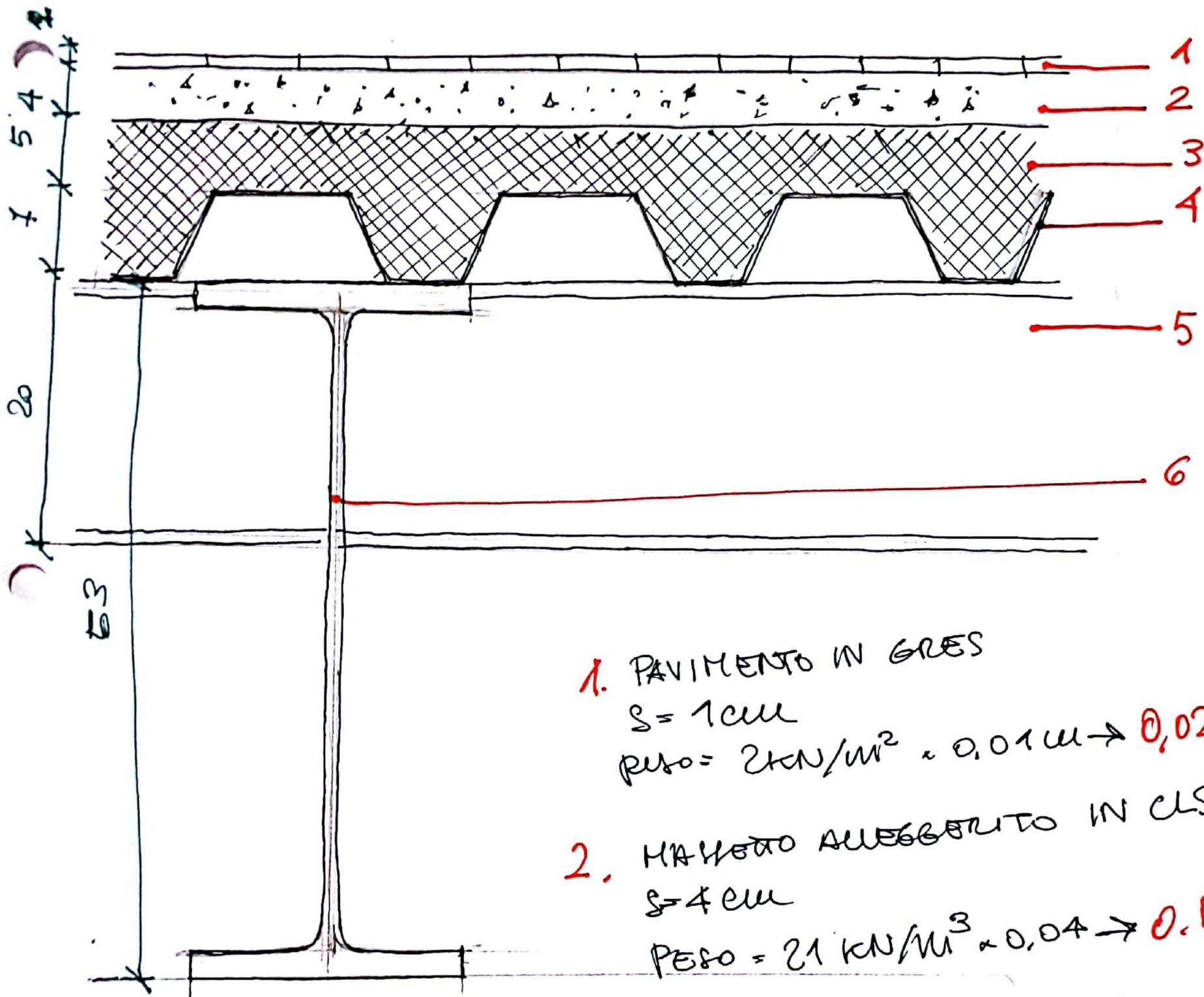
Qa accidentali

CATEGORIA A (CIVILE ABITAZIONE) → 2 kN/m^2

- + • Incidenta impianti = $0,5 \text{ kN/m}^2$
- tramezz - 1 kN/m^2
- cantine aperti = $0,02 \text{ kN/m}^2$

$1,52 \text{ kN/m}^2$

2c. ACCIAIO.



1. PAVIMENTO IN GRES

$$s = 1 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 2 \text{ kN/m}^2 \times 0,01 \text{ m} \rightarrow 0,02 \text{ kN/m}^2$$

2. MASSO ALLEGGERITO IN CLS

$$s = 4 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 21 \text{ kN/m}^3 \times 0,04 \rightarrow 0,84 \text{ kN/m}^2$$

3. GETTO IN CLS ARMATO

$$s = 5 \text{ cm}$$

$$\text{peso} = 26 \text{ kN/m}^3 \times 0,05 \rightarrow 1,3 \text{ kN/m}^2$$

3a. GETTO IN CLS ARMATO (SPAZI TRA LAMIERA)

$$0,07 \times 0,07 = 0,0049 \text{ m}^2$$

$$N = 4 \text{ el/m}^2$$

$$\text{peso} = 26 \text{ kN/m}^3$$

$$0,07 \times 0,07 \times 4 = 0,0196 \times 26 \rightarrow 0,5 \text{ kN/m}^2$$

4. LAMIERA GRECATA

$$s = 0,8 \text{ mm}$$

$$\text{peso} \rightarrow 0,14 \text{ kN/m}^2$$

5. TRAVETTI IN ACCIAIO IPE 200 (ogni 50 cm)

$$\text{peso} = 22,5 \text{ kg/m} \rightarrow 0,22 \text{ kN/m} \times 2 \text{ (m)} \times 1 \text{ (1/m}^2) = 0,44 \text{ kN/m}^2$$

$$0,22 \text{ kN/m}^2$$

6. TRAVE PRINCIPALE IN ACCIAIO

CALCOLO PESO TOTALE ACCIAIO

Q_S strutturale permanente

- TRAVEGGIO IPE 200 = 0,22 kN/m²
- LAMIERA = 0,11 kN/m²
- GETTO CLS = 1,8 kN/m²

$$2,13 \text{ kN/m}^2$$
$$~~2,35 \text{ kN/m}^2~~$$

Q_P permanente non strutturale

- MASETTO = 0,84 kN/m²
- PAVIMENTO IN GRES = 0,02 kN/m²
- + INCUBENZA IMPIANTI = 0,5 kN/m²
- + TRATTI = 1 kN/m²
- + CANCHI APPROSSI = 0,02 kN/m²

$$2,38 \text{ kN/m}^2$$

Q_a accidentali

CATEGORIA A (CIVILE ABITAZIONE) → 2 kN/m²

CONSIDERAZIONI CALCOLO CARICO:

La prima considerazione da fare riguarda il peso dei solai precedentemente calcolato, questo, in confronto con i valori orientativi di riferimento risulta differente. Per il cemento armato il carico strutturale è minore in quanto è stato utilizzato come alleggerimento il polistirene invece delle pignatte in laterizio. E per il legno invece è stato inserito un massetto di CLS alleggerito di 5 cm, e probabilmente ne sarebbero stati sufficienti 4, questo ha causato un aumento del carico non strutturale .

DIMENSIONAMENTO TRAVI

- LEGNO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
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	0,38	2,96	2,00	39,67	6,00	178,52	32,00	0,80	1,45	17,66	20,00	55,08	60,00

- ACCIAIO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
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	2,13	2,38	2,00	46,70	8,00	373,56	275,00	261,90	1426,32	1500,00	IPE 450

- CEMENTO ARMATO

A	B	C	D	E	F	G
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)
5,00	2,05	2,45	2,00	46,70	6,00	210,15
				50,76	6,00	228,43

I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U
f_{yd} (N/mm ²)	f_{ck} (N/mm ²)	f_{ctd} (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)
391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	25,00	37,13	5,00	42,13	50,00	0,07	0,13	3,13
391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	25,00	38,72	5,00	43,72	verificata			

CONSIDERAZIONI:

Per quanto riguarda il dimensionamento delle travi rispetto al semplice rapporto tra luce e altezza della trave, che si utilizza al principio, ho ottenuto dei risultati leggermente differenti. La trave in legno è venuta più alta di quanto mi aspettassi, 60cm, per non avere una trave ancora più importante ho deciso di utilizzare un legno dalla resistenza caratteristica a flessione abbastanza alta, pari a 32.

Per l'acciaio invece al contrario in fase preliminare mi ero orientata su una IPE 500 per una luce di 8m invece è risultata sufficiente una trave IPE 450.

Per il calcestruzzo armato ho utilizzato un calcestruzzo ad alte prestazioni (forse eccessivo per la tipologia scelta) questo mi ha permesso di mantenere un'altezza di 50cm che altrimenti sarebbe stata maggiore, anche la verifica al peso proprio è risultata positiva.

DIMENSIONAMENTO MENSOLE

- LEGNO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N
interasse (m)	q_s (kN/mq)	q_d (kN/mq)	q_b (kN/mq)	q_u (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)	$f_{m,k}$ (N/mm ²)	k_{mod}	v_m	f_d c	b (cm)	h_{min} (cm)	H (cm)
5	0,38	2,96	2,00	39,67	2	79,34	32	0,6	1,50	12,80	20	43,12	60

O	P	Q	R	S	T
E (N/mm ²)	I_x (cm ⁴)	q_e (kN/m)	v_{max} (cm)	l/v_{max}	
8000	360000	22	0,15	1327,19	Si

- ACCIAIO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
interasse (m)	q_s (kN/mq)	q_d (kN/mq)	q_b (kN/mq)	q_u (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)	$f_{t,k}$ (N/mm ²)	f_d (N/mm ²)	$W_{pl,y}$ (cm ³)	I_x (cm ⁴)	peso (kN/m)	q_s (kN/m)	E (N/mm ²)	v_{max} (cm)	l/v_{max}	
5	2,13	2,38	2,00	46,095	2	93,39	275	261,90	356,58	33.740	0,76	28,31	210000	0,080	2502,791	Si

- CEMENTO ARMATO

A	B	C	D	E	F	G
interasse (m)	q_s (kN/mq)	q_d (kN/mq)	q_b (kN/mq)	q_u (kN/m)	luce (m)	M_{max} (kN*m)
5	2,05	2,45	2,00	46,70	2	93,40
				50,76	2,00	101,53

H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R
Colore carattere	f_{yd} (N/mm ²)	f_{ctk} (N/mm ²)	f_{ctd} (N/mm ²)	β	r	b (cm)	h_u (cm)	δ (cm)	H_{min} (cm)	H (cm)
450	391,30	50	28,33	0,52	2,16	25	24,76	5	29,76	50
450,00	391,30	50,00	28,33	0,52	2,16	25,00	25,81	5,00	30,81	verificata

S	T	U	V	W	X	Y	Z
area (m ²)	peso (kN/m)	q_e	E (N/mm ²)	I_x (cm ⁴)	v_{max} (cm)	l/v_{max}	
0,13	3,13	30,63	21000	260417	0,11	1785,71	Si

CONSIDERAZIONI:

Per quanto riguarda il dimensionamento delle mensole, in tutti e tre i casi per la verifica dell'abbassamento massimo ho trovato dei valori del rapporto tra luce e abbassamento molto più alti del minimo richiesto di 250. Ciò vuol dire che probabilmente avrei potuto osare di più con gli sbalzi. Anche qui per il cemento armato ho dovuto eseguire anche la verifica del peso proprio della trave, essendo il calcestruzzo armato più pesante rispetto alle strutture in legno e acciaio.

DIMENSIONAMENTO PILASTRI

- LEGNO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
L ₁	L ₂	Area	trave _p	trave _s	q _{trave}	q _s	q _p	q _a	q _{solaio}	n _{piani}	N
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN
6,00	5,00	30,00	0,82	0,48	9,52	0,38	2,96	2,00	238,02	4	990

P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB
f _{c0d}	A _{min}	E,005	β	I	λ _{max}	ρ _{min}	b _{min}	b	h _{min}	h	A _{design}	I _{design}
Mpa	cm ²	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm	cm ²	cm ⁴
11,59	854,6	8800	1,0	3,00	86,54	3,47	12,01	20,00	42,73	50,00	1000	33333

- ACCIAIO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
L ₁	L ₂	Area	trave _p	trave _s	q _{trave}	q _s	q _p	q _a	q _{solaio}	n _{piani}	N
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN
8,00	5,00	40,00	0,76	0,56	11,54	2,13	2,38	2,00	373,56	4	1540
			ipe 450	ipe 360							

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA
f _{yk}	Y _m	f _{yd}	A _{min}	E	β	I	λ*	ρ _{min}	I _{min}	A _{design}	I _{design}	ρ _{min}	λ	profilo
Mpa		Mpa	cm ²	Mpa		m		cm	cm ⁴	cm ²	cm ⁴	cm		
275,00	1,05	261,90	58,8	210000	1,00	3,50	88,96	3,93	910	64,3	1955	5,51	63,52	HEA220

- CEMENTO ARMATO

A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
L_p	L_s	Area	trave _p	trave _s	q_{trave}	q_s	q_p	q_a	q_{solaio}	n_{piani}	N
m	m	m ²	kN/m	kN/m	kN	kN/mq	kN/mq	kN/mq	kN		kN
6,00	5,00	30,00	2,60	2,10	33,93	2,05	2,45	2,00	280,20	4	1257
			25x40	20x40							

M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y
f_{ck}	f_{cd}	A_{min}	b_{min}	E	β	l	λ^*	ρ_{min}	b_{min}	b	h_{min}	h
Mpa	Mpa	cm ²	cm	Mpa		m		cm	cm	cm	cm	cm
50,0	28,3	443,5	21,1	21000	0,50	3,50	85,53	4,09	14,18	40,00	11,09	40,00

Z	AA	AB	AC	AD	AE	AF	AG
A_{design}	I_{design}	I_{max}	W_{max}	q_t	M_t	σ_{max}	
cm ²	cm ⁴	cm ⁴	cm ³	kN/m	kN*m	Mpa	
1600	213333	213333	10666,67	46,70	140,10	20,99	Si

CONSIDERAZIONI:

Per il dimensionamento dei pilastri il calcolo si fa più complicato per il problema dell'instabilità euleriana, motivo per il quale dobbiamo calcolare anche i parametri relativi alla snellezza. In un primo momento inoltre è necessario fare ulteriori calcoli per quanto riguarda il carico, in quanto il pilastro (più sollecitato), ovviamente, oltre a parte del solaio, porta le travi principali e secondarie di tutti i piani successivi.

Per la definizione della sezione mi sono mantenuta su delle basi larghe almeno quanto la trave principale sovrapposta.

In particolare, per la snellezza, è importante anche la lunghezza del pilastro e il coefficiente beta che dipende dai vincoli scelti, questi valori influiscono sulla luce libera di inflessione e di conseguenza sull' $N_{critico}$.

Per il legno e acciaio ho considerato un pilastro doppiamente incernierato, con beta pari a 1. Per il cemento armato, invece, ho considerato un doppio incastro poiché il nodo che sto considerando tra trave e pilastro è un nodo rigido, che lascia quindi passare il momento, per questo motivo ho dovuto eseguire altri calcoli per il CLS armato per verificarlo quindi anche a presso-flessione. Questa verifica è stata proprio quella che ha fatto aumentare le dimensioni del mio pilastro che considerando b_{min} e h_{min} sarebbe potuto risultare assai minore.