

UNIVERSITA' DEGLI STUDI DI CATANIA



DIPARTIMENTO DI INGEGNERIA CIVILE
E ARCHITETTURA

CORSO DI LAUREA IN INGEGNERIA EDILE ARCHITETTURA

CORSO DI
TECNICA DELLE COSTRUZIONI
ANNO ACCADEMICO 2016-2017

DOCENTI: EDOARDO MARINO - MELINA BOSCO

PROGETTO DI UN EDIFICIO MULTIPIANO PER CIVILE
ABITAZIONE CON STRUTTURA IN CEMENTO ARMATO

ELENCO ELABORATI

RELAZIONE

MATERIALI UTILIZZATI:

- CALCESTRUZZO C 25/30
- ACCIAIO B450C

REVISORE

AURELIO GHERSI
WILLIAM LENI

STUDENTI:

ANGELO MISURACCA
SAVERIO NAVARRA
GIUSEPPE SCOLARO

RELAZIONE GENERALE

1. Caratteristiche del fabbricato

L'edificio in esame, la cui carpenteria schematica è riportata in figura, è costituito da un piano terra su vespaio e da sei piani in elevazione. Esso quindi presenta in totale sette impalcati. L'edificio è destinato a civile abitazione. La sua struttura è in cemento armato, con scala in acciaio, solai alleggeriti da laterizi e realizzati in opera, travi e pilastri.

2. Normativa di riferimento

Le normative prese in considerazione in questo progetto sono state: le **NTC 08** e gli **Eurocodici 2-3**.

Le norme tecniche per le costruzioni (NTC) per la legislazione italiana sono attualmente definite nel decreto ministeriale 14 gennaio 2008 e sono diventate cogenti il 30 giugno 2009. Il decreto è stato emanato dal Ministero delle infrastrutture e dei trasporti di concerto con il Ministero dell'interno e il capo del Dipartimento della Protezione Civile.

Le NTC del 2008 raggruppano, per la prima volta in un unico testo, i criteri di verifica della sicurezza per tutte le tecnologie costruttive (stabilità dei terreni, muratura, cemento armato, legno, acciaio) unificando criteri di valutazione, livelli di sicurezza, modalità di progettazione, certificazione dei materiali, collaudi, norme per gli edifici esistenti. Le principali novità rispetto alle norme precedenti riguardano l'obbligatorietà delle verifiche sismiche per tutto il territorio nazionale e l'obbligo dei calcoli strutturali col metodo semiprobabilistico agli Stati Limite (SL), basato sugli Eurocodici, limitando a pochi casi, e solo nelle zone a bassa sismicità, la possibilità di utilizzo delle verifiche alle Tensioni Ammissibili (TA).

Eurocodice 2 – Progettazione delle strutture in calcestruzzo

- UNI EN 1992-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1992-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1992-2:2006 Parte 2: Ponti di calcestruzzo - Progettazione e dettagli costruttivi
- UNI EN 1992-3:2006 Parte 3: Strutture di contenimento liquidi

Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio

- UNI EN 1993-1-1:2005 Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
- UNI EN 1993-1-2:2005 Parte 1-2: Regole generali - Progettazione strutturale contro l'incendio
- UNI EN 1993-1-3:2007 Parte 1-3: Regole generali - Regole supplementari per l'impiego dei profilati e delle lamiere sottili piegati a freddo
- UNI EN 1993-1-4:2007 Parte 1-4: Regole generali - Regole supplementari per acciai inossidabili
- UNI EN 1993-1-5:2007 Parte 1-5: Elementi strutturali a lastra
- UNI EN 1993-1-6:2007 Parte 1-6: Resistenza e stabilità delle strutture a guscio
- UNI EN 1993-1-7:2007 Parte 1-7: Strutture a lastra ortotropa caricate al di fuori del piano
- UNI EN 1993-1-8:2005 Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
- UNI EN 1993-1-9:2005 Parte 1-9: Fatica
- UNI EN 1993-1-10:2005 Parte 1-10: Resilienza del materiale e proprietà attraverso lo spessore

- UNI EN 1993-1-11:2007 Parte 1-11: Progettazione di strutture con elementi tesi
- UNI EN 1993-1-12:2007 Parte 1-12: Regole aggiuntive per l'estensione della EN 1993 fino agli acciai di grado S 700
- UNI EN 1993-2:2007 Parte 2: Ponti di acciaio
- UNI EN 1993-3-1:2007 Parte 3-1: Torri, pali e ciminiera - Torri e pali
- UNI EN 1993-3-2:2007 Parte 3-2: Torri, pali e ciminiera - Ciminiera
- UNI EN 1993-4-1:2007 Parte 4-1: Silos
- UNI EN 1993-4-2:2007 Parte 4-2: Serbatoi
- UNI EN 1993-4-3:2007 Parte 4-3: Condotte
- UNI EN 1993-5:2007 Parte 5: Pali e palancole
- UNI EN 1993-6:2007 Parte 6: Strutture per apparecchi di sollevamento

3. Materiali utilizzati.

La struttura in cemento armato sarà realizzata utilizzando un calcestruzzo di classe Rck=25 MPa e barre di acciaio ad aderenza migliorata B450C.

I pavimenti degli ambienti interni e dei balconi saranno realizzati in gres.

Le pareti di tamponatura perimetrale saranno realizzate con la seguente stratigrafia: intonaco esterno da 2 cm, mattoni forati da 12 cm, coibente¹ da 3 cm, camera d'aria da 4 cm, mattoni forati da 8 cm e intonaco interno da 1 cm per un totale di 30 cm.

I tramezzi interni saranno realizzati con la seguente stratigrafia: intonaco di 1 cm, mattoni forati da 8 cm e intonaco di 1 cm per un totale di 10 cm.

4. Solaio

Il solaio da noi considerato è del tipo latero-cementizio con tre travetti al metro e realizzato in opera. Il criterio per il dimensionamento utilizzato è quello inerente al rapporto L/H secondo la circolare 02/02/2009 punto 4.1.2.2.

Gli schemi considerati sono stati quelli di appoggio appoggio con carico permanente interamente distribuito in tutte le campate e carico variabile massimizzato in campata e negli appoggi. Per massimizzare il momento in una campata si è considerato il carico variabile sulla stessa campata e poi a scacchiera nelle altre. Per massimizzare il momento in corrispondenza degli appoggi si è previsto un carico variabile a destra e a sinistra dell'appoggio e poi a scacchiera. Oltre a questo schema è stato elaborato altri due schemi limite: uno utilizzando come vincolo l'uncastro e considerando il carico permanente e variabile su tutte le campate e l'altro considerando appoggi con cerniera con carico permanente e variabile dimezzato.

La risoluzione degli schemi è stata elaborata mediante software di calcolo. L'armatura utilizzata è costituita da barre dritte. Per determinare l'area di armatura necessaria resistente a flessione è stata utilizzata la formula:

$$A_s = \frac{M}{0,9 \times d \times f_{yd}}$$

¹ Il seguente materiale non è stato considerato nel calcolo dei carichi data il suo basso peso per unità di volume.

Con

M: momento;

d: altezza utile della sezione;

f_{yd} : tensione di snervamento dell'acciaio.

Successivamente considerando il singolo travetto, l'armatura necessaria è stata calcolata tramite:

$$A_{tr} = \frac{A_s}{n_{tr}}$$

Dove n_{tr} rappresenta il numero di travetti al metro considerati che nel nostro caso di studio sono tre.

Il programma di calcolo restituisce oltre al momento il diagramma del taglio, utile per il calcolo di eventuali fasce piene e semipiene. Quindi è stato calcolato il taglio resistente del calcestruzzo tramite la formula:

$$V_{rd,c} = \left[0,18 \times k \times \frac{\sqrt[3]{100 \times \rho_l \times f_{ck}}}{\gamma_c} + 0,15 \times \sigma_{cp} \right] \times b_w \times d \geq \left[0,035 \times \sqrt{k^3 \times f_{ck}} + 0,15 \sigma_{cp} \right] \times b_w \times d$$

Con

$$\rho_l = \frac{A_{sl}}{b \times w \times d} \leq 0,02$$

Tiene conto dell'effetto spinotto

$$k = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2$$

Tiene conto del fenomeno dell'ingranamento degli inerti

ed infine confrontato col diagramma del taglio. Successivamente si è provveduto alla valutazione in merito all'uso e al non uso di fasce piene e semipiene qualora il valore di $V_{rd,c}$ intersecasse il diagramma.

Nel caso di verifica a flessione si è tenuto conto di una sezione data da $h=h_{sol}$ e $b=n \times b_{tr}$ che tramite programma di calcolo si è determinate l'altezza della sezione compressa e di conseguenza il momento resistente.

5. Trave

I carichi agenti sulla trave sono stati calcolati tenendo in considerazione: la lunghezza dei solai dimezzati con i relativi coefficienti di continuità, utili per il calcolo della luce portata, e successivamente dal prodotto tra questo ultimo valore e dei carichi del solaio e di eventuali balconi, tamponature, scala e peso proprio.

Gli schemi considerati sono stati quelli di appoggio appoggio con carico permanente interamente distribuito in tutte le campate e carico variabile massimizzato in campata e negli appoggi. Per massimizzare il momento in una campata si è considerato il carico variabile sulla stessa campata e poi a scacchiera nelle altre. Per massimizzare il momento in corrispondenza degli appoggi si è previsto un carico variabile a destra e a sinistra degli appoggi e poi a scacchiera. Oltre a questo schema è stato elaborato altri due schemi limite: uno utilizzando come vincolo l'uncastro e considerando il carico permanente e variabile su tutte le campate e l'altro considerando appoggi con cerniera con carico permanente e variabile dimezzato.

Il programma utilizzato per la risoluzione degli schemi è stato ftool.

Il tipo di acciaio utilizzato è S235; il calcolo della superficie necessaria di armature è stata calcolata mediante la formula:

$$A_s = \frac{M}{0,9 \times d \times f_{yd}}$$

Con

M: momento;

d: altezza utile della sezione che varia in base alla tipologia di trave considerate (emergente o a spessore)

f_{yd} : tensione di snervamento dell'acciaio.

L'armatura a taglio è stata calcolata mediante le formule:

$$V_{Rd,max} = b_w \times z \times \alpha \times f_{cd} \times \frac{\cot \theta}{1 + \cot \theta}$$

E per le staffe:

$$V_{Rd,st} = \frac{A_{st}}{s} \times f_{yd} \times \cot$$

6. Pilastri

I carichi agenti sul pilastro sono stati calcolati prendendo in considerazione le aree di influenza, trovate considerando le luci di travi e solai dimezzati per i coefficienti di continuità; e successivamente sono stati moltiplicati per i corrispondenti carichi sia permanenti che variabili, con questi ultimi valutati tenendo in considerazione un fattore correttivo che tiene conto del numero dei piani dell'edificio preso in considerazione del solaio, balconi, tamponature tramezzi, travi ed infine il peso proprio del pilastro. In questo modo è stato possibile ottenere il valore dello sforzo normale di compressione che grava sul pilastro al piano superiore. E' stato possibile successivamente calcolare per ogni piano il peso che ogni pilastro deve sopportare moltiplicando lo sforzo normale per il numero di piani che gravano su di esso. Da questo è stato possibile dimensionare la sezione del pilastro tramite la formula:

$$A_c = \frac{N_{Ed}}{f_{cd}}$$

Trovata l'area di calcestruzzo necessaria è stata confrontata e quindi scelta in relazione alle sezioni predefinite. Per quanto riguarda le armature necessarie è stato affidato il 20% dello sforzo normale sollecitante tramite la formula:

$$A_{s nec} = \frac{0,2 \times N_{Ed}}{f_{yd}}$$

e in seguito valutando anche l'area minima dell'armatura calcolata con la formula:

$$A_{s min} = 0,6 \times A_c$$

si è scelto il valore più condizionante per armare il pilastro. In base alle dimensioni predefinite del pilastro si è previsto l'utilizzo di armature di parete rispettando la distanza massima tra le barre di 25 cm. Sono state utilizzate delle staffe per trattenere le barre longitudinali onde evitare il fenomeno di instabilità. Il passo di queste è stato calcolato tramite la formula:

$$s \leq 12 \times \varnothing_{min}$$

Con \varnothing_{min} che rappresenta il diametro minimo delle barre utilizzate nel pilastro.

Il raffittimento delle staffe è stato stabilito dall'Eurocodice ed è dato dalla formula:

$$s_{estr} \leq 0,6 \times s$$

E deve avere una lunghezza pari alla larghezza maggiore del pilastro.

Per quanto riguarda il posizionamento e il raccordo tra le barre, in corrispondenza dei nodi pilastro-trave, si è prevista la piegatura della barra per tutta la lunghezza della trave nel caso di travi emergenti, mentre nel caso di travi a spessore si è pensato ad una piegatura a squadra e all'aggiunta di un moncone.

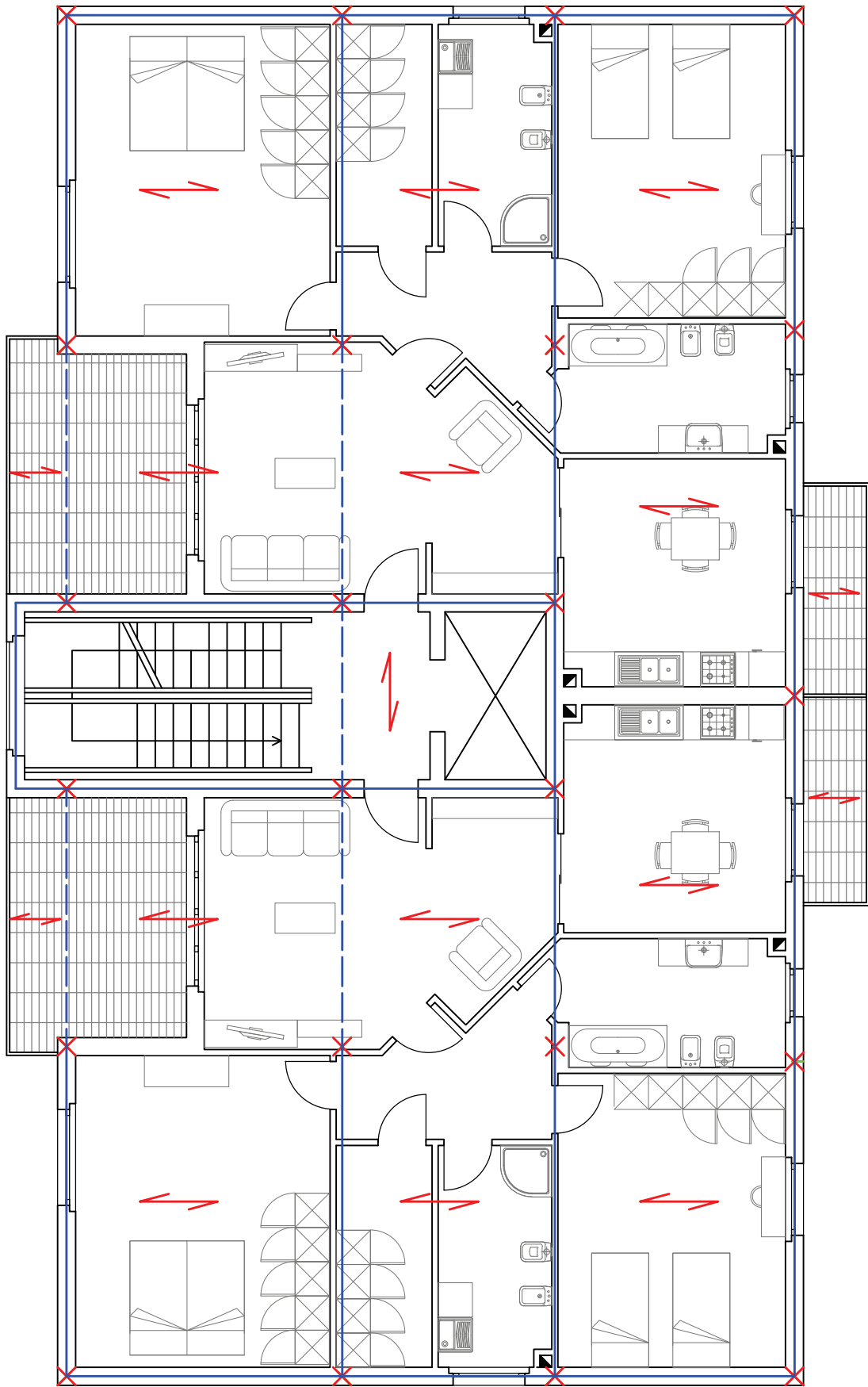
7. Scala

La scala è realizzata alla Giliberti con struttura portante in acciaio.

Gli edifici con struttura intelaiata in cemento armato sono generalmente costituiti da aste verticali (pilastri) ed orizzontali (travi) che si incrociano in modo da realizzare un reticolo spaziale a maglie rettangolari. Una siffatta struttura caricata da carichi verticali sulle travi e da forze orizzontali a livello di piano ha un comportamento fedelmente aderente alla schematizzazione di calcolo di tipo normale che per essa abitualmente si adotta nella pratica tecnica. La presenza di elementi strutturali aggiuntivi inseriti nel suddetto reticolo provoca variazioni che allontanano notevolmente il comportamento effettivo dalla schematizzazione di calcolo. E' questo il caso della struttura della scala: infatti sia la trave a ginocchio che la soletta rampante, dimezzando la lunghezza dei pilastro a livello di pianerottolo di riposo modificano sostanzialmente il reticolo spaziale a maglie rettangolari. E' necessario in questi casi adottare programmi più sofisticati che tengono conto della effettiva geometria della struttura.

Per ovviare a tale inconveniente la scala può essere realizzata con due solette rampanti separate in corrispondenza del pianerottolo di riposo ed inoltre la rampa che parte dal piano e si sviluppa in salita si appoggia alla trave dello stesso piano mediante setti o pilastrini, mentre la rampa che parte dal piano e si sviluppa in discesa si appende alla trave dello stesso piano ancora mediante setti o pilastrini indipendenti dalla struttura principale.

In questo modo i pilastri della scala conservano l'altezza degli altri pilastri del piano ed il reticolo spaziale conserva la sua regolarità. Inoltre la struttura della scala così realizzata non si oppone allo spostamento relativo tra due piani successivi. Da notare infine che nella soluzione proposta i pilastri non devono necessariamente essere posizionati ai vertici del vano scala.



RELAZIONE DI CALCOLO

DIMENSIONAMENTO SOLAIO

Abbiamo analizzato gli schemi statici individuati per un primo predimensionamento del solaio e degli sbalzi, ottenendo i seguenti valori:

Campata di estremità	L=445 cm	$L/h < 22$	$h > 445/22=20,23$ cm
Campata intermedia	L=370 cm	$L/h < 25$	$h > 370/25=14,8$ cm
Trave a spessore	L=430 cm	$L/h < 20$	$h > 430/20=21,5$ cm
Sbalzo	L=125 cm	$L/h < 7$	$h > 125/7=17,86$ cm

La condizione più gravosa impone un valore di $h=22$ cm ma per motivi legati alla luce che si raggiunge con la trave a spessore si è deciso di portare questa altezza a 25 cm per ragioni di sicurezza. Il solaio è costituito da pignatte 33x40x20 cm e da una soletta in c.a. di $h=5$ cm. Per gli sbalzi è stato considerato un valore di $h=21$ cm, all'interno è previsto un massetto alleggerito di 3 cm (quindi la realizzazione di riscaldamento è autonomo negli appartamenti) mentre all'esterno è presente un massetto con pendenza del 2%.

ANALISI DEI CARICHI UNITARI

CARICO DEL SOLAIO (appartamenti)

Peso proprio		
Soletta in c.a.	$1 \times 1 \times 0,05 \times 25 =$	1,25 kN/m ²
Travetti	$3 \times 0,08 \times 0,20 \times 1 \times 25 =$	1,2 kN/m ²
Pignatte	$7,5 \times 0,082 \times 1 =$	0,615 kN/m ²
		Tot. 3,065 kN/m ²
Carichi permanenti non strutturali		
Massetto alleggerito	$0,08 \times 1 \times 1 \times 7 =$	0,56 kN/m ²
Intonaco	$0,01 \times 1 \times 1 \times 18 =$	0,18 kN/m ²
Pavimento in gres porcellanato	$0,01 \times 1 \times 1 \times 22 =$	0,22 kN/m ²
		Tot. 0,96 kN/m ²
Carichi permanenti non compiutamente definiti		
Tramezzi di laterizi forati 8x25x25 cm		
Laterizi	$0,08 \times 2,95 \times 6 \times 1 =$	1,92 kN/m
intonaco	$0,01 \times 2 \times 2,95 \times 18 =$	1,06 kN/m
		Tot. 2,98 kN/m
Da normativa per 2,00 kN/m <G< 3,00 kN/m il peso equivalente per m2 è		Tot. 1,2 kN/m ²
Carico variabile		
Categoria A	$q_k =$	2 kN/m

CARICO DEL BALCONE

Peso proprio		
Soletta in c.a.	1x1x0,03x25=	0,75 kN/m ²
Travetti	3x0,08x0,18x1x25=	1,08 kN/m ²
Pignatte	7,5x0,076x1=	0,57 kN/m ²
		Tot. 2,4 kN/m ²
Carichi permanenti non strutturali		
Massetto alleggerito	0,12x1x1x7=	0,84 kN/m ²
Intonaco	0,01x1x1x18=	0,18 kN/m ²
Pavimento in gres porcellanato	0,01x1x1x22=	0,22 kN/m ²
		Tot. 1,24 kN/m ²
Carico variabile		
Categoria C	q _k =	4 kN/m

TAMPONATURA ESTERNA

Peso proprio		
Intonaco esterno	0,02x2,95x18=	1,06 kN/m
Mattone forato da 12 cm	0,12x6x2,70=	1,94 kN/m
Mattone forato da 8 cm	0,08x6x2,70	1,30 kN/m
Intonaco interno	0,01x2,95x18=	0,53 kN/m
		Tot. 4,83 kN/m

TRAVE EMERGENTE (30X60)

Peso trave emergente	0,23x25=	5,75 kN/m
Peso solaio (da sottrarre)	0,5x3,065=	1,53 kN/m
		Tot. 4,22 kN/m

TRAVE SPESSORE (25X80)

Peso trave a spessore	0,2x25=	5 kN/m
Peso solaio (da sottrarre)	0,8x3,065=	2,45 kN/m
		Tot. 2,55 kN/m

RIEPILOGO CARICHI UNITARI

	g1k	g2k	qk	g1d	g2d	qd
Solaio	4.03	1.20	2.00	5.24	1.80	3.00
Balconi e terrazzini	3.64	---	4.00	4.73	---	6.00
Scala parte in c.a.	0.00	---	4.00	0.00	---	6.00
parte in acciaio	1.04	---	4.00	1.35	---	6.00
Trave emergente	4.22	---	---	5.49	---	---
Trave a spessore	2.55	---	---	3.32	---	---
Tramezzi	2.48	---	---	3.22	---	---
Tamponature	4.83	---	---	6.28	---	---

SCELTA DEL CALCESTRUZZO E DEL RICOPRIMENTO MINIMO

Travi emergenti e pilastri

Classe di esposizione XC3 - Corrosione promossa da carbonatazione.

Dalle norme NTC8, XC3 corrisponde ad un ambiente ordinario moderatamente umido e la classe di resistenza minima da utilizzare è: C25/30.

Ricoprimento minimo $r_{\min} = 25 \text{ mm}$

Previsto l'uso di distanziatori $\Delta r = 5 \text{ mm}$

Ricoprimento $r = r_{\min} + \Delta r = 30 \text{ mm}$

Solai e travi a spessore

Classe di esposizione XC1 - Corrosione promossa da carbonatazione.

Dalle norme NTC8, XC1 corrisponde ad un ambiente ordinario asciutto e la classe di resistenza minima da utilizzare è: C25/30.

Ricoprimento minimo $r_{\min} = 20 \text{ mm}$ Previsto l'uso di distanziatori $\Delta r = 5 \text{ mm}$

Ricoprimento $r = r_{\min} + \Delta r = 25 \text{ mm}$

SCELTA BARRE IN ACCIAIO

Verranno impiegate barre ad aderenza migliorata in acciaio B450C

Diametri utilizzati:

$\emptyset 8$ ($A=0,50 \text{ cm}^2$), $\emptyset 10$ ($A=0,79 \text{ cm}^2$), $\emptyset 14$ ($A=1,54 \text{ cm}^2$), $\emptyset 18$ ($A=2,54 \text{ cm}^2$)

Staffe: $\emptyset 8/15$

$\emptyset 8/10$ all'estremità

Solai: $\emptyset 10$

Travi $\emptyset 18$

Pilastri $\emptyset 14$

VALORI DI RESISTENZA E MODULI DI ELASTICITÀ

Calcestruzzo:

Resistenza a compressione (valore caratteristico)	f_{ck}	25 MPa
Resistenza a compressione (valore di progetto)	f_{cd}	14,17 MPa
Resistenza a trazione media	f_{ctm}	2,56 MPa
Resistenza a trazione (valore caratteristico)	f_{ctk}	1,79 MPa
Resistenza a trazione per flessione	f_{cfk}	2,15 MPa
Resistenza a compressione media	f_{cm}	33 MPa
Modulo di elasticità	E_{cm}	31475 MPa

Acciaio:

Resistenza (valore caratteristico)	f_{yk}	450 MPa
Resistenza (valore di calcolo)	f_{yd}	391,3 MPa
Modulo di elasticità:	E_s	200000 MPa

SOLAIO

Armatura inferiore				
Campata	M _{ed} [kNm]	d [m]	A _s (1 m)	A _s (travetto)
1	17,9	0,21	2,3	0,77
2	8,6	0,21	1,11	0,37
3	14,9	0,21	1,92	0,64

Campata	A _s (travetto)	Barre	M _{rd} [kNm]
1	0,77	2 Ø 10	36,4
2	0,37	1 Ø 10	18,2
3	0,64	1 Ø 10	18,2

Armatura superiore				
Appoggio	M _{ed} [kNm]	d [m]	A _s (1 m)	A _s (travetto)
1	16,6	0,21	2,14	0,71
2	19,3	0,21	2,49	0,83
3	16	0,21	2,06	0,69
4	13,4	0,21	1,73	0,58

Appoggio	A _s (travetto)	Barre	M _{rd} [kNm]
1	0,71	1 Ø 10	18,2
2	0,83	1 Ø 10	18,2
3	0,69	1 Ø 10	18,2
4	0,58	1 Ø 10	18,2

CALCOLO DEL MOMENTO RESISTENTE DEL CALCESTRUZZO

Momento positivo

Per le campate

$$b = 1 \text{ m}$$

$$d = 0,21 \text{ m}$$

$$r' = 0,018$$

$$M_{rd} = bd^2/r'^2 = 136,1 \text{ kNm}$$

Momento negativo

Per le campate

$$b = 0,24 \text{ m}$$

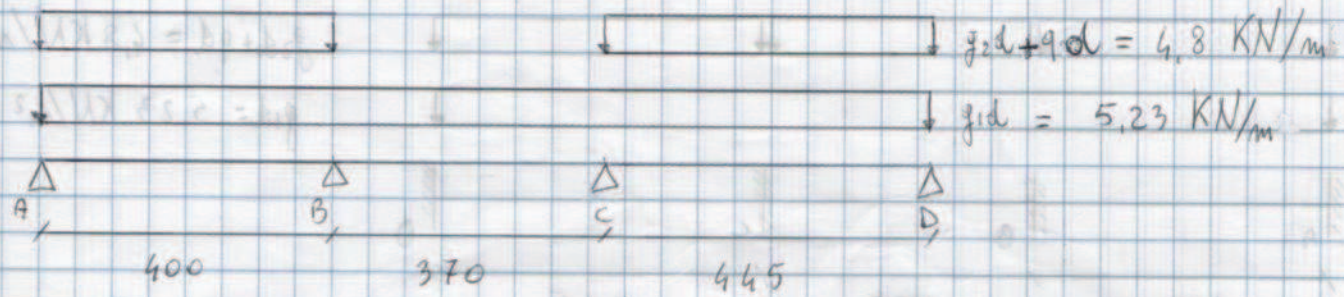
$$d = 0,21 \text{ m}$$

$$r' = 0,018$$

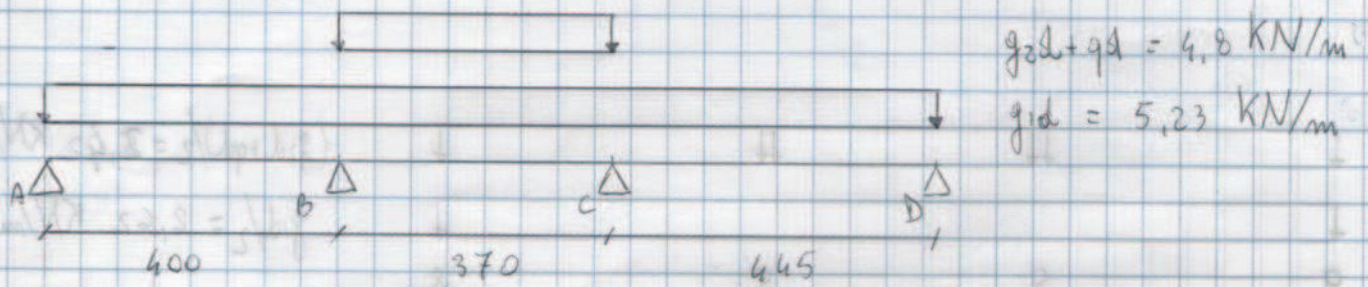
$$M_{rd} = bd^2/r'^2 = 32,7 \text{ kNm}$$

COMBINAZIONE CARICHI CON SOLAIO DA 25 cm

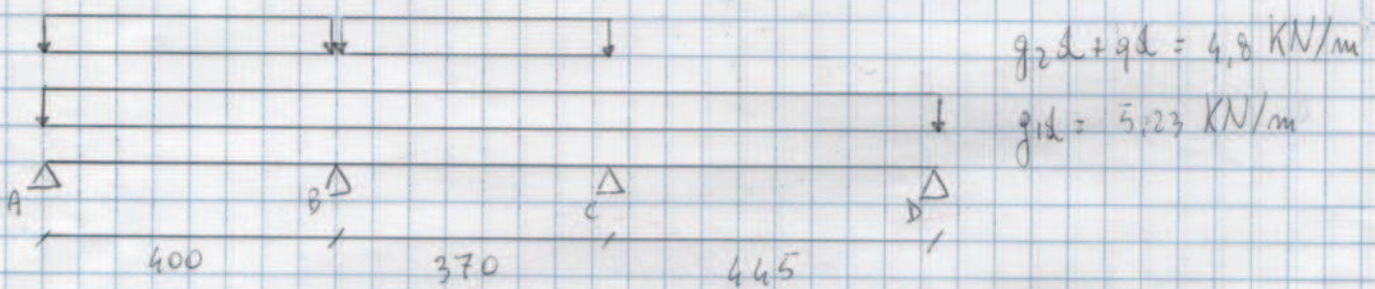
- MASSIMIZZO CAMPATA AB e CD



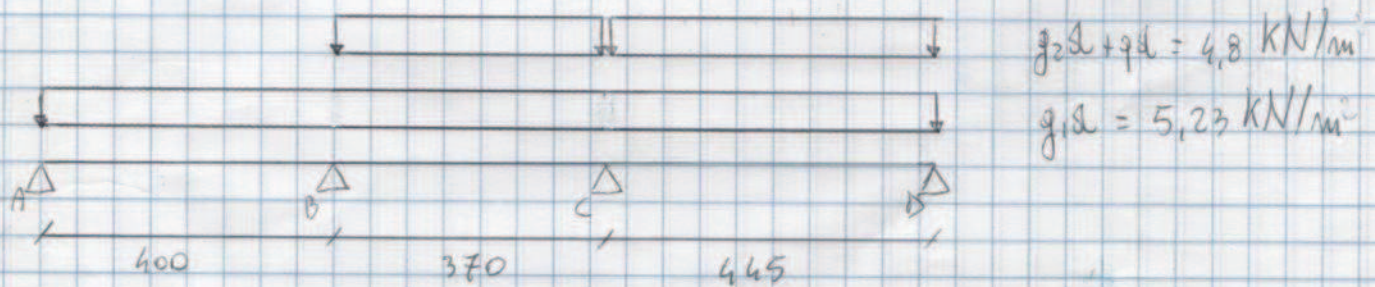
- MASSIMIZZO CAMPATA BC

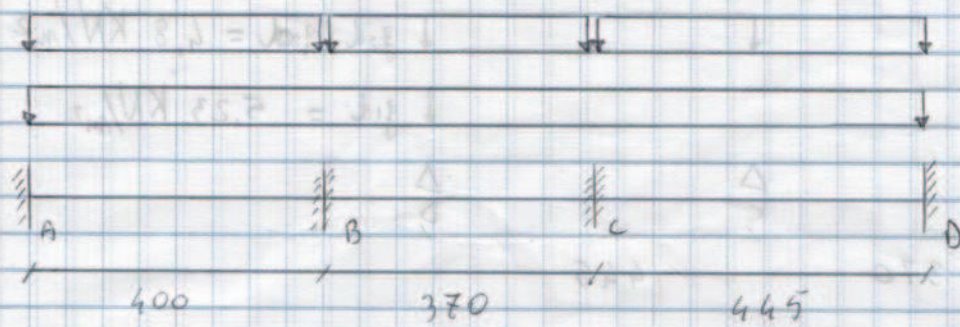


- MASSIMIZZO NODO B



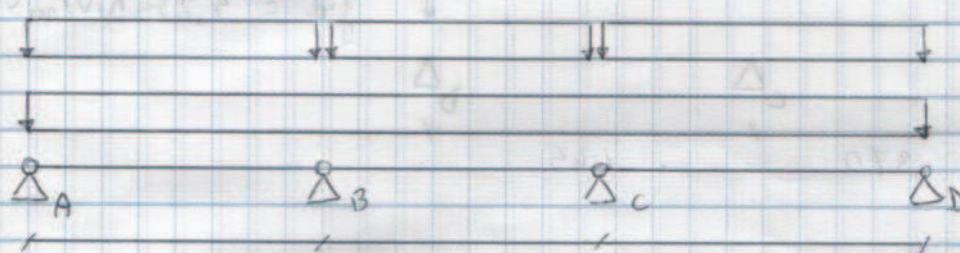
- MASSIMIZZO NODO C





$$g_{2d} + q_d = 4,8 \text{ kN/m}$$

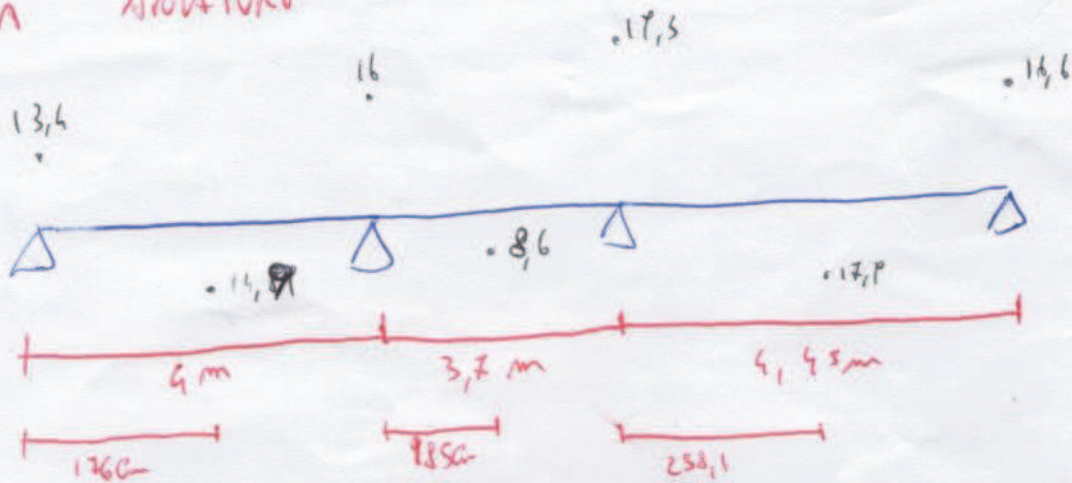
$$g_{1d} = 5,23 \text{ kN/m}$$



$$(g_{2d} + q_d)/2 = 2,4 \text{ kN/m}$$

$$g_{1d}/2 = 2,62 \text{ kN/m}$$

QUANTITA' ARMATURA



CAMPATA AB

$$A_s = \frac{M_{AB}}{0,9 \cdot f_{yd}} = \frac{14,9 \text{ kNm}}{0,9 \cdot 0,22 \text{ m} \cdot 381,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 10 = 1,92 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{trav}} = \frac{1,72 \text{ cm}^2}{3} = 0,57 \text{ cm}^2$$

CAMPATA BC

$$A_s = \frac{M_{BC}}{0,9 \cdot f_{yd}} = \frac{8,6 \text{ kNm}}{0,9 \cdot 0,22 \text{ m} \cdot 381,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 10 = 1,11 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{trav}} = \frac{1,11 \text{ cm}^2}{3} = 0,37 \text{ cm}^2$$

CAMPATA CD

$$A_s = \frac{M_{CD}}{0,9 \cdot f_{yd}} = \frac{17,9 \text{ kNm}}{0,9 \cdot 0,22 \text{ m} \cdot 381,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 10 = 2,3 \text{ cm}^2$$

$$A_{s_{trav}} = \frac{2,3 \text{ cm}^2}{3} = 0,77 \text{ cm}^2$$

~~APPENDICE~~ APPENDICE 14

$$A_s = \frac{M_A}{\sigma_s \cdot d \cdot f_{ud}} = \frac{13,4 \text{ kNm}}{0,9 \cdot 0,22 \text{ m} \cdot 321,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 10 = 1,73 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ trav}} = \frac{1,73 \text{ cm}^2}{3} = 0,58 \text{ cm}^2$$

APPENDICE B

$$A_s = \frac{M_B}{\sigma_s \cdot d \cdot f_{ud}} = \frac{16 \text{ kNm}}{0,9 \cdot 0,22 \text{ m} \cdot 321,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 10 = 2,06 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ trav}} = \frac{2,06 \text{ cm}^2}{3} = 0,69 \text{ cm}^2$$

APPENDICE C

$$A_s = \frac{M_C}{\sigma_s \cdot d \cdot f_{ud}} = \frac{14,3 \text{ kNm}}{0,9 \cdot 0,22 \text{ m} \cdot 321,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 10 = 2,49 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ trav}} = \frac{2,49 \text{ cm}^2}{3} = 0,83 \text{ cm}^2$$

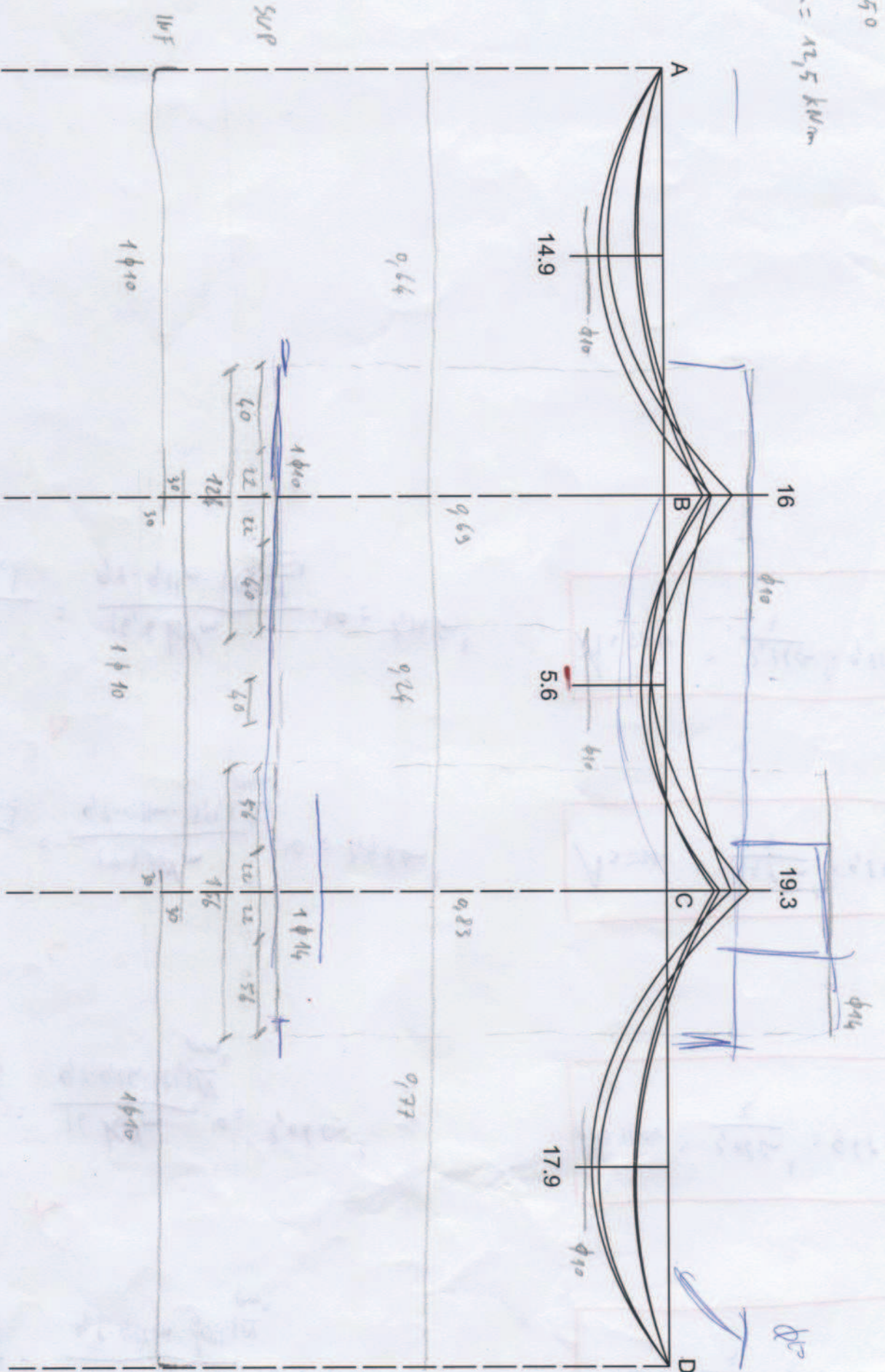
APPENDICE D

$$A_s = \frac{M_D}{\sigma_s \cdot d \cdot f_{ud}} = \frac{16,6 \text{ kNm}}{0,9 \cdot 0,22 \text{ m} \cdot 321,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} \cdot 10 = 2,14 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \text{ trav}} = \frac{2,14 \text{ cm}^2}{3} = 0,71 \text{ cm}^2$$

1:50

16m = 12.5 kN/m



$$V_{Rd} = \left[0,18 K \sqrt{\frac{100 C_R f_{ck}}{\gamma_c}} + 0,15 \sigma_{cp} \right] b_w d =$$

$$C_c = \frac{A_s l}{b_w d} \leq 0,02$$

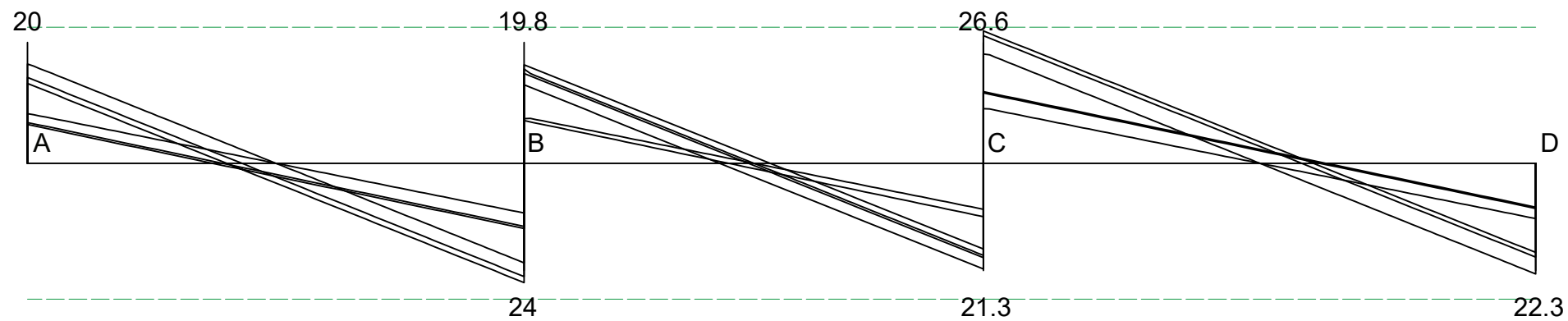
$$A_s = 9785 \cdot 3 = 2,355 \text{ cm}^2 \Rightarrow C_c = \frac{2,355}{24 \cdot 21,5} = 0,0046$$

$$K = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}} \leq 2 \Rightarrow 1 + \sqrt{\frac{200}{21,5}} = 1,76$$

$$V_{Rd} = \left[0,18 \cdot 1,76 \cdot \sqrt{\frac{100 \cdot 0,0046 \cdot 25}{1,5}} + 0 \right] \frac{24 \cdot 21,5}{10} = 27,59 \text{ kN}$$

$$\left[0,035 \sqrt{K^3 f_{ck}} + 0,15 \sigma_{cp} \right] b_w d =$$

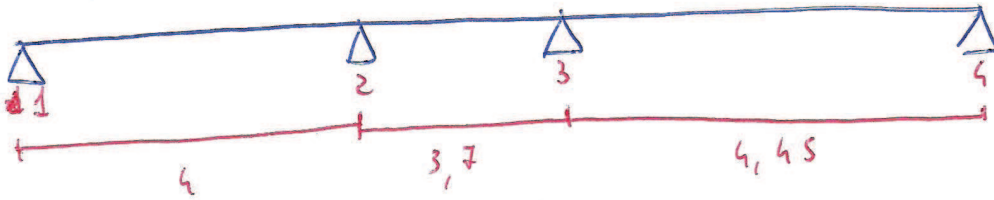
$$= \left[0,035 \sqrt{1,76^3 \cdot 25} + 0 \right] \frac{24 \cdot 21,5}{10} = 24,78$$



$V_{rd} = 27.39 \text{ KN}$



NO 2



Coefficienti di ripartizione NO 2

$i=2$ $i=1$

$$\frac{S_2^{i-1}}{S_2^{i-1} + S_1^i} = \frac{0,7502}{0,7502 + 1,0802} = 0,41$$

$$\frac{S_1^i}{S_1^i + S_2^{i-1}} = \frac{1,0802}{1,0802 + 0,7502} = 0,59$$

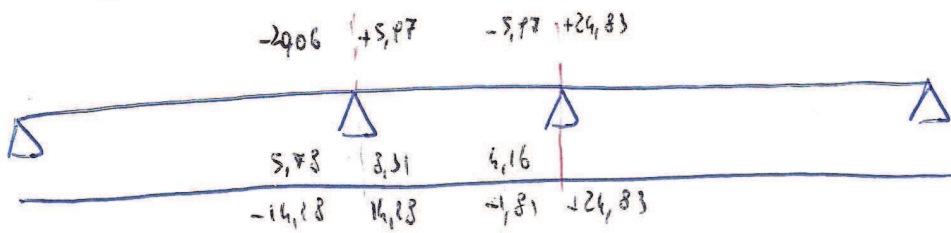
$$\Delta m_2^{i-1} = (-m_1^{i-1} - m_2^{i-1}) \cdot 0,41 = 5,78 \text{ kNm}$$

$$\Delta m_1^i = (-m_2^{i-1} + m_1^i) \cdot 0,59 = 8,31 \text{ kNm}$$

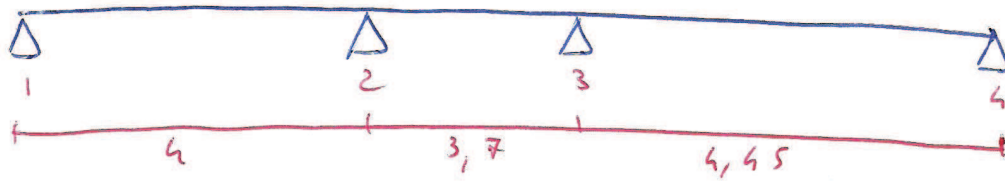
$$\Delta m_1^{i-1} = \frac{S_{12}^{i-1}}{S_2^{i-1}} \cdot \Delta m_2^{i-1} = 0$$

ASTA	1	2	3
$m_1(\varphi)$	0	-5,97	24,83
$m_2(\varphi)$	-20,06	-5,97	0
S_1	0	1,0802	0,6710
S_2	0,7502	1,0802	0
S_{12}	0	0,5401	0

$$\Delta m_2^i = \frac{S_{12}^i}{S_1^i} \cdot \Delta m_1^i = 0,5 \cdot 8,31 \text{ kNm} = 4,16 \text{ kNm}$$



NODO 3



Coefficient d'apertures NODO 3

$i=3$ $i-1=2$

$$\frac{S_2^{i-1}}{S_2^{i-1} + S_1^i} = \frac{1,0801}{1,0801 + 0,67401} = 0,62$$

$$\frac{S_1^i}{S_1^i + S_2^{i-1}} = \frac{0,67401}{0,67401 + 1,0801} = 0,38$$

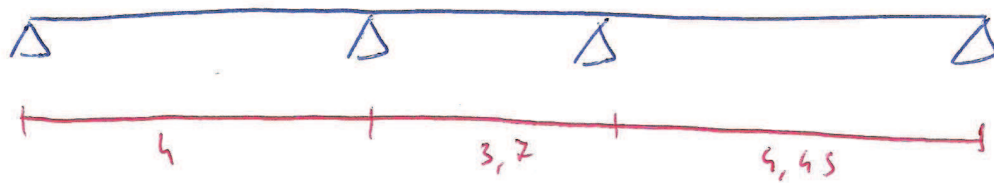
$$\Delta m_2^{i-1} = (-m_1^i - m_2^{i-1}) \cdot 0,62 = 14,3 \text{ kNm} \quad \Delta m_1^i = (-m_2^{i-1} - m_1^i) \cdot 0,38 = 8,7 \text{ kNm}$$

$$\Delta m_1^{i-1} = \frac{S_{12}^{i-1}}{S_2^{i-1}} \cdot \Delta m_2^{i-1} = 0,5 \cdot 14,3 \text{ kNm} = 7,15 \text{ kNm}$$

$$\Delta m_2^i = \frac{S_{12}^i}{S_1^i} \cdot \Delta m_1^i = 0$$

-14,28	+14,13	-18,1	+24,83
-7,15	-14,3	-8,7	
-14,28	+7,13	-16,18	+16,13

NODO 2 - 2° giro



Coefficienti di ripartizione NODO 2

$i = 2$

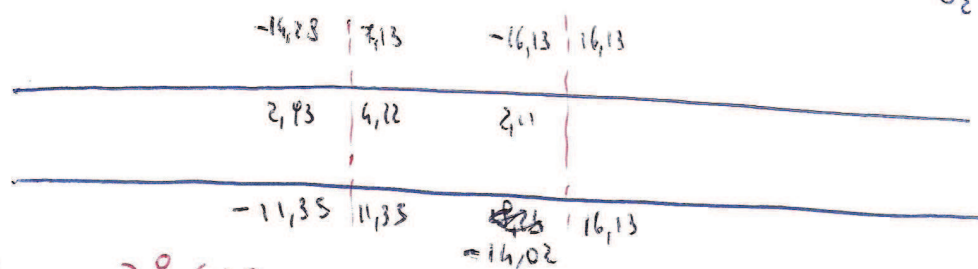
$i-1 = 1$

$$\Delta m_2^{i-1} = (-m_1^{i-1} - m_2^{i-1}) \cdot 0,41 = 2,93 \text{ kNm}$$

$$\Delta m_1^i = (-m_2^{i-1} - m_1^i) \cdot 0,59 = 4,22 \text{ kNm}$$

$$\Delta m_1^{i-1} = \frac{f_{12}^{i-1}}{f_2^{i-1}} \cdot \Delta m_2^{i-1} = 0$$

$$\Delta m_2^i = \frac{f_{12}^i}{f_2^i} \cdot \Delta m_1^i = 0,5 \cdot 4,22 = 2,11 \text{ kNm}$$



NODO 3 - 2° giro

$i = 3$

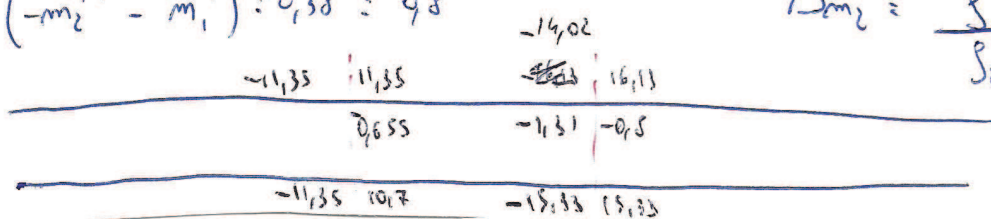
$i-1 = 2$

$$\Delta m_2^{i-1} = (-m_1^{i-1} - m_2^{i-1}) \cdot 0,62 = 1,31 \text{ kNm}$$

$$\Delta m_1^i = (-m_2^{i-1} - m_1^i) \cdot 0,38 = 0,8$$

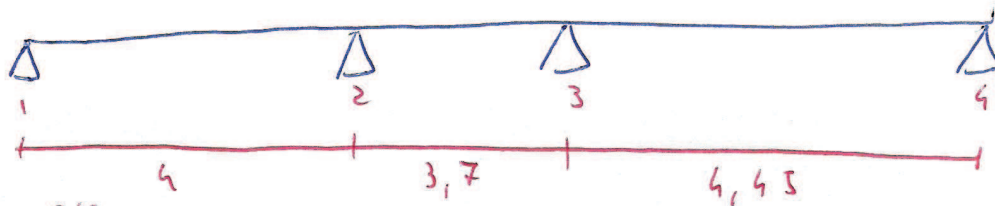
$$\Delta m_1^{i-1} = \frac{f_{12}^{i-1}}{f_2^{i-1}} \cdot \Delta m_2^{i-1} = 0,655$$

$$\Delta m_2^i = \frac{f_{12}^i}{f_2^i} \cdot \Delta m_1^i = 0$$



NO 10

2 - 3° giro



$$\Delta m_2^{i-1} = (-m_1^i - m_2^{i-1}) \cdot 0.65 = 0.27 \text{ KNm}$$

$$\Delta m_1^i = (-m_2^{i-1} - m_1^i) \cdot 0.59 = 0.38 \text{ KNm}$$

$$\Delta m_1^{i-1} = \frac{f_{12}^{i-1}}{f_{12}^{i-1}}, \Delta m_2^{i-1} = 0$$

$$\Delta m_2^i = \frac{f_{12}^i}{f_{12}^i}, \Delta m_1^i = 0.19 \text{ KNm}$$

-11.35	10.7	-15.33	15.33
0.27	0.38	0.19	
-11.08	11.08	-15.14	15.33

NO 10

3 - 3° giro

$$\Delta m_2^{i-1} = (-m_1^i - m_2^{i-1}) \cdot 0.62 = 0.18 \text{ KNm}$$

$$\Delta m_1^i = (-m_2^{i-1} - m_1^i) \cdot 0.38 = 0.07 \text{ KNm}$$

$$\Delta m_1^{i-1} = \frac{f_{12}^{i-1}}{f_{12}^{i-1}}, \Delta m_2^{i-1} = 0.059 \text{ KNm}$$

$$\Delta m_2^i = \frac{f_{12}^i}{f_{12}^i}, \Delta m_1^i = 0$$

-11.08	11.08	-15.14	15.33
0.06	0.07	0.07	
-11.08	11.08	-15.26	15.26

$$\Delta M_{AB} = 14,08 \text{ kNm}$$

$$f_{AB} = \frac{3EI}{L} = \frac{3EI}{4}$$

$$f_{BC} = \frac{4EI}{L} = \frac{4EI}{3,7}$$

$$\Delta M_{AB} = 14,08 \text{ kNm} \cdot \frac{\frac{3EI}{4}}{\frac{4EI}{3,7} + \frac{3EI}{4}} = 14,08 \text{ kNm} \cdot \frac{0,75}{1,082 + 0,75} = 5,77$$

$$\Delta M_{AB} = 5,77 \text{ kNm} \cdot \frac{\frac{4EI}{3,7}}{\frac{4EI}{3,7} + \frac{3EI}{4}} = 3,52 \text{ kNm}$$

Allegato B

$$A'_s = \frac{\Delta M}{(d-c) s' f_{ud}} = d$$

$$A'_s =$$

$$\Delta M = M_{ed} - M_{ed, A'_s=0}$$

$$M_{ed, A'_s=0} = \frac{b d^2}{\pi^2} =$$

DETERMINAZIONE CARICHI TRAVE 107

Campata A-B

Lsol.1	4.45	m	α_1	1.2
Lsol.2	3.7	m	α_2	1.1
Lsbal.	0	m		

carico	sviluppo	gd	qd	gd+qd
Solaio	4.705	24.65	22.58	47.23
Balconi e terrazzini	0	0.00	0.00	0.00
Scala parte in c.a. parte in acciaio				
Trave emergente	1	5.49		5.49
Trave a spessore				
Tramezzi				
Tamponature				
TOTALE		30.1	22.6	52.7

Campata B-C

Lsol.1	4.45	m	α_1	1.1
Lsol.2	3.7	m	α_2	1.1
Lsbal.	0	m		

carico	sviluppo	gd	qd	gd+qd
Solaio	4.4825	23.48	21.52	45.00
Balconi e terrazzini	0	0.00	0.00	0.00
Scala parte in c.a. parte in acciaio				
Trave emergente				
Trave a spessore	1	3.32		3.32
Tramezzi				
Tamponature	0.5	3.14		3.14
TOTALE		29.9	21.5	51.5

Campata C-D

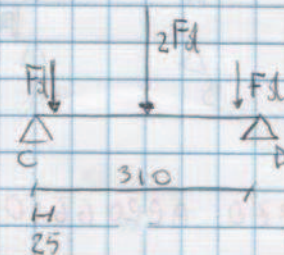
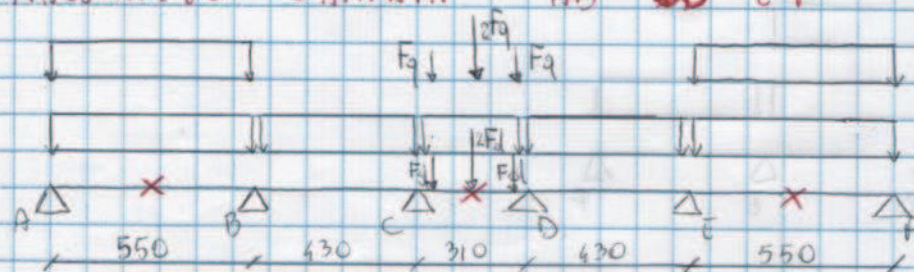
Lsol.1	0	m	α_1	1
Lsol.2	0	m	α_2	1
Lsbal.	0	m		

carico	sviluppo	gd	qd	gd+qd
Solaio	0	0.00	0.00	0.00
Balconi e terrazzini	0	0.00	0.00	0.00
Scala parte in c.a. parte in acciaio				
Trave emergente				
Trave a spessore	1	3.32		3.32
Tramezzi				
Tamponature				
TOTALE		3.3	0.0	3.3

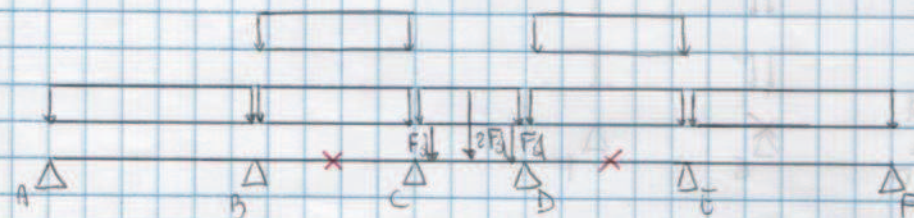
DETERMINAZIONE FORZE CONCENTRATE SCALA IN CAMPATA C-D

Lgradino	1.3	m	Ak	1.3	m ²
Lscala	4	m	Fkgrad.	1.092	KN
Dgradino	0.03	m	Fdgrad.	1.4196	KN
γ_{marmo}	28	KN/m ³	Fkupn	0.4	KN
			Fdupn	0.52	KN
Pupn	0.2	KN/m			
Pgradino	0.84	KN/m ²	Fd	1.94	KN
q_k	4	KN/m ²	Fq	7.80	KN
q_d	6	KN/m ²			

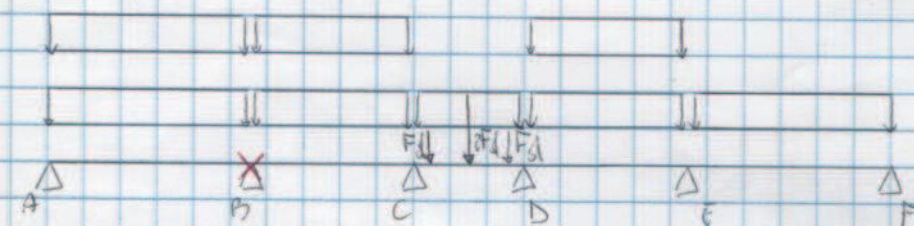
MASSIMIZZO CAMPATA AB - ED EF



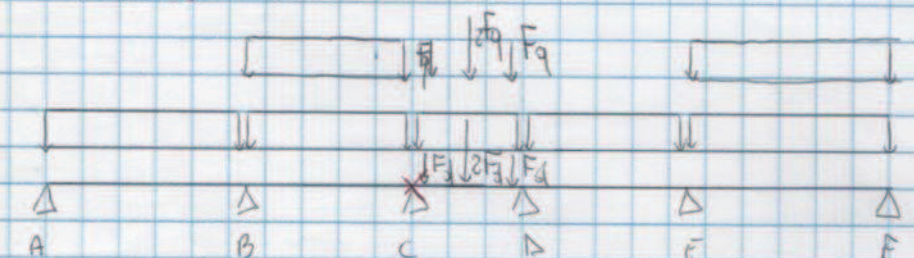
MASSIMIZZO CAMPATA BC - DE



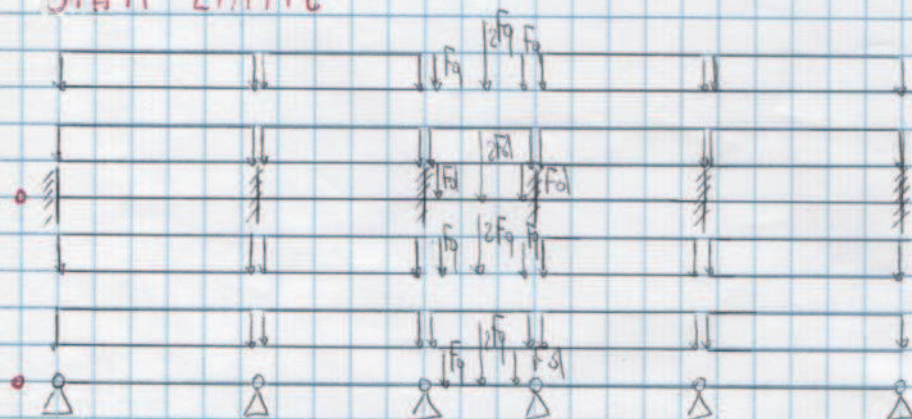
MASSIMIZZO APPOGGIO B



MASSIMIZZO APPOGGIO C

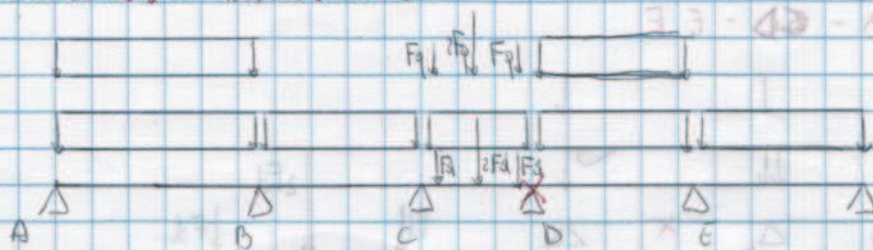


STATI LIMITE

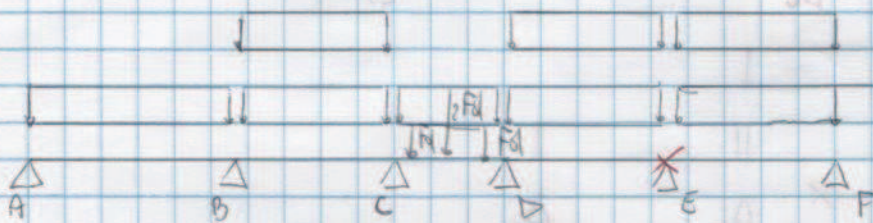


1/2

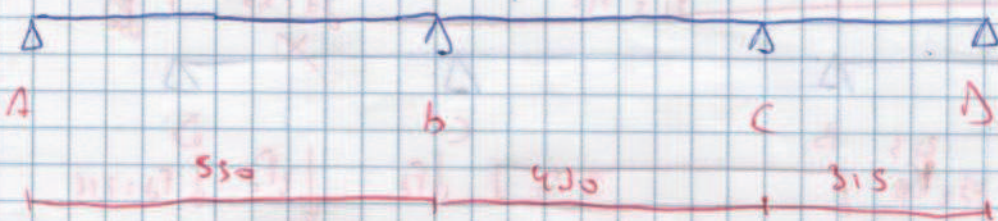
MASSIMIZZO APPOGGIO D



MASSIMIZZO APPOGGIO E



CARPATA



$$M_{AB} = 55,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{(5,50)^2}{12} = 160,91 \text{ kN}\cdot\text{m}$$

$$M_{ed} = \frac{b \cdot d^2}{\pi^2} = 0 \quad d = \pi \cdot \sqrt{\frac{M_{ed}}{b}} = 0,31 \text{ m}$$

$$h = d + c = 0,31 \text{ m} + 0,035 \text{ m} = 0,425 \text{ m} \quad h = 0,45 \text{ m}$$

$$M_{ed} = \frac{b \cdot d^2}{\pi^2} \quad d = \pi \cdot \sqrt{\frac{M_{ed}}{b}}$$

$$M_{AB} = 55,1 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{(5,50)^2}{8} = 211,4 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad h = 0,55 \text{ m}$$

$$M_{ed} = \frac{b \cdot d^2}{\pi^2} \quad d = \pi \cdot \sqrt{\frac{M_{ed}}{b}} = 0,48 \text{ m} \quad h = d + c = 0,48 \text{ m} + 0,035 \text{ m} = 0,513 \text{ m}$$

$$M_{ed} = 56 \cdot \frac{(5,50)^2}{10} = 167,4 \text{ kN}\cdot\text{m} \quad h = 0,5 \text{ m}$$

$$M_{ed} = \frac{b \cdot d^2}{\pi^2} \quad d = \pi \cdot \sqrt{\frac{M_{ed}}{b}} = 0,43 \text{ m} \quad h = d + c = 0,43 + 0,035 = 0,465 \text{ m}$$

TRAVE A S Passo 10: $M_{ed} = \frac{qL^2}{10} = 54,7 \frac{\text{kN}}{\text{m}} \cdot \frac{(4,50 \text{ m})^2}{10} = 109,14 \text{ kN}\cdot\text{m}$

$$M_{ed} = \frac{b \cdot d^2}{\pi^2} \quad b = \frac{M_{ed} \cdot \pi^2}{d^2} = 0,71 \text{ m} \quad b = 0,8 \text{ m}$$

QUANTITÀ

ARMATURA

TRAVI:

CALCOLA

AB O

CF:

TRAVI

ORTOGONALI:

$L = 550 \text{ cm}$

$b = 30 \text{ cm}$ $h = 50 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_{ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} \Rightarrow A_s = \frac{159,800 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,9 \cdot 0,45 \text{ m} \cdot 391,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 10,09 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \phi 14} = \pi r^2 = 1,54 \text{ cm}^2 \Rightarrow N_{\phi 14} = \frac{A_s}{A_{s \phi 14}} = \frac{10,09 \text{ cm}^2}{1,54 \text{ cm}^2} = 6,55 \Rightarrow 7$$

$$A_{s \phi 20} = \pi r^2 = 3,14 \text{ cm}^2 \Rightarrow N_{\phi 20} = \frac{A_s}{A_{s \phi 20}} = \frac{10,09 \text{ cm}^2}{3,14 \text{ cm}^2} = 3,21 \Rightarrow 4$$

CALCOLA

BC O

DO:

TRAVI

SPESSORE:

$L = 450 \text{ cm}$ $b = 30 \text{ cm}$ $h = 25 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_{ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} \Rightarrow A_s = \frac{65200 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,9 \cdot 0,21 \text{ m} \cdot 391,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 8,54 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \phi 14} = \pi r^2 = 1,54 \text{ cm}^2 \Rightarrow N_{\phi 14} = \frac{A_s}{A_{s \phi 14}} = \frac{8,54 \text{ cm}^2}{1,54 \text{ cm}^2} = 5,54 \Rightarrow 6$$

$$A_{s \phi 20} = \pi r^2 = 3,14 \text{ cm}^2 \Rightarrow N_{\phi 20} = \frac{A_s}{A_{s \phi 20}} = \frac{8,54 \text{ cm}^2}{3,14 \text{ cm}^2} = 2,72 \Rightarrow 3$$

CALCOLA

CD:

TRAVI

SPESSORE:

$L = 510 \text{ cm}$

$b = 80 \text{ cm}$ $h = 25 \text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_{ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} \Rightarrow A_s = \frac{11800 \text{ N} \cdot \text{m}}{0,9 \cdot 0,21 \text{ m} \cdot 391,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1,58 \text{ cm}^2$$

$$A_{s \phi 14} = \pi r^2 = 1,54 \text{ cm}^2 \Rightarrow N_{\phi 14} = \frac{A_s}{A_{s \phi 14}} = \frac{1,58 \text{ cm}^2}{1,54 \text{ cm}^2} = 1,03 \Rightarrow 1$$

$$A_{s \phi 20} = \pi r^2 = 3,14 \text{ cm}^2 \Rightarrow N_{\phi 20} = \frac{A_s}{A_{s \phi 20}} = \frac{1,58 \text{ cm}^2}{3,14 \text{ cm}^2} = 0,5 \Rightarrow 1$$

Appoggio A-F: TRAVI OTTOGONALI: $L=550\text{ cm}$ $b=30\text{ cm}$ $h=50\text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_{ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} \Rightarrow A_s = \frac{141200 \text{ N}\cdot\text{cm}}{0,9 \cdot 955 \text{ mm} \cdot 381,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 3,91 \text{ cm}^2 \quad \text{Appoggio B-G}$$

$$N_{s14} = \frac{3,91 \text{ cm}^2}{1,54 \text{ cm}^2} = 2,54 \Rightarrow 3 \quad N_{p20} = \frac{3,91 \text{ cm}^2}{3,14 \text{ cm}^2} = 1,24 \Rightarrow 1$$

Appoggio b-G: TRAVI SPESORE: $L=430\text{ cm}$ $b=60\text{ cm}$ $h=25\text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_{ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} \Rightarrow A_s = \frac{141200 \text{ N}\cdot\text{cm}}{0,9 \cdot 921 \text{ mm} \cdot 381,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 17,1 \text{ cm}^2$$

$$N_{s14} = \frac{17,1 \text{ cm}^2}{1,54 \text{ cm}^2} = 11,1 \Rightarrow 12 \quad N_{p20} = \frac{17,1 \text{ cm}^2}{3,14 \text{ cm}^2} = 5,45 \Rightarrow 6$$

Appoggio C-D: TRAVI SPESORE: $L=310\text{ cm}$ $b=30\text{ cm}$ $h=25\text{ cm}$

$$A_s = \frac{M_{ed}}{0,9 \cdot d \cdot f_{yd}} \Rightarrow A_s = \frac{84300 \text{ N}\cdot\text{cm}}{0,9 \cdot 911 \text{ mm} \cdot 381,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 11,4 \text{ cm}^2$$

$$N_{s14} = \frac{11,4 \text{ cm}^2}{1,54 \text{ cm}^2} = 7,4 \Rightarrow 8 \quad N_{p20} = \frac{11,4 \text{ cm}^2}{3,14 \text{ cm}^2} = 3,63 \Rightarrow 4$$

QUANTITA' ARMATURA TRAVI:

CAMPATA AB & GF: TRAVO EMERGENTE:

$$A_s = \frac{M_{ed}}{\sigma_s \cdot d \cdot f_{ud}} \Rightarrow A_s = \frac{159800 \text{ N}\cdot\text{m}}{98 \cdot 965 \text{ mm} \cdot 381,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 19,01 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\phi 18} = \pi n^2 = 2,545 \text{ cm}^2 \Rightarrow N_{\phi 18} = \frac{A_s}{A_{s\phi 18}} = \frac{19,01 \text{ cm}^2}{2,54 \text{ cm}^2} = 3,76 \Rightarrow 4$$

$$A_{s\phi 14} = \pi n^2 = 1,54 \text{ cm}^2$$

CAMPATA BC & DE: TRAVO SOTTOPORTO

$$A_s = \frac{M_{ed}}{\sigma_s \cdot d \cdot f_{ud}} \Rightarrow A_s = \frac{63200 \text{ N}\cdot\text{m}}{98 \cdot 921 \text{ mm} \cdot 381,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 8,54 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\phi 18} = \pi n^2 = 2,545 \text{ cm}^2 \Rightarrow N_{\phi 18} = \frac{A_s}{A_{s\phi 18}} = \frac{8,54 \text{ cm}^2}{2,545 \text{ cm}^2} = 3,35 \Rightarrow 4$$

$$A_{s\phi 14} = \pi n^2 = 1,54 \text{ cm}^2$$

CAMPATA CD: TRAVO SOTTOPORTO

$$A_s = \frac{M_{ed}}{\sigma_s \cdot d \cdot f_{ud}} \Rightarrow A_s = \frac{11200 \text{ N}\cdot\text{m}}{98 \cdot 921 \text{ mm} \cdot 381,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 1,57 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\phi 14} = \pi n^2 = 1,54 \text{ cm}^2$$

$$A_{s\phi 18} = \pi n^2 = 2,545 \text{ cm}^2$$

$$A_s = \frac{1,57 \text{ cm}^2}{1,54 \text{ cm}^2} = 1,03 \Rightarrow 2$$

Approccio

A-F :

TRAVI

SPORCONE

$$A_s = \frac{M_{ed}}{0,7 \cdot d \cdot f_{ud}}$$

=>

$$A_s = \frac{141200 \text{ N}\cdot\text{mm}}{0,7 \cdot 0,45 \text{ m} \cdot 391,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 8,11 \text{ cm}^2$$

$$N_{p18} = \frac{8,11 \text{ cm}^2}{2,545 \text{ cm}^2} = 3,5 \Rightarrow 4$$

Approccio

B-U :

TRAVI

SPORCONE

$$A_s = \frac{M_{ed}}{0,7 \cdot d \cdot f_{ud}}$$

=>

$$A_s = \frac{141200 \text{ N}\cdot\text{mm}}{0,7 \cdot 0,42 \text{ m} \cdot 391,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 11,1 \text{ cm}^2$$

$$N_{p18} = \frac{11,1 \text{ cm}^2}{2,545 \text{ cm}^2} = 7,5 \Rightarrow 8$$

Approccio

C-D :

TRAVI

SPORCONE

$$A_s = \frac{M_{ed}}{0,7 \cdot d \cdot f_{ud}}$$

=>

$$A_s = \frac{34300 \text{ N}\cdot\text{mm}}{0,7 \cdot 0,21 \text{ m} \cdot 391,5 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 11,4 \text{ cm}^2$$

$$N_{p18} = \frac{11,4 \text{ cm}^2}{2,545 \text{ cm}^2} = 4,48 \Rightarrow 5$$

AB - EF

4/18

BC - DG

5/18

CD

4/14

A - F

6/18

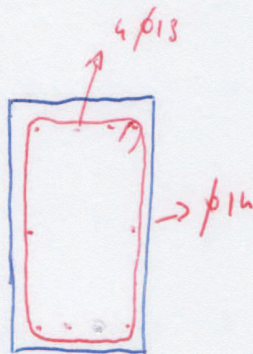
B - E

7/18

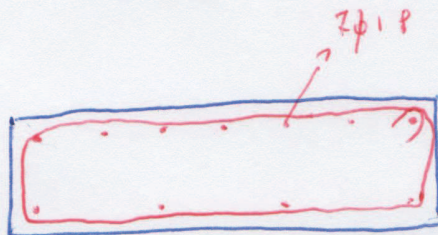
C - D

5/18

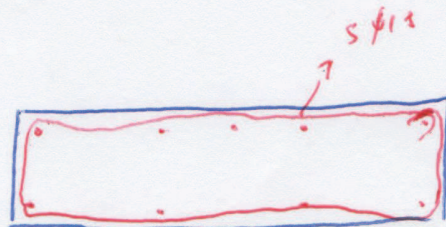
AB - EF



BC - DG



CD



Cover Page

4

C

6

6

Cover Page

414

20

AB - EF

$$3\phi_{20} + 2\phi_{16}$$

BTORU

BC - DD

$$2\phi_{20} + 2\phi_{16} / 3\phi_{20}$$

SPOSSOPO

SPOSSORU

CD

$$1\phi_{20}$$

A - F

$$2\phi_{20} + 2\phi_{16} / 3\phi_{20}$$

BTORU

B - G

$$4\phi_{20} + 6\phi_{16} / 7\phi_{20}$$

SPOSSORO

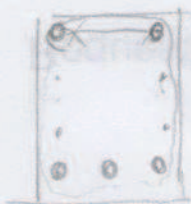
C - D

$$2\phi_{20} + 4\phi_{16} / 5\phi_{20} + 2\phi_{16} / 4\phi_{20}$$

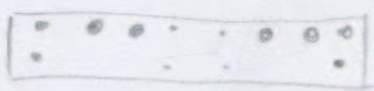
~~2\phi_{20}~~

AB - EF

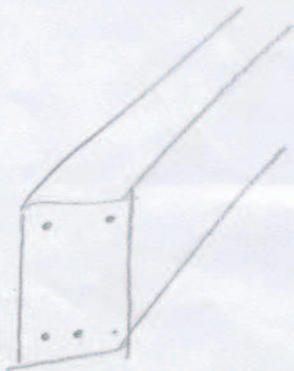
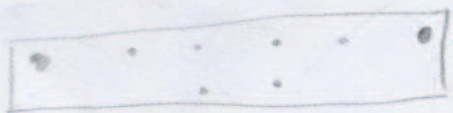
AB - EF

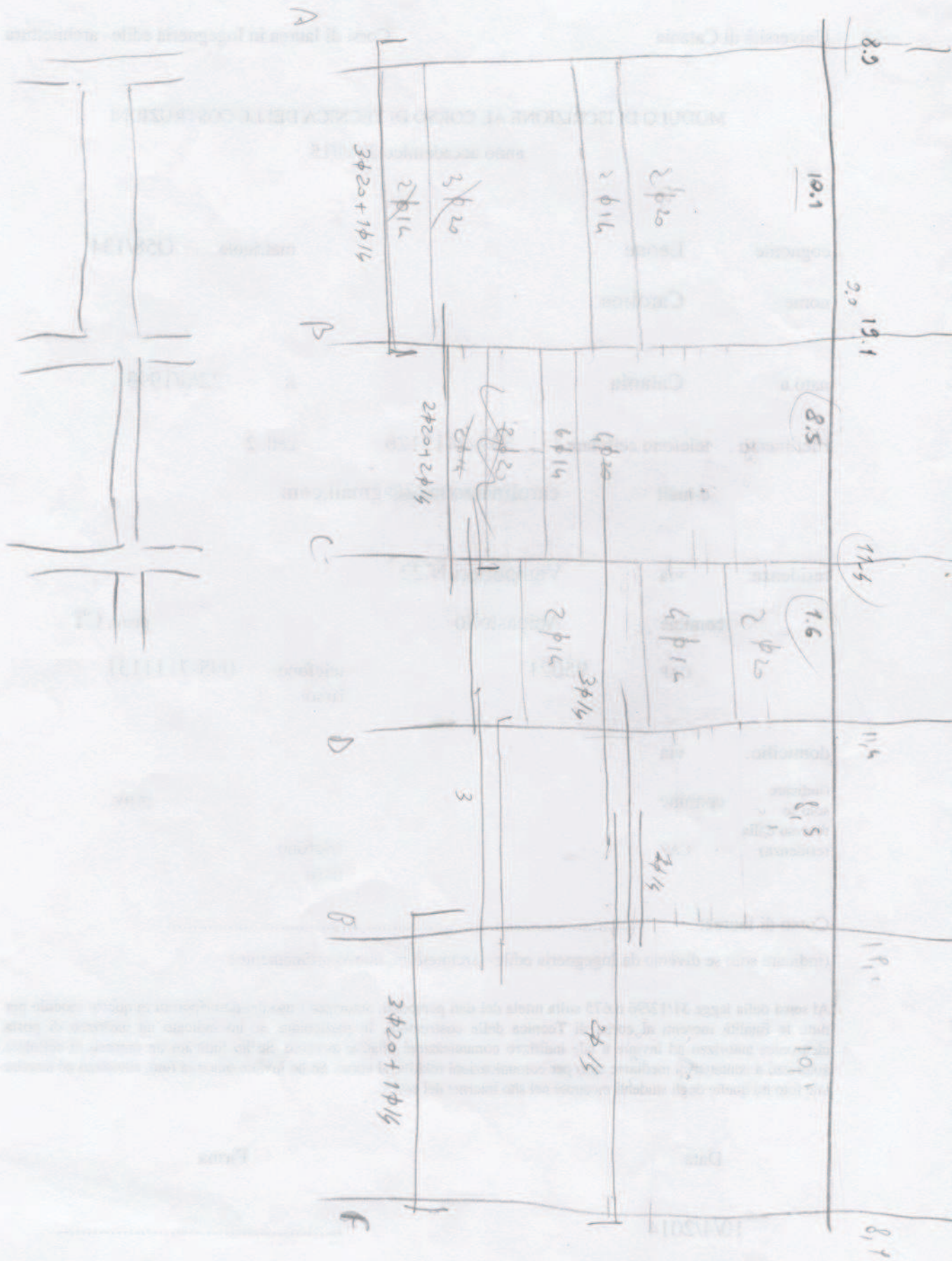


BC - DD



CD





CALCOLO ARMATURA A TAGLIO:

$$V_{rd, max} = b_w \cdot z \cdot V \cdot \alpha \cdot \frac{f_{ctd}}{1 + \cot^2 \theta}$$

OTERGOINTO: $V_{rd, max} = 30 \text{ cm} \cdot (0,4 \cdot 45 \text{ cm}) \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot \frac{16,17 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{z}{s} = 344,33 \text{ kN}$

SPASSO RO: $V_{rd, max} = 72 \text{ cm} \cdot (0,4 \cdot 21 \text{ cm}) \cdot 0,5 \cdot 1 \cdot \frac{16,17 \text{ N}}{\text{mm}^2} \cdot \frac{z}{s} = 385,65 \text{ kN}$

$$b_w = \min(b; zc + d_{plata})$$

$$V_{rd, st} = \frac{A_{st}}{s} \cdot f_{ud} \cdot z \cdot \cot \theta$$

OTERGOINTO: $V_{rd, st} = \frac{100,531 \text{ mm}^2}{0,2 \text{ m}} \cdot 311,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,4 \cdot 0,45 \text{ m} \cdot z = 158,32 \text{ kN}$

SPASSO RO: $V_{rd, st} = \frac{200,062 \text{ mm}^2}{0,15 \text{ m}} \cdot 311,3 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,4 \cdot 0,21 \text{ m} \cdot z = 198,27 \text{ kN}$

S (TRAVE OTERGOINTO): $s \leq \frac{M_b \cdot A_{st}}{1,5 b} \Rightarrow s \leq \frac{2 \cdot 50 \text{ mm}^2}{0,45 \text{ m}} = 0,22 \Rightarrow 0,1$

S (TRAVE SPASSO RO): $s \leq \frac{M_b \cdot A_{st}}{1,5 b} \Rightarrow s \leq \frac{4 \cdot 50 \text{ mm}^2}{0,68 \text{ m}} = 0,18 \Rightarrow 0,15$

$$\cot \theta = ? \quad d = 20 \text{ cm} \quad \sqrt{e} = 0,5$$

$$z = p, e \downarrow$$

$$V_{rd, \max} = b_w \cdot z \cdot V \cdot \alpha \cdot f_{cd} \cdot \frac{\cot \theta}{1 + \cot \theta}$$

$$V_{rd, st} = \frac{A_{st}}{s} \cdot f_{yd} \cdot z \cdot \cot \theta$$

$\phi 8$

SPESSORO

$$l_{max} = \min \left(\frac{l}{4}, z + \frac{d}{2} \right) = 72$$

1 $s \leq 33 \text{ cm}$

2 $s \leq 0,8 d$

$s \leq 36$

e

$s \leq 16,8$

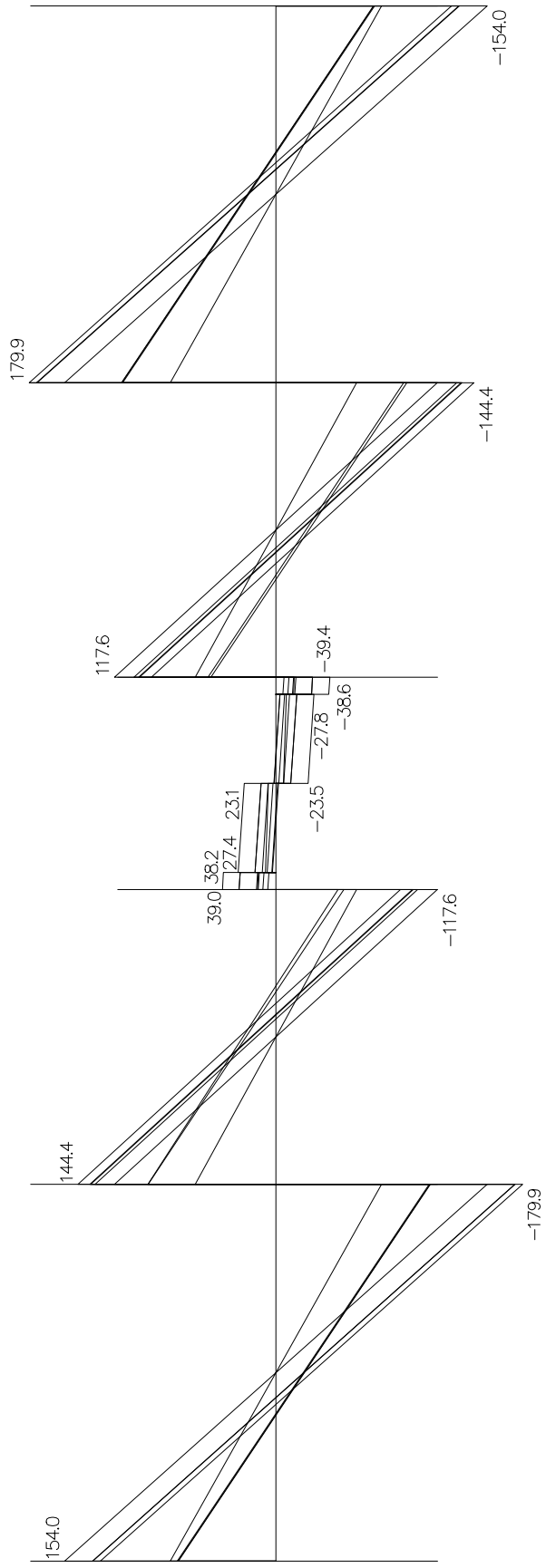
3 $\frac{A_{st}}{s} \geq 1,5 \frac{b}{l} (\text{mm})$

$\frac{A_{st}}{1,5 \cdot 5} \geq s \Rightarrow$

$s \leq \frac{z \cdot 0,5}{1,5 \cdot \frac{A_{st}}{450 \text{ mm}}} = 0,21 \Rightarrow$

$$V_{rd, st} = \frac{1,00551 \text{ N/mm}^2}{0,21 \text{ mm}} \cdot 243 \text{ cm}^2 \cdot \frac{\text{N}}{\text{mm}^2} \cdot 0,9 \cdot 200 \text{ mm} \cdot z = 159,32 \text{ kN}$$

$s \leq \frac{1,5}{450} \cdot \frac{A_{st}}{0,5} = 0,13 \Rightarrow$



ANALISI DEI CARICHI AGENTI SUI PILASTRI E DIMENSIONAMENTO

Il numero dei piani dell'edificio è 7. Il carico variabile viene considerato massimo agli ultimi due piani (100%) e si riduce del 10% negli altri piani, senza andare mai al di sotto del 50% del carico variabile massimo. Consideriamo un valore medio da moltiplicare ad ogni piano così ottenuto:

$$(1+1+0,9+0,8+0,7+0,6+0,5) / 7 = 0,78 \sim 0,8$$

Dunque ad ogni piano il carico unitario sarà ottenuto nel seguente modo:

$$q = g_d + 0,8 q_d$$

Il peso proprio dei pilastri sarà stimato secondo la seguente formula:

$$(n/100) \times q_{tot}$$

Dove n è il numero di piani.

Dopo aver valutato lo sforzo normale agente su ogni pilastro (N_{ed}) l'area di calcestruzzo necessaria per la sezione trasversale sarà calcolata tramite la seguente formula:

$$A_c > N_{ed} / f_{cd}$$

L'area necessaria per la sezione trasversale delle barre sarà ottenuta tramite le seguenti formule, (scegliendo l'area maggiore tra le due):

$$A_s > 0,2 N_{ed} / f_{yd}$$

$$A_{s,min} > 0,6\% A_c$$

Pilastro 1-5

Lsol(sup. dx)	0	m	α (sup. dx)	0	Lt dx	5.35	m	α dx	1
Lsol(sup. sx)	0	m	α (sup. sx)	0	Lt sx	0	m	α sx	0
Lsol(Inf. dx)	3.85	m	α (Inf. dx)	1					
Lsol(Inf. sx)	0	m	α (Inf. sx)	0					

carico	Area inf.	gd	0.8 qd	gd+0.8 qd
Solaio	5.15	36.25	12.36	48.60
Balconi e terrazzini				
Scala				
parte in c.a.				
Trave emergente	4.6	25.24		25.24
Trave a spessore				
Tramezzi				
Tamponature	4.6	28.88		28.88
Tot.		90.4	12.4	102.7
Peso proprio	7	100	0.07	7.19
TOTALE				109.9

SEZIONE							As		
Piano	Ned	Ac	L2	L1	L2'	Ac	As(nec.)	As(ver.)	As
7	109.9	77.6	2.6	30	X 30	900	0.56	5.40	5.40
6	219.8	155.2	5.2	30	X 30	900	1.12	5.40	5.40
5	329.7	232.9	7.8	30	X 30	900	1.69	5.40	5.40
4	439.7	310.5	10.3	30	X 30	900	2.25	5.40	5.40
3	549.6	388.1	12.9	30	X 30	900	2.81	5.40	5.40
2	659.5	465.7	15.5	30	X 30	900	3.37	5.40	5.40
1	769.4	543.4	18.1	30	X 30	900	3.93	5.40	5.40

Pilastro 2-4

Lsol(sup. dx)	0	m	α (sup. dx)	0	Lt.d.x	6	m	α dx	1.1
Lsol(sup. sx)	0	m	α (sup. sx)	0	Lt.s.x	5.35	m	α s.x	1.2
Lsol(inf. dx)	3.85	m	α (inf. dx)	1					
Lsol(inf. sx)	3.85	m	α (inf. sx)	1					

carico	Area inf.	gd	0.8 qd	gd+0.8 qd
Solaio	12.53	88.21	30.08	118.29
Balconi e terrazzini	0.76	3.58	4.54	8.12
Scala				
parte in c.a.				
parte in acciaio				
Trave emergente	6.51	35.71		35.71
Trave a spessore				
Tramezzi				
Tamponature	6.51	40.88		40.88
Tot.		168.4	34.6	203.0
Peso proprio	7	100	0.07	14.21
TOTALE				217.2

SEZIONE									
Piano	Ned	Ac	L2	L1	L2'	Ac	As(nec.)	As(ver.)	As
7	217.2	153.4	5.1	30	X 30	900	1.11	5.40	5.40
6	434.4	306.8	10.2	30	X 30	900	2.22	5.40	5.40
5	651.6	460.2	15.3	30	X 30	900	3.33	5.40	5.40
4	868.8	613.6	20.5	30	X 30	900	4.44	5.40	5.40
3	1086.0	767.0	25.6	30	X 30	900	5.55	5.40	5.55
2	1303.2	920.4	30.7	30	X 40	1200	6.66	7.20	7.20
1	1520.4	1073.7	35.8	30	X 40	1200	7.77	7.20	7.77

Pilastro 3

Lsol(sup. dx)	0	m	α (sup. dx)	0	α dx	1.1
Lsol(sup. sx)	0	m	α (sup. sx)	0	α sx	1.1
Lsol(Inf. dx)	3.85	m	α (Inf. dx)	1.1		
Lsol(Inf. sx)	3.85	m	α (Inf. sx)	1.1		

Lt.dx	6	m	α dx	1.1
Lt.sx	6	m	α sx	1.1

carico		Area infl.	gd	0.8 qd	gd+0.8 qd
Solaio		13.98	98.37	33.54	131.91
Balconi e terrazzini		7.26	34.35	43.56	77.91
Scala	parte in c.a.				
Trave emergente	parte in acciaio	6.6	36.21		36.21
Trave a spessore					
Tramezzi					
Tamponature		8.71	54.69		54.69
Tot.			223.6	77.1	300.7

Peso proprio	7	100	0.07	21.05
TOTALE				321.8

SEZIONE						
Piano	Ned	Ac	L2	L1	L2'	Ac
7	321.8	227.2	7.6	30	X 30	900
6	643.6	454.5	15.1	30	X 30	900
5	965.3	681.7	22.7	30	X 30	900
4	1287.1	909.0	30.3	30	X 30	900
3	1608.9	1136.2	37.9	30	X 40	1200
2	1930.7	1363.5	45.4	30	X 50	1500
1	2252.4	1590.7	53.0	30	X 60	1800

As(nec.)	As(ver.)	As
1.64	5.40	5.40
3.29	5.40	5.40
4.93	5.40	5.40
6.58	5.40	6.58
8.22	7.20	8.22
9.87	9.00	9.87
11.51	10.80	11.51

Pilastro 6-11

Lsol(sup. dx)	3.85	m	α (sup. dx)	1.2	α dx	1
Lsol(sup. sx)	0	m	α (sup. sx)	0	α sx	0
Lsol(Inf. dx)	3.85	m	α (Inf. dx)	1		
Lsol(Inf. sx)	0	m	α (Inf. sx)	0		

Lt.dx	5.35	m	α dx	1
Lt.sx	0	m	α sx	0

carico		Area infl.	gd	0.8 qd	gd+0.8 qd
Solaio		11.33	79.74	27.19	106.93
Balconi e terrazzini					
Scala	parte in c.a.				
Trave emergente	parte in acciaio	6.7	36.76		36.76
Trave a spessore					
Tramezzi					
Tamponature		4.04	25.37		25.37
Tot.			141.9	27.2	169.1

Peso proprio	8	100	0.08	13.52
TOTALE				182.6

SEZIONE						
Piano	Ned	Ac	L2	L1	L2'	Ac
7	182.6	128.9	4.3	30	X 30	900
6	365.2	257.9	8.6	30	X 30	900
5	547.7	386.8	12.9	30	X 30	900
4	730.3	515.8	17.2	30	X 30	900
3	912.9	644.7	21.5	30	X 30	900
2	1095.5	773.6	25.8	30	X 30	900
1	1278.1	902.6	30.1	30	X 40	1200

As(nec.)	As(ver.)	As
0.93	5.40	5.40
1.87	5.40	5.40
2.80	5.40	5.40
3.73	5.40	5.40
4.67	5.40	5.40
5.60	5.40	5.60
6.53	7.20	7.20

Pilastro	7-10

$A_S(\text{ver.})$	$A_S(\text{ver.})$	A_S
1.43	5.40	5.40
2.85	5.40	5.40
4.28	5.40	5.40
5.70	5.40	5.70
7.13	7.20	7.20
8.55	7.20	8.55
9.98	9.00	9.98

pilastro 8-9

$A_S(\text{rec.})$	$A_S(\text{ver.})$	A_S
1.09	5.40	5.40
2.18	5.40	5.40
3.26	5.40	5.40
4.35	5.40	5.40
5.44	5.40	5.44
6.53	7.20	7.20
7.62	7.20	7.62

Pilastro 12-17

As(nec.)	As(ver.)	As
1.07	5.40	5.40
2.14	5.40	5.40
3.21	5.40	5.40
4.28	5.40	5.40
5.35	5.40	5.40
6.42	5.40	6.42
7.49	7.20	7.49

pilastró 13-16

As(nec.)	As(ver.)	As
1.47	5.40	5.40
2.95	5.40	5.40
4.42	5.40	5.40
5.89	5.40	5.89
7.37	7.20	7.37
8.84	9.00	9.00
10.31	9.00	10.31

Pilastro 14-15

Lsol(sup. dx)	3.85	m	α (sup. dx)	1	Lt.dx	2.8	m	α dx	1
Lsol(sup. sx)	3.85	m	α (sup. sx)	1.1	Lt.sx	4.45	m	α sx	1.1
Lsol(inf. dx)	0	m	α (inf. dx)	0					
Lsol(inf. sx)	4.45	m	α (inf. sx)	1.1					
carico									
Solaio	13.87	Area infl.	gd	0.8 qd	gd+0.8 qd				
Balconi e terrazzini			97.62	33.28	130.90				
Scala									
parte in c.a.									
parte in acciaio									
Trave emergente	4.37		23.97		23.97				
Trave a spessore	3.85		12.76		12.76				
Tramezzi									
Tamponature	4.37		27.44		27.44				
Tot.			161.8	33.3	195.1				
F scala					19.48				
Peso proprio	7		100	0.07	13.66				
TOTALE					228.2				

Piano	Ned	Ac	SEZIONE				As(nec.)	As(ver.)	As
			L2	L1	L2'	Ac			
7	228.2	161.2	5.4	30	X	30	1.17	5.40	5.40
6	456.4	322.3	10.7	30	X	30	2.33	5.40	5.40
5	684.6	483.5	16.1	30	X	30	3.50	5.40	5.40
4	912.8	644.7	21.5	30	X	30	4.67	5.40	5.40
3	1141.0	805.8	26.9	30	X	30	5.83	5.40	5.83
2	1369.3	967.0	32.2	30	X	40	7.00	7.20	7.20
1	1597.5	1128.2	37.6	30	X	40	8.16	7.20	8.16

Pilastro 18-23

Lsol(sup. dx)	4.45	m	α (sup. dx)	1	Lt.dx	5.5	m	α dx	1
Lsol(sup. sx)	0	m	α (sup. sx)	0	Lt.sx	0	m	α sx	0
Lsol(inf. dx)	0	m	α (inf. dx)	0					
Lsol(inf. sx)	0	m	α (inf. sx)	0					
carico									
Solaio	6.12	Area infl.	gd	0.8 qd	gd+0.8 qd				
Balconi e terrazzini			43.07	14.69	57.75				
Scala									
parte in c.a.									
parte in acciaio									
Trave emergente	4.98		27.32		27.32				
Trave a spessore									
Tramezzi									
Tamponature	4.98		31.27		31.27				
Tot.			101.7	14.7	116.3				
Peso proprio	7		100	0.07	8.14				
TOTALE					124.5				

Piano	Ned	Ac	SEZIONE				As(nec.)	As(ver.)	As
			L2	L1	L2'	Ac			
7	124.5	87.9	2.9	30	X	30	0.64	5.40	5.40
6	249.0	175.8	5.9	30	X	30	1.27	5.40	5.40
5	373.5	263.7	8.8	30	X	30	1.91	5.40	5.40
4	498.0	351.7	11.7	30	X	30	2.55	5.40	5.40
3	622.4	439.6	14.7	30	X	30	3.18	5.40	5.40
2	746.9	527.5	17.6	30	X	30	3.82	5.40	5.40
1	871.4	615.4	20.5	30	X	30	4.45	5.40	5.40

Pilastro 19-22

Lsol(sup. dx)	4,45	m	α (sup. dx)	1		Lt.dx	4,45	m	α dx	1,1
Lsol(sup. sx)	4,45	m	α (sup. sx)	1		Lt.sx	5,5	m	α sx	1,2
Lsol(inf. dx)	0	m	α (inf. dx)	0						
Lsol(inf. sx)	0	m	α (inf. sx)	0						

carico		Area infl.	gd	0,8 qd	gd+0,8 qd	
Solaio		7,34	51,68	17,62	69,31	
Balconi e terrazzini		7,65	36,20	45,90	82,10	
Scala	parte in c.a.					
Trave emergente	parte in acciaio	3,3	18,10		18,10	
Trave a spessore		2,45	8,12		8,12	
Tramezzi						
Tamponature		7,8	48,98		48,98	
Tot.			163,1	63,5	226,6	
Peso proprio		7	100	0,07	15,86	
TOTALE					242,5	

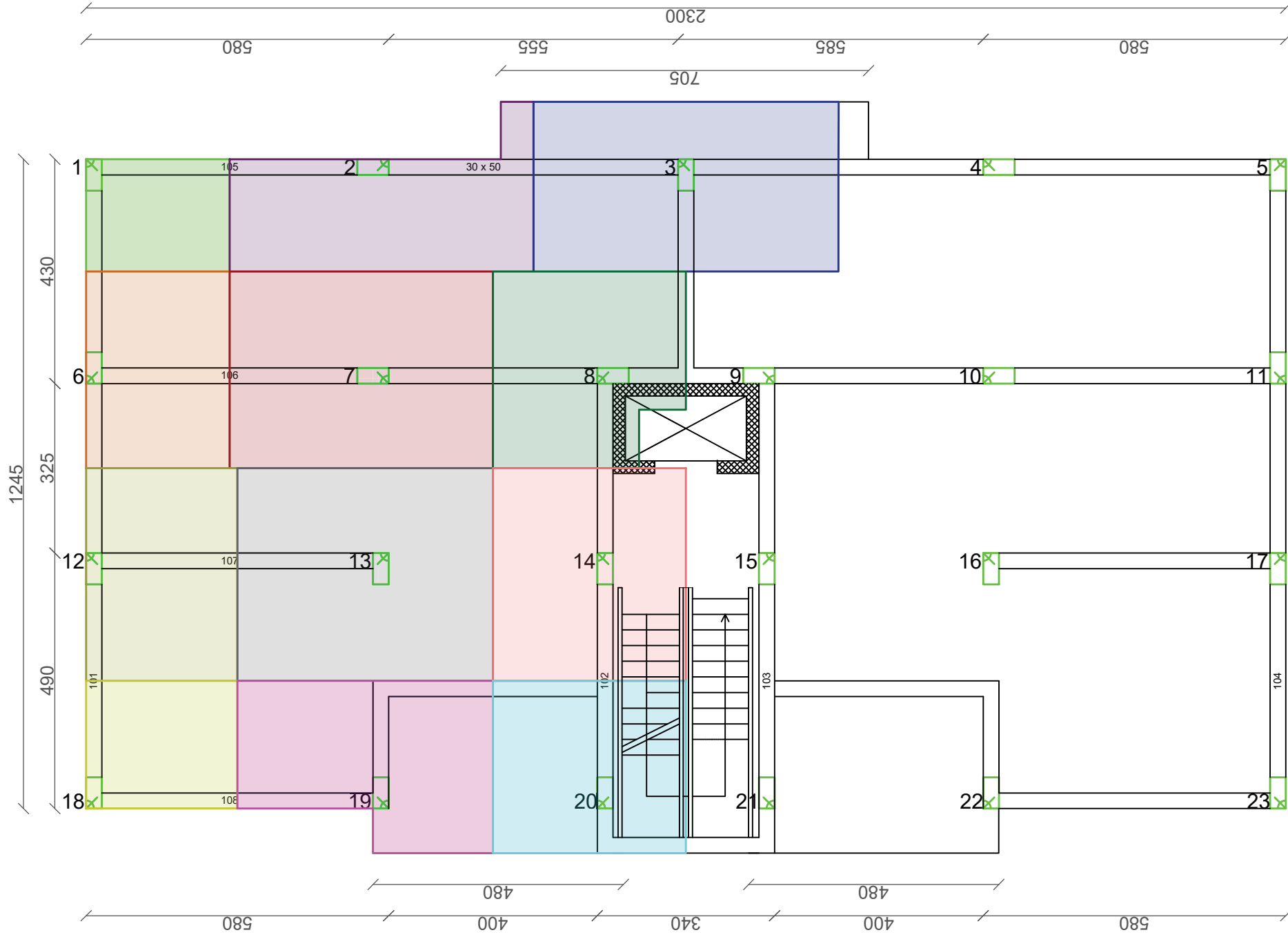
Piano	Ned	Ac	L2	SEZIONE			As(nec.)	As(ver.)	As
				L1	L2'	Ac			
7	242,5	171,2	5,7	30	X 30	900	1,24	5,40	5,40
6	484,9	342,5	11,4	30	X 30	900	2,48	5,40	5,40
5	727,4	513,7	17,1	30	X 30	900	3,72	5,40	5,40
4	969,9	684,9	22,8	30	X 30	900	4,96	5,40	5,40
3	1212,3	856,2	28,5	30	X 30	900	6,20	5,40	6,20
2	1454,8	1027,4	34,2	30	X 40	1200	7,44	7,20	7,44
1	1697,3	1198,7	40,0	30	X 40	1200	8,68	7,20	8,68

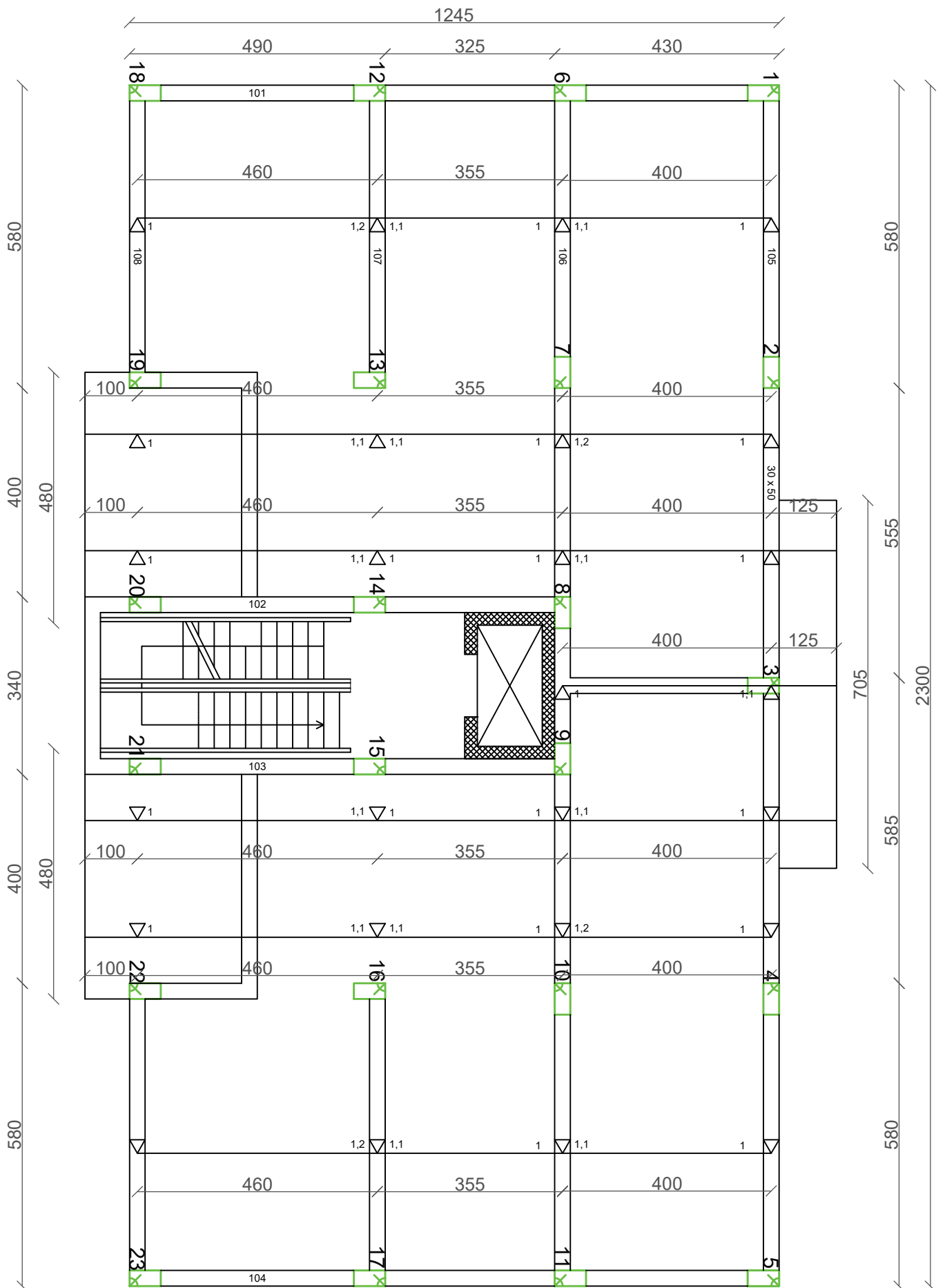
Pilastro 20-21

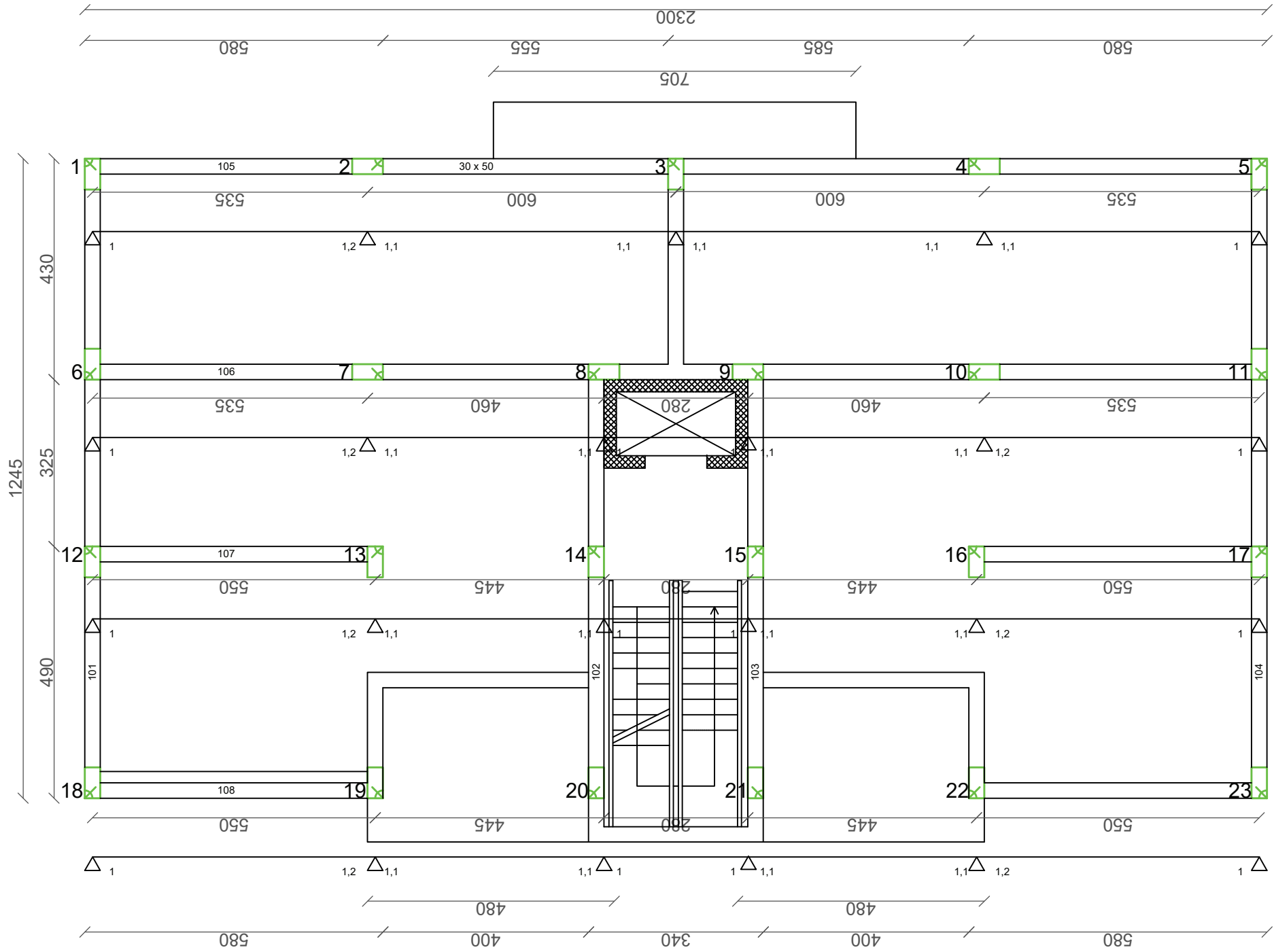
Lsol(sup. dx)	0	m	α (sup. dx)	0		Lt.dx	2,8	m	α dx	1
Lsol(sup. sx)	4,45	m	α (sup. sx)	1		Lt.sx	4,45	m	α sx	1,1
Lsol(inf. dx)	0	m	α (inf. dx)	0						
Lsol(inf. sx)	0	m	α (inf. sx)	0						

carico		Area infl.	gd	0,8 qd	gd+0,8 qd	
Solaio		0,00	0,00	0,00	0,00	
Balconi e terrazzini		7,33	34,69	43,98	78,67	
Scala	parte in c.a.					
Trave emergente	parte in acciaio	3,63	19,91		19,91	
Trave a spessore		2,45	8,12		8,12	
Tramezzi						
Tamponature		6,07	38,11		38,11	
Tot.			100,8	44,0	144,8	
F scala					19,48	
Peso proprio		7	100	0,07	10,14	
TOTALE					174,4	

Piano	Ned	Ac	L2	SEZIONE			As(nec.)	As(ver.)	As
				L1	L2'	Ac			
7	174,4	123,2	4,1	30	X 30	900	0,89	5,40	5,40
6	348,9	246,4	8,2	30	X 30	900	1,78	5,40	5,40
5	523,3	369,6	12,3	30	X 30	900	2,67	5,40	5,40
4	697,7	492,7	16,4	30	X 30	900	3,57	5,40	5,40
3	872,2	615,9	20,5	30	X 30	900	4,46	5,40	5,40
2	1046,6	739,1	24,6	30	X 30	900	5,35	5,40	5,40
1	1221,0	862,3	28,7	30	X 30	900	6,24	5,40	6,24

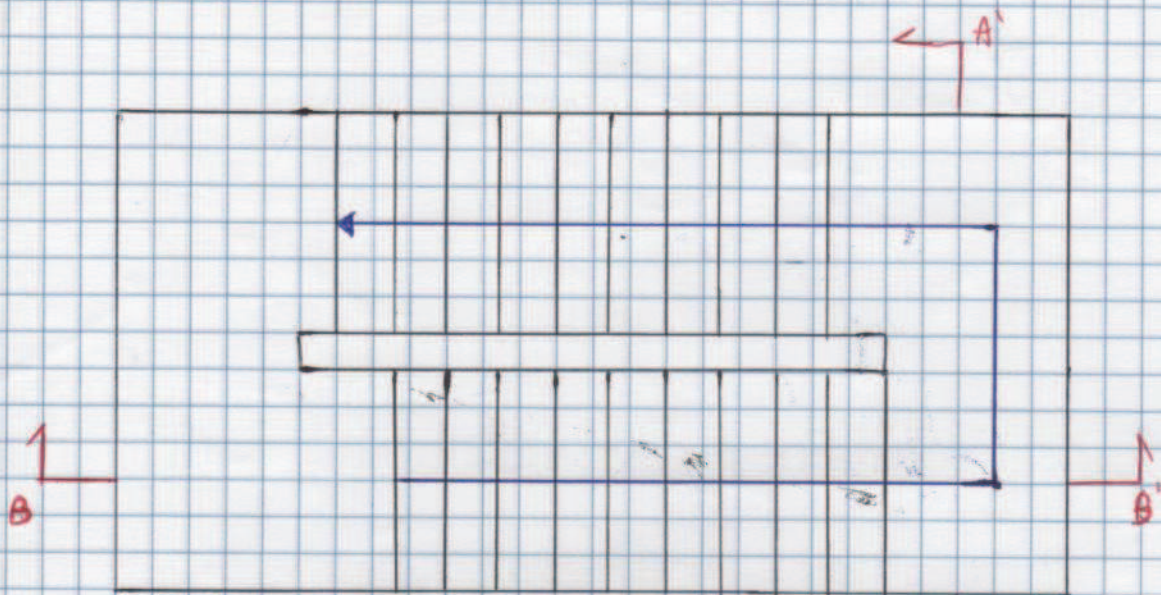




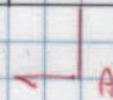


Freccia					
Lscala	3.95	m	L/250	0.0158	m
Iupn	1910	cm ⁴	L/300	0.01316667	m
f(per. + var.)	0.002	m	VERIFICA	PROGETTO	
			OK	301.3	cm ⁴
f(var.)	0.002	m	OK		

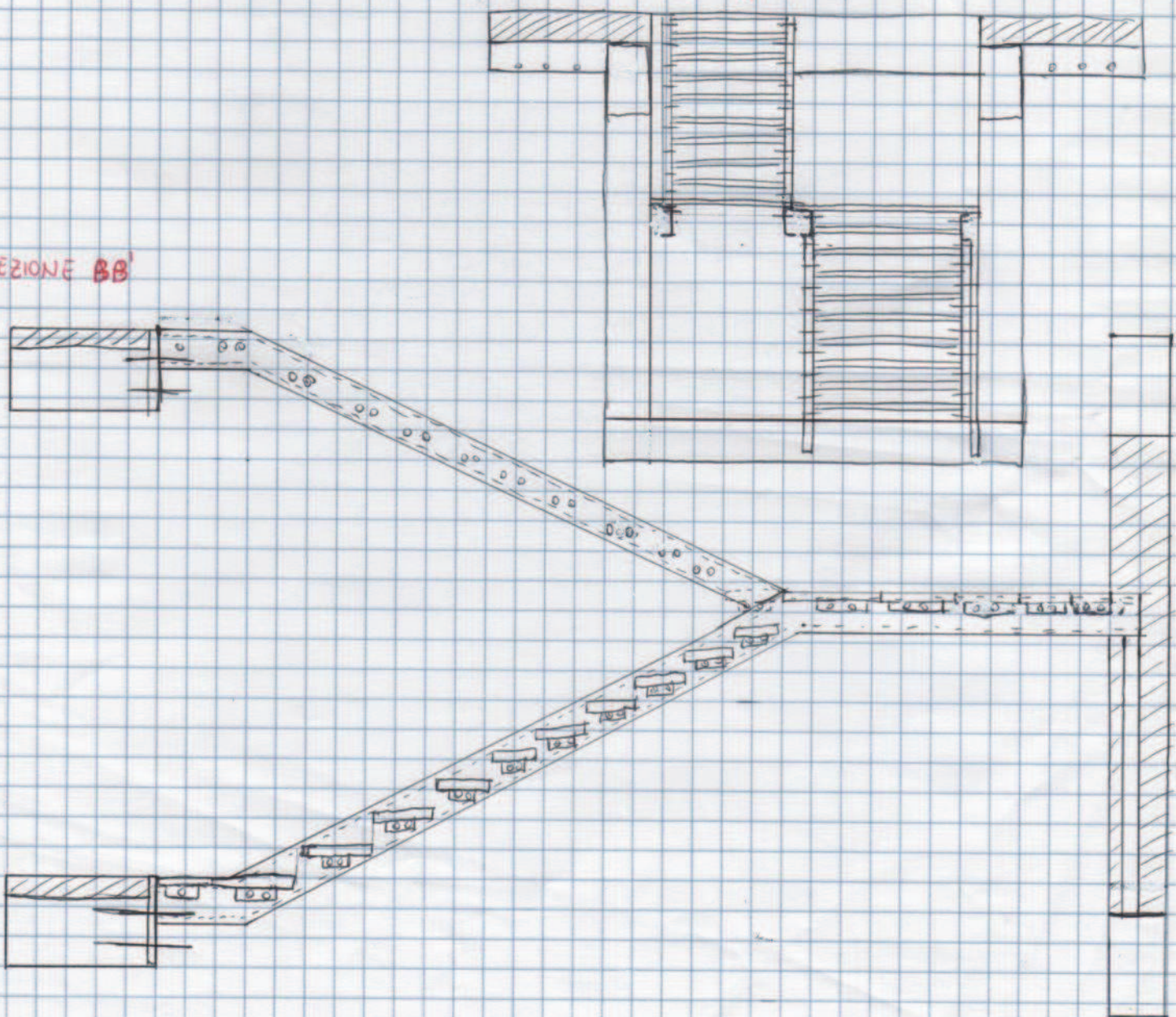
Verifica													
UPN													
Med	12.99	KNm	fy	235	Mpa	Mpl, rd	51.0	KNm	OK				
Ned	-6.67	KN	fu	360	Mpa	Npl, rd	720.7	KN	OK				
Ved	12.37	KN	Wpl	228	cm³	Vpl, rd	206.7	KN	OK				
			γm0	1.05									
			AUPN	32.2	cm²								
			AV UPN	16	cm²								
HEB													
Ned	-10.81	KN	AHEB	34	cm²	Npl, rd	761.0	KN	OK				
Bullone UPN													
fub	500	Mpa	γm2	1.25		Fv, rd	72.4	KN	30% Vpl, rd				
As res.(16)	150.8	mm²							OK				
n	2												
Piastra UPN													
α	0.926								Fb, rd	320.0	KN	30% Vpl, rd	
k	2.5								OK				
t	15	mm											
d	16	mm											
n	2												
Bullone pilastrino									Ft, rd	217.2	KN	30% Npl, rd	28% Npl, rd
n	4								N/D		OK		
fbd	2.7	Mpa							L	40	cm		
Saldatura HEB													
n	4		fv, wd	207.8	Mpa	L	3.3	mm					
βw	0.8								Lmin	30	mm		
a	4	mm											
Saldatura UPN													
n	4		fv, wd	207.8	Mpa	L	3.7	mm					
βw	0.8								Lmin	30	mm		
a	4	mm											



SEZIONE AA'



SEZIONE BB'

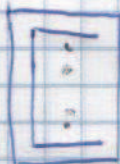
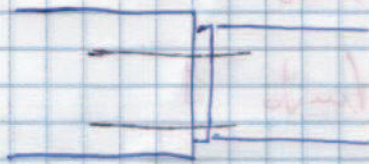


Collegamento:

Collegamento: Pompa - Piloni di legno

UPN 200: $A_v = 16 \text{ cm}^2$

S 235: $f_u = 235 \text{ MPa}$



$$V_{pl,Rd} = 9,47$$

$$V_{pl,Rd} = \frac{f_u}{\sqrt{3} \cdot \gamma_{M2}} \cdot A_v = \frac{235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{\sqrt{3} \cdot 1,25} \cdot 1600 \text{ mm}^2 = 206,75 \text{ kN}$$

Verifica del bullone a taglio e di rifollamento: Bullone p 16

$$F_{t,Rd} = 0,6 \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} \cdot A_{res} = 0,6 \cdot \frac{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,25} \cdot 150,8 \text{ mm}^2 = 36,2 \text{ kN}$$

$$A_{res} = 0,75 \cdot \frac{p^2}{4} = 150,8 \text{ mm}^2$$

Taglio: 1 Bullone porta 36,2 kN \Rightarrow 2 Bulloni resistono a 72,4 kN

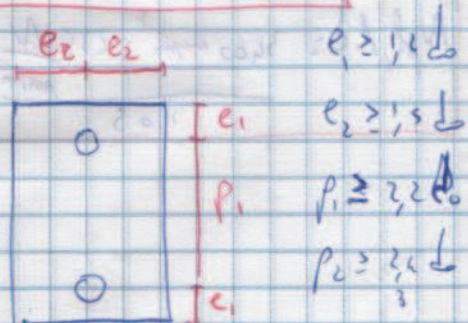
$$72,4 \text{ kN} > \geq 30\% \cdot V_{pl,Rd} \Rightarrow 72,4 > 62 \text{ ok}$$

$$F_{s,Rd} = 2 \cdot k \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}} \cdot d \cdot t \cdot m = 0,926 \cdot 2,5 \cdot \frac{360 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,25} \cdot 16 \text{ mm} \cdot 15 \text{ mm} \cdot 2 = 326 \text{ kN}$$

Rifollamento

$$k = \begin{cases} \max \left\{ 2,5; 2,8 \cdot \frac{e_2}{d_0} - 1,7; 1,4 \cdot \frac{p_2}{d_0} - 1,7 \right\} \\ \min \left\{ 1; \frac{f_{ub}}{f_u}; \frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - 0,25 \right\} \end{cases}$$

\downarrow
0,926



Collegamento: Pompa - Piloni di legno



$$F_{t,Rd} = A_{res} \cdot 0,9 \cdot \frac{f_{ub}}{\gamma_{M2}} = 0,9 \cdot 150,8 \text{ mm}^2 \cdot \frac{500 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,25} = 54,5 \text{ kN}$$

Per singolo bullone

$$\text{Totale: } 54,5 \text{ kN} \cdot 4 = 217,2 \text{ kN}$$

Verfahre Annahme:

UPN: $M_{ed} = 1,61 \text{ kNm}$ ~~(1-2)~~ Astre 1 Punkt 2

$V_{ed} = 9,47 \text{ kN}$ Astre 3 Punkt 2

~~HTB~~ $N_{ed} = -6,95 \text{ kN}$ Astre 1 Punkt 1

HTB: $N_{ed} = \pm 10,08$ Astre 4

Verfahre UPN: S 235 $f_y = 235 \text{ MPa}$

UPN 200: $A = 32,2 \text{ cm}^2$ $N_{pl} = 228 \text{ cm}^2$ $\gamma_{R0} = 1,05$

$$M_{pl, Rd} = \frac{228000 \text{ mm}^2 \cdot 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 51 \text{ kNm}$$

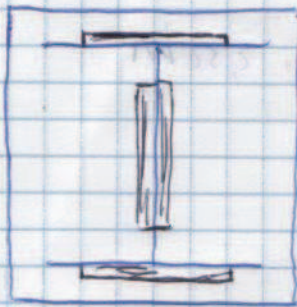
$$N_{pl, Rd} = \frac{3220 \text{ mm}^2 \cdot 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 76,7 \text{ kN}$$

Verfahre HTB: S 235 $f_y = 235 \text{ MPa}$

HTB 120: $A = 3400 \text{ mm}^2$

$$N_{pl, Rd} = \frac{3400 \text{ mm}^2 \cdot 235 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}}{1,05} = 761 \text{ kN}$$

Collagenb Rumpfe - Pilzschub:



$$N_d = 10,93 \text{ kN}$$

$$\frac{N_d}{L} = 2,52 \text{ kN}$$

$$\frac{F}{\phi L} = f_{cm} \Rightarrow$$

$$\frac{F}{\phi L} = \frac{f_{cm}}{\gamma_{s\beta w} \gamma_{m2}} \Rightarrow$$

$$\frac{F}{\phi L} = 207,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}$$

$$L = \frac{2,52 \text{ kN}}{207,8 \frac{\text{N}}{\text{mm}^2}} = 0$$

$$L = 2,52 \text{ mm}$$