



Andria 25 giugno 2010

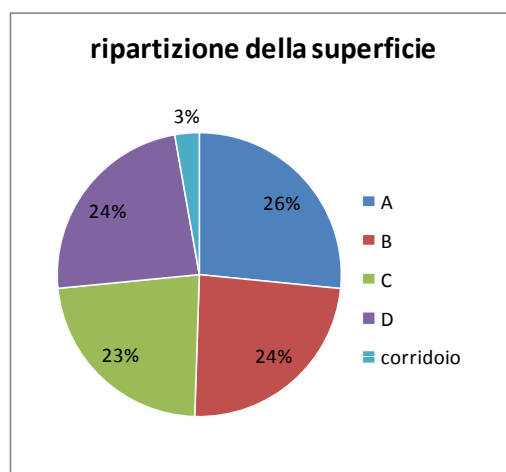
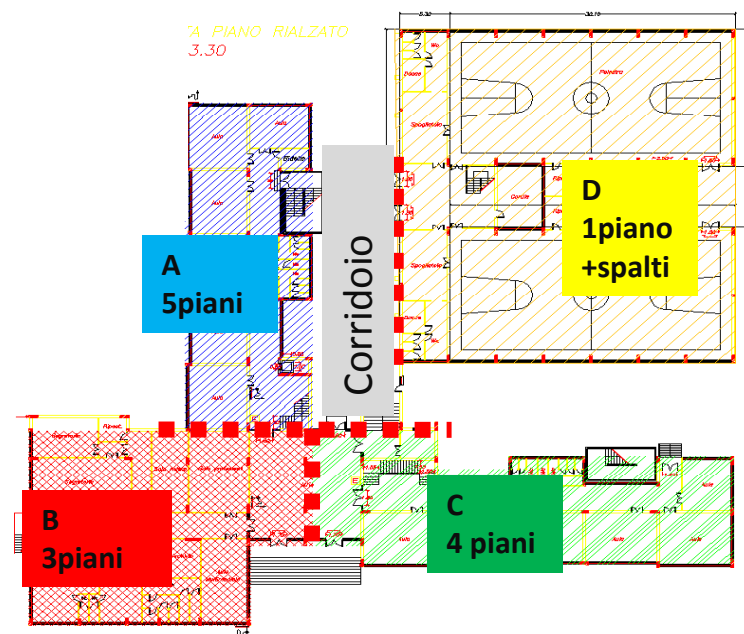
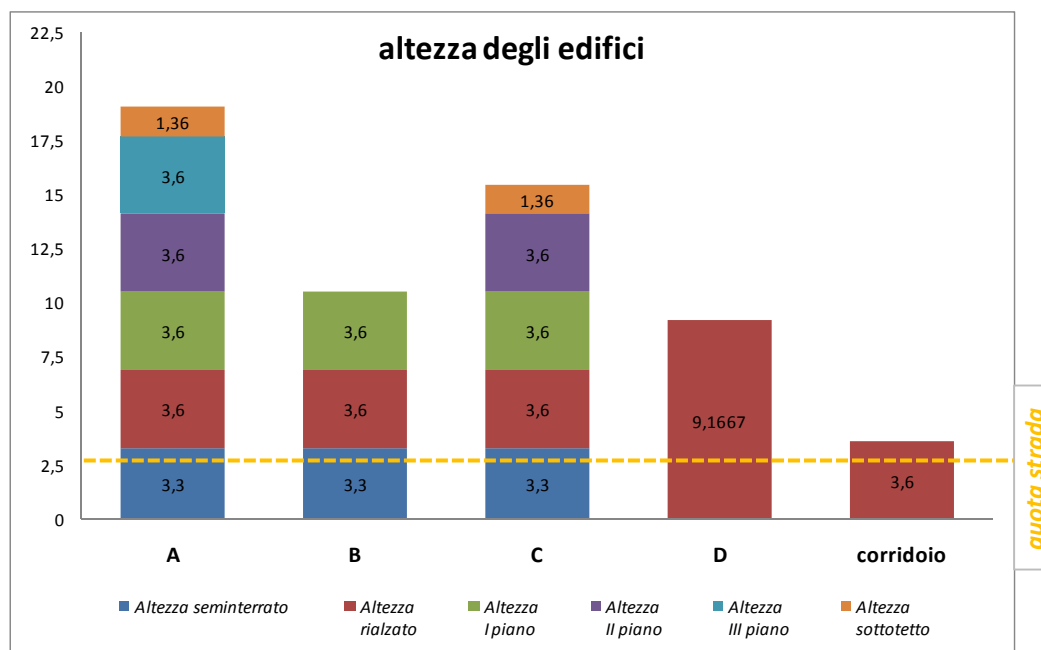
ADEGUAMENTO DI STRUTTURE ESISTENTI IN ZONA SISMICA

ADEGUAMENTO DI EDIFICI ESISTENTI

Prof. Ing. C. Nuti; Ing. A. Bergami

Edificio esistente nel Comune di Avezzano (L'Aquila)

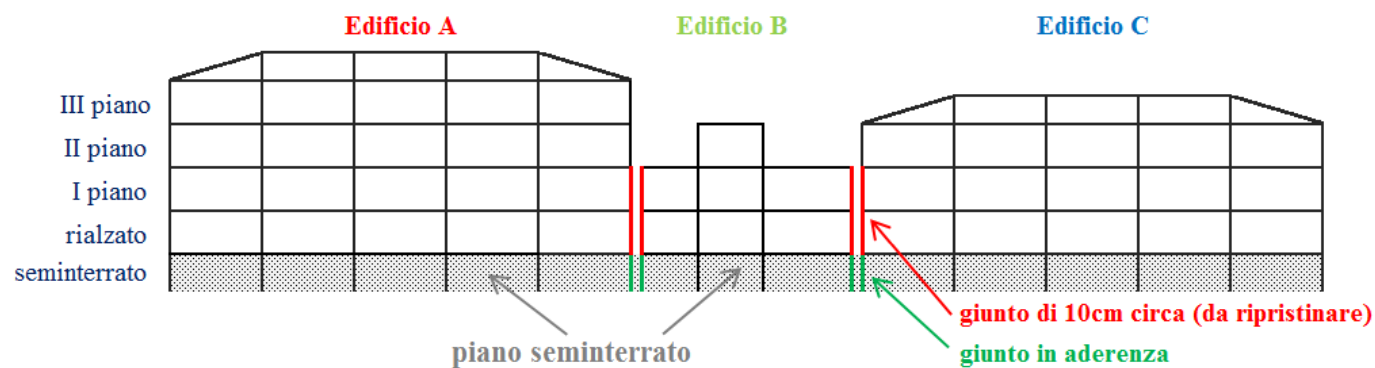
La struttura è costituita da quattro corpi di fabbrica: due edifici aule (A e C), un edificio destinato alla biblioteca ed agli uffici (B) ed uno destinato alle palestre (D)



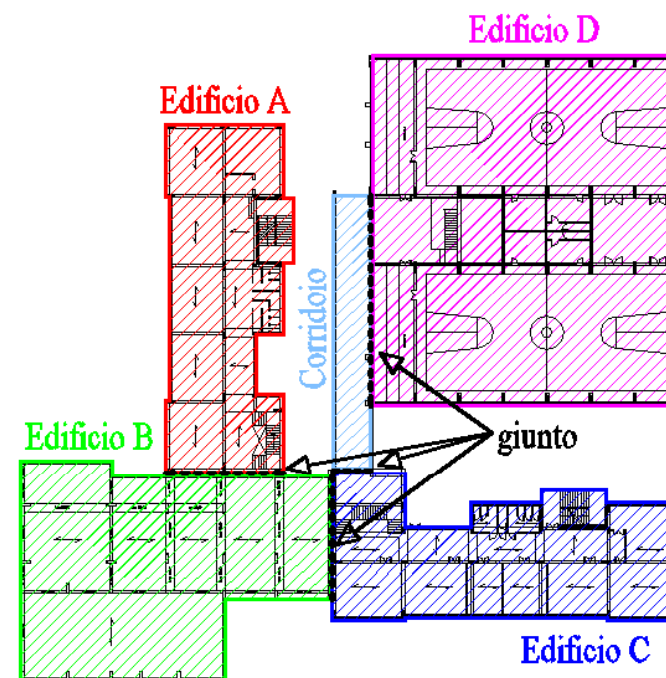
Edificio	Superficie Totale [m2]	Cubatura totale [m3]
A	3270	8483
B	2950	8495
C	2825	6881
D	2928	11540
corridoio	340	612
Tot	12313	36011



DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO DA ADEGUARE



4 corpi di fabbrica giuntati



Documentazione disponibile

TAVOLE EDIFICIO A

ing. Agostinelli; impresa Angelosante; 17-10-1970

TAV	1	carpenteria fondazioni
TAV	2	travi di fondazione
TAV	3	carpenteria piano rialzato
TAV	4	telaio longitudinale N 2;7;11;15;19;22
TAV	5	telaio trasversale N 1;2;3
TAV	6	telaio trasversale N 9=13;10=14;11=15;12=16
TAV	7	telaio trasversale N 17;18;19;20
TAV	8	telaio trasversale N 21;22;23
TAV	9	travi piano rialzato
TAV	10	abaco pilastri

Relazione e calcoli statici

TAVOLE EDIFICIO C

ing. Agostinelli; impresa Angelosante; 17-10-1970

TAV	1	pianta fondazioni
TAV	2	pianta spiccato primo solaio
TAV	3	pianta spiccato secondo solaio
TAV	4	pianta spiccato terzo solaio
TAV	5	pianta spiccato quarto solaio
TAV	6	armatura travi di fondazione
TAV	7	armatura telai N 21=22;16=15;10=11;6=5
TAV	8	armatura telai N 23;14;12;4;2
TAV	9	armatura telai N 24;13;3;1
TAV	10	armatura telai N 19;18;8
TAV	11	armatura telai N 20;17;9;7
TAV	12	armatura telai N 12;11;10;9
TAV	13	armatura telai N 24;23;22;21;20;19
TAV	14	armatura telai N 3=7;4=8
TAV	15	armatura telai N 5,6
TAV	16	armatura telai N 13;14;15;16;17;18
TAV	17	abaco pilastri

Relazione e calcoli statici

TAVOLE EDIFICIO B

~~ing. Caroli; ing. Morgante; 1969 e 1980~~

TAV	5b	seminterrato e fondazioni palestra
TAV	6	pianta piano rialzato
TAV	6a	pianta piano rialzato palestra
TAV	6bis	pianta piano rialzato gruppo direzionale
TAV	7	pianta primo piano
TAV	7bis	pianta piano primo gruppo direzionale
TAV	8	pianta secondo piano
TAV	9a	prospetto est
TAV	10	prospetto ovest
TAV	12	prospetto nord
TAV	13	sezione A-B
TAV		pianta seminterrato edificio B

TAVOLE PALESTRE

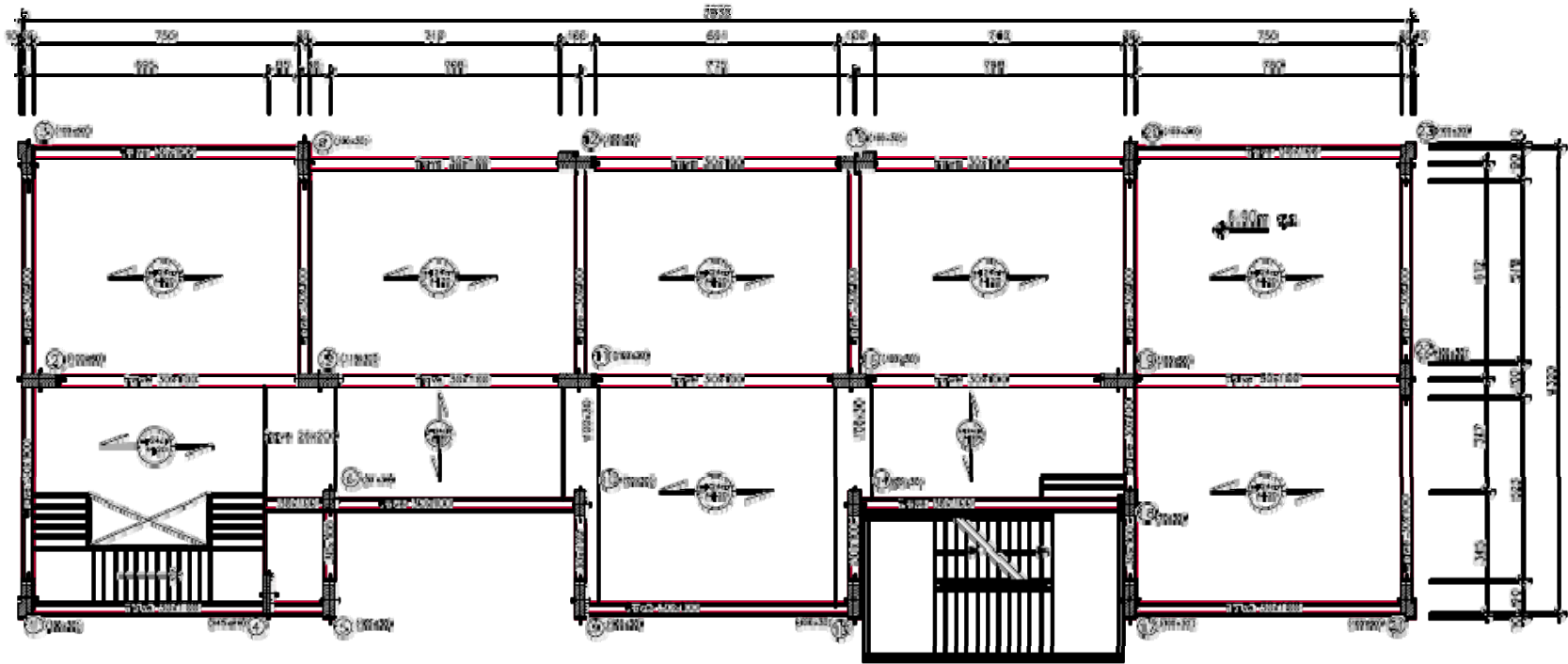
~~ing. Caroli; ing. Morgante; impresa Torrelli;~~

TAV	2s	carpenteria e armatura plinti
TAV	3s	carpenteria e armatura telai
TAV	6s	diagramma sollecitazioni mezza carpenteria pianta fondazioni

TAV		comodoio antistante palestra
-----	--	------------------------------

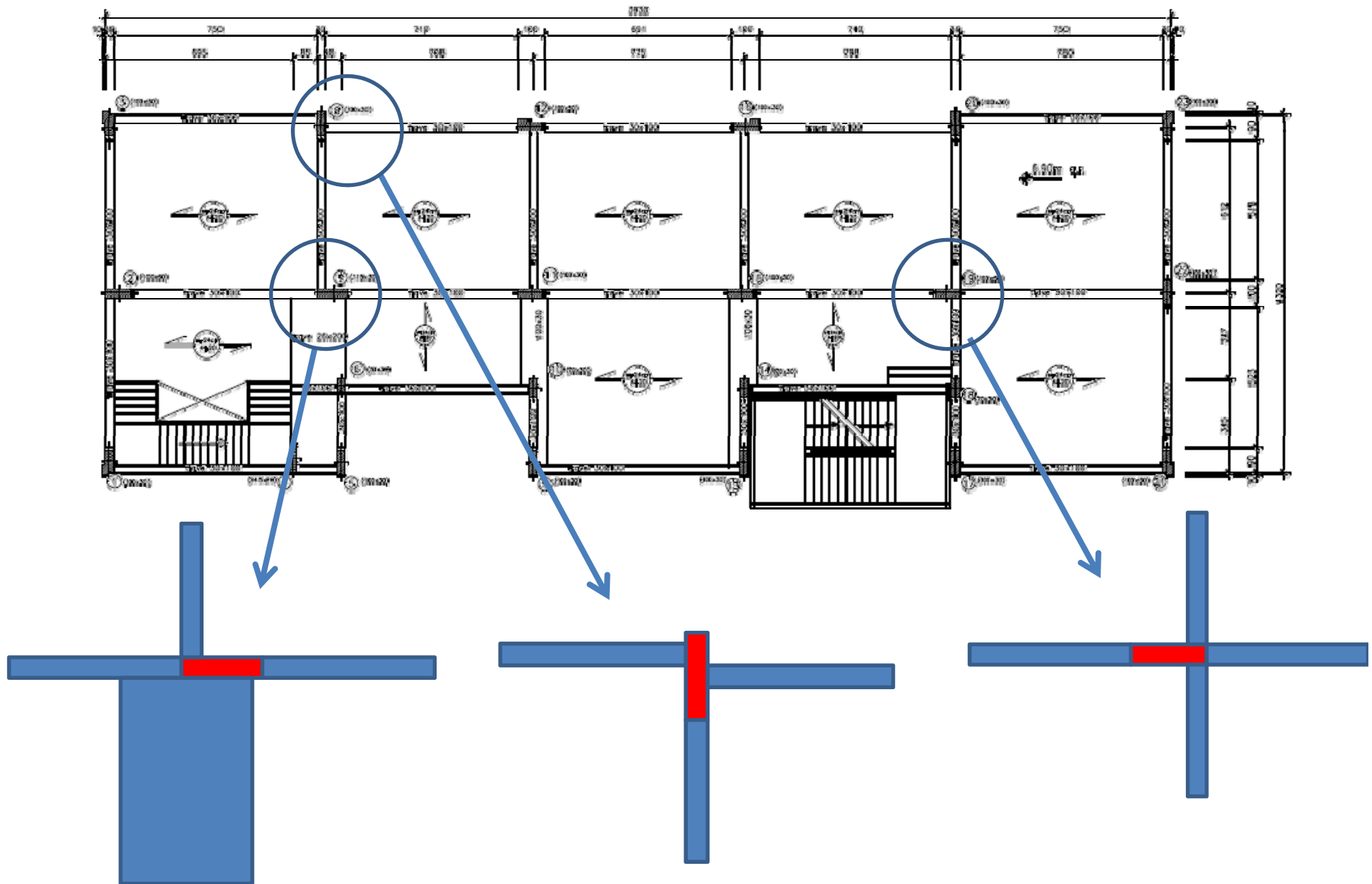
Relazione e calcoli statici

Edificio A



Travi:	I livello	II livello	III livello	IV livello	V livello
	30x100 cm	30x100 cm	30x80 cm	30x80 cm	30x60 cm
TR10-11 TR15-14	100x30 cm	100x30 cm	100x30 cm	100x30 cm	100x30 cm
TR06-07	200x30 cm	200x30 cm	200x30 cm	200x30 cm	200x30 cm

Edificio A



PILASTRI-dettagli costruttivi

- I pilastri rastremano in elevazione
- Assenza di ancoraggio delle armature
- Assenza di dettagli per conferire duttilità (staffe carenti anche negli elaborati grafici)

Normativa tecnica:

Regio Decreto n. 2229/39

Materiali di progetto:

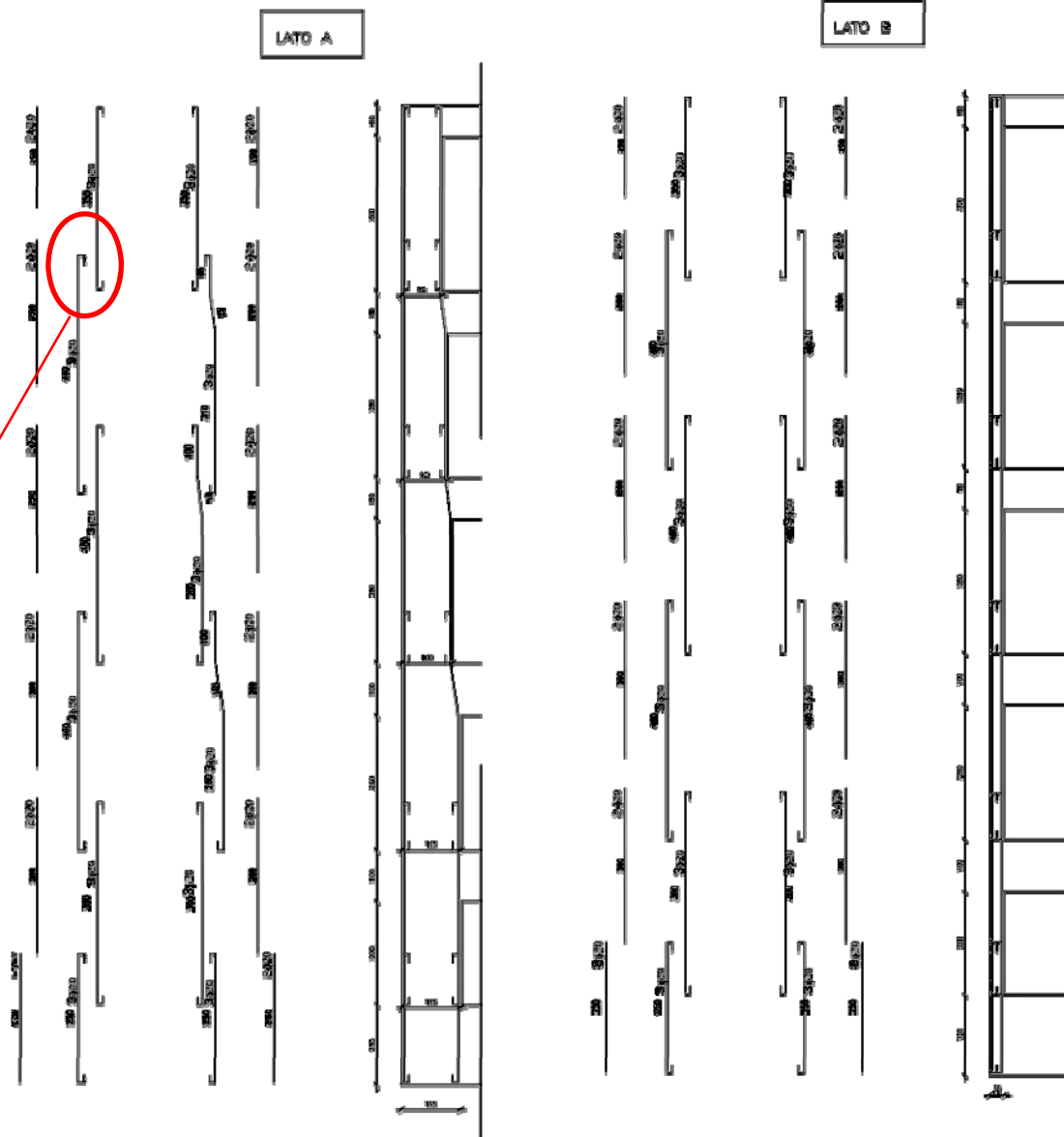
Resistenza caratteristica cls:

$R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Armature:

barre lisce **AQ/42**

Sovrapposizioni
insufficienti



TRAVI-dettagli costruttivi

Normativa tecnica:

Regio Decreto n. 2229/39

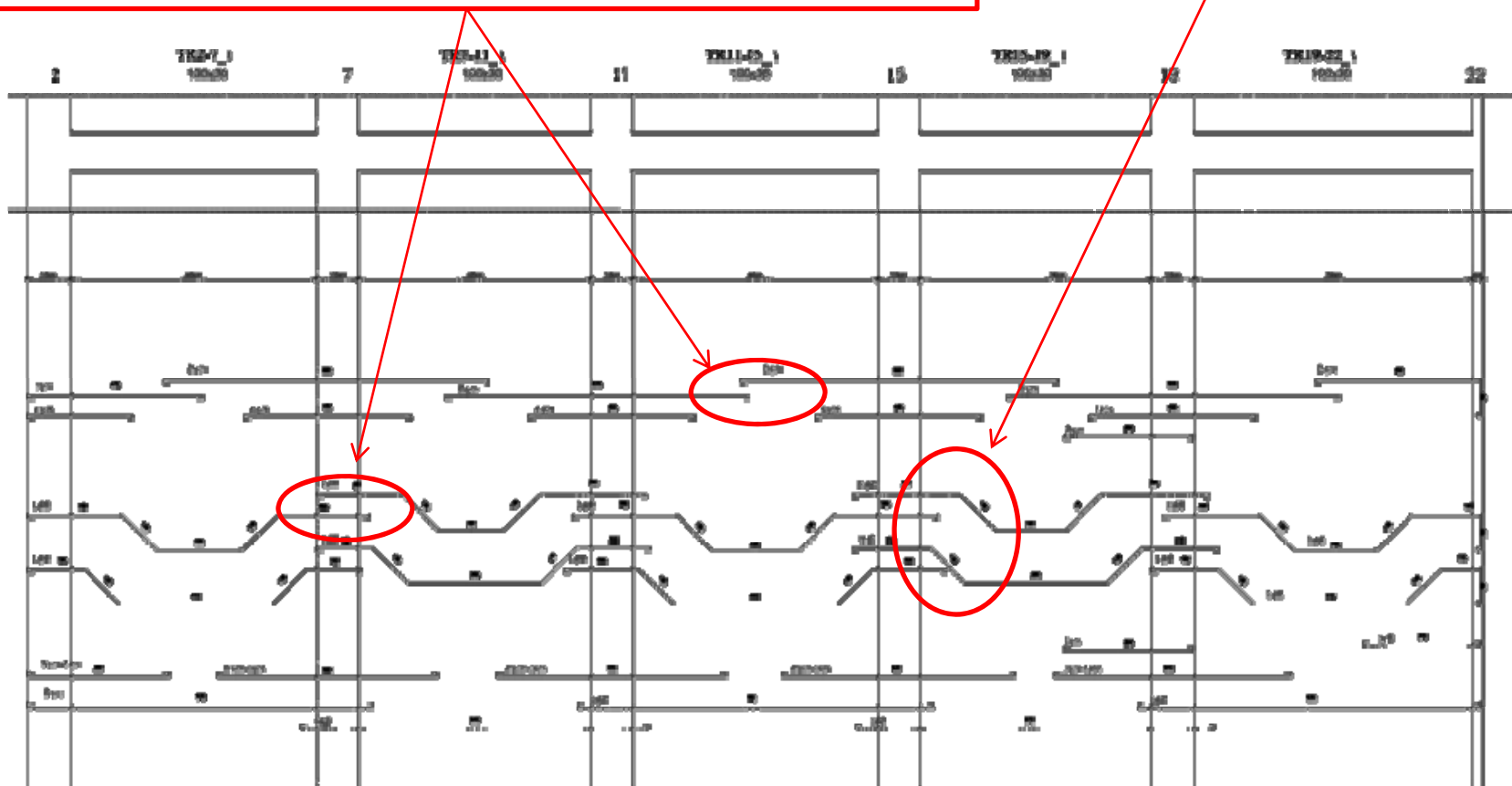
Materiali di progetto:

Resistenza caratteristica cls: $R_{ck} = 25 \text{ N/mm}^2$

Armature: barre lisce AQ/42

Resistenza al taglio affidata a piegati e staffe

- Lunghezza di ancoraggio delle armature inappropriata
- Sovrapposizione barre armatura scarsa o persino assente



Stato di conservazione degli edifici

- alcuni dei pilastri di bordo sono privi del copriferro e le barre d'armatura esposte risultano essere gravemente corrose;
- gli elementi strutturali esposti come le travi di copertura e alcune porzioni del solaio di copertura evidenziano una scadente qualità del calcestruzzo;
- diffusamente su molti dei solai della struttura sono evidenti rilevanti tracce di umidità;
- il solaio di copertura non garantisce la necessaria impermeabilità;
- in corrispondenza della copertura dell'edificio uffici-biblioteca è presente una trave di coronamento ,esistente per sole finalità architettoniche, fatiscente e che attualmente è puntellata in modo sommario e deve essere necessariamente demolita.

Stato di conservazione delle strutture

Dettaglio del passo delle staffe sulla trave di colmo della copertura:

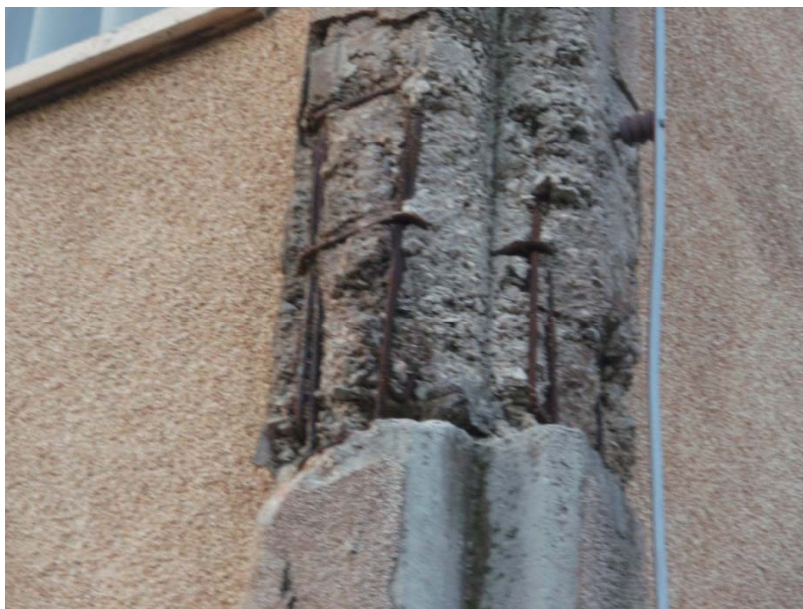
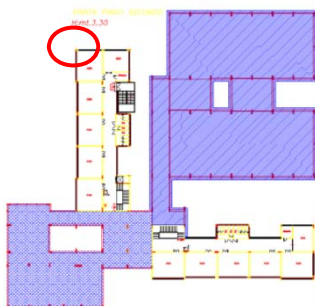
- passo staffe 22 cm contrariamente ai 15 cm indicati nella tavola progettuale
- Totale assenza di copriferro
- Segregazione di inerti



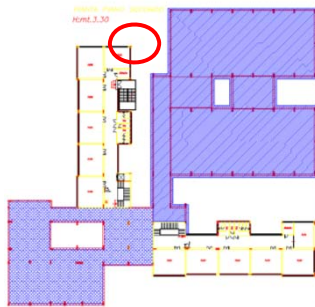
Stato di conservazione delle strutture

Pilastri esterni:

- le armature sono esposte e gravemente corrose
- Le sovrapposizioni esposte risultano scarse
- La qualità dei getti è scadente



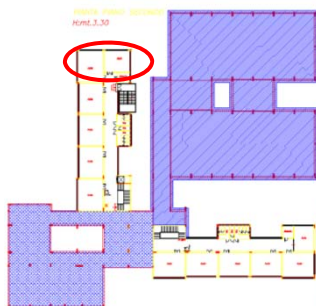
Stato di conservazione delle strutture



Pilastro d'angolo n° 21 del corpo aule A:

- le armature sono esposte e gravemente corrose e le staffe presenti al secondo ordine non sono state rilevate al primo ordine

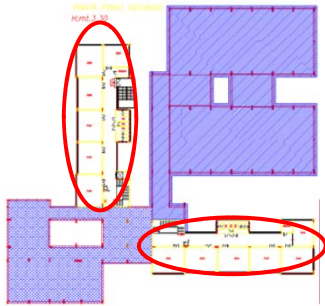
Stato di conservazione delle strutture



Evidenza dell'orditura del solaio all'interno di un'aula:

- **la dimensione dei travetti è stata misurata essere di 14 cm con interasse 50 cm**
- **La luce del solaio raggiunge anche i 9 m e sono assenti travetti rompitratta**
- **Non sono state riscontrate fasce piene**
- **Non sono stati evidenziati segni di cedimenti**
- **Sono evidenti tracce di umidità**

Stato di conservazione delle strutture



Edificio aule-A:

- il getto di completamento del solaio è caratterizzato da nidi di inerti molto diffusi
- I travetti sono di tipo precompresso

Stato di conservazione delle strutture



Dettaglio di un pilastro del corpo uffici-biblioteca:

- **Armature completamente corrose**
- **Assenza di attese**

Stato di conservazione delle strutture

**Dettaglio della copertura del corpo uffici-biblioteca:
la trave di coronamento sostenuta da mensole connesse ai pilastri è stata puntellata poiché
fatiscente**

1/2



Stato di conservazione delle strutture

Dettaglio della copertura del corpo uffici-biblioteca: la trave di coronamento sostenuta da mensole connesse ai pilastri è stata puntellata poiché fatiscente

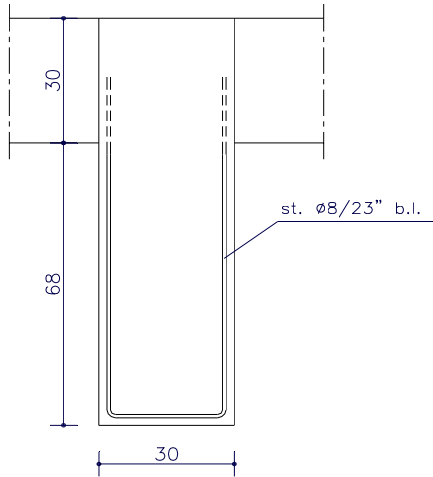
2/2



Rilievi effettuati

Armatura delle travi

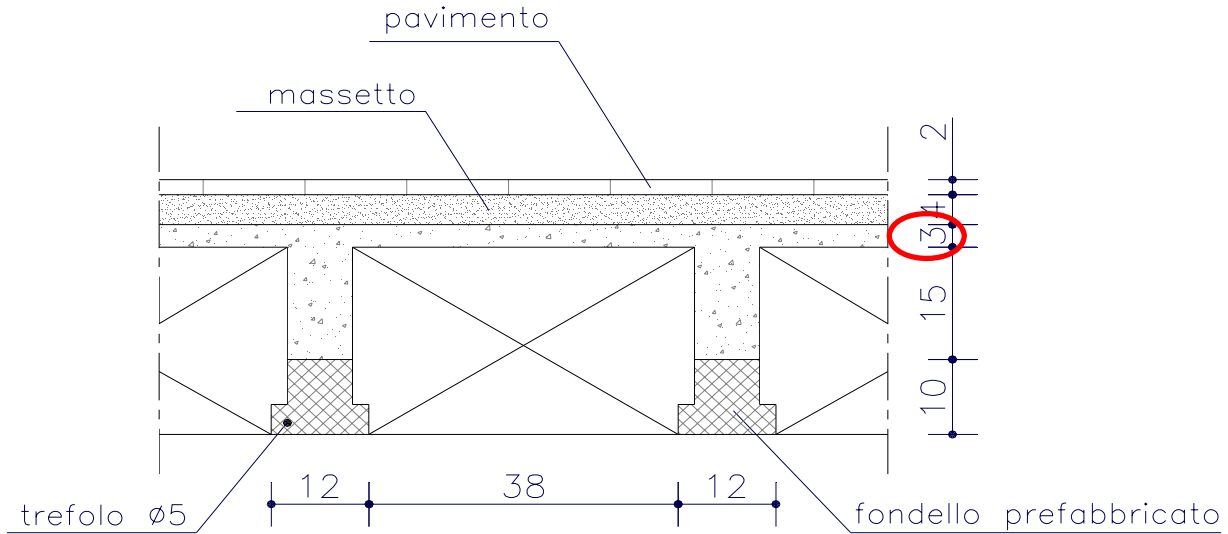
In taluni casi (*rilievo SA2*) non siano state riscontrate armature benché indicate sugli elaborati progettuali.

Saggio armature SA2	
Identificazione dell'elemento	Trave Corpo A - Livello 0
Sito del rilievo	In corrispondenza di A0 ST5
Caratteristiche strutturali	
Note	Saggio effettuato sino alla profondità di 7 cm senza che siano rinvenute barre



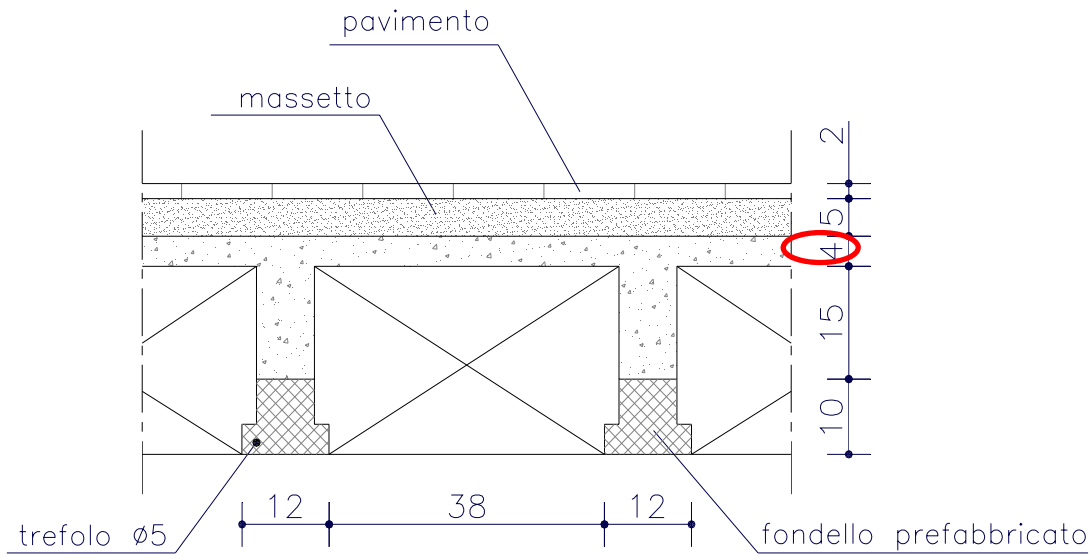
Rilievi effettuati

Caratteristiche dei solai

Saggio solaio SS1	
Identificazione dell'elemento	Solaio Corpo A - Livello 0 (calpestio livello 1)
Sito del rilievo	Zona aule
Caratteristiche strutturali	 The diagram is a cross-section of a floor slab. It shows a top layer of flooring ('pavimento') and a layer of screed ('massetto'). Below the screed is a prefabricated base ('fondello prefabbricato') which contains a reinforcement bar ('trefolo ø5'). The dimensions are as follows: 12 cm for the width of the base on the left, 38 cm for the width of the base in the middle, 12 cm for the width of the base on the right, 10 cm for the height of the base on the left, 15 cm for the height of the base in the middle, 3 cm for the height of the base on the right (highlighted with a red circle), and 2 cm for the thickness of the screed layer.
Note	Prof. Ing. C. Nuti - Ing. A. Bergami 19

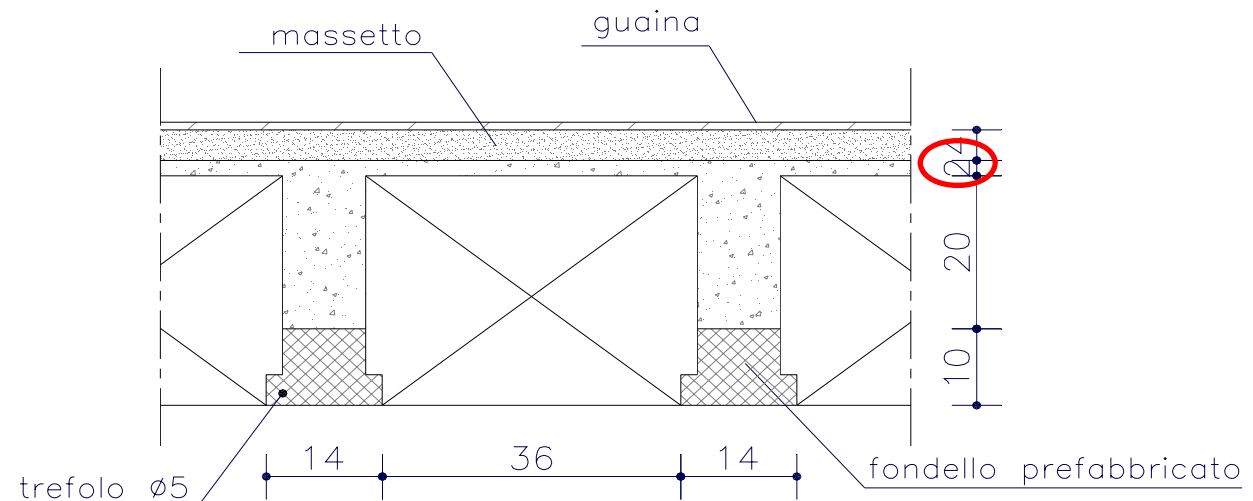
Rilievi effettuati

Caratteristiche dei solai

Saggio armature SS2	
Identificazione dell'elemento	Solaio Corpo C - Livello -1 (calpestio livello 0)
Sito del rilievo	Zona aule
Caratteristiche strutturali	 Technical drawing of a floor slab cross-section showing reinforcement details. The drawing includes labels for 'pavimento' (floor), 'massetto' (screed), 'trefolo ø5' (5mm diameter reinforcement triangle), and 'fondello prefabbricato' (prefabricated base). Dimensions are provided: horizontal dimensions of 12, 38, and 12; vertical dimensions of 10, 15, 4.5, and 2. A red circle highlights the 4.5 dimension.
Note	Prof. Ing. C. Nuti - Ing. A. Bergami

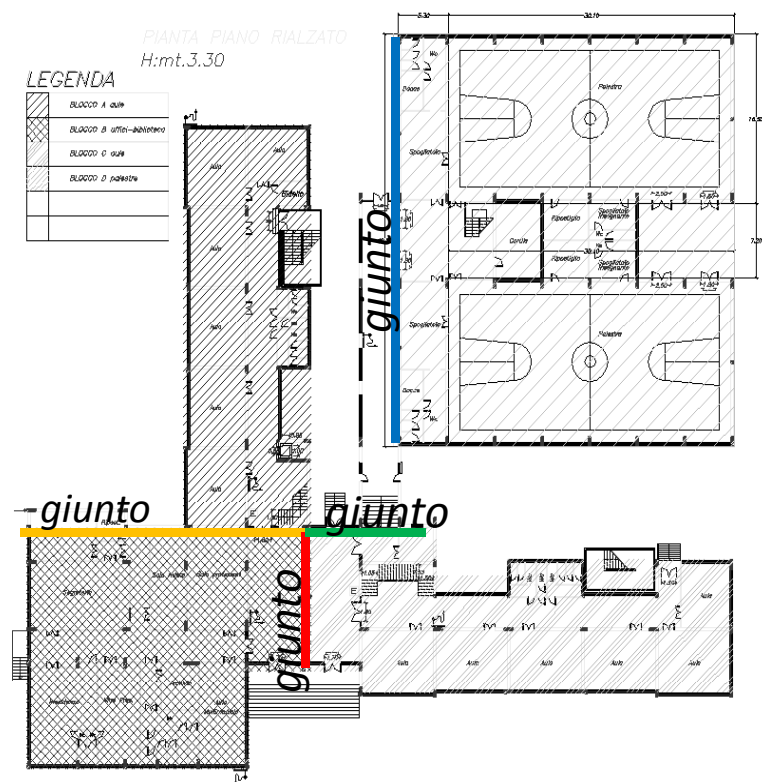
Rilievi effettuati

Caratteristiche dei solai

Saggio armature SS3	
Identificazione dell'elemento	Solaio Corpo B - Livello 1 (copertura)
Sito del rilievo	Aula Magna
Caratteristiche strutturali	 Technical drawing of a floor slab cross-section showing reinforcement details. The drawing includes labels for 'massetto' (top layer), 'guaina' (middle layer), 'trefolo ø5' (bottom reinforcement), and 'fondello prefabbricato' (bottom slab). Dimensions are given: 14, 36, 14 for the bottom slab width and 10, 20, 24 for the total height. A red circle highlights the 24 dimension.
Note	Prof. Ing. C. Nuti - Ing. A. Bergami 21

Rilievi effettuati Giunti

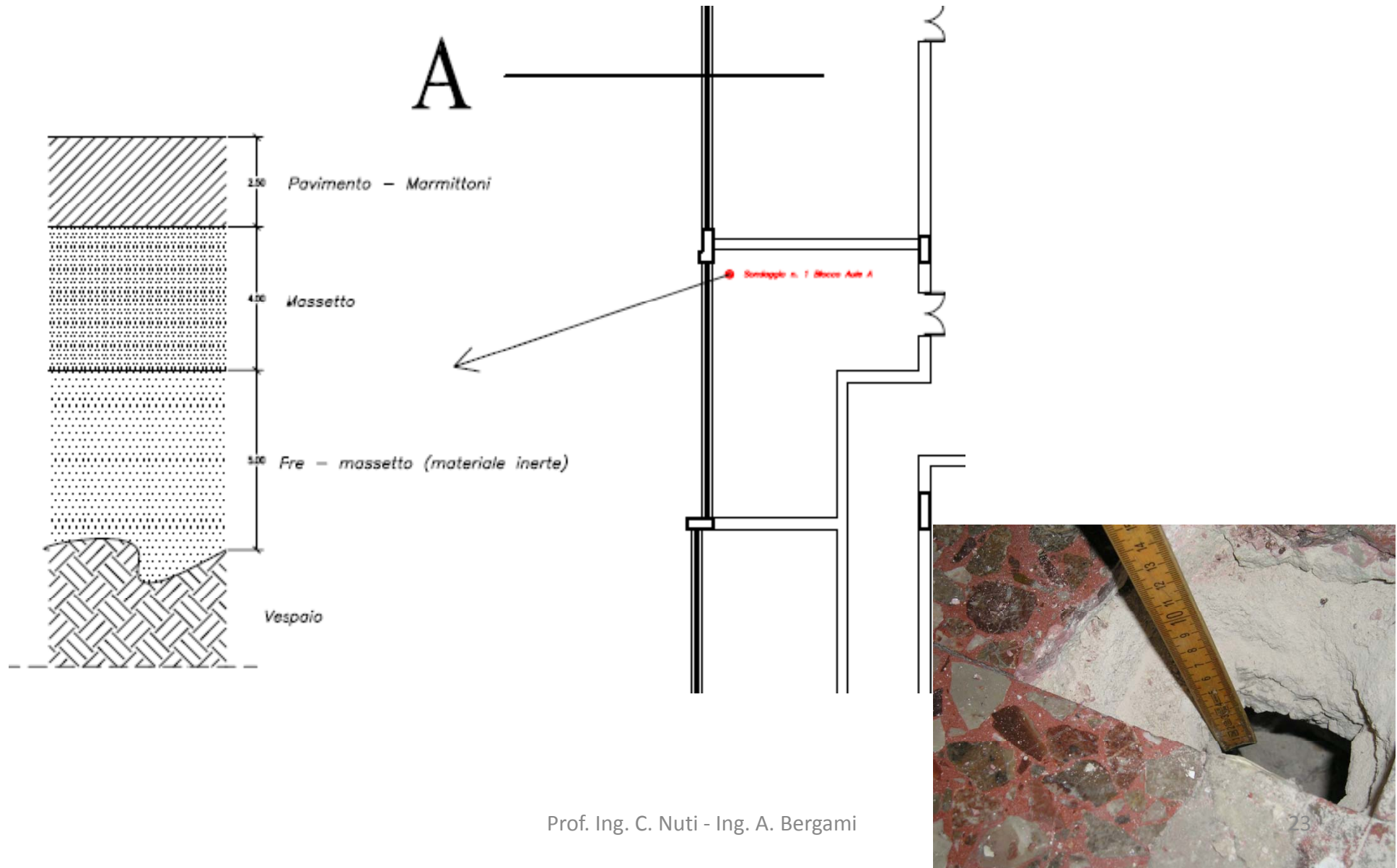
	Corpo A - Corpo B	Corpo B - Corpo C
Piano Seminterrato		In aderenza (trave-trave)
Piano Terra	10 cm (pilastro-pilastro)	
1° Piano	12 cm (pilastro-pilastro)	12 cm (pilastro-pilastro)



I giunti sono stati riempiti con laterizi

Rilievi effettuati solaio del seminterrato

È stata accertata la realizzazione di un massetto su vespaio



Rilievi effettuati Indagini sulle fondazioni

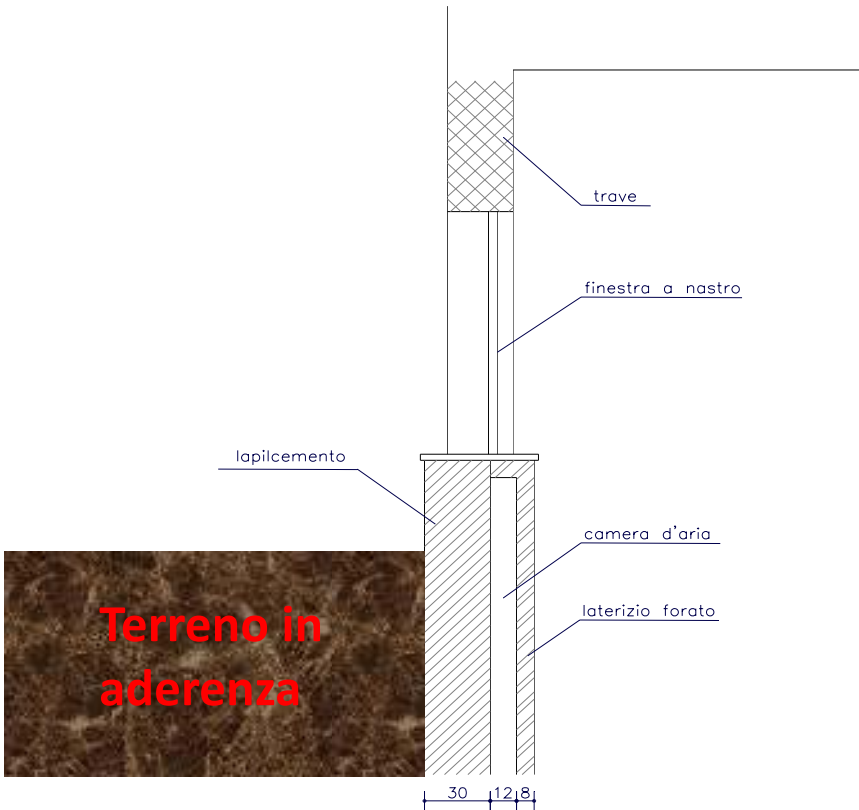
È stata accertata la presenza a campione delle travi di fondazione ipotizzate nel progetto simulato

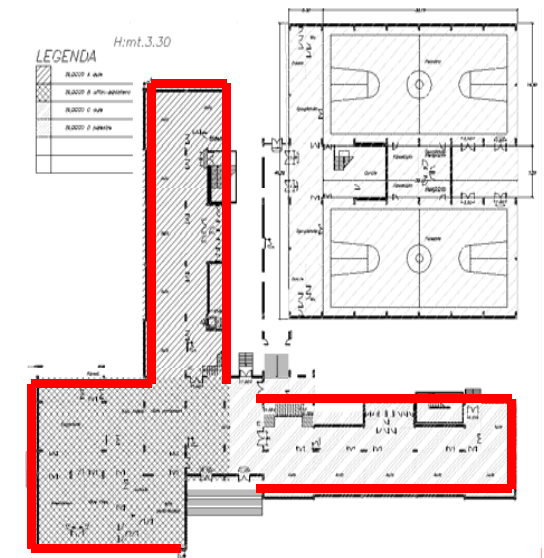


Rilievi effettuati

Caratteristiche delle tamponature

Livello seminterrato

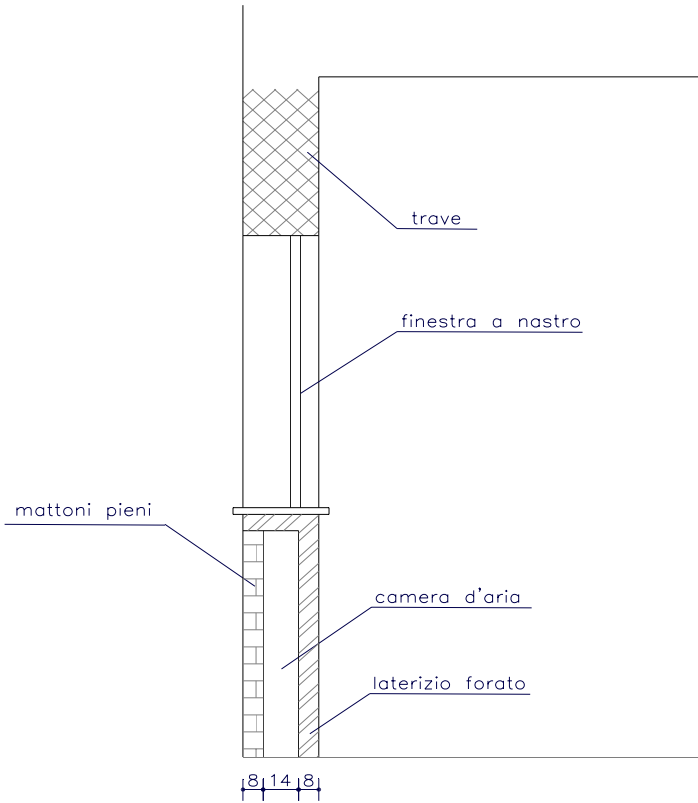
Saggio muratura SM1	
Identificazione dell'elemento	Corpo C - Piano seminterrato - Tamponatura esterna
Sito del rilievo	Zona aule
Caratteristiche strutturali	 trave finestra a nastro lapiemento camera d'aria laterizio forato Terreno in aderenza 30 12 8
Note	Prof. Ing. C. Nuti - Ing. A. Bergami Nessun cordolo riscontrato

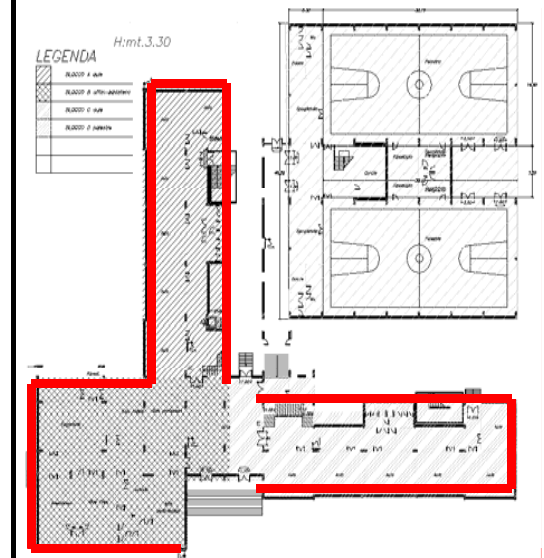


Rilievi effettuati

Caratteristiche delle tamponature

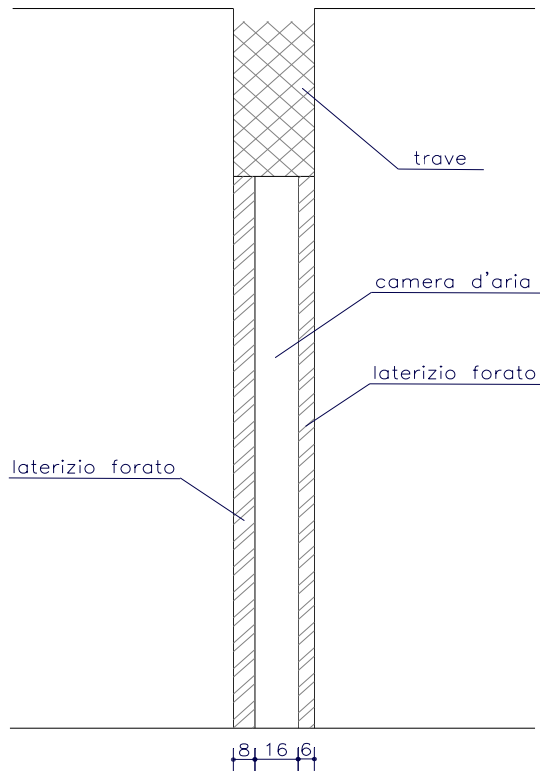
Livelli fuori terra

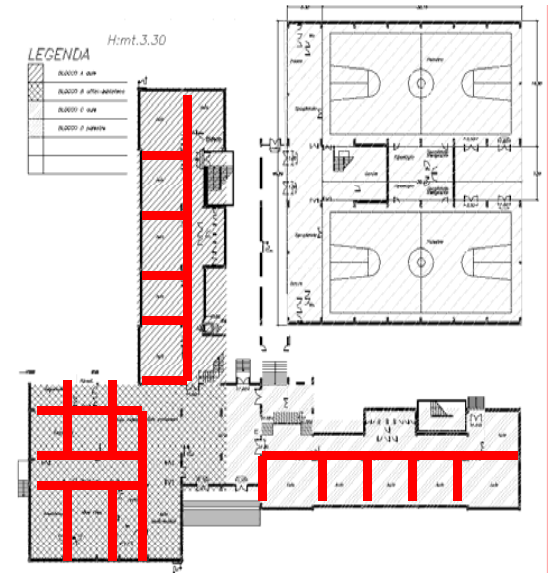
Saggio muratura SM3	
Identificazione dell'elemento	Corpo C - Piano Terra - Tamponatura esterna
Sito del rilievo	Zona aule
Caratteristiche strutturali	 trave finestra a nastro mattoni pieni camera d'aria laterizio forato 8 14 8
Note	Prof. Ing. C. Nuti - Ing. A. Bergami Nessun cordolo riscontrato



Rilievi effettuati

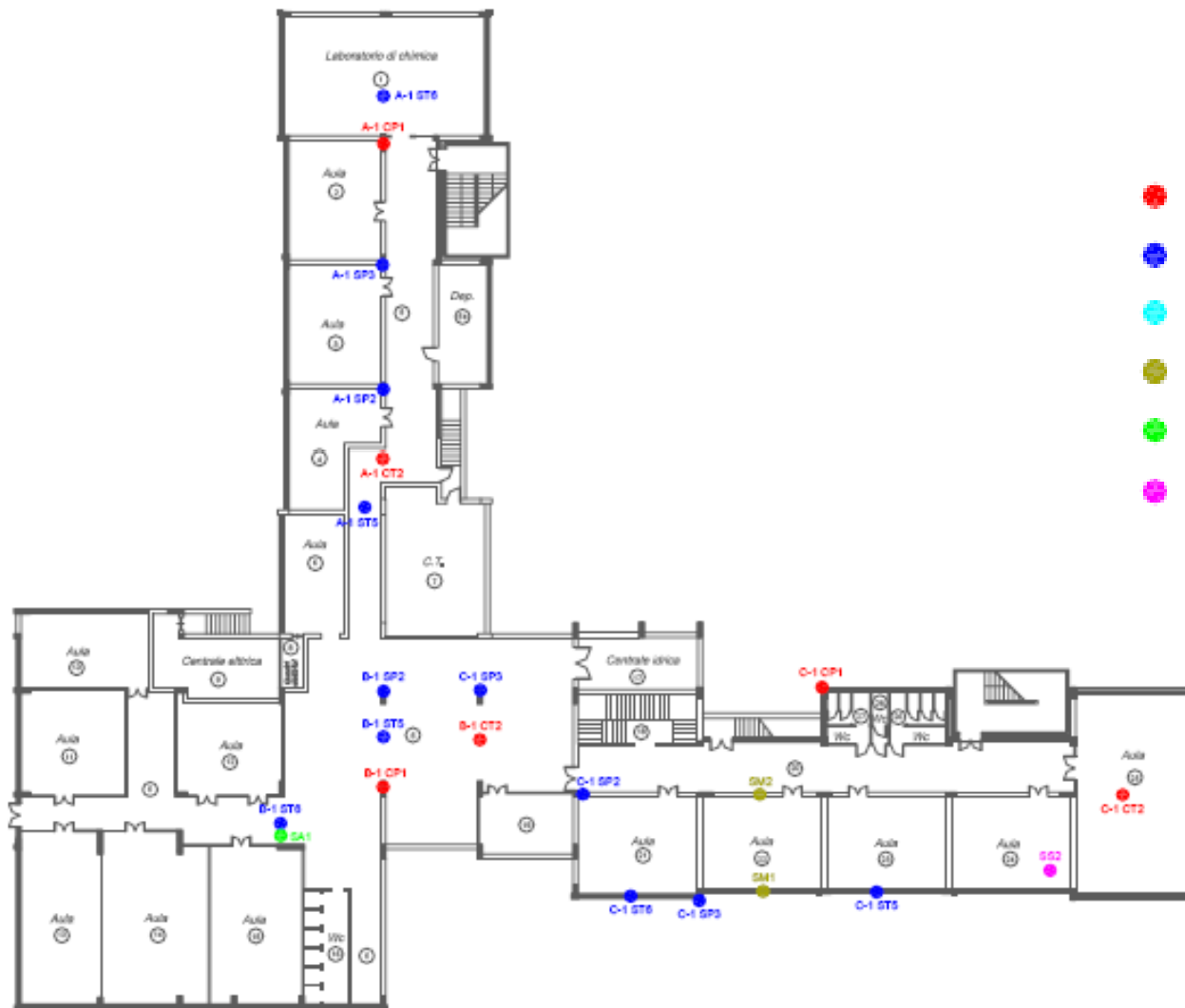
Caratteristiche delle tramezzature

Saggio muratura SM2	
Identificazione dell'elemento	Corpo C - Piano seminterrato - Tramezzo
Sito del rilievo	Zona aule
Caratteristiche strutturali	
Note	Prof. Ing. C. Nuti - Ing. A. Bergami Nessun cordolo riscontrato



Prove e saggi eseguiti

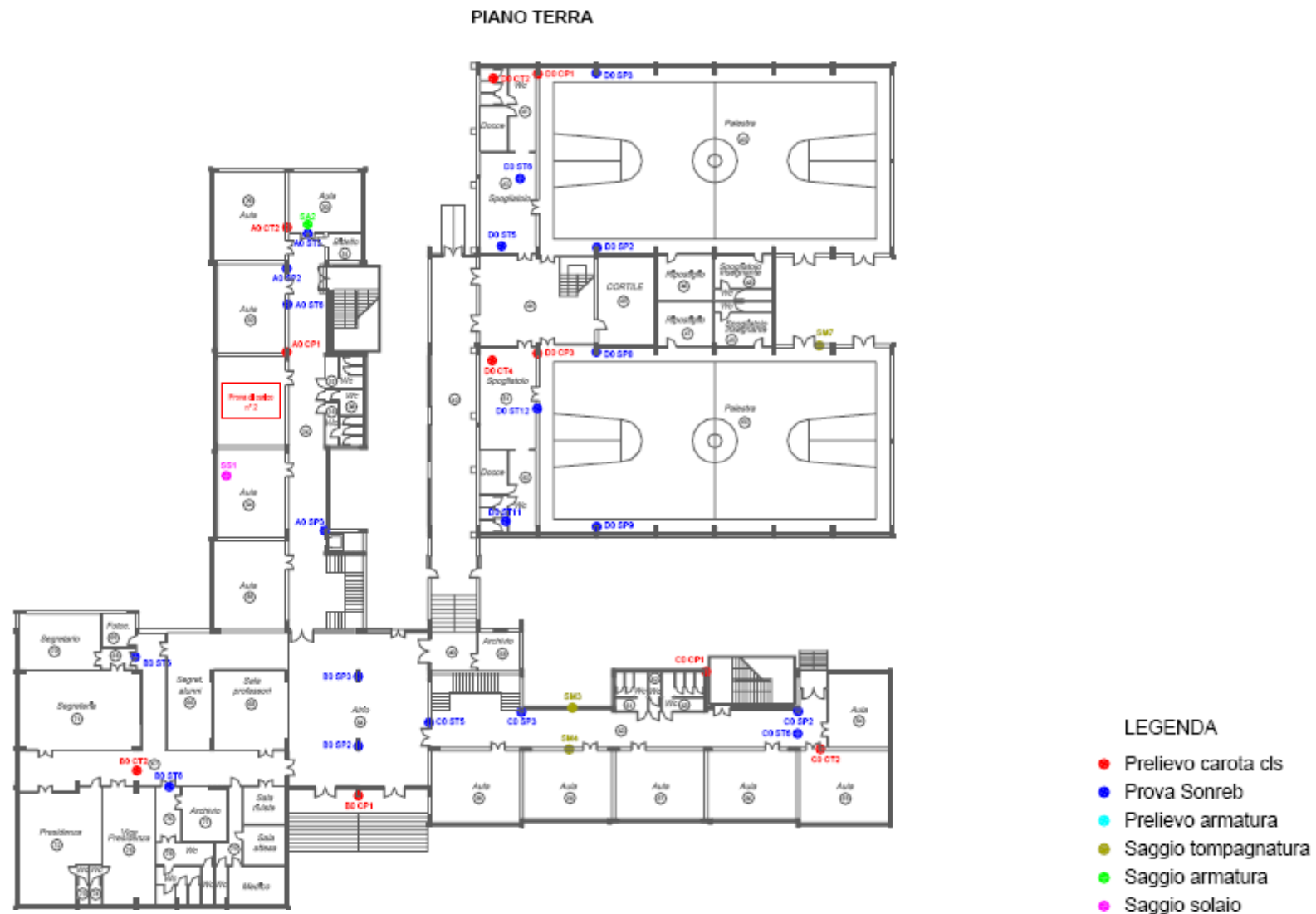
PIANO SEMINTERRATO



LEGENDA

- Prelievo carota cls
- Prova Sonreb
- Prelievo armatura
- Saggio tompagnatura
- Saggio armatura
- Saggio solaio

Prove e saggi eseguiti



Prove e saggi eseguiti

PRIMO PIANO

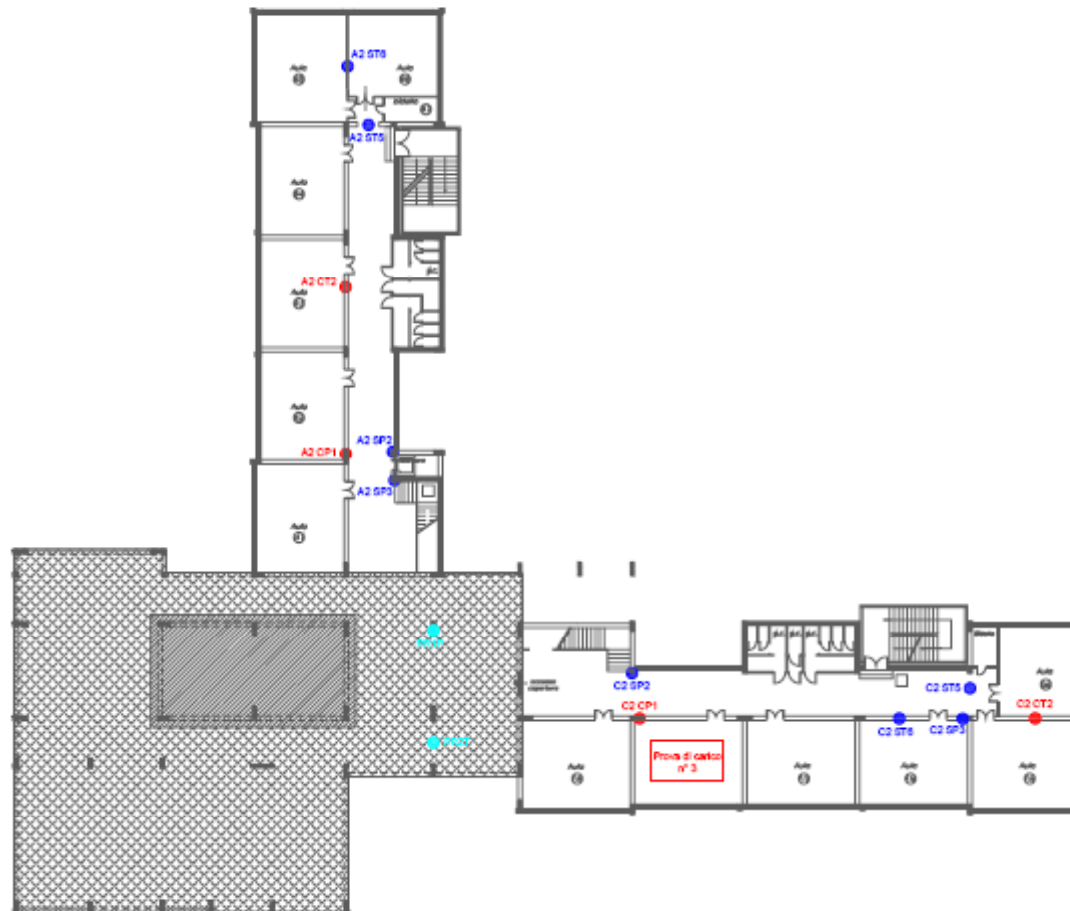


LEGENDA

- Prelievo carota cls
- Prova Sonrebe
- Prelievo armatura
- Saggio compattatura
- Saggio armatura
- Saggio solaio

Prove e saggi eseguiti

SECONDO PIANO

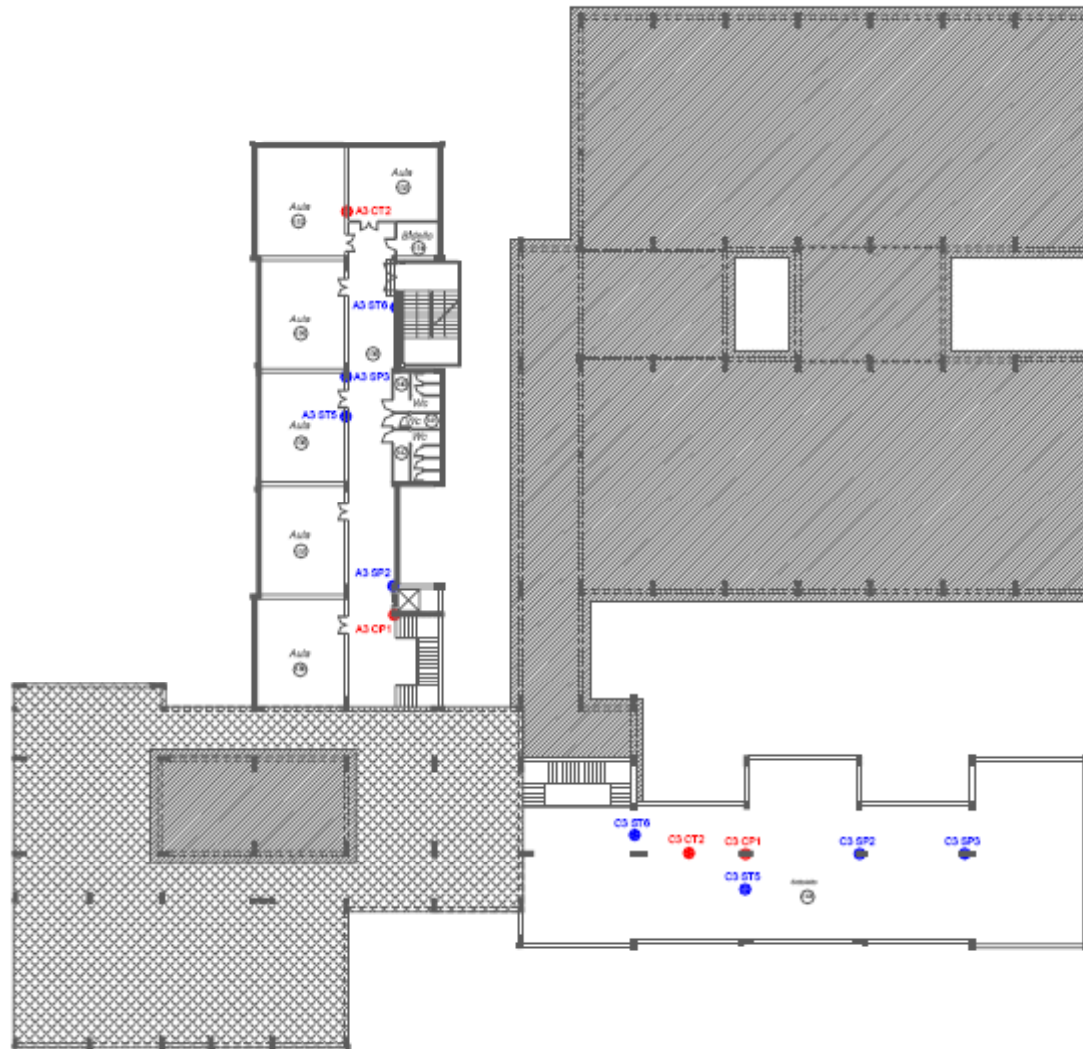


LEGENDA

- Prelievo carota cls
- Prova Sonreb
- Prelievo armatura
- Saggio tompagnatura
- Saggio armatura
- Saggio solaio

Prove e saggi eseguiti

TERZO PIANO

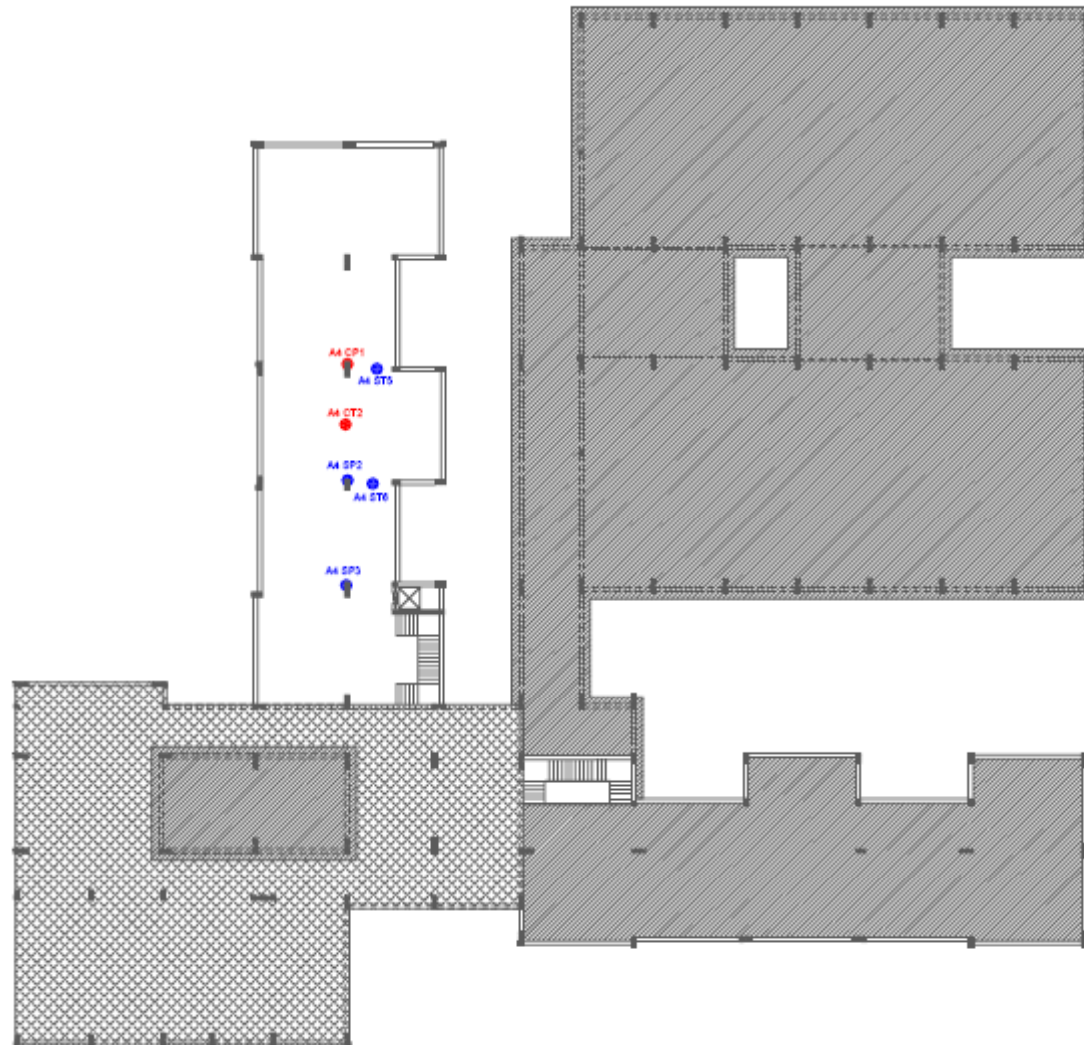


LEGENDA

- Prelievo carota cls
- Prova Sonreb
- Prelievo armatura
- Saggio tompagnatura
- Saggio armatura
- Saggio solaio

Prove e saggi eseguiti

QUARTO PIANO



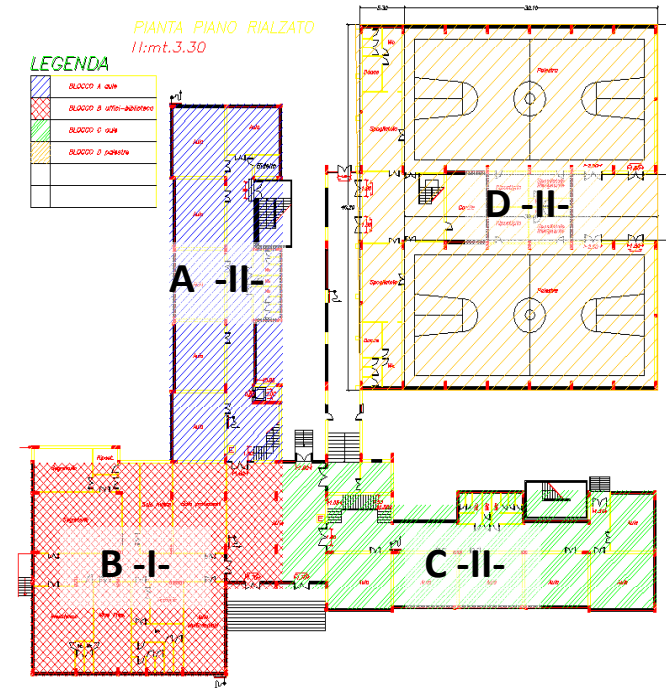
LEGENDA

- Prelievo carota cls
- Prova Sonreb
- Prelievo armatura
- Saggio tompagnatura
- Saggio armatura
- Saggio solaio

Scelta dei fattori di confidenza

Sulla base dell'analisi effettuata sulla geometria, sui dettagli costruttivi e sui materiali sono stati definiti i fattori di confidenza:

Corpo	Livello di Conoscenza	Fc
A,C,D	II	1.20
B	I	1.35



LIVELLI DI CONOSCENZA E FATTORI DI CONFIDENZA § 8.5.4 NTC

Sulla base degli approfondimenti effettuati nelle fasi conoscitive, saranno individuati i "livelli di conoscenza"

Ai fini della scelta del tipo di analisi e dei valori dei fattori di confidenza, si distinguono i tre livelli di conoscenza seguenti:

-LC1 Conoscenza Limitata:

-LC2 Conoscenza Adeguata:

E' stata eseguita una nuova analisi dei carichi
Sono state riscontrate importanti sottostime dei carichi permanenti analizzando quanto contenuto nella relazione di calcolo depositata dal progettista

UniRoma Tre		Relazione di calcolo depositata	
Solaio 22,5+4		Solaio 22,5+4	
	kN/mq		kN/mq
p.p.		p.p.	
Travetti (14cm; inter. 50cm)	1.575		
soletta (4 cm)	1		
pignatte	0.891		
Gk1	3.466	Gk1	1.74
finiture			
caldana	0.96	caldana	0.96
pavimento e intonaco	0.8	pavimento e intonaco	0.8
tramezzature	0.8	tramezzature	-
Gk2	2.56	Gk2	1.76
Totale	6.0	Totale	3.5
Accidentale	kN/mq	Accidentale	kN/mq
piano tipo	4	piano tipo	3.5
sottotetto	2	sottotetto	2
copertura	1.5	copertura	1.5

Prove di carico sui solai

La prova di carico è stata eseguita mediante l'uso di un'apposita attrezzatura elettrooleodinamica, idonea sia all'applicazione del carico che alla registrazione dei cedimenti, costituita da:

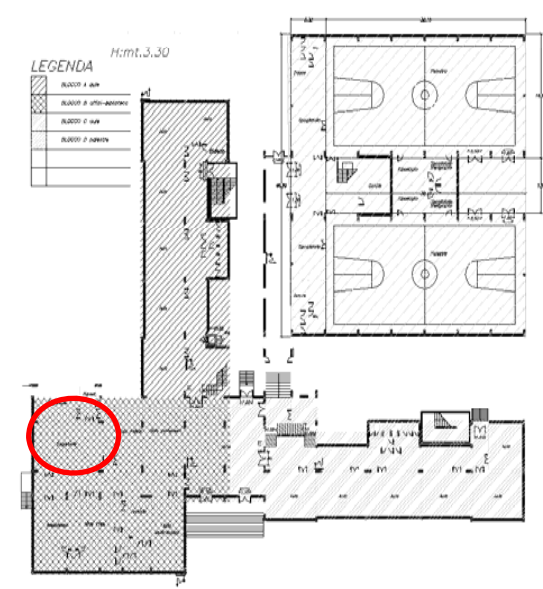
- pistoni (sezione $78,54 \text{ cm}^2$) e centralina oleodinamica avente manometro 0-250 bar (0-25MPa) sigla DISCO 0610 n° 1183, per l'applicazione del carico;
- unità elettroniche "GSA6" matr. n° 001 e 002", di comando e registrazione grafica in tempo reale degli spostamenti su modulo centesimale;
- trasduttori lineari elettromagnetici a lettura continua, montati su aste telescopiche, per il rilevamento degli spostamenti.

Il carico di prova è realizzato con due forze concentrate equivalenti, applicate ad $1/3$ e $2/3$ della luce del solaio.

Prove di carico sui solai

Solaio aula magna

Solaio piano terra - Corpo B -
Luce netta $L = 9,60$ m.



La prova è stata eseguita attraverso i seguenti cicli di carico-scarico:

1° ciclo: 0 kg/cm^2 - 75 kg/cm^2 - 35 kg/cm^2 ;

2° ciclo: 35 kg/cm^2 - 150 kg/cm^2 - 75 kg/cm^2 ;

3° ciclo: 75 kg/cm^2 - 225 kg/cm^2 - 150 kg/cm^2 ;

4° ciclo: 150 kg/cm^2 - 300 kg/cm^2 - 225 kg/cm^2 - 150 kg/cm^2 - 75 kg/cm^2 - 0 kg/cm^2

Carico max

Prove di carico sui solai

Solaio aula magna



Per la registrazione dei cedimenti, sono stati utilizzati n° 7 trasduttori lineari a lettura continua situati sotto la struttura tramite aste telescopiche

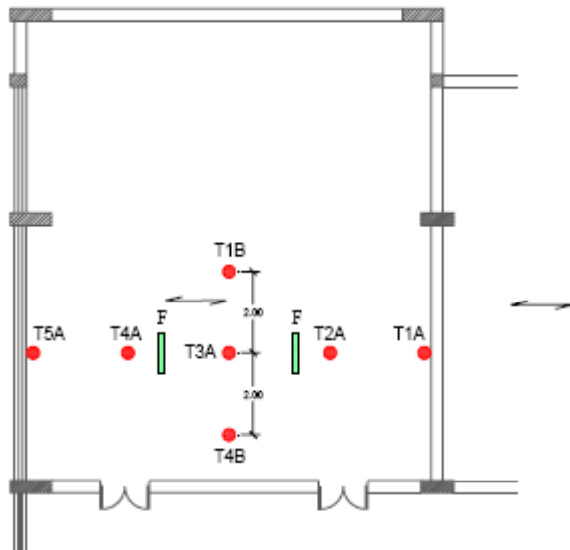
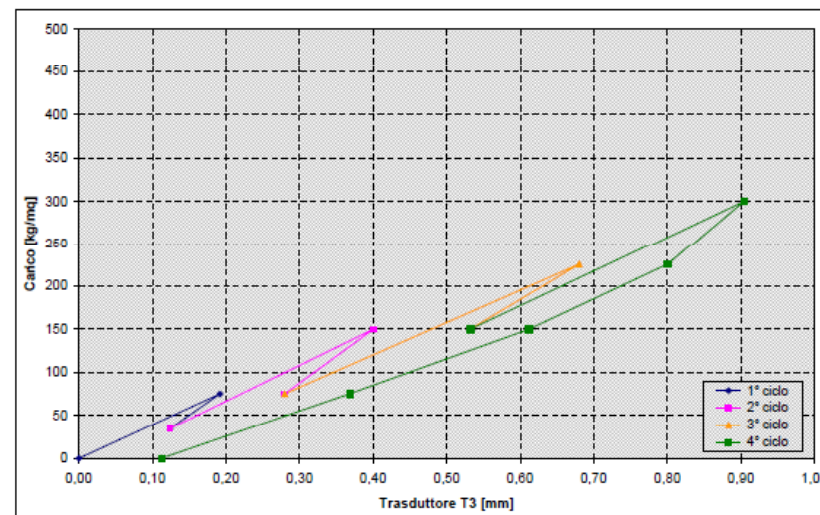


Diagramma carico-cedimenti



F_{eq} (forza concentrata) = 3780 kg [37,1 kN]

q (sovraccarico distribuito) = 300 kg/m² [2,94 kN/m²]

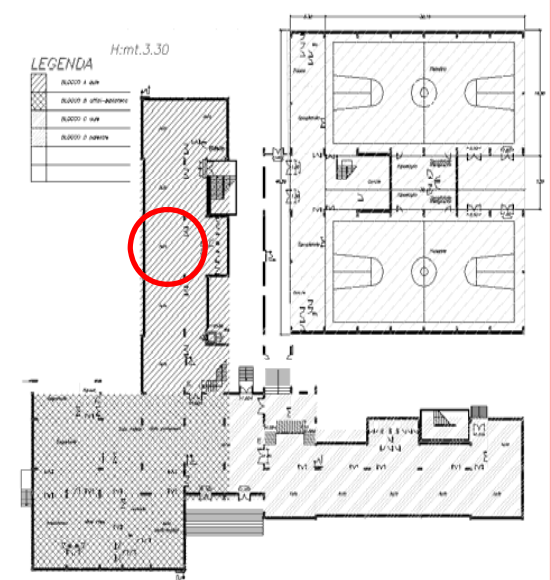
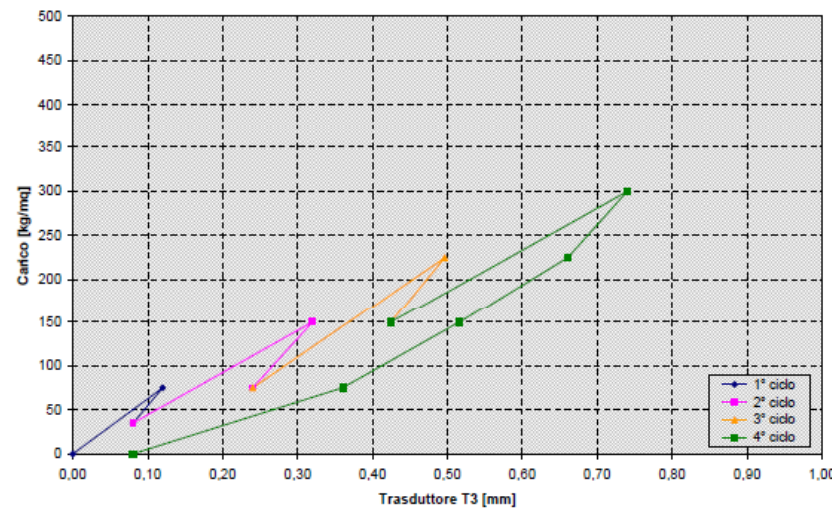
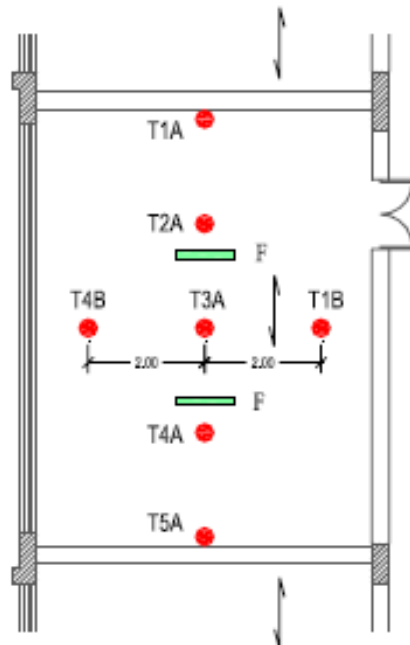
Cedimento massimo = 0,90 mm

Cedimento residuo totale = 0,11 mm

Def. Residua pari a circa il 12%

Prove di carico sui solai

Solaio tipico aule edificio A

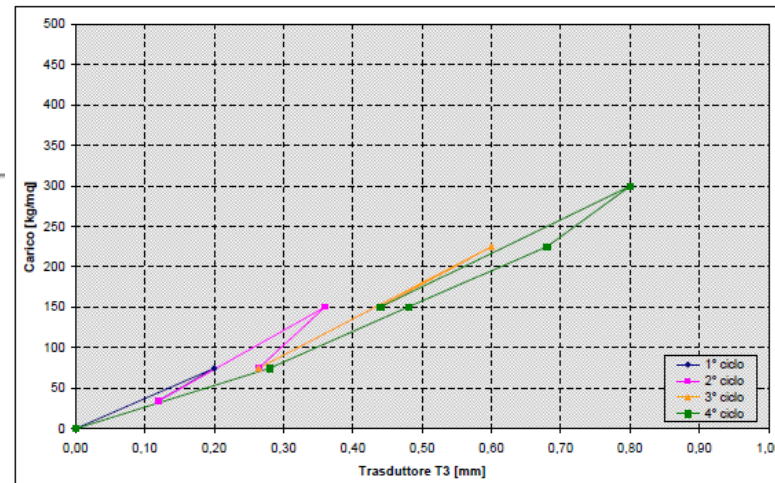
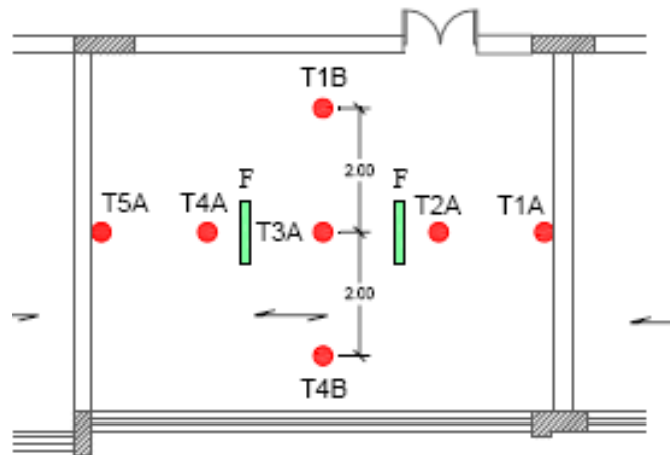


F_{eq} (forza concentrata) = 2240 kg [22,0 kN]
 q (sovraccarico distribuito) = 300 kg/m² [2,94 kN/m²]
 Cedimento massimo = 0,74 mm
 Cedimento residuo totale = 0,08 mm

Def. Residua pari a circa il 10%

Prove di carico sui solai

Solaio tipico aule edificio C



F_{eq} (forza concentrata) = 28540 kg [27,9 kN]

q (sovraccarico distribuito) = 300 kg/m² [2,94 kN/m²]

Cedimento massimo = 0,80 mm

Cedimento residuo totale = 0,00 mm Assenza di def. Residua

Osservazioni a seguito delle prove eseguite

- Il passo delle staffe variabile e difforme dalle indicazioni progettuali

- Assenza di ancoraggi delle armature

- Bassa resistenza del cls

	<u>travi</u>	<u>pilastr</u>
Rck medio	16 Mpa	17 Mpa
Rck min	12 Mpa	9 Mpa
Rck max	24 Mpa	34 Mpa

- Elevata corrosione delle armature

- Solai inadeguati a sostenere il carico di esercizio

- Assenza di dettagli costruttivi strutturali e non strutturali che garantiscano la durabilità edella struttura e la salubrità degli ambienti

carenze strutturali principali

- A. Solai inadeguati , travi inadeguate (carichi vert.) sia principali che secondarie
- B. Pilastri ammalorati (cls e acciaio) insufficienti ai carichi verticali, non duttili, dubbi collegam.
- C. giunti: in elevazione sufficienti se ripristinati; in fondazione quasi nulli;
- D. sistema resistente alle azioni orizzontali: inadeguato (salvo palestra edif. D)
- E. Fondazioni: non presentano cedimenti (portanza); la resistenza e rigidezza strutturale dubbia
- F. muri contro terra assenti (sono di forati, privi di intercapedini e dreni)

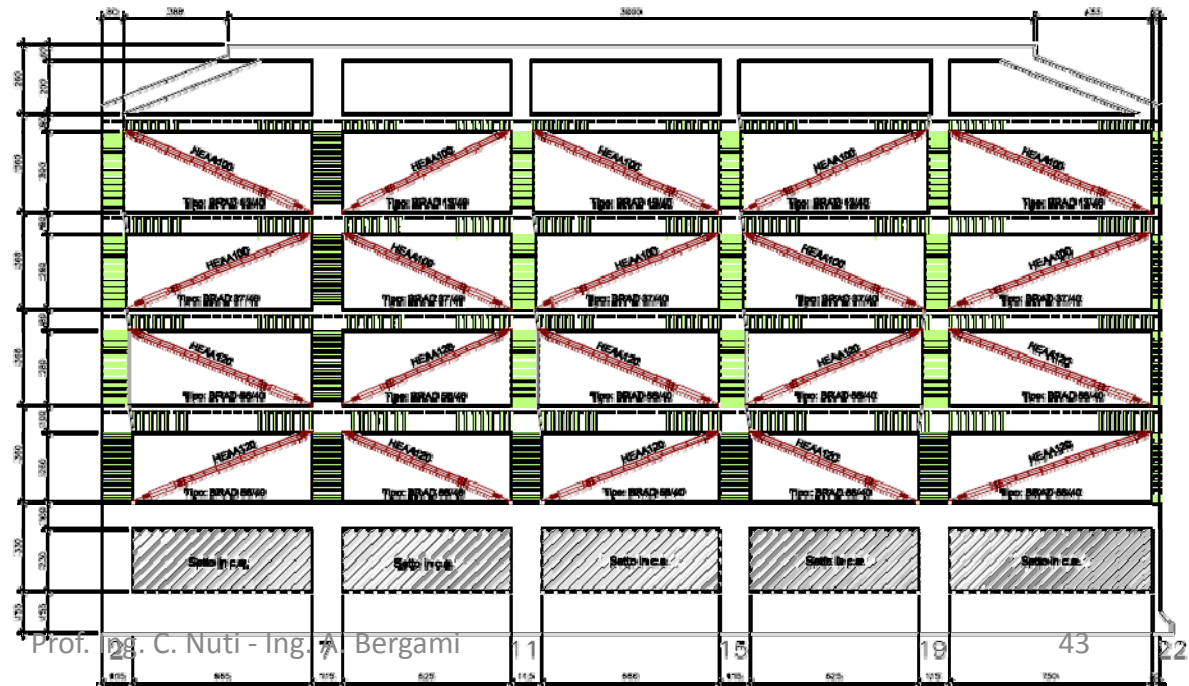
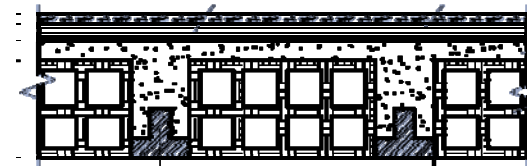
Interventi

- A1 -Inserimento di 2 travi rompitratta in acciaio per i solai inadeguati
- A2 - Rinforzo travi secondarie taglio e flessione (FRP),ove saranno ancorate le travi rompitratta
- B - Rinforzo dei pilastri ammalorati o privi di opportuni dettagli costruttivi con fasciature in FRP
- C1 – giunti in elevazione: ripristino
- C2 – D1 – E – F- struttura di fondazione rigida (intero piano interrato): trasformazione di maglie dei telai in pareti in c.a (indice vulnerabilità raddoppia: $\alpha = 2 \times 0.3 = 0.6$) +dreni
- D2 -Rinforzo solai con soletta in c.a. per trasferire le azioni orizzontali ai controventi verticali
- D3 - Telai con controventi dissipativi per gli edifici più alti (A e C)
- D4 -Realizzazione di setti in c.a. per l'edificio B, più basso

EDIFICIO A - Interventi di Adeguamento:

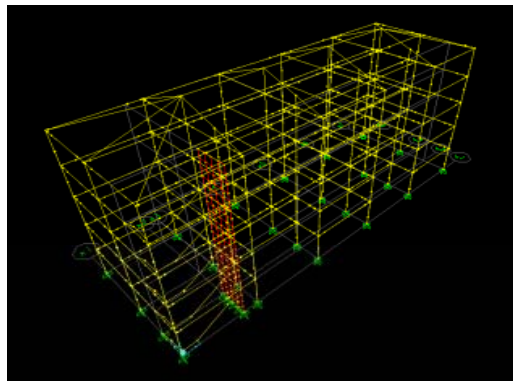
Interventi previsti:

- Irrigidimento del piano seminterrato con setti in c.a.;
- Esecuzione di una soletta in c.a.;
- Introduzione di travi rompi tratta in acciaio;
- Interventi di rinforzo delle travi su cui gravano i rompitratta e dei pilastri con FRP;
- Disposizione di controventi dissipativi nei piani in elevazione.

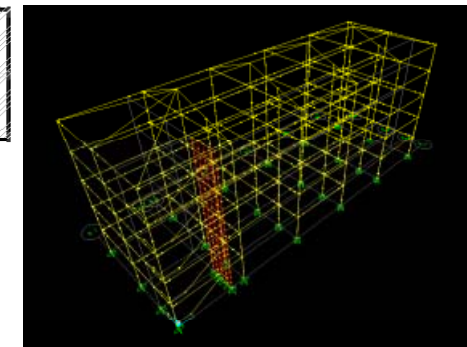
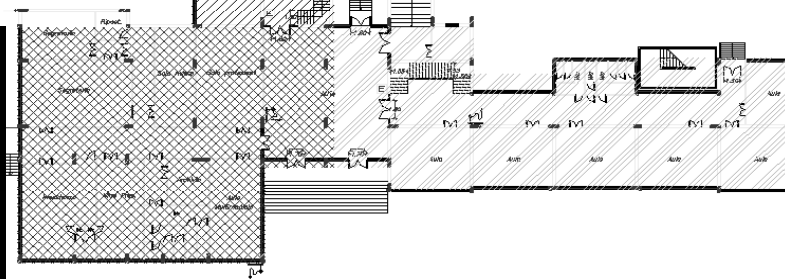
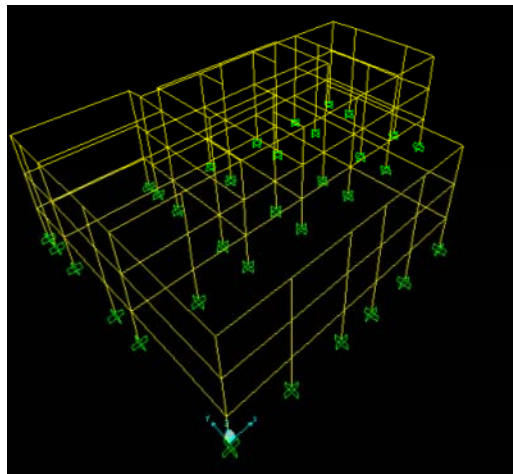
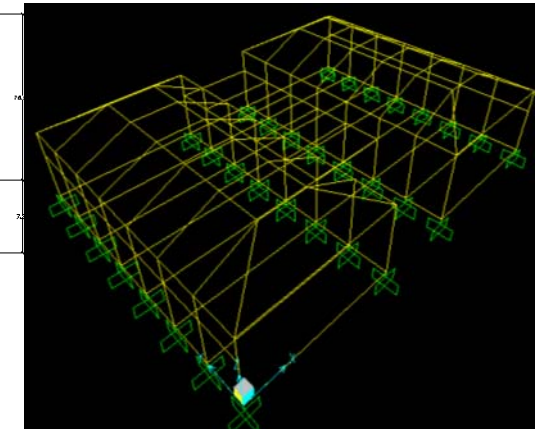
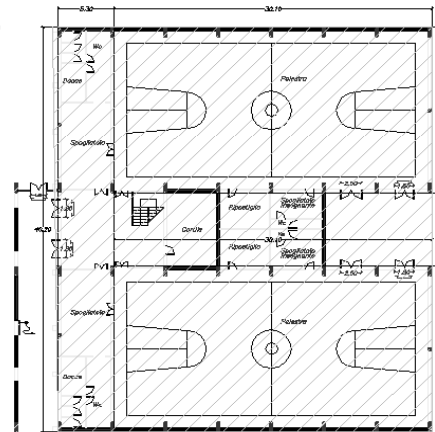


Modelli SAP 2000 nl

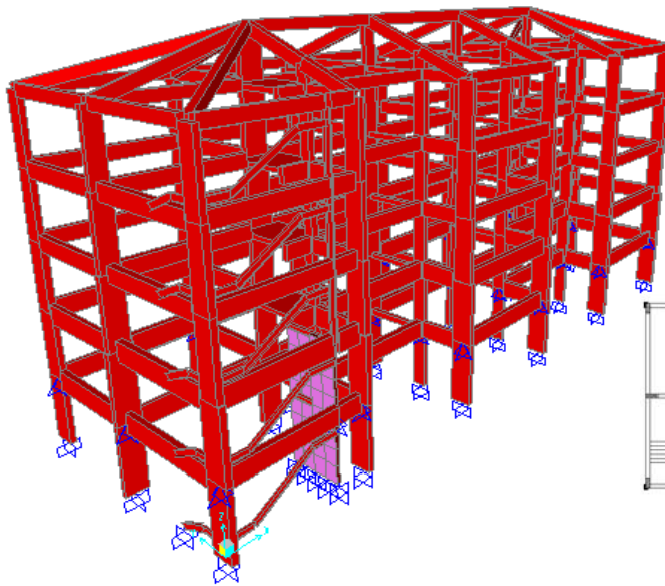
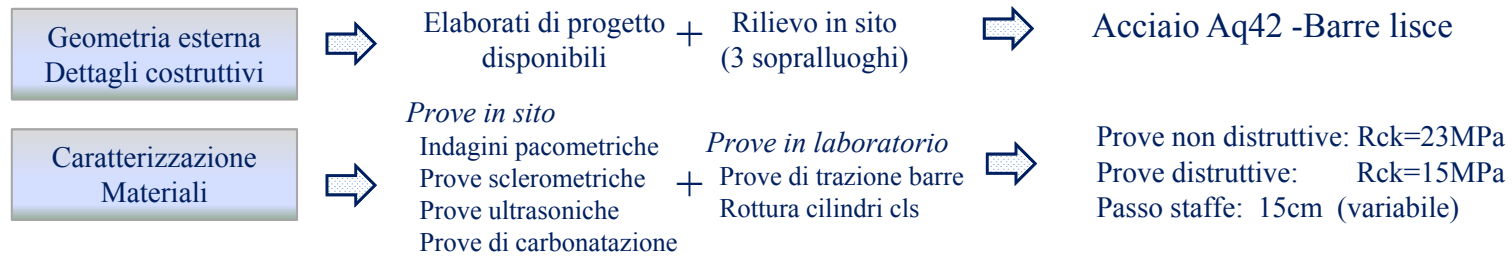
Si è ricostruita la geometria: disallineamento tra gli assi di travi e pilastri
Analisi: dinamica lineare; statica non lineare



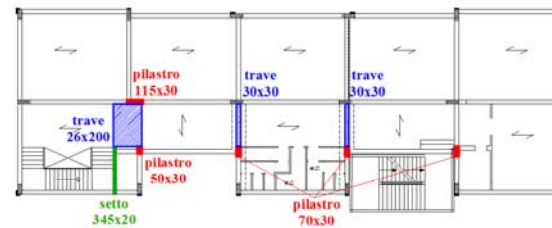
PIANTA PIANO RIALZATO
1.3.30



CRITERI DI MODELLAZIONE: ES. EDIFICIO A



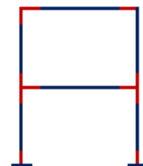
	Telaio in direzione longitudinale				Pilastrì
sottotetto					70x30
III piano					80x30
II piano					90x30
I piano					100x30
rialzato					115x30
seminterrato					115x30



		Telaio trasversale		Travi
2.6m				60x30
3.6m				60x30
3.6m				80x30
3.6m				80x30
3.6m				100x30
3.3m				100x30

Modellazione del comportamento non lineare dei materiali

Modellazione
a plasticità
concentrata



Lunghezza
cerniera plastica

$$L_{pi} = 0,1 \cdot L_v + 0,17 \cdot h + 0,24 \cdot \frac{d_{st} \cdot f_c}{\sqrt{f_c}}$$

Legame
costitutivo

(si tiene conto solo
dell'armatura con lunghezza
di ancoraggio sufficiente)

- Travi $M-\chi$

- Pilastrì $M-\chi$
associato al dominio di
interazione M_x-M_y-N

VALUTAZIONE DELLA DOMANDA RICHIESTA AGLI ELEMENTI

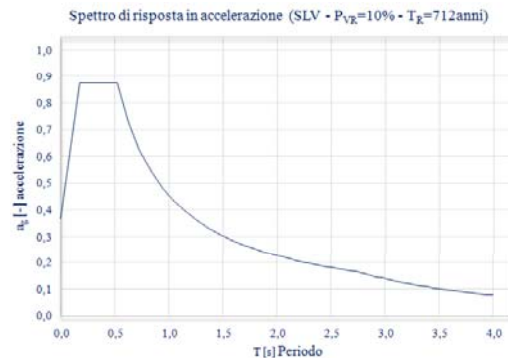
Analisi Dinamica Lineare Con spettro ridotto $q=1.5$

Stima dell'azione sismica



Forze di inerzia indotte dal sisma sulla struttura

Combinazioni di carico



Stima della risposta dinamica della struttura



Combinando opportunamente gli effetti dei modi di vibrare ricavati dall'Analisi Dinamica Modale

Combinazione statica

$$1,3 g_{k1} + 1,5 g_{k2} + 1,5 q_{k1} + 0,75 q_{kneve}$$

Combinazione sismica

$$g_{k1} + g_{k2} + 0,6 q_{k1} + E_x + 0,3 E_y$$
$$g_{k1} + g_{k2} + 0,6 q_{k1} + 0,3 E_x + E_y$$

Domanda Meccanismi duttili

Domanda in termini di sollecitazioni dall'analisi con $q=1.5$

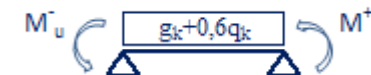
Domanda Meccanismi fragili

V_d : “taglio elastico”

Sollecitazione di taglio agente sugli elementi ottenuta dall'analisi dinamica lineare

V_{Ed} : “taglio GR”

Sollecitazione di taglio derivante dall'equilibrio dell'elemento sotto l'azione dei carichi gravitazionali e dei momenti resistenti M_u amplificati del fattore $\gamma_{Rd}=1,1$ (bassa duttilità)



VALUTAZIONE DELLA CAPACITÀ DEGLI ELEMENTI

Proprietà meccaniche dei materiali



<i>Livello di conoscenza</i>	<i>Geometria (carpenterie)</i>	<i>Dettagli strutturali</i>	<i>Proprietà dei materiali</i>	<i>Metodo di analisi</i>	<i>FC</i>
LC1		Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e limitate verifiche in-situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e limitate prove in-situ	Analisi lineare statica o dinamica	1,35
LC2	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione oppure rilievo ex-novo completo	Disegni costruttivi incompleti con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>estese</i> verifiche in-situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali con <i>limitate</i> prove in-situ oppure <i>estese</i> prove in-situ	Tutti	1,2
LC3		Disegni costruttivi completi con <i>limitate</i> verifiche in situ oppure <i>esaustive</i> verifiche in-situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di originali con <i>estese</i> prove in-situ oppure <i>esaustive</i> prove in-situ	Tutti	1

$$R_k = \frac{R_m}{FC}$$

Resistenza caratteristica materiali

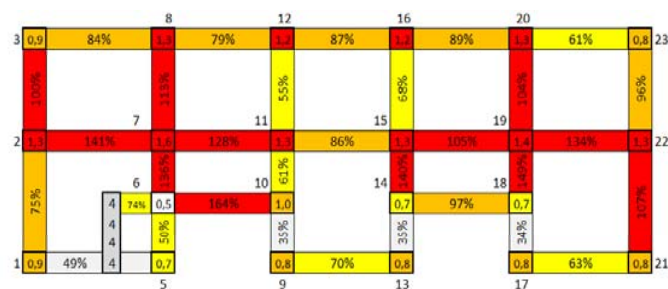
Valori medi ottenuti dalle prove

Fattore di confidenza

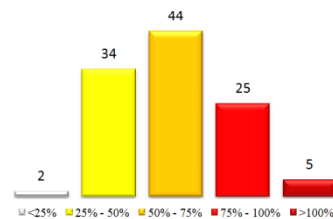
RISULTATI DELL'ANALISI DI VULNERABILITÀ

Vulnerabilità a flessione

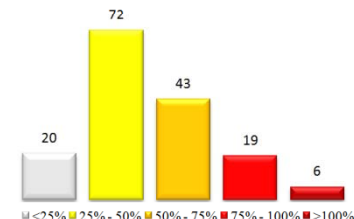
Pianta piano tipo



Pilastri

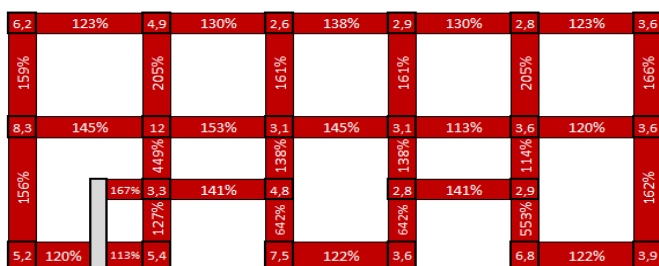


Travi

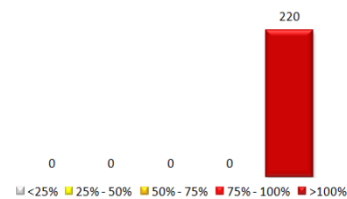


Vulnerabilità a taglio

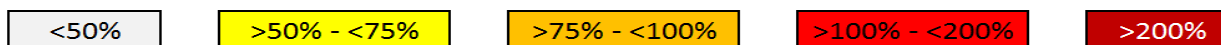
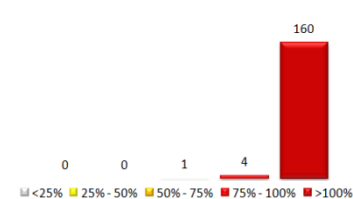
Pianta piano tipo



Pilastri



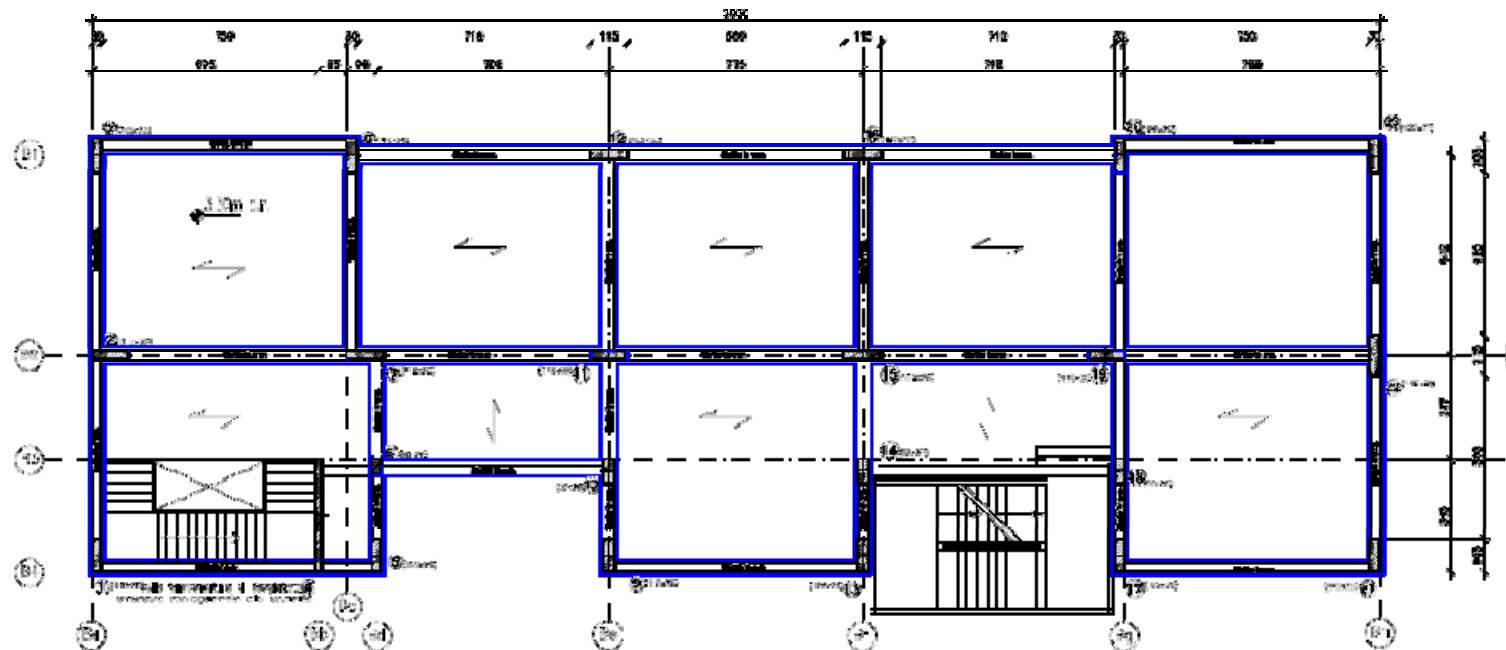
Travi



EDIFICIO A - Interventi di Adeguamento:

Setti in c.a. all'interrato:

- Irrigidimento in fondazione
- Distribuzione omogenea delle sollecitazioni in fondazione

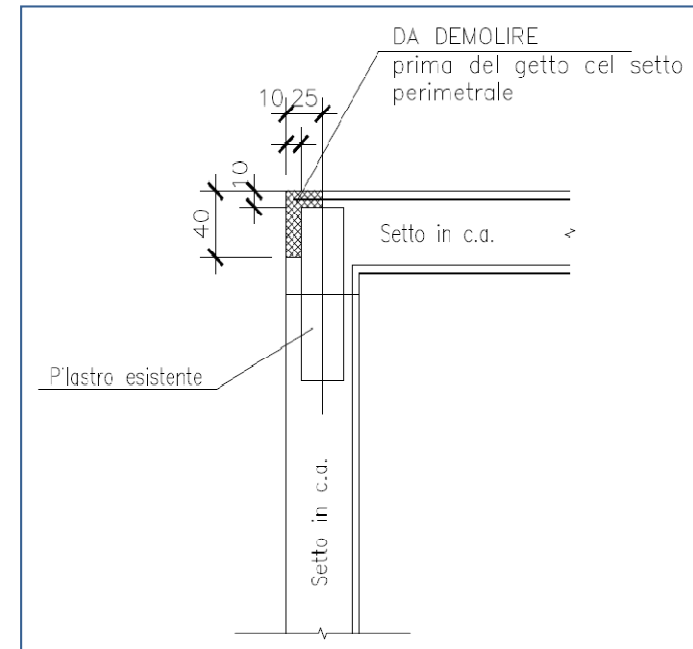
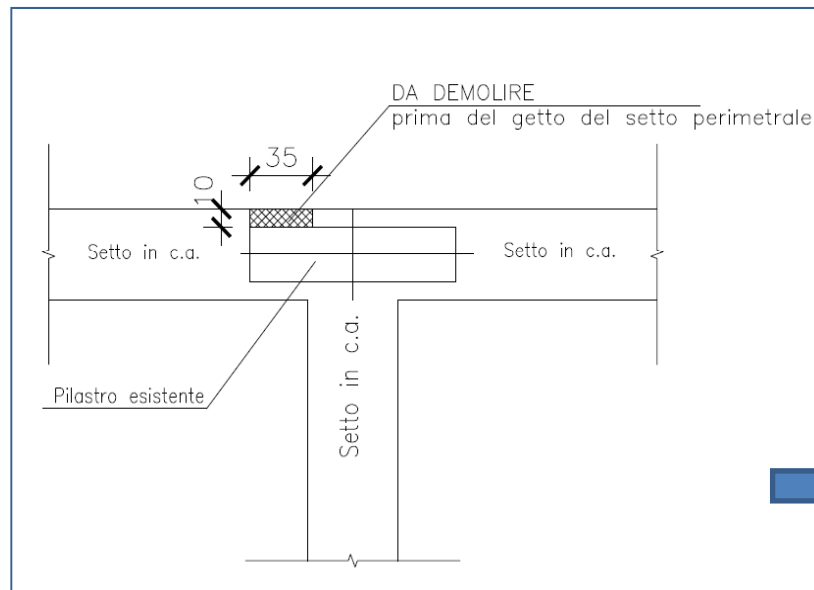


EDIFICIO A - Interventi di Adeguamento:

Interventi sui pilastri:

I pilastri esterni, risultano gravemente danneggiati:

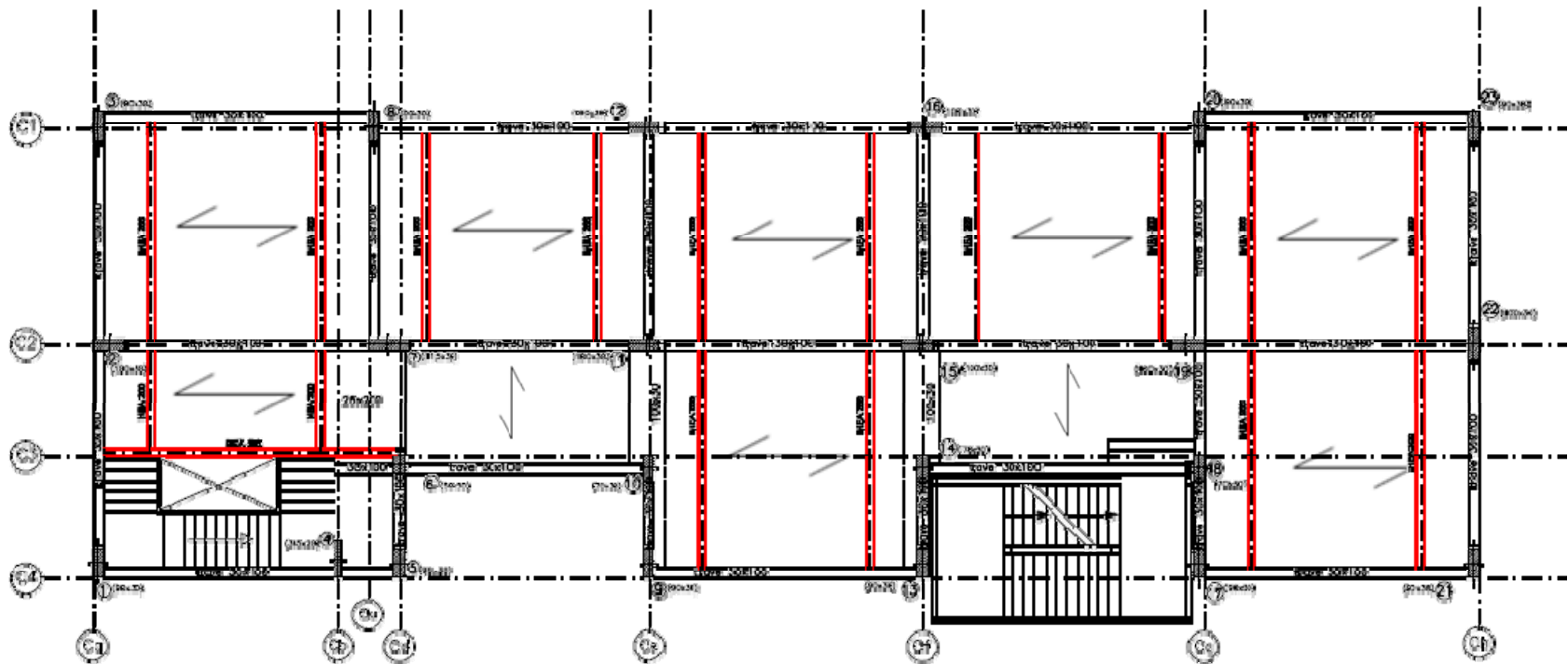
- elementi privi di copriferro
- barre di armatura esposte e molto corrose
- calcestruzzo di bassa qualità



Eliminazione copriferro pilastri esterni,
Trattamenti anti corrosione per i ferri di armatura
Rifacimento copriferro per tutta l'altezza del pilastro.

EDIFICIO A - Interventi di Adeguamento: SOLAI

Solai inadeguati → *Travi rompi tratta in acciaio*
poste ad 1/6 della luce

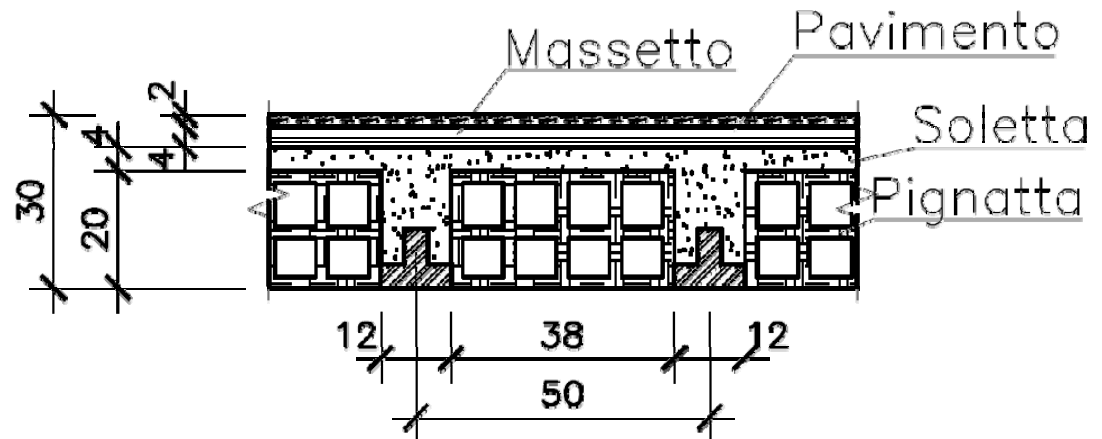


Si sono disposte travi in acciaio HEA200
calandrate e montate a contrasto attraverso martinetti.

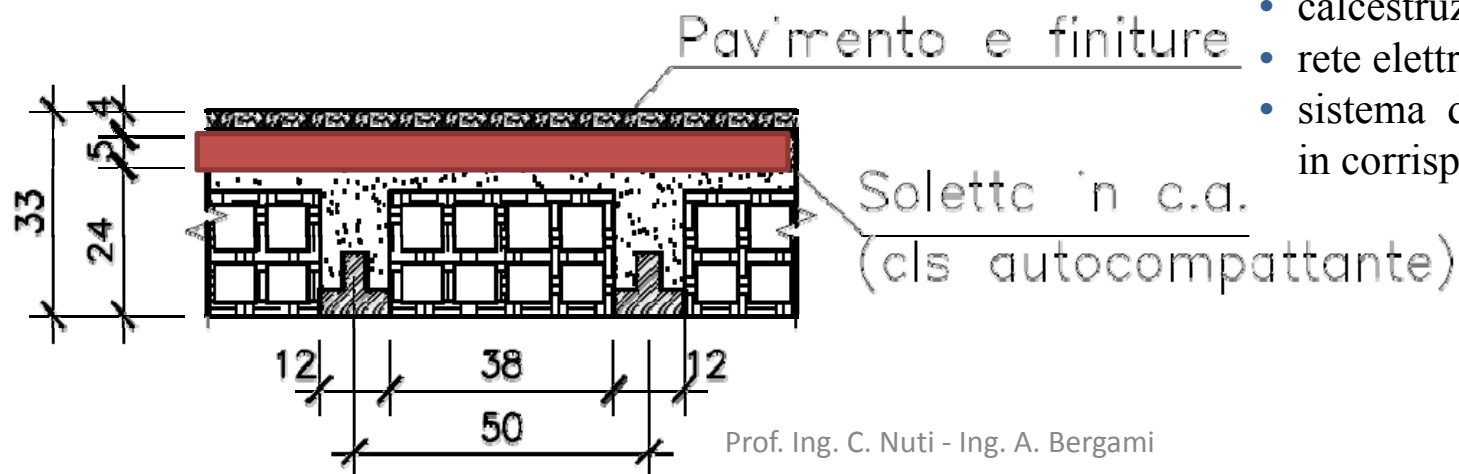
EDIFICIO A - Interventi di Adeguamento: SOLAI

Solaio stato di fatto:

- $h_{tot} = 30$ cm
- $h_{pignatte} = 20$ cm
- $h_{soletta} = 3-4$ cm
- $H_{massetto} = 4$ cm
- $H_{pav.} = 2.5-2.8$ cm (marmettoni)

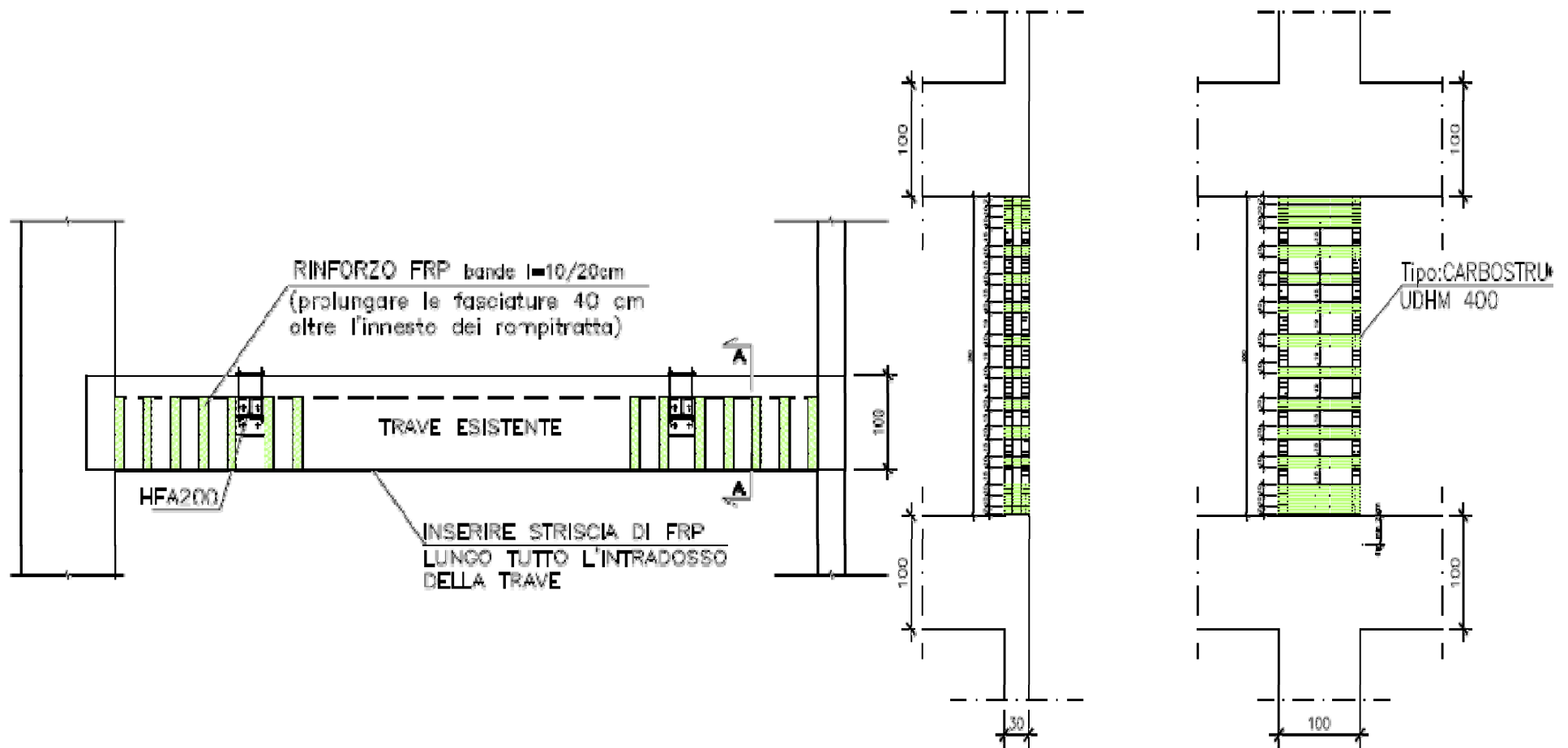


inserimento di una soletta armata:

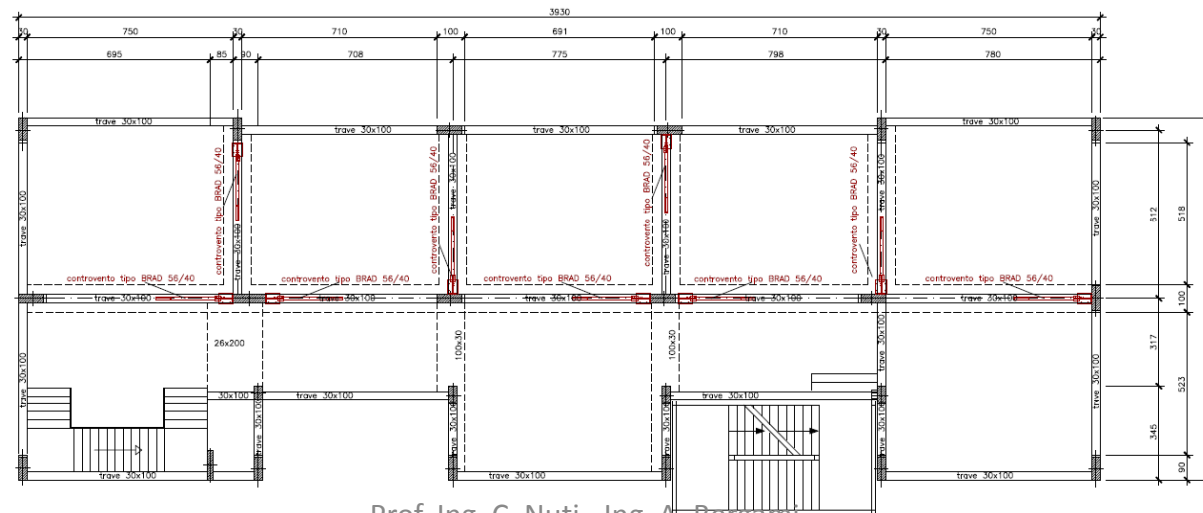
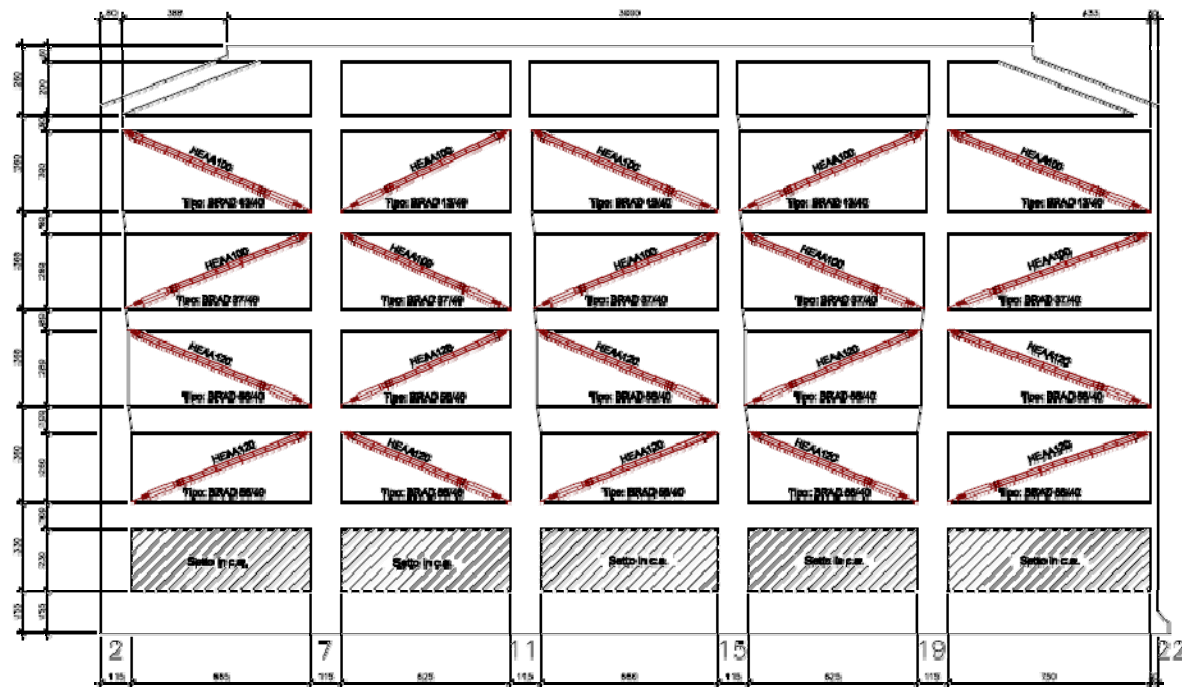


- calcestruzzo autocompattante,
- rete elettrosaldata, $\phi 6/10 \times 10$,
- sistema di piolatura $\phi 10 / 50 \times 50$ in corrispondenza dei travetti.

EDIFICIO A - Interventi di Adeguamento: Rinforzo travi secondarie e incremento duttilità dei pilastri

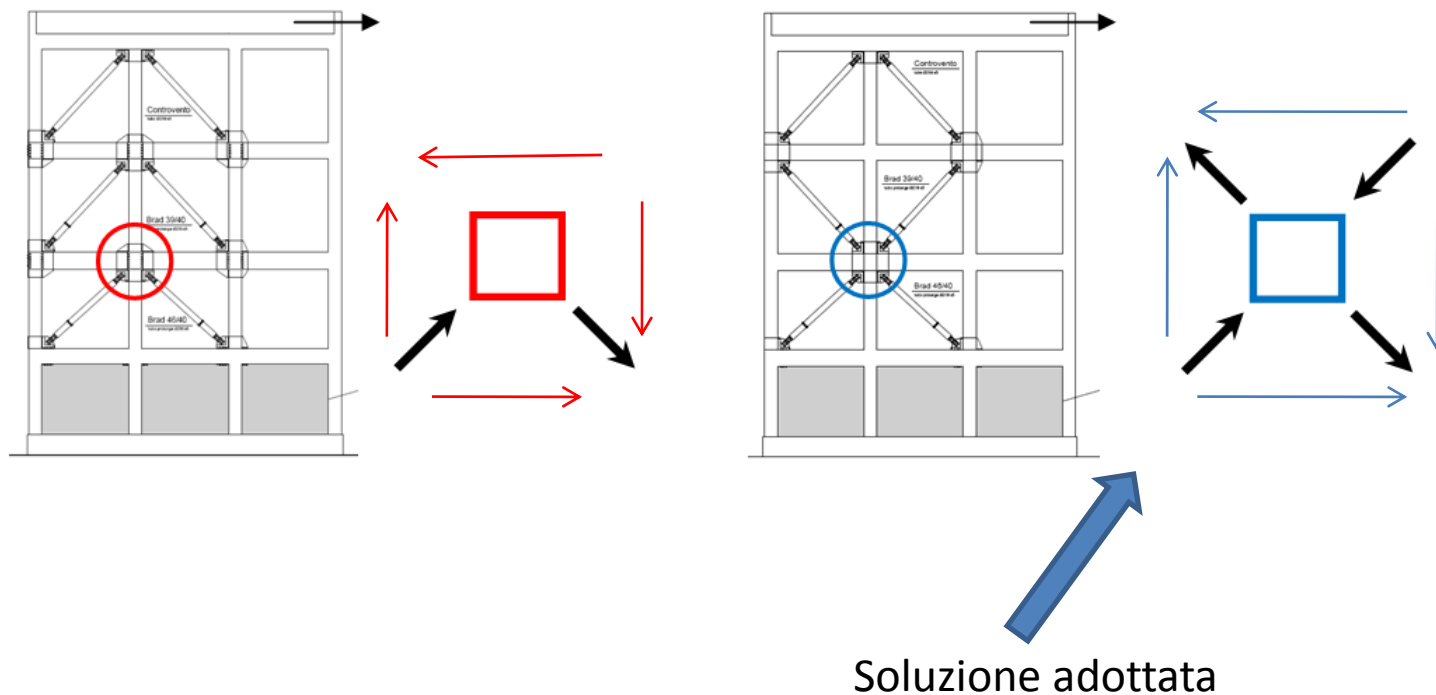


Interventi di Adeguamento: Controventi dissipativi



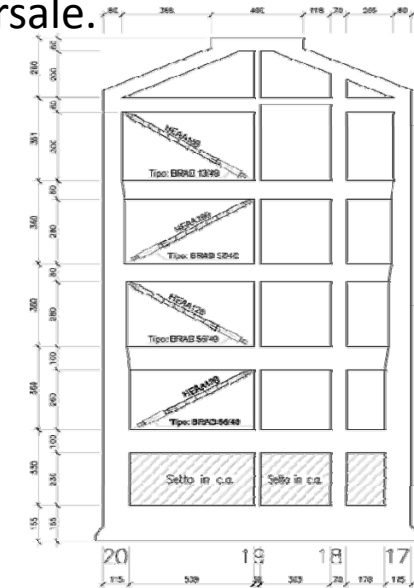
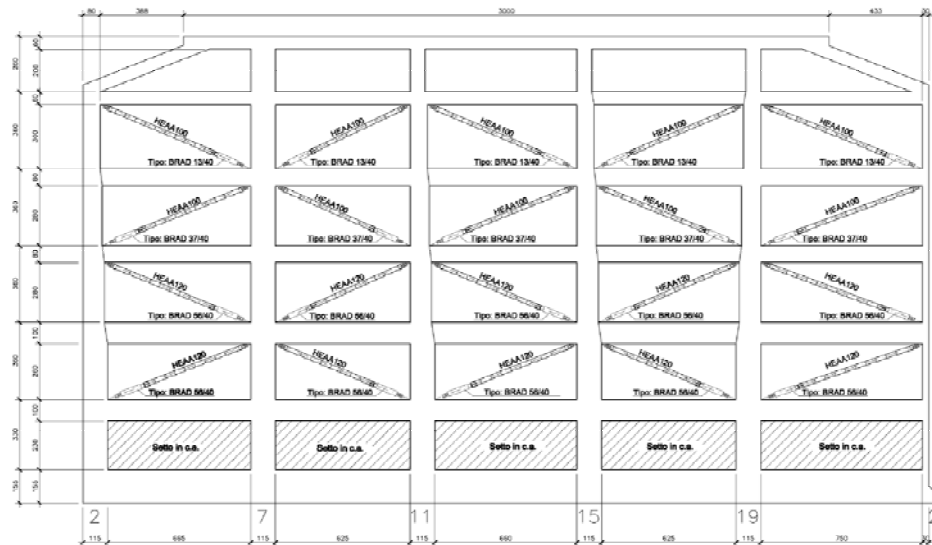
Interventi di Adeguamento: Disposizione dei controventi dissipativi

La distribuzione dei controventi è stata pensata in modo che gli sforzi che essi inducono sui nodi si bilancino il più possibile tra loro

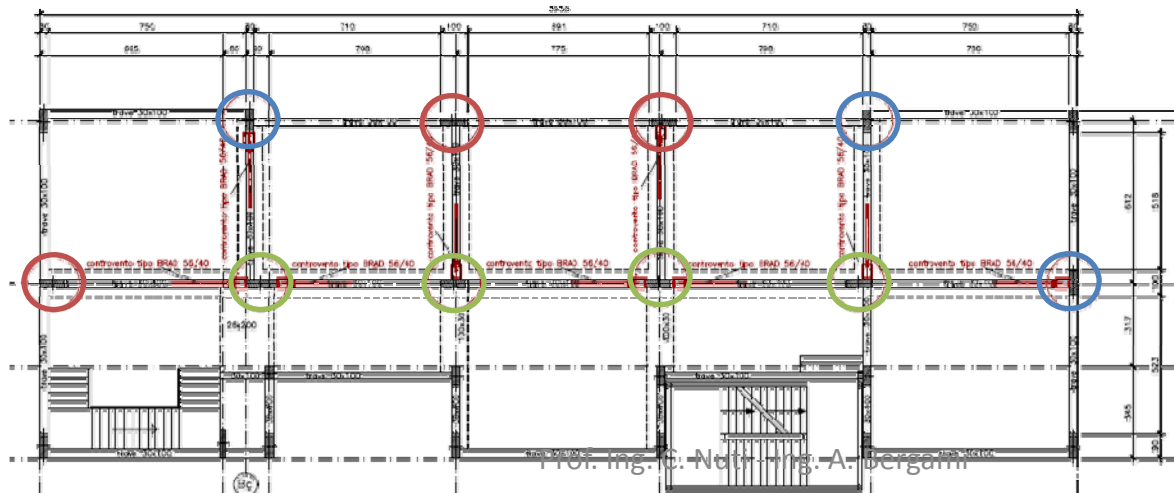


Interventi di Adeguamento: Controventi dissipativi

Sono stati inseriti sia in direzione longitudinale che trasversale.



Dettagli delle connessioni



Si sono individuate
3 tipologie di attacco.

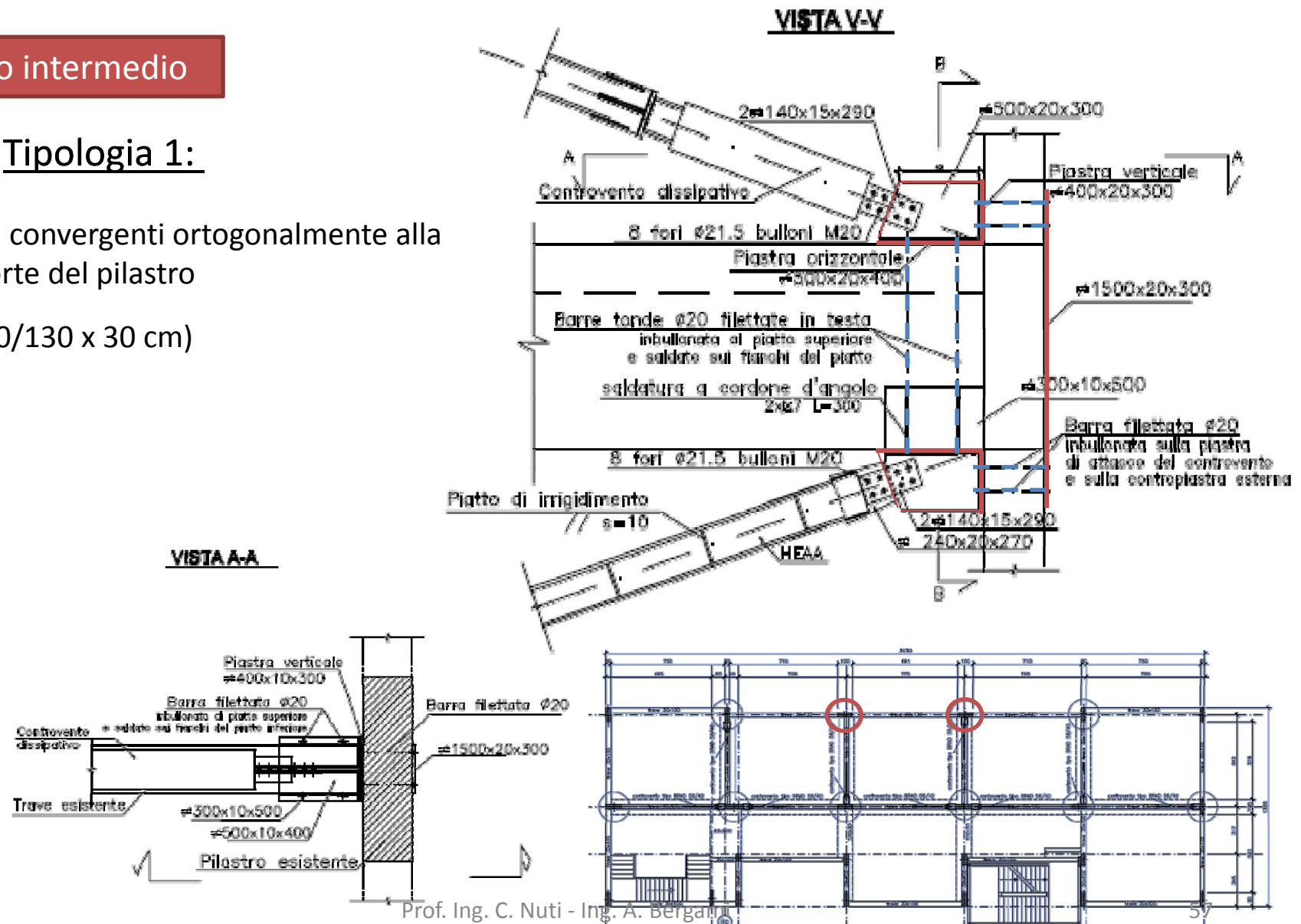
Controventi dissipativi – connessione ai nodi

Livello intermedio

Tipologia 1:

Controventi convergenti ortogonalmente alla direzione forte del pilastro

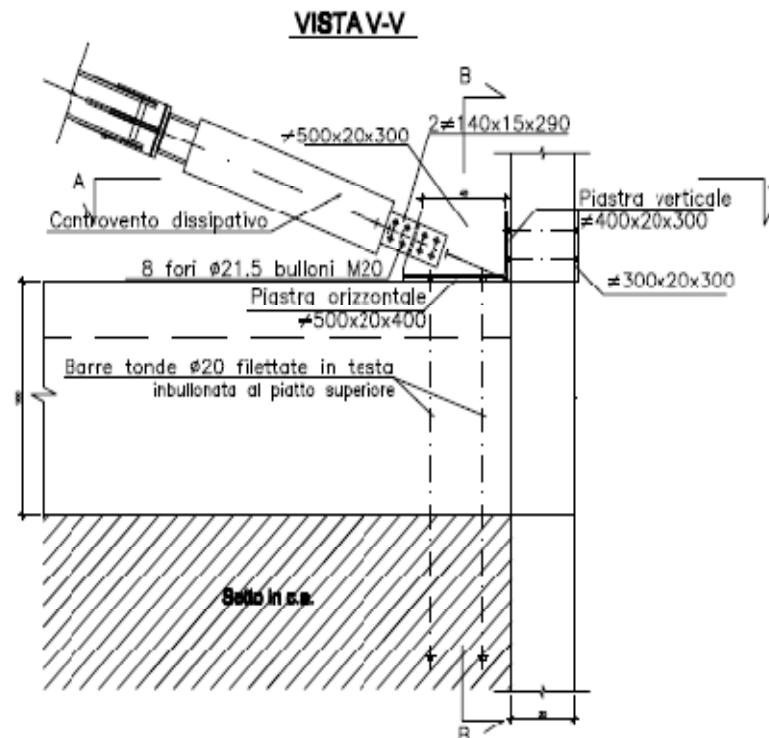
(pilastro 100/130 x 30 cm)



Controventi dissipativi – connessione ai nodi

Primo ordine di controventi

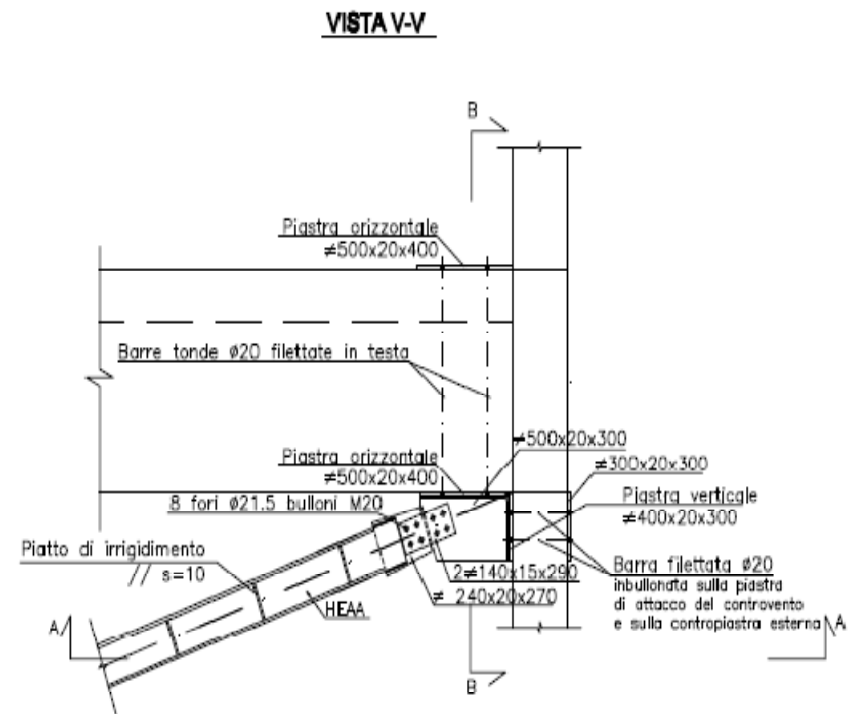
Tipologia 1: piano rialzato



Al piatto orizzontale sono inbullonate barre filettate ancorate nel setto in c.a..

Ultimo ordine di controventi

Tipologia 1: piano quarto



Piatto orizzontale collegato ad una contro piastra orizzontale posta nel sottotetto

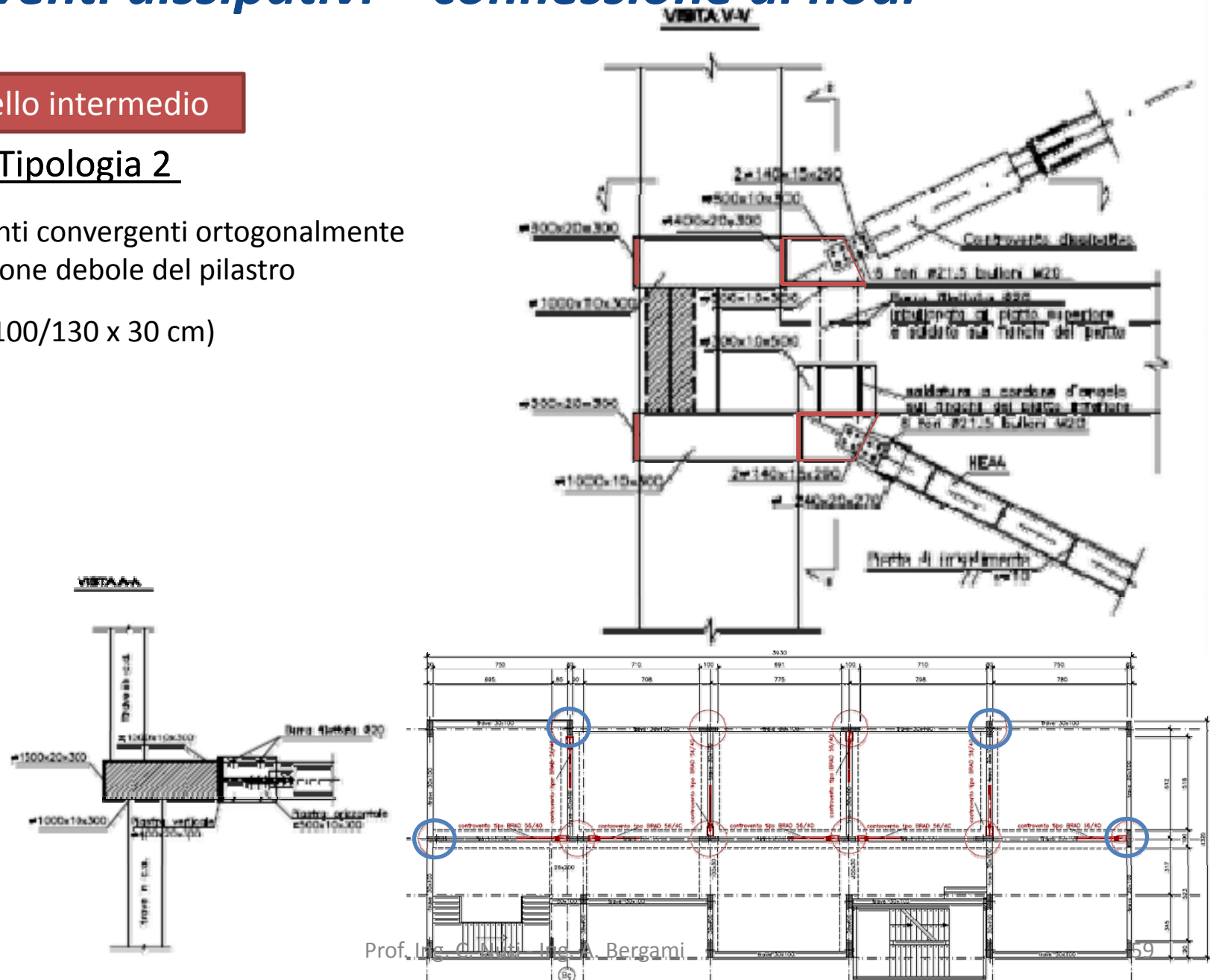
Controventi dissipativi – connessione ai nodi

Livello intermedio

Tipologia 2

Controventi convergenti ortogonalmente alla direzione debole del pilastro

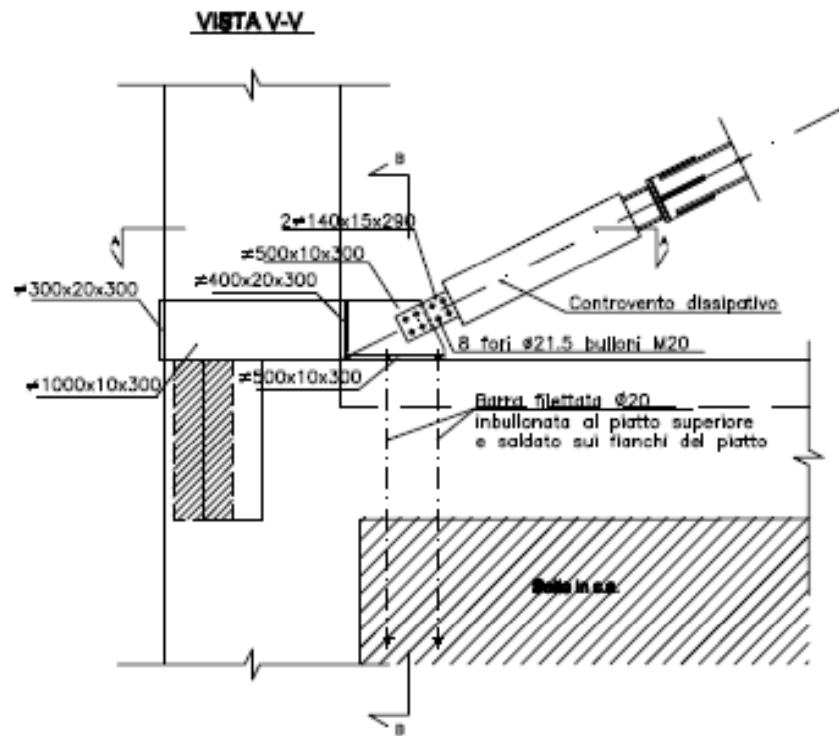
(pilastro 100/130 x 30 cm)



Controventi dissipativi – connessione ai nodi

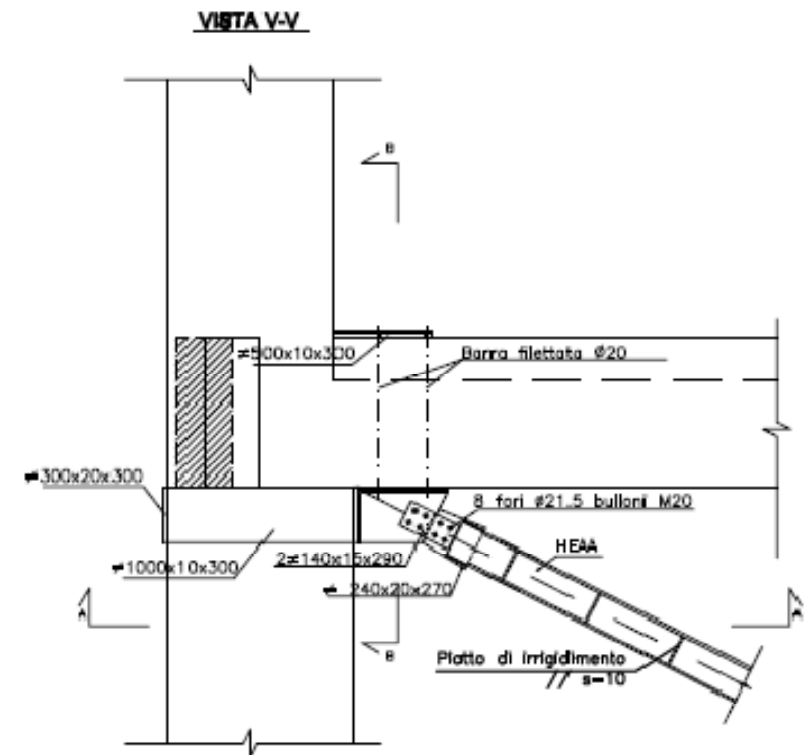
Primo ordine di controventi

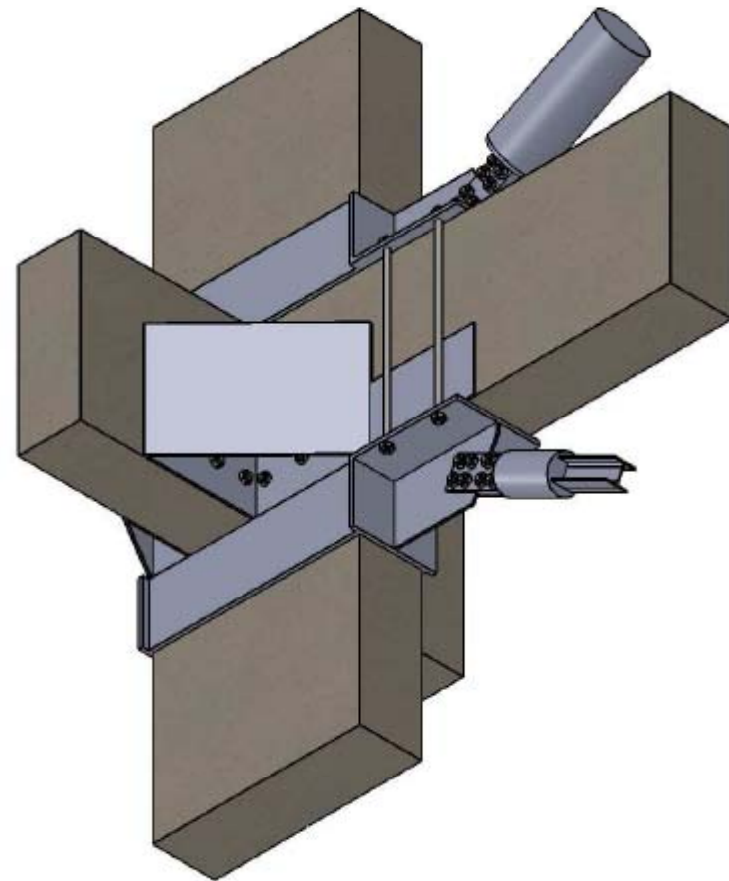
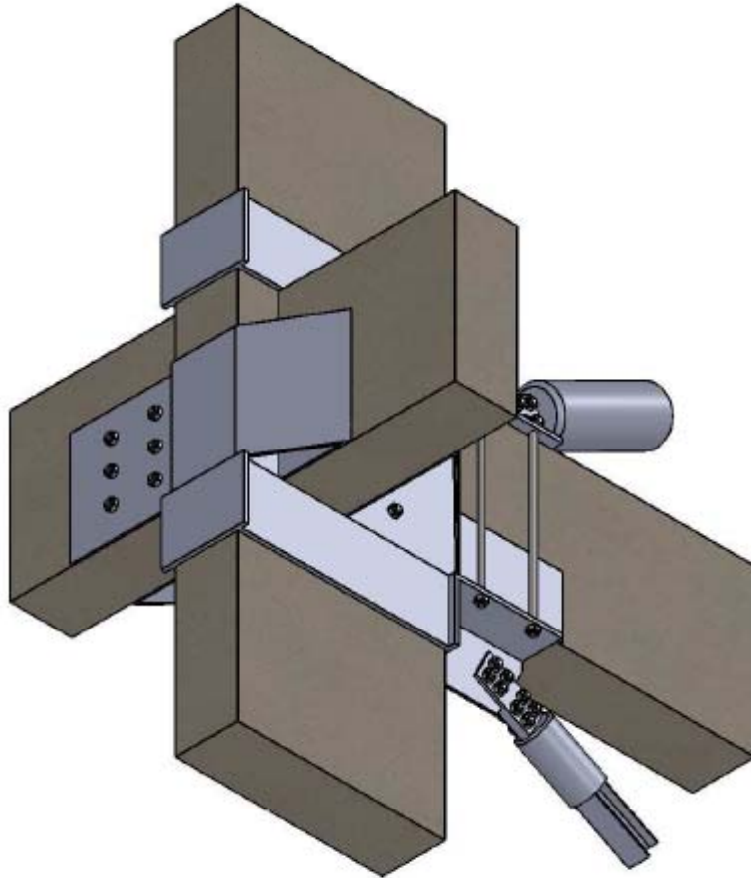
Tipologia 2: piano rialzato

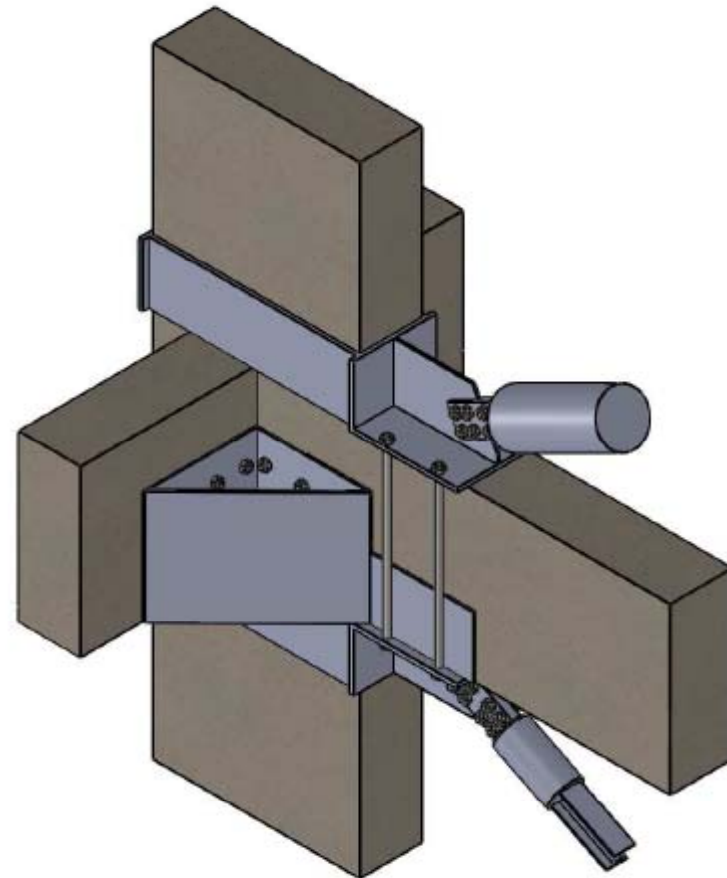
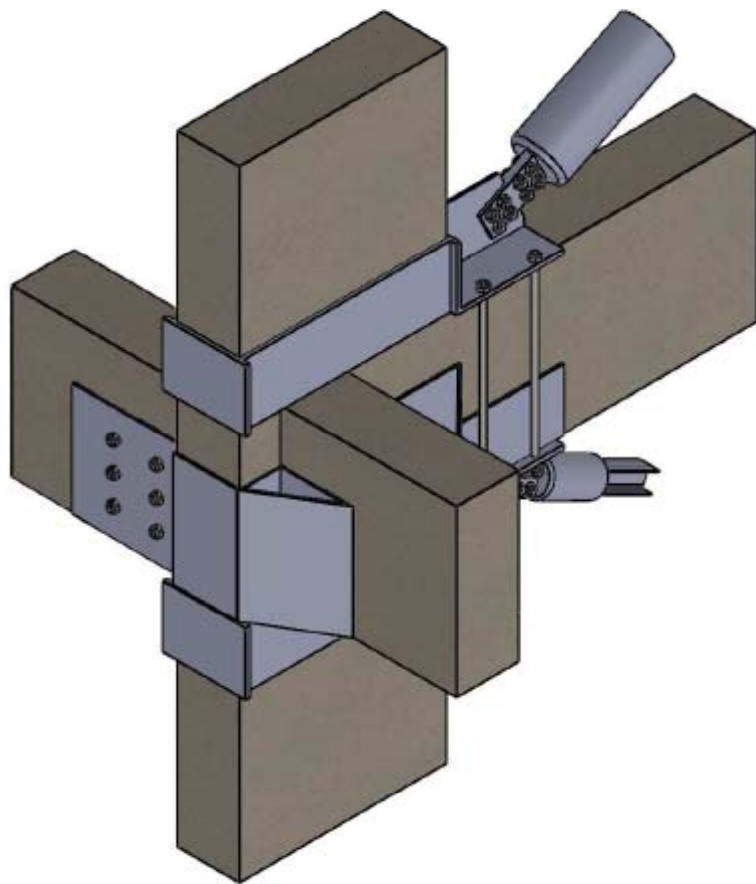


Ultimo ordine di controventi

Tipologia 2: piano quarto







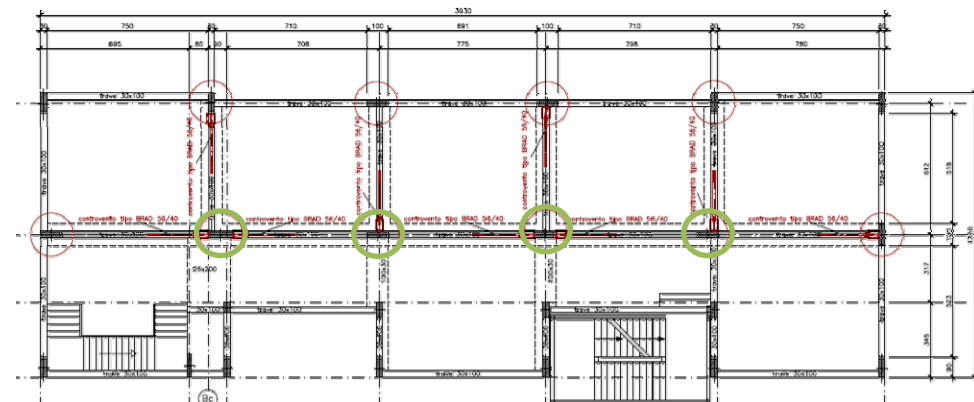
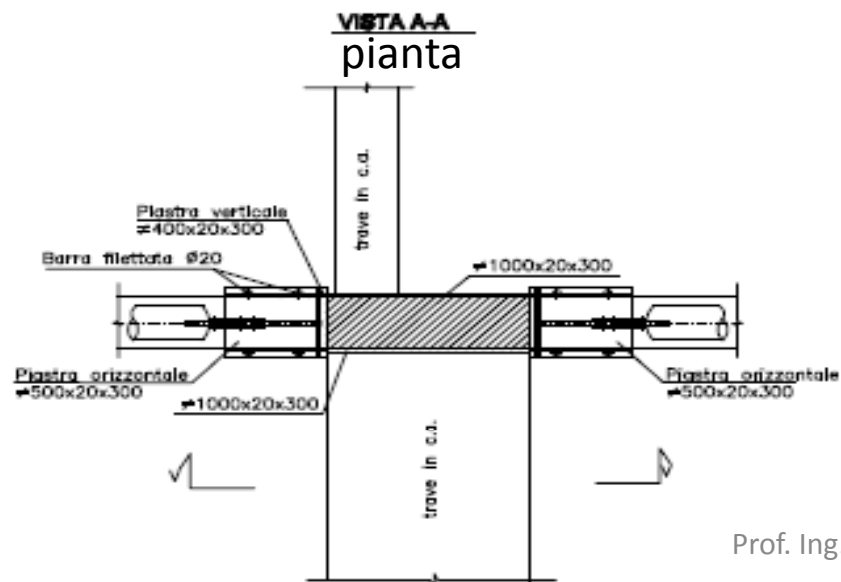
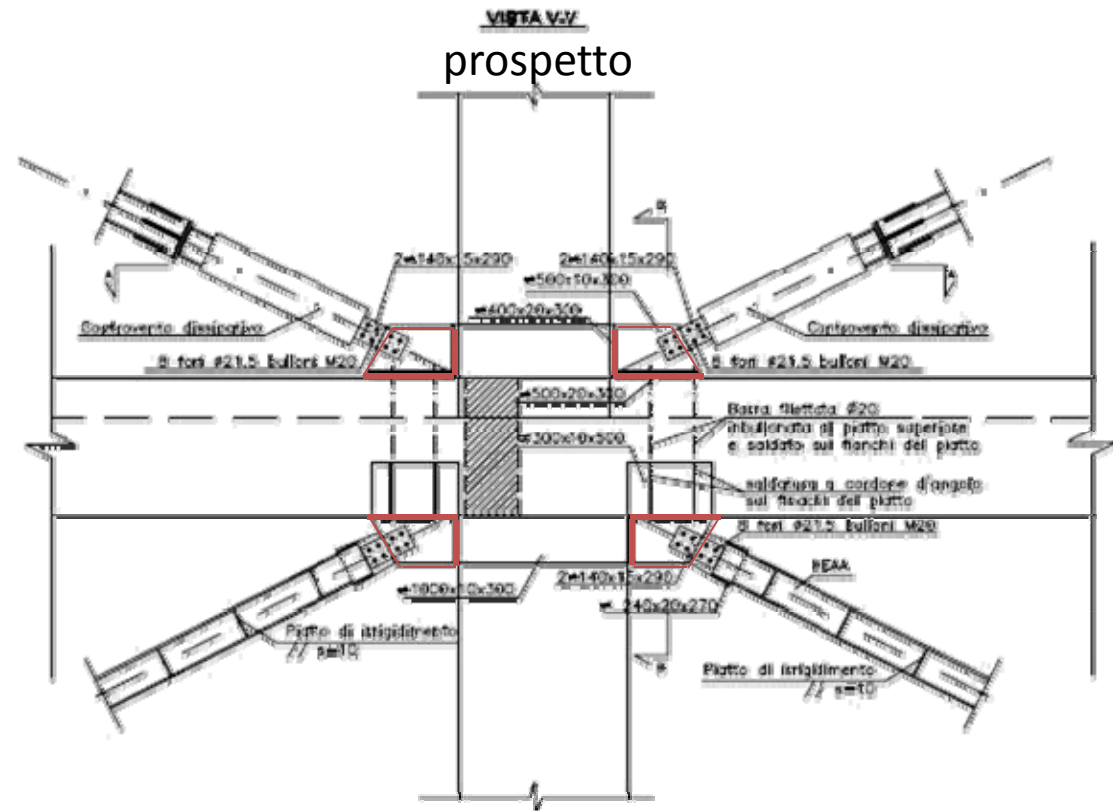
Controventi dissipativi – connessione ai nodi

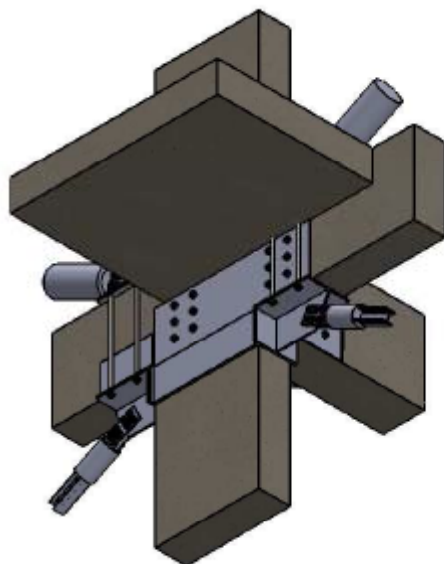
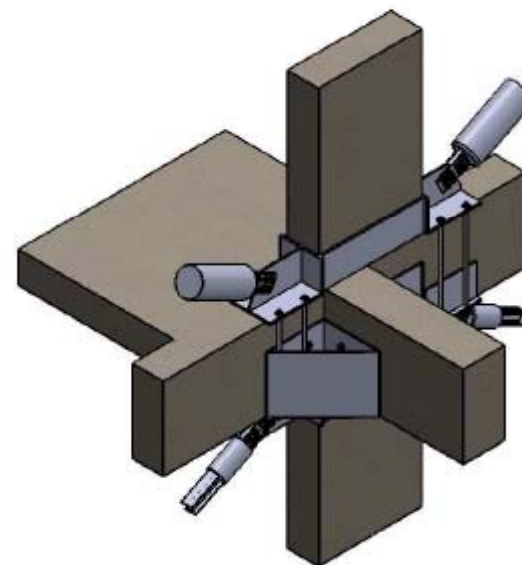
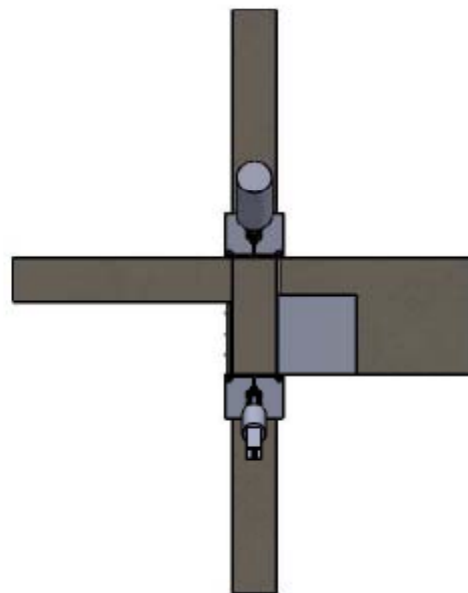
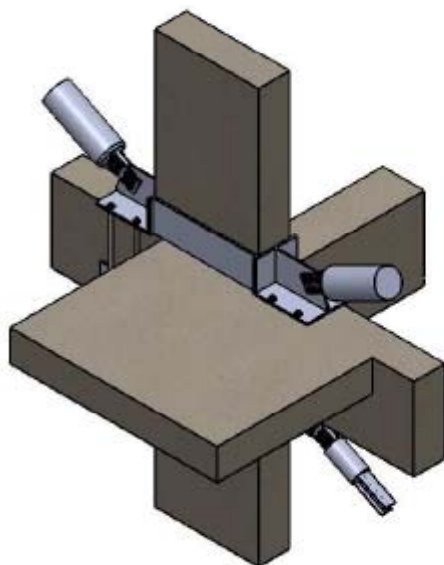
Livello intermedio

Tipologia 3

connessione tra i controventi e i pilastri interni.

Convergono controventi da entrambi i lati.





UNLESS OTHERWISE SPECIFIED: DIMENSIONS ARE IN MILLIMETERS TOLERANCES: LINEAR ANGULAR		FINISH		SHARP AND BREAK SHARP EDGES		DO NOT SCALE DRAWING	REVISION
NAME	SIGNATURE	DATE				TITLE	
DRAWN							
CHECKED							
APPROVED							
AND							
S.A.							
					NATURAL	DWG NO.	C2c.2

PROGETTAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

Edificio A, C setti in c.a. all'interrato e controventi dissipativi in elevazione:

Finalità dell'intervento è quella di limitare le deformazioni interpiano e regolarizzare la deformata.

Obiettivo:

Impedire il martellamento tra le strutture adiacenti e scongiurare meccanismi di piano (regolarizzazione della deformata e limitare la deformazione interpiano)

L'ipotesi progettuale fatta risulta essere compatibile con un livello di deformazione tale da scongiurare meccanismi di interazione tra struttura e tamponature tali da generare "short columns", severi danni alle tamponature, e spostamenti compatibili con la dimensione dei giunti in elevazione.

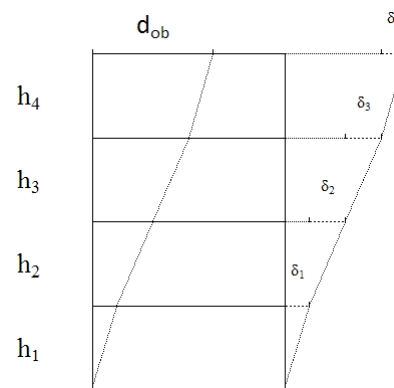
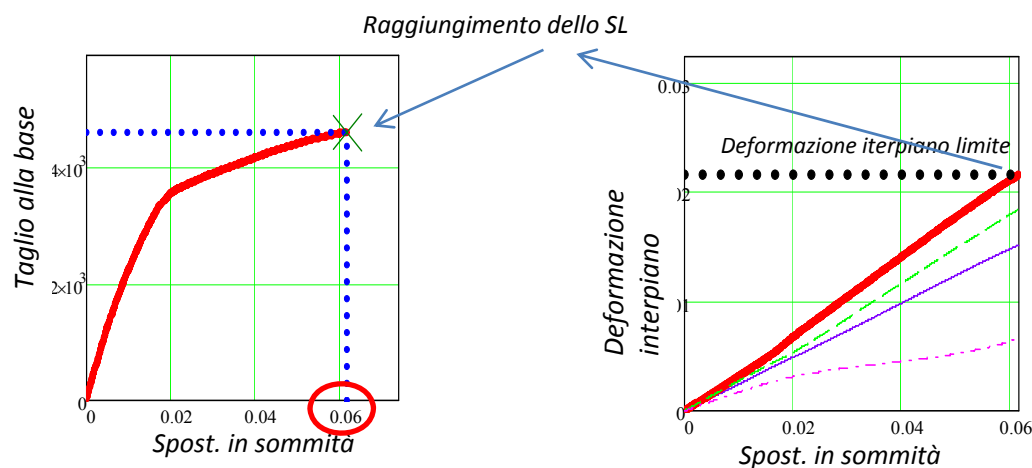
PROGETTAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

Edificio A, C setti in c.a. all'interrato e controventi dissipativi in elevazione:

E' stata condotta una analisi statica non lineare adottando la 1° e la 2° forma modale sul modello 3D del corpo A e del corpo C

E' stato determinato sulla curva di capacità lo spostamento obiettivo, corrispondente con il raggiungimento del livello prestazionale limite prefissato

Definizione dello spostamento obiettivo



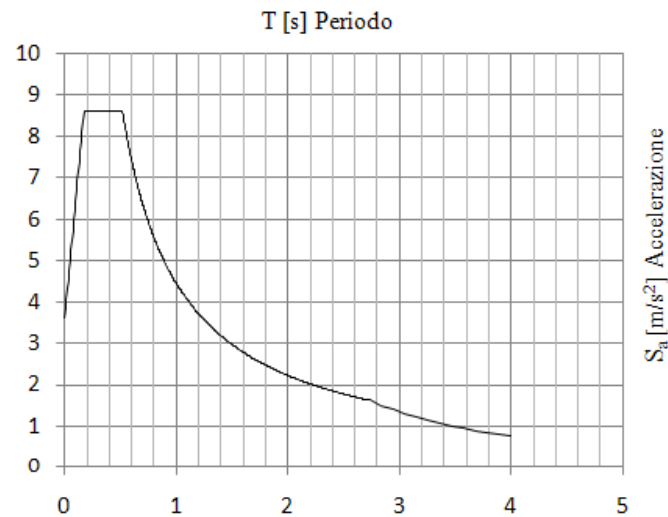
Spostamento corrispondente allo SL
(danno limitato alle tamponature def. Interpiano < 0.5%)

PROGETTAZIONE DEI CONTROVENTI DISSIPATIVI

Definizione della domanda sismica

Spettro elastico di risposta in accelerazione

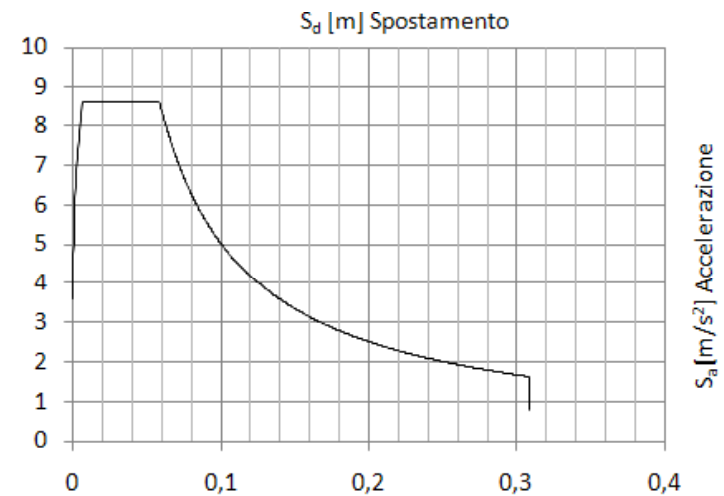
Con riferimento allo spettro del D.M 2008
note le specifiche caratteristiche del sito



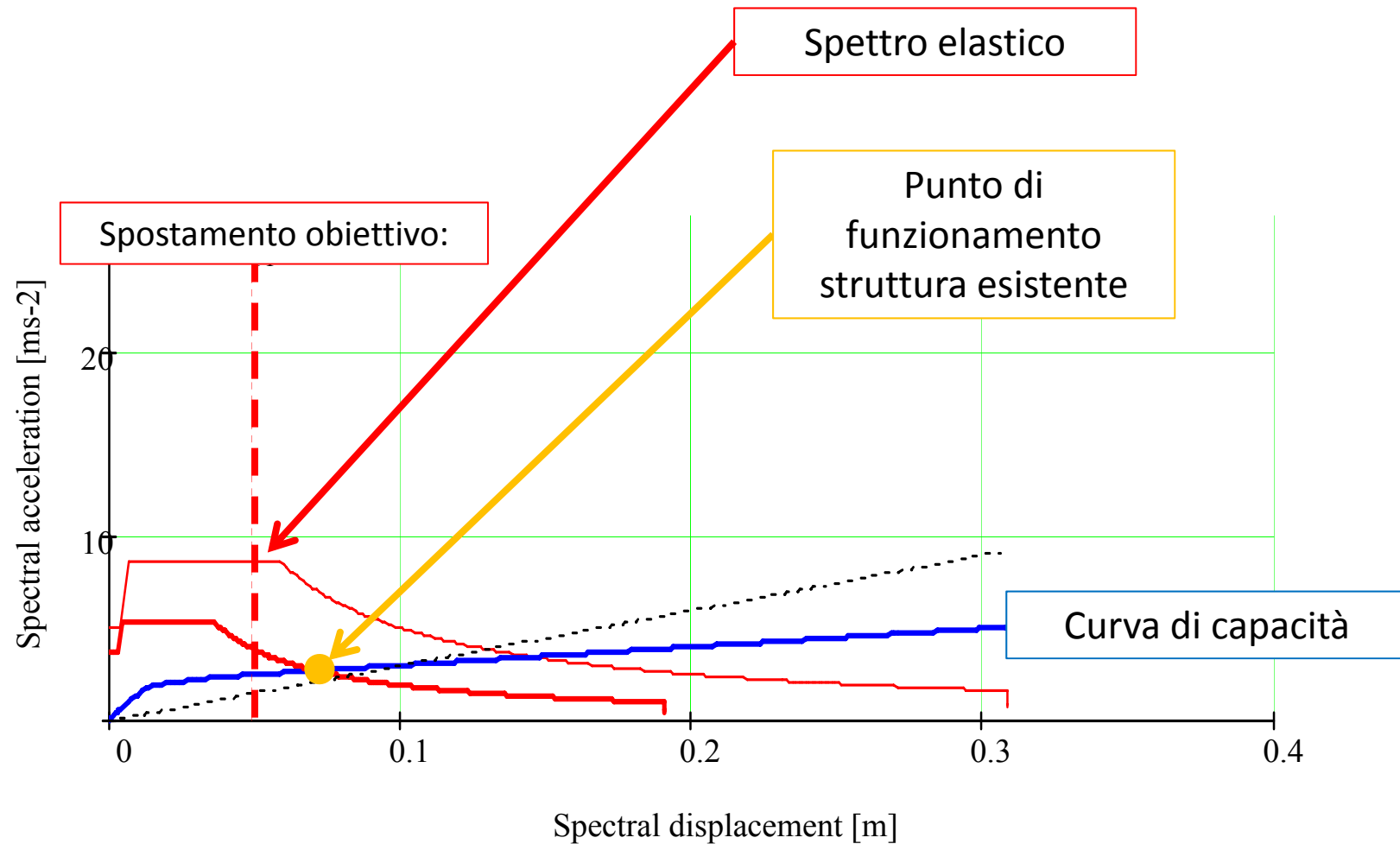
Spettro di domanda

Conversione dello spettro di risposta nel piano S_a - S_d

$$S_a = \omega^2 S_d$$



Determinazione del punto di funzionamento della struttura esistente

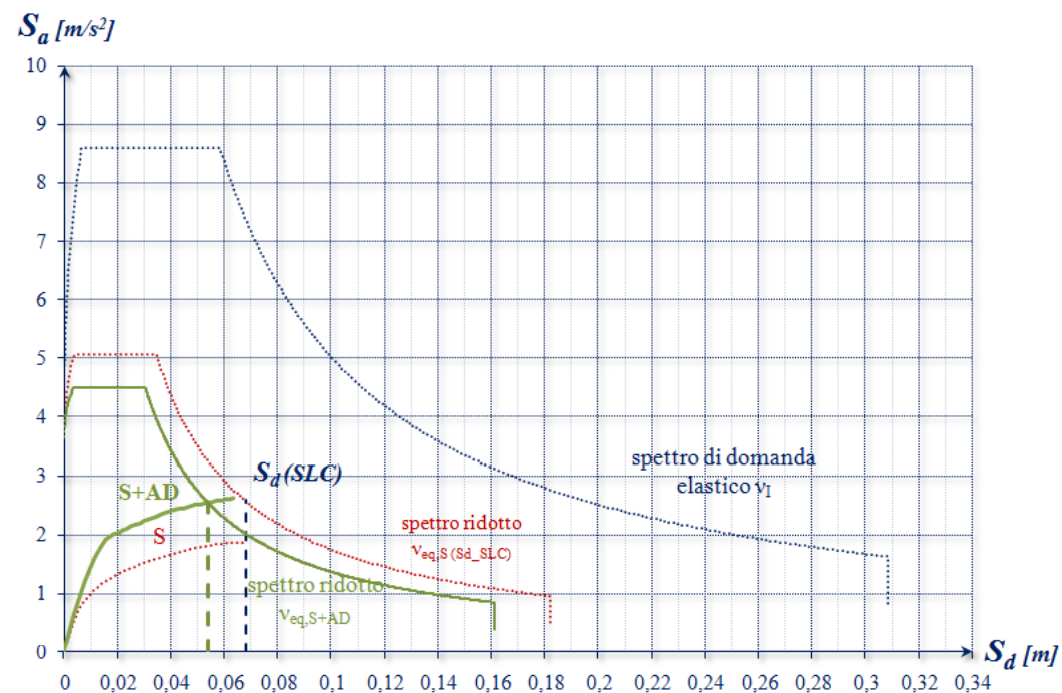


DETERMINAZIONE DELLE CARATTERISTICHE DEL SISTEMA DISSIPATIVO

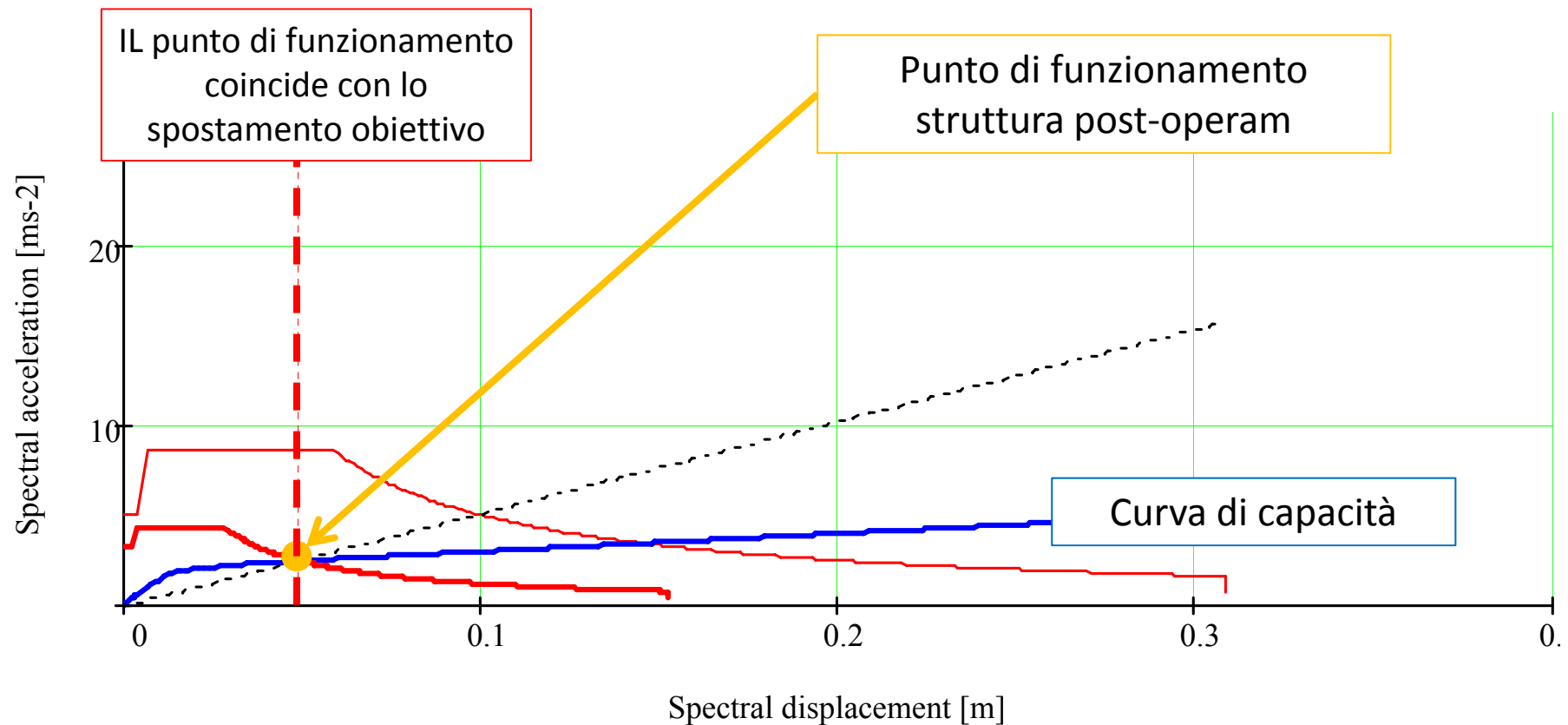
Scelta dei dissipatori

Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	Profilato Tipo	K_A kN/mm
V	36	13/40-b	100	62	HE 100 AA	74
IV	42	37/40-b	300	170	HE 120 AA	92
III	54	56/40-b	450	274	HE 120 A	94
II	90	56/40-b	450	274	HE 180 AA	174

FORMATO ADRS (S_a - S_d): Spettro di domanda – Spettro di capacità

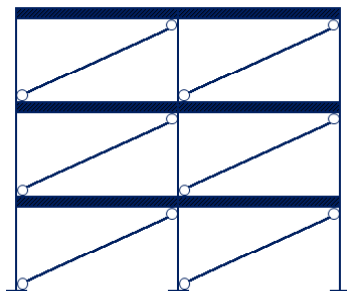


Determinazione del punto di funzionamento della struttura dotata di controventi



DISTRIBUZIONE DELLE RIGIDEZZE IN ELEVAZIONE

Struttura M-GDL



Il contributo offerto dai dissipatori viene valutato precisamente sulla base delle caratteristiche dei dissipatori e dello spostamento interpiano ad ogni livello

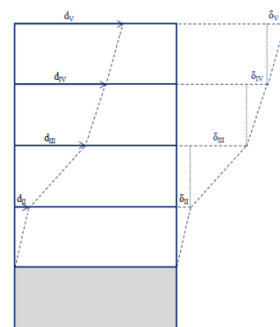
OUTPUT DI PROGETTO:

- Rigidezza serie asta+dissipatore $K_{AD,j}$

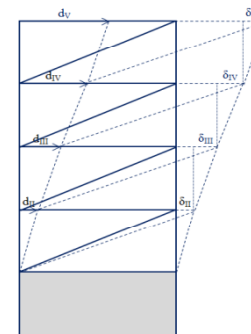


È possibile scegliere N_y con la relativa K_D e ristabilire K_{AD} di progetto scegliendo un'opportuna K_A

PRE-OPERAM
(S)



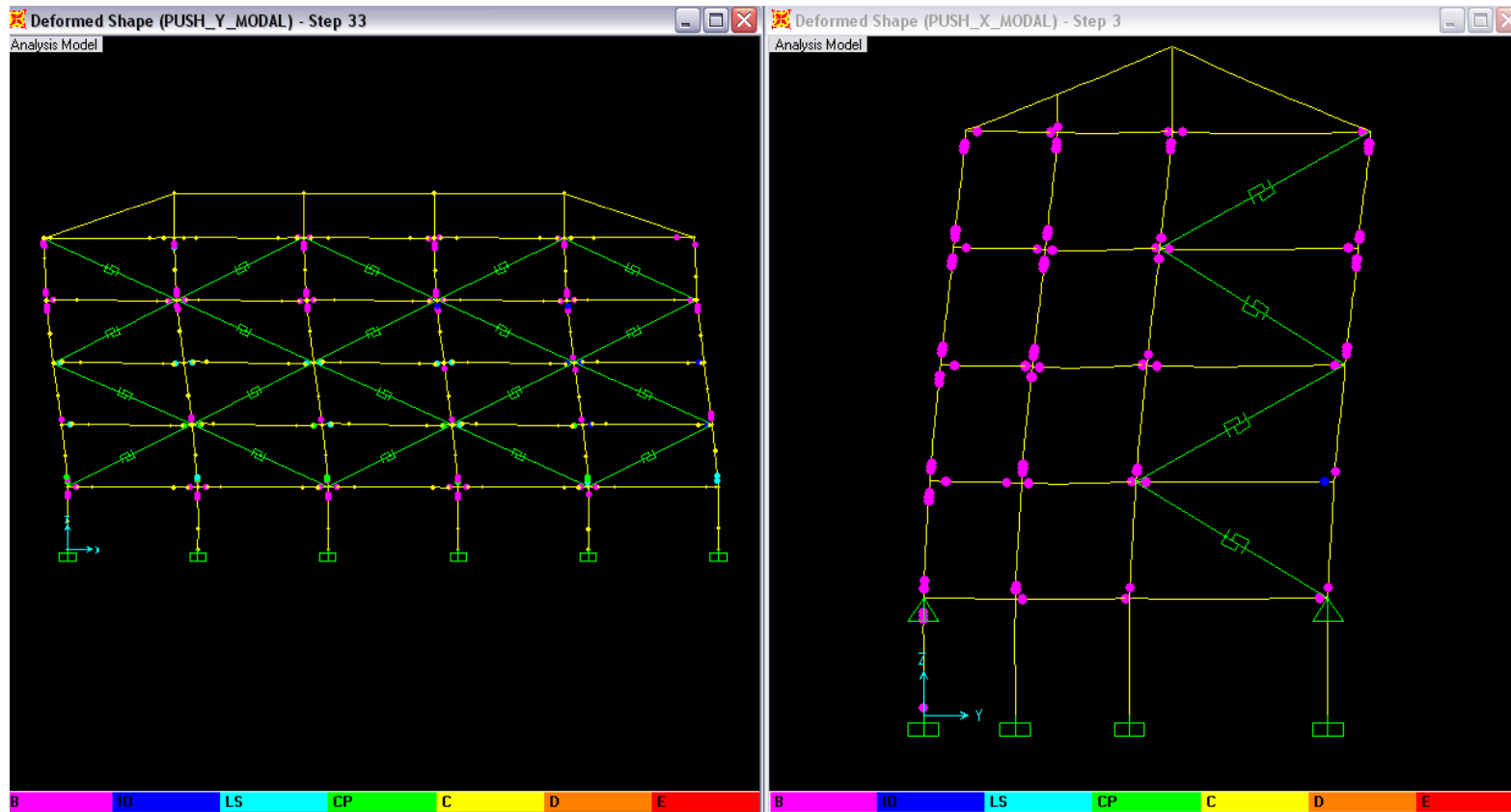
$$K_{AD,j} \propto \delta_j$$



POST-OPERAM
(S+AD)

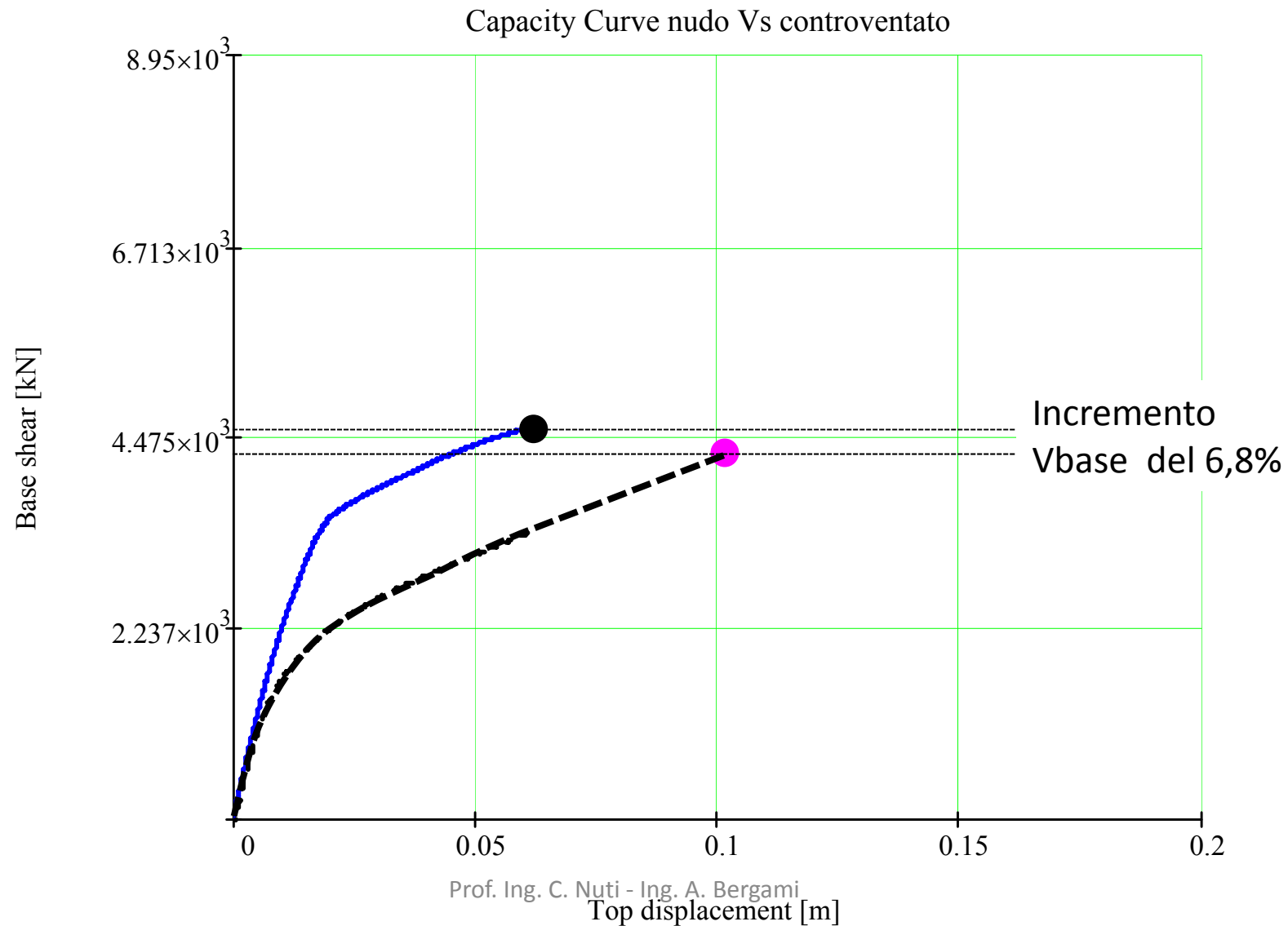
Effetto dell'intervento sulla risposta strutturale

Caso tipo Edificio A (analogo all'edificio C) in dir. Longitudinale e trasversale

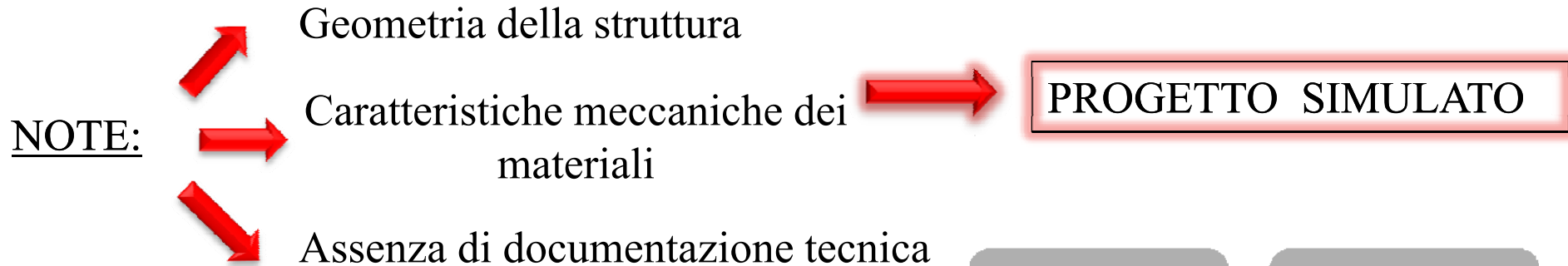


Effetto dell'intervento sulla risposta strutturale

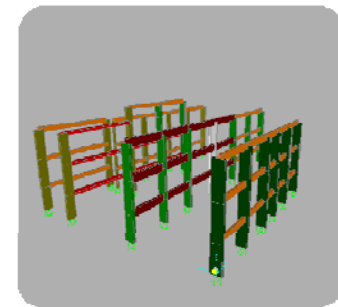
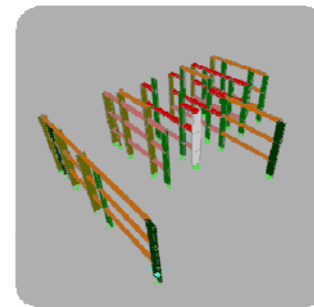
Caso tipo Edificio A (analogo all'Edificio C) in dir. longitudinale



EDIFICIO B: intervento con setti in c.a.



Modellazione → Telai nelle direzioni principali X-Z e Y-Z

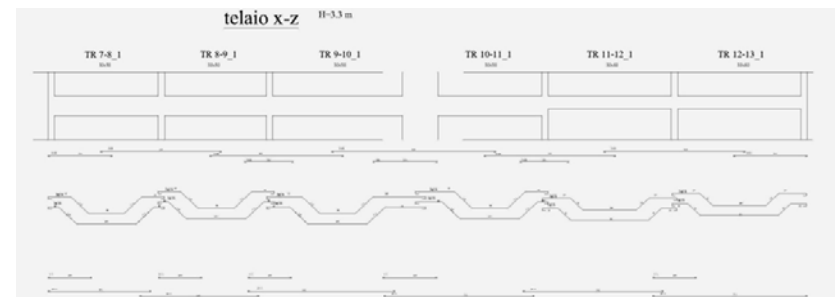


Normativa di riferimento → Regio Decreto del 1939

Azione sismica → $F_0 = 0.1(G_{tot} + Q_{tot}/3)$

Progetto armatura travi

Progetto armatura pilastri



EDIFICIO B: intervento con setti in c.a.

VALUTAZIONE VULNERABILITÀ SISMICA



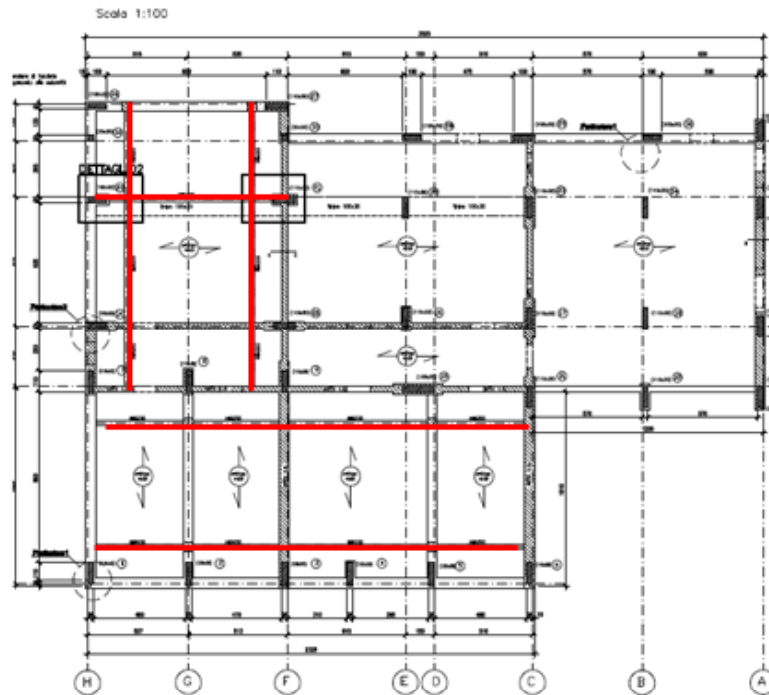
PRINCIPALI CARENZE RILEVATE

- A. Solai e travi inadeguate (sia principali che secondarie) per carichi verticali
- B. Sistema inadeguato a resistere alle azioni orizzontali

EDIFICIO B: intervento con setti in c.a.

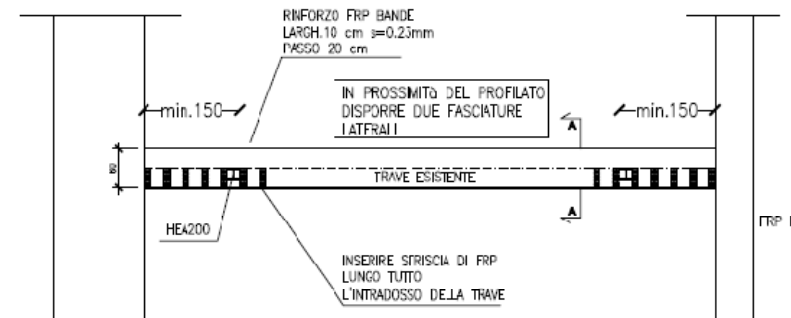
A. INTERVENTI per rinforzo dei solai e delle travi

Inserite due travi rompi tratta in acciaio



Rinforzo travi secondarie a taglio e flessione con FRP dove vengono ancorate le travi rompi tratta

Particolare fasciatura trave esistente
Scala 1:50

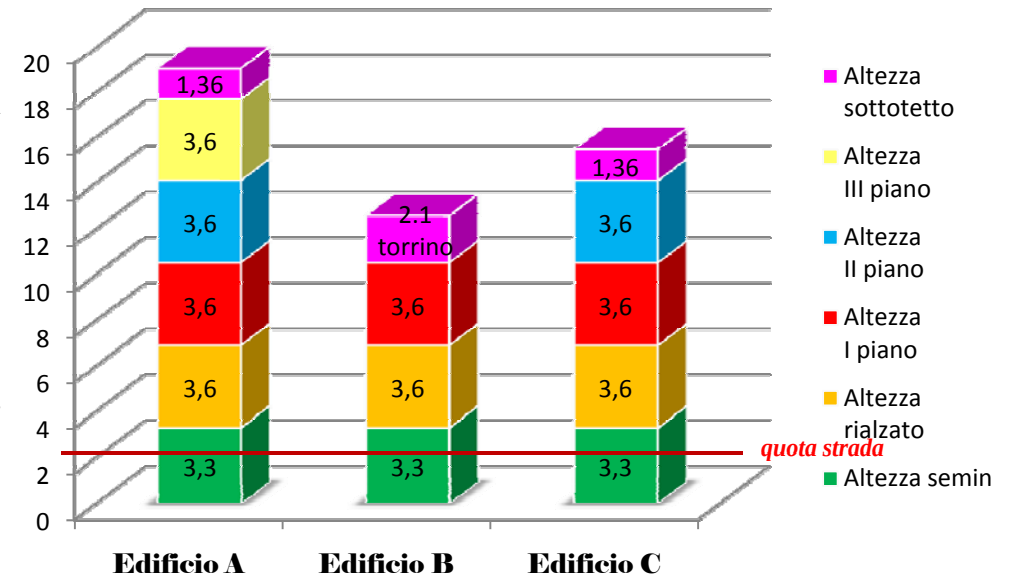
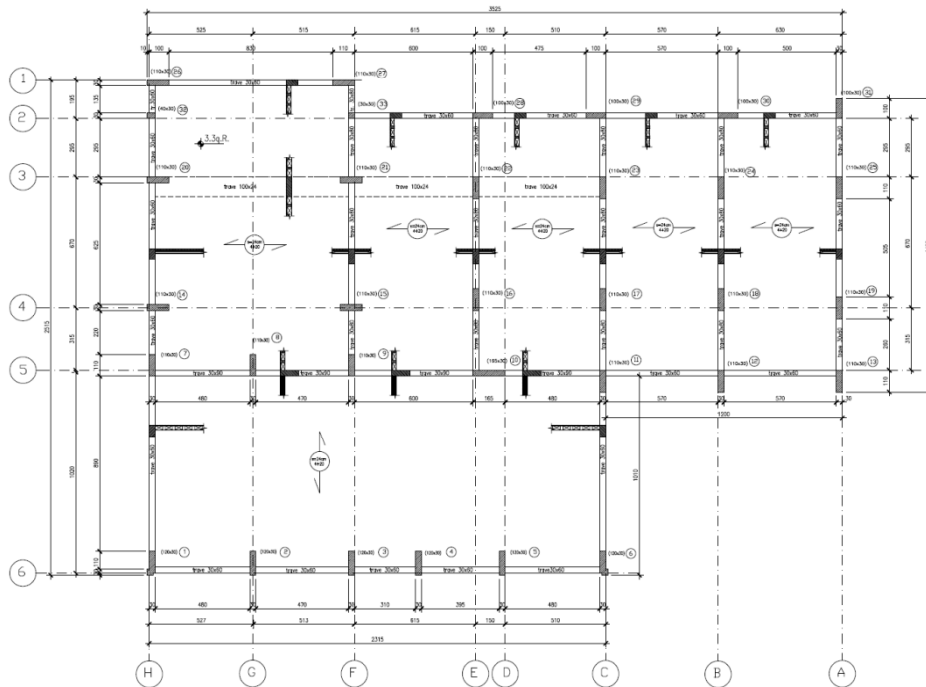


EDIFICIO B: intervento con setti in c.a.

PERCHÈ non inserire i controventi dissipativi nell'edificio B



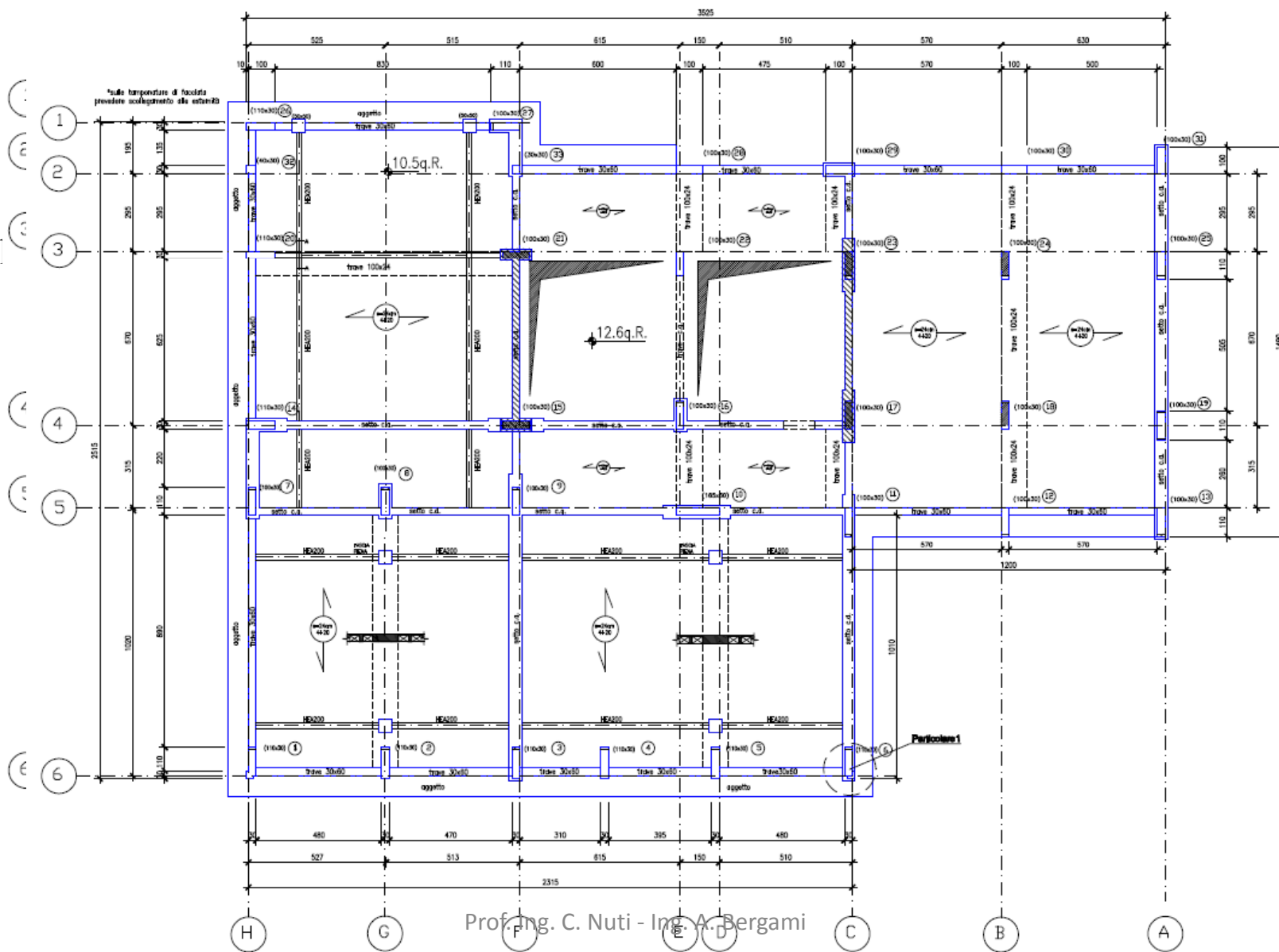
- Maglia planimetrica e forma sono irregolari
- È più basso rispetto agli altri edifici
- Assenza di intelaiatura 3D



CARPENTERIA 10.5m

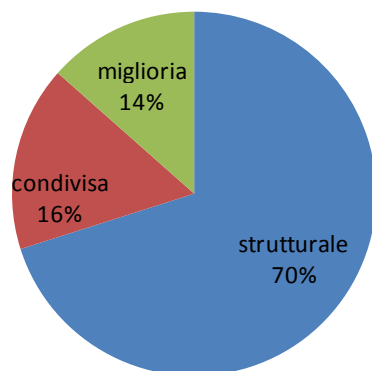
Scala 1:100

Dis

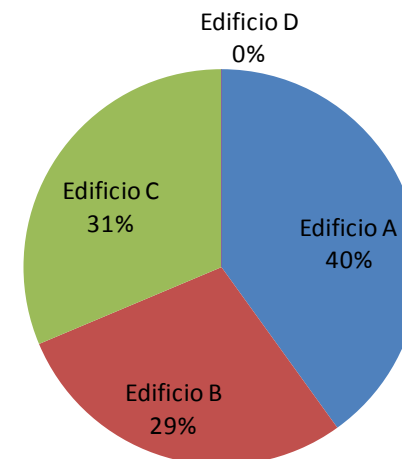
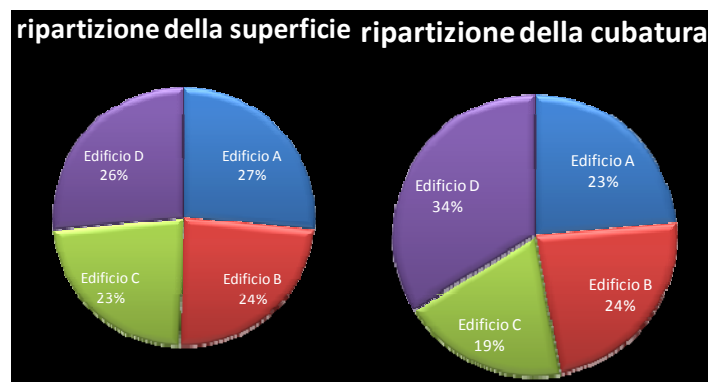


Edificio	Incidenza		Spesa Strutturale	Incidenza		Spesa Condivisa	Incidenza		Spesa di Miglioria	Incidenza	
	€/m2	€/m3	€	€/m2	€/m3	€	€/m2	€/m3	€	€/m2	€/m3
Edificio A	406	156	958.436	293	113	205.707	63	24	162.442	50	19
Edificio B	341	119	684.578	232	81	186.752	63	22	136.080	46	16
Edificio C	373	153	749.995	265	109	169.350	60	25	133.606	47	19
Edificio D	8	2	-	-	-	-	-	-	27.509	8	2
Tot	277	95	2.393.009	194	66	561.809	46	16	459.637	37	13

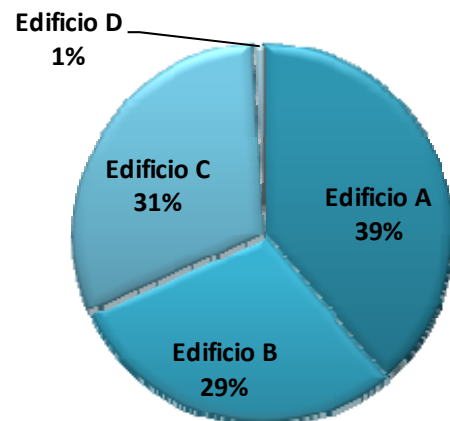
Distribuzione dei costi



ripartizione spesa per interventi strutturali

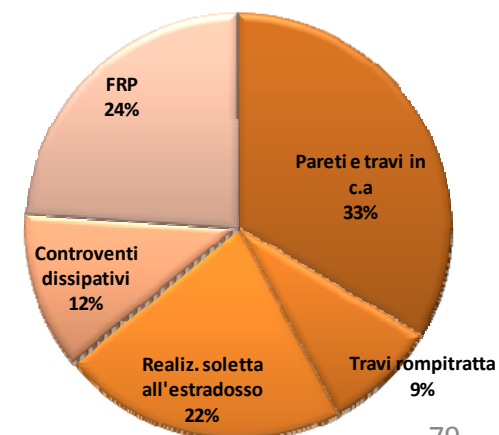


ripartizione spesa complessiva

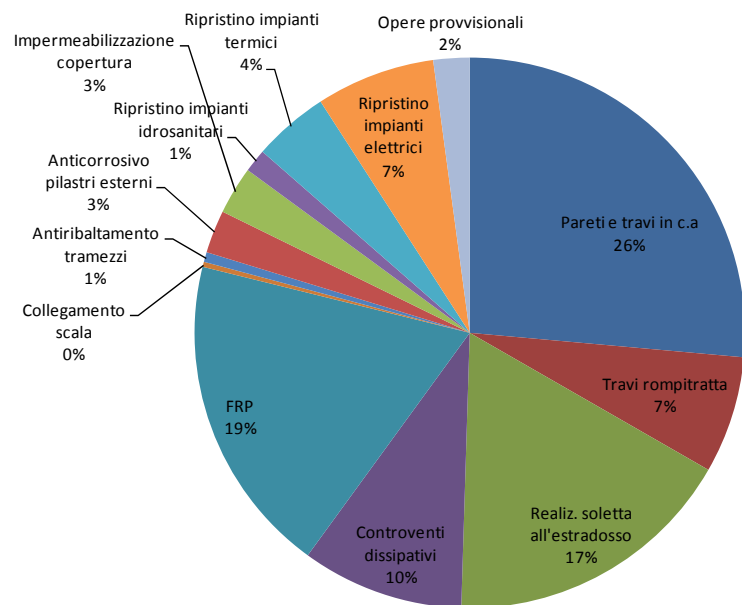


lavori	€
Costi totali (euro)	3414455
Superficie (m2)	12313
Cubatura (m3)	36011

rilevanza voci di di spesa per interventi strutturali sul totale

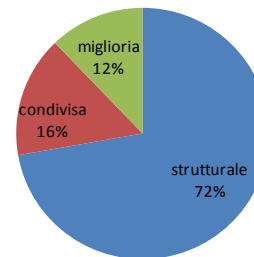


Somme a disposizione dell'Amministrazione:	
Imprevisti (compresa IVA): 25%	861890,0825
Spese tecniche (3%)	103426,8099
IVA (10% su lavori e 20% spese tecniche)	365441,395
TOTALE SOMME A DISPOSIZIONE	1330758,287
TOTALE FINANZIAMENTO	4778318,617

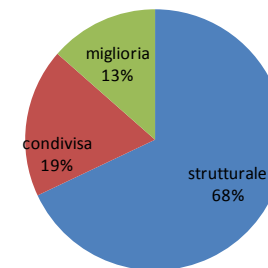


Distribuzione costi €/m²

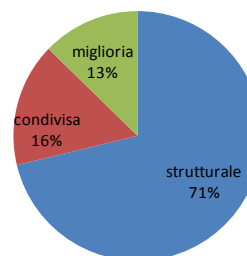
edificio A: distribuzione dei costi



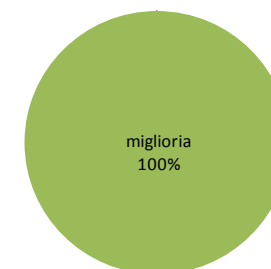
edificio B: distribuzione dei costi



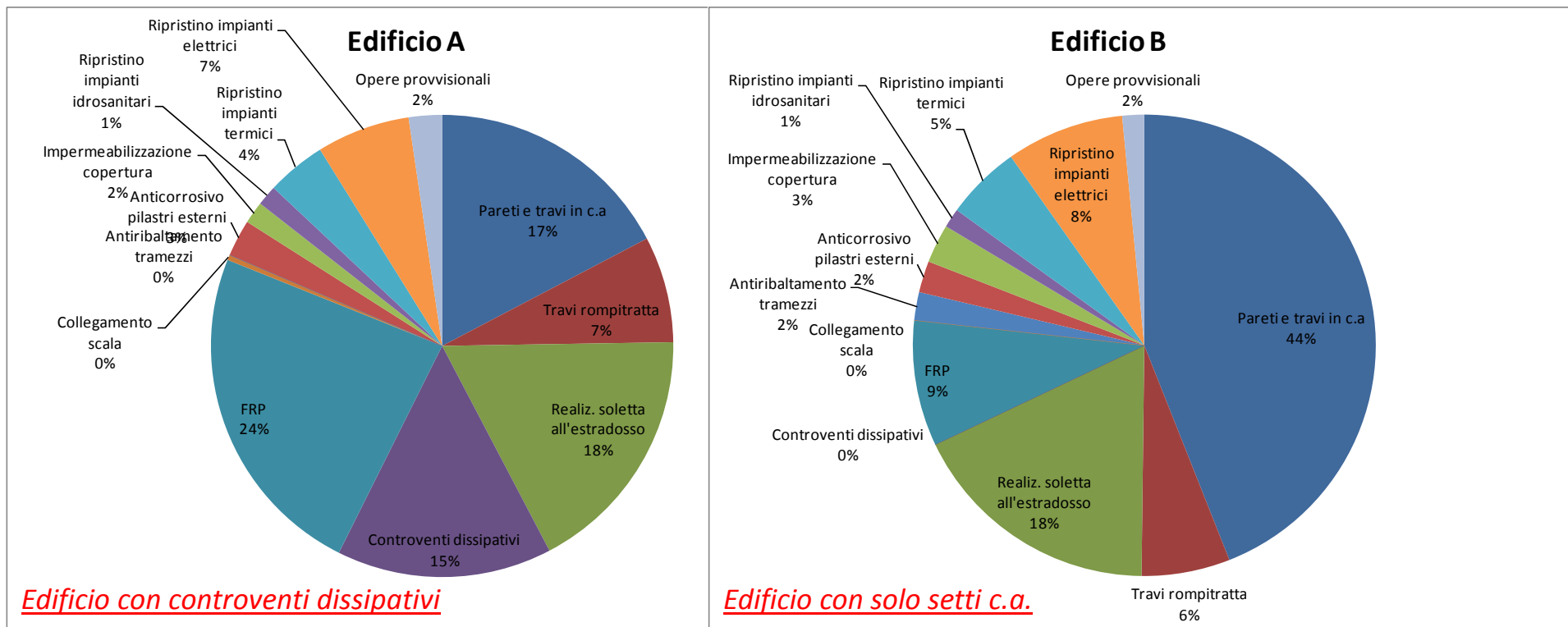
edificio C: distribuzione dei costi



edificio D: distribuzione dei costi



	Intera struttura			
	Spesa	Incidenza		
Voci di costo	€	€/m2	€/m3	€ i / € tot
Pareti e travi in c.a.	902238	73	25	26,4%
Travi rompitratta	234732	19	7	6,9%
Realiz. soletta all'estradosso	586911	48	16	17,2%
Controventi dissipativi	325181	26	9	9,5%
FRP	643616	52	18	18,8%
Collegamento scala	10000	1	0	0,3%
Antiribaltamento tramezzi	19718	2	1	0,6%
Anticorrosivo pilastri esterni	86041	7	2	2,5%
Impermeabilizzazione copertura	96113	8	3	2,8%
Ripristino impianti idrosanitari	46500	4	1	1,4%
Ripristino impianti termici	151978	12	4	4,5%
Ripristino impianti elettrici	238822	19	7	7,0%
Opere provvisionali	72605	6	2	2,1%
	€	€/m2	€/m3	
Costi totali (euro)	3414455	277	95	
Superficie (m2)	12313	m2		
Cubatura (m3)	36011	m3		



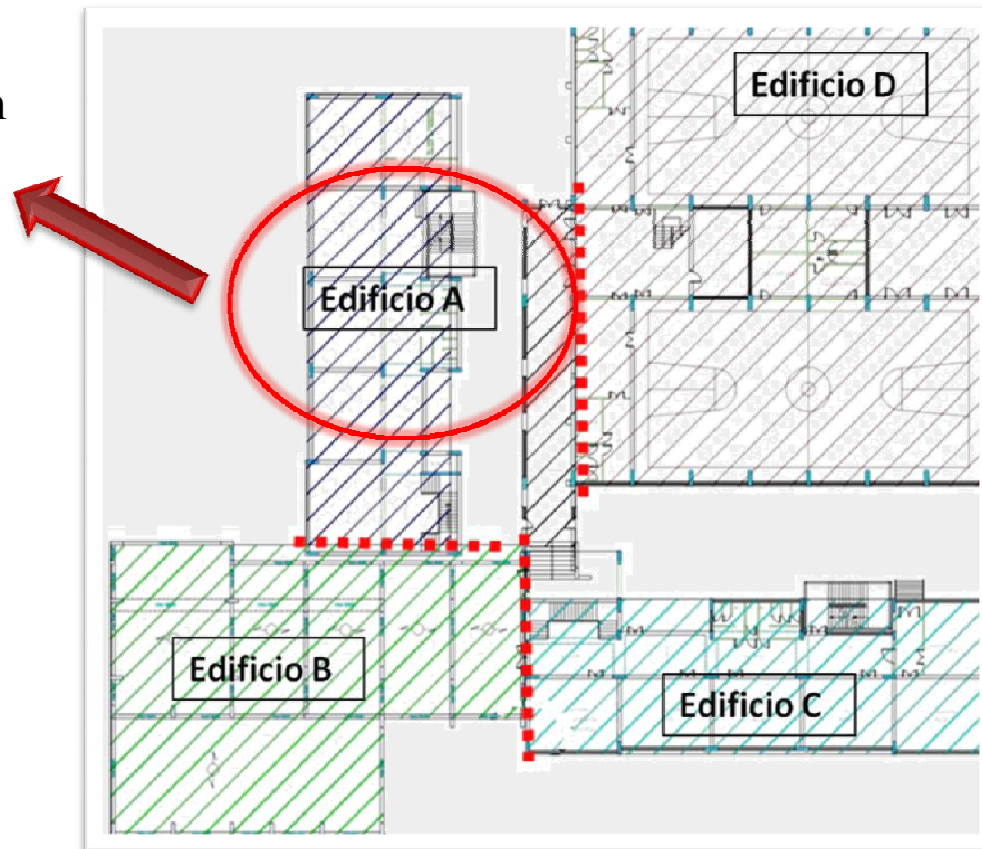
	Intera struttura				Edificio A					Edificio B				
	Spesa	Incidenza			Spesa	Incidenza				Spesa	Incidenza			
Voci di costo	€	€/m2	€/m3	€i / €tot	€	€i / €tot	€/m2	€/m3	i / totA	€	€i / €tot	€/m2	€/m3	i / totA
Pareti e travi in c.a	902238	73	25	26,4%	229620	6,7%	70	27	17,3%	443206	13,0%	150	52	44,0%
Travi rompitratta	234732	19	7	6,9%	98577	2,9%	30	12	7,4%	62390	1,8%	21	7	6,2%
Realiz. soletta all'estradosso	586911	48	16	17,2%	233136	6,8%	71	27	17,6%	178924	5,2%	61	21	17,8%
Controventi dissipativi	325181	26	9	9,5%	199779	5,9%	61	24	15,1%	0	0,0%	0	0	0,0%
FRP	643616	52	18	18,8%	314356	9,2%	96	37	23,7%	88568	2,6%	30	10	8,8%
Collegamento scala	10000	1	0	0,3%	5000	0,1%	2	1	0,4%	0	0,0%	0	0	0,0%
Antiribaltamento tramezzi	19718	2	1	0,6%	0	0,0%	0	0	0,0%	19718	0,6%	7	2	2,0%
Anticorrosivo pilastri esterni	86041	7	2	2,5%	34060	1,0%	10	4	2,6%	22167	0,6%	8	3	2,2%
Impermeabilizzazione copertura	96113	8	3	2,8%	20664	0,6%	6	2	1,6%	27276	0,8%	9	3	2,7%
Ripristino impianti idrosanitari	46500	4	1	1,4%	18800	0,6%	6	2	1,4%	13600	0,4%	5	2	1,3%
Ripristino impianti termici	151978	12	4	4,5%	55136	1,6%	17	6	4,2%	52920	1,5%	18	6	5,3%
Ripristino impianti elettrici	238822	19	7	7,0%	86642	2,5%	26	10	6,5%	83160	2,4%	28	10	8,3%
Opere provvisionali	72605	6	2	2,1%	30815	0,9%	9	4	2,3%	15481	0,5%	5	2	1,5%
	€	€/m2	€/m3		€	€i / €tot	€/m2	€/m3		€	€i / €tot	€/m2	€/m3	
Costi totali (euro)	3414455	277	95		1326585	38,9%	406	156		1007410	29,5%	341	119	
Superficie (m2)	12313	m2			Sup. Ed. A	3270	m2			Sup. Ed. B	2950	m2		
Cubatura (m3)	36011	m3			Vol. Ed. A	8483	m3			Vol. Ed. B	8495	m3		

ALTERNATIVA DI ADEGUAMENTO SISMICO PER L'EDIFICIO A

Edificio A adeguato con
controventi dissipativi



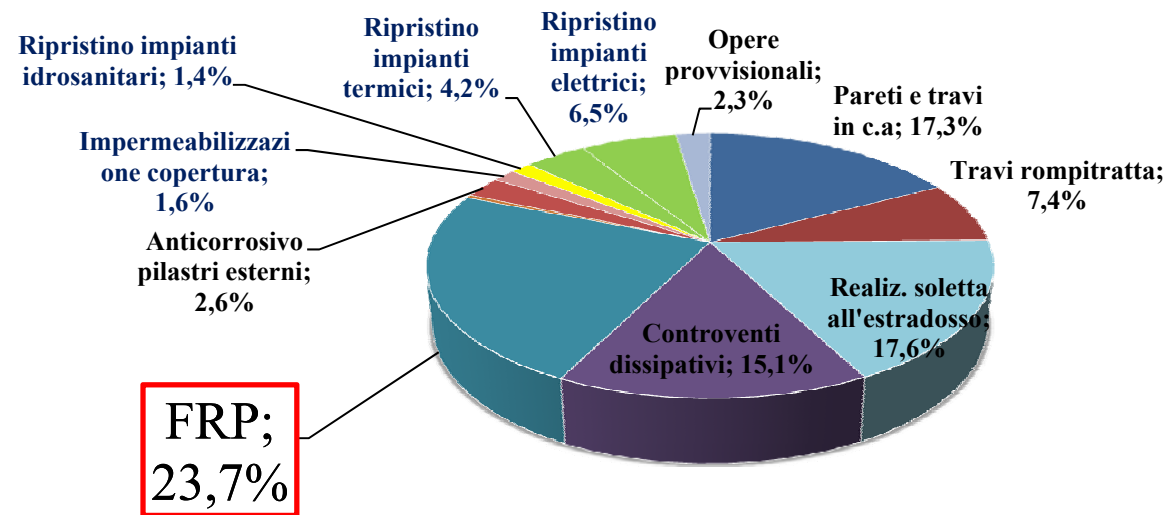
Adeguamento con
SETTI IN C.A.



EDIFICIO A: intervento alternativo

PERCHÉ STUDIARE QUEST'ALTERNATIVA?

DISTRIBUZIONE COSTI EDIFICIO A



Elevata incidenza di Interventi di rinforzo per travi e pilastri (FRP)



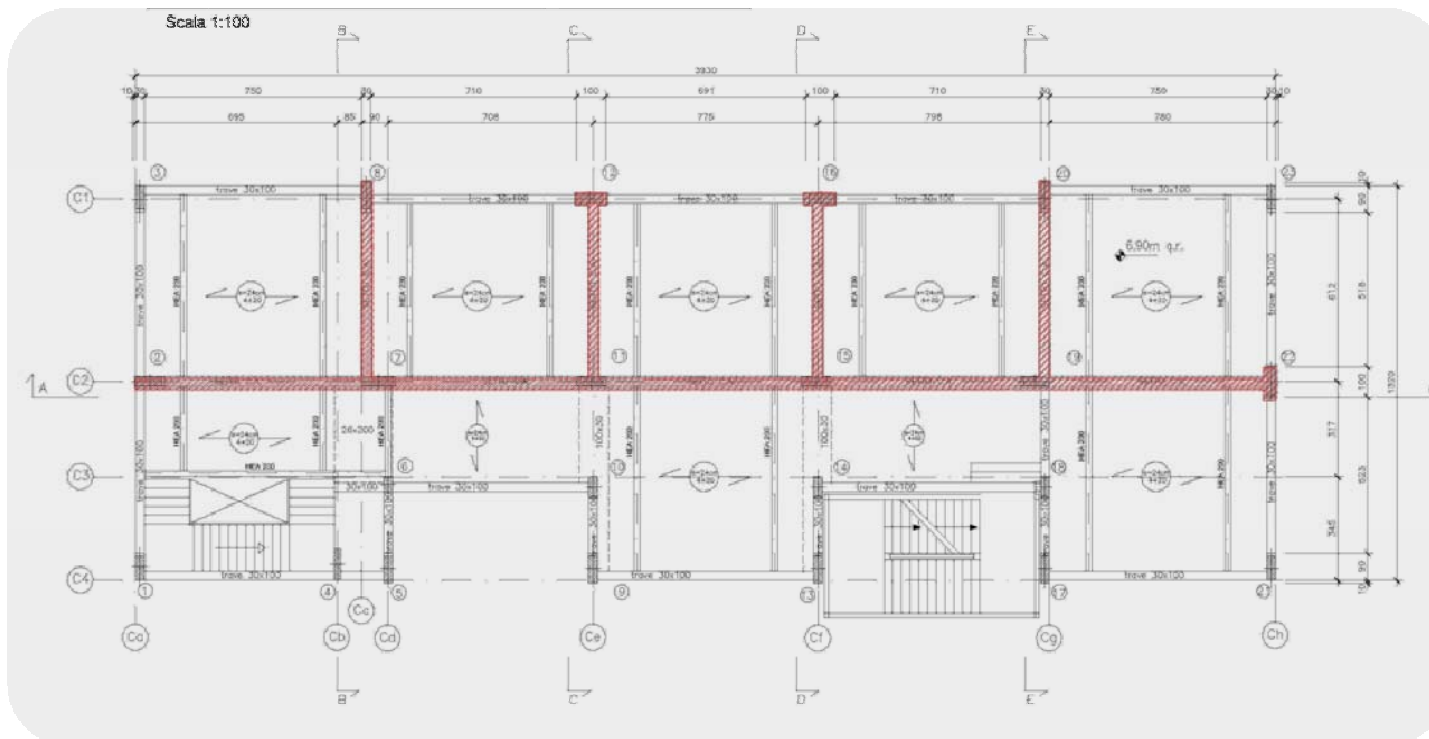
La presenza dei setti evita rinforzi con FRP

EDIFICIO A: intervento alternativo

DISPOSIZIONE SETTI



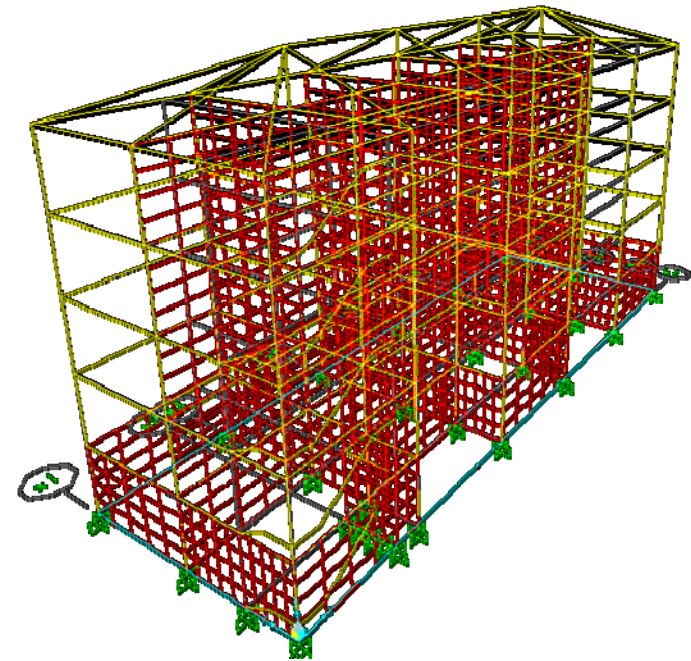
Non intaccare tamponature esterne



EDIFICIO A: intervento alternativo

MODELLAZIONE

- Programma agli elementi finiti SAP2000
- Telaio -nodi e frame-
- Orizzontamenti infinitamente rigidi nel loro piano
- Setti- elementi shell comportamento non lineare-

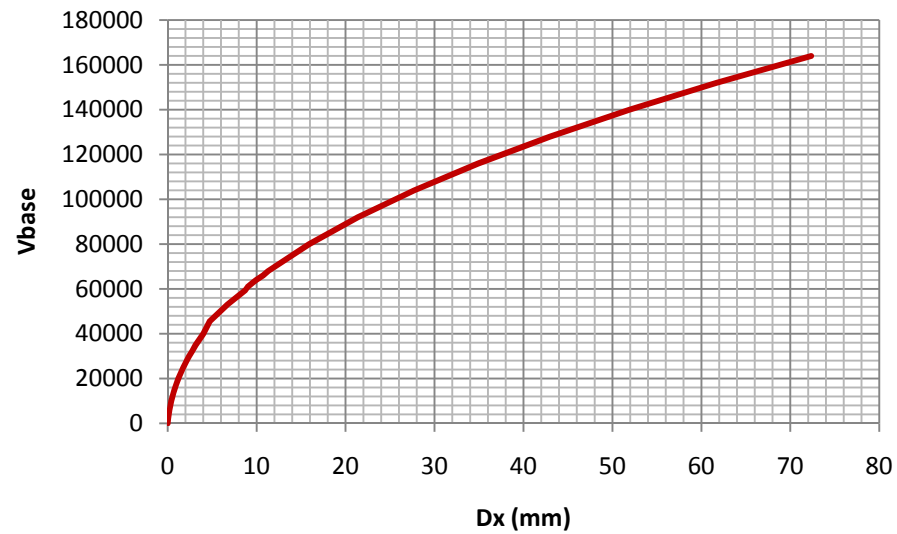


EDIFICIO A: intervento alternativo

ANALISI STATICA NON LINEARE

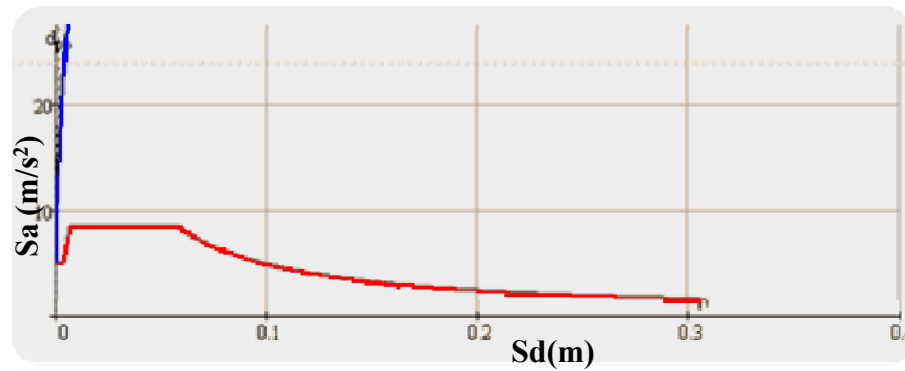


Curva di capacità



EDIFICIO A: intervento alternativo

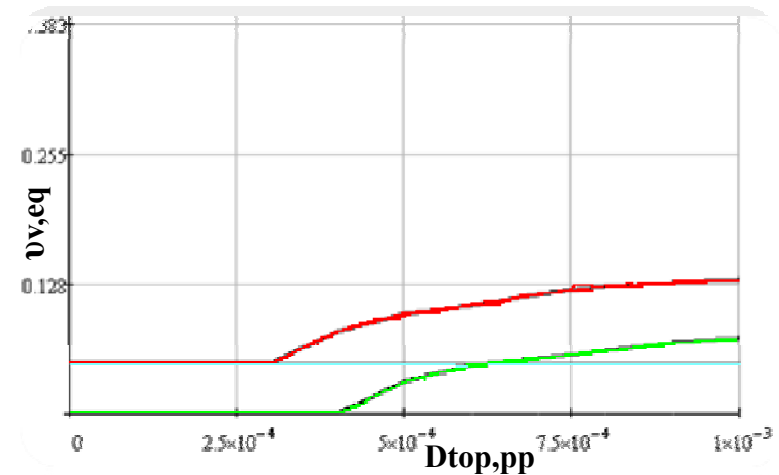
RICERCA DEL PUNTO DI FUNZIONAMENTO



La struttura rimane elastica

$$D_{top,pp} = 4.041 \cdot 10^{-4} \text{ m}$$

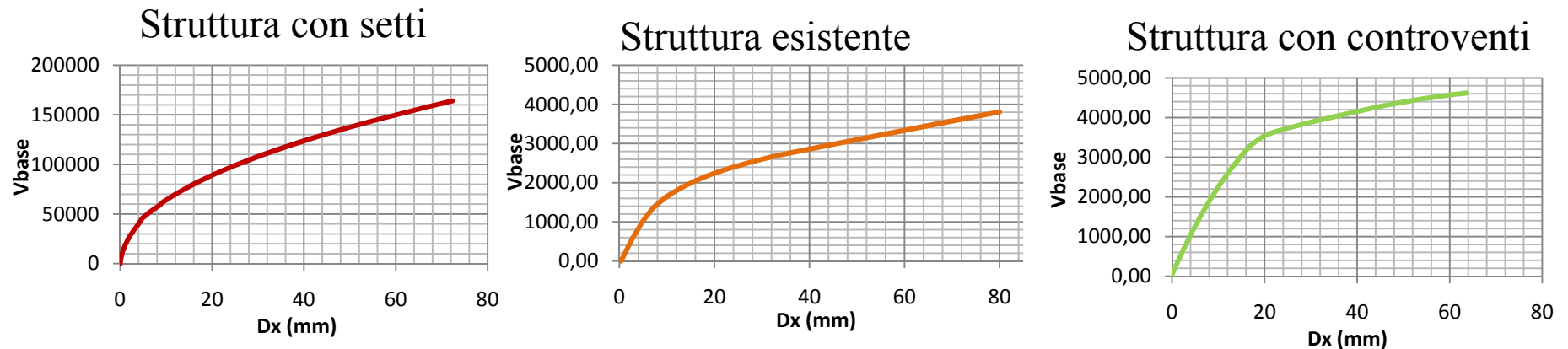
$$V_{base,pp} = 10059.6 \text{ kN}$$



Lo smorzamento viscoso equivalente è pari al 0.2%

EDIFICIO A: intervento alternativo

CONFRONTO CURVE DI CAPACITÀ



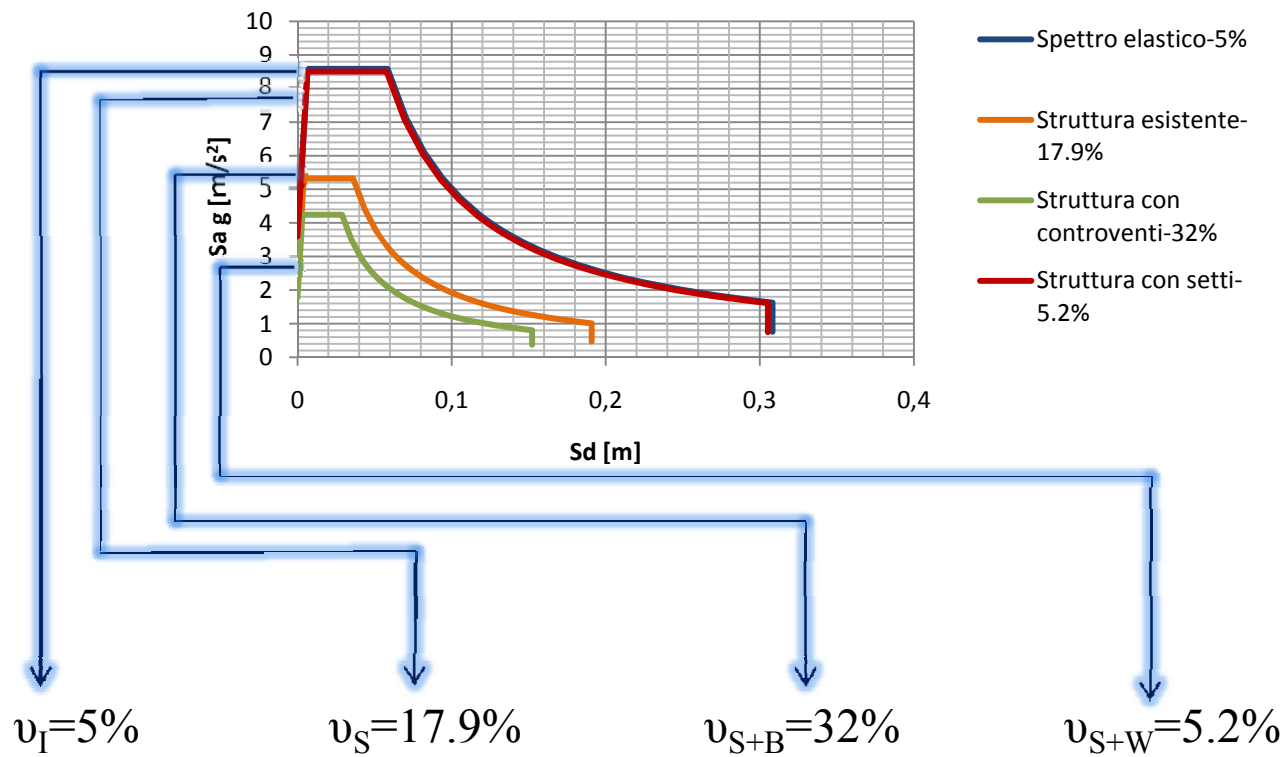
Il taglio alla base aumenta drasticamente

FORTI PROBLEMI IN FONDAZIONE

NON SONO SUFFICIENTEMENTE NOTE LE CARATTERISTICHE DELLE
FONDAZIONI ED EVENTUALI INTERVENTI SAREBBERO MOLTO INVASIVI

EDIFICIO A: intervento alternativo

Confronto Spettri di domanda



EDIFICIO A: intervento alternativo

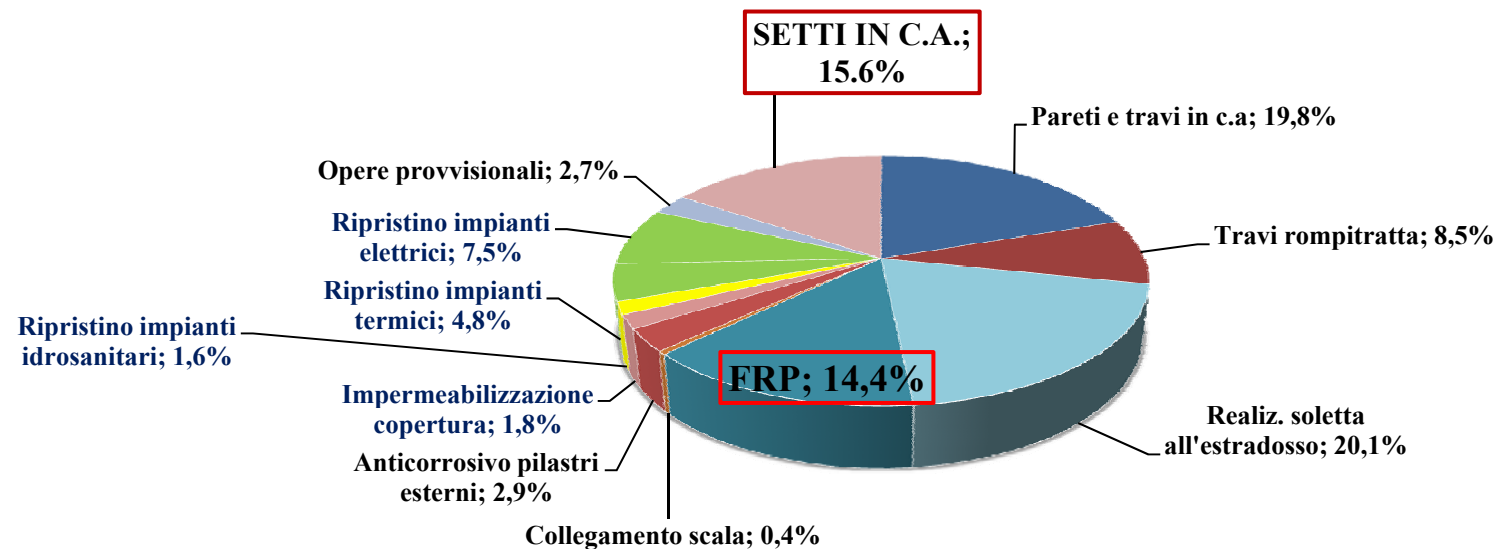
OSSERVAZIONI

Vantaggi soluzione con setti

-  Struttura rimane elastica, non subisce danni agli elementi strutturali e non strutturali
-  Si risolvono problemi di dettaglio dei nodi che vengono inglobati dai setti
-  Si evitano interventi di rinforzo sulle travi con FRP

EDIFICIO A: intervento alternativo

Distribuzione costi Edificio A CON SETTI



Riduzione costo intervento IN ELEVAZIONE 12,5%
**RESTA DA VALUTARE LA CONDIZIONE DELLE
FONDAZIONI**

406 €/m²



355 + ? €/m²

EDIFICIO A: intervento alternativo

Svantaggi soluzione con setti

- ➡ Impatto architettonico
- ➡ Complessità fasi realizzative
- ➡ Irrigidimento della struttura



La struttura non è in grado di dissipare energia, aumentano le sollecitazioni sismiche

Problemi in fondazione

- ➡ Incremento carichi verticali
- ➡ Incremento del taglio in fondazione



Necessità di intervenire in fondazione

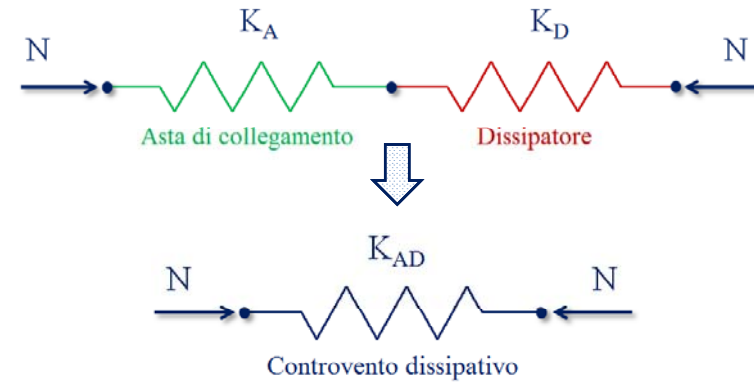
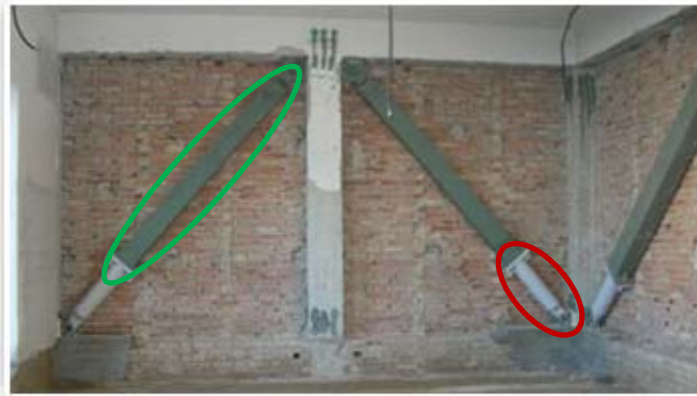
➤ portanza

➤ resistenza

Prof. Ing. Giancarlo A. Bergami

EDIFICIO A: ottimizzazione dei controventi dissipativi

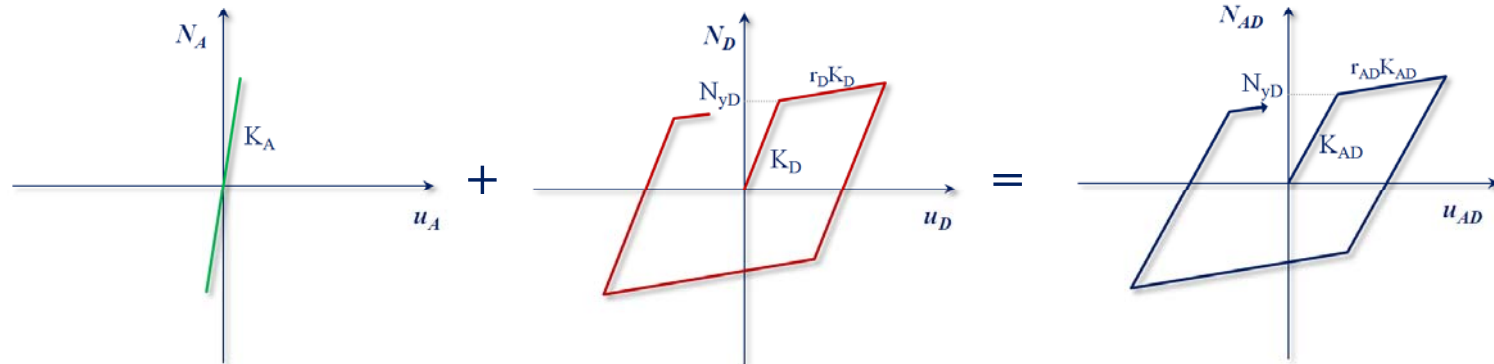
Comportamento della serie Asta di collegamento + Dissipatore (AD)



Asta di collegamento (A)

Dissipatore (D)

Controvento dissipativo (AD)



$$N_{AD} = N_A = N_D \Rightarrow \text{Se } N_{y,D} < N_{y,A} \text{ L'asta rimane in campo elastico} \Rightarrow E_D$$

$$u_{AD} = u_A + u_D \Rightarrow \frac{N}{K_{AD}} = \frac{N}{K_A} + \frac{N}{K_D} \Rightarrow K_{AD} = \frac{1}{1/K_A + 1/K_D} \Rightarrow E_S$$

OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

Comportamento della serie Asta di collegamento + Dissipatore (AD)

Spostamento assiale medio di snervamento dissipatori
BRAD marca FIP (poco variabile tra i vari modelli)

$$u_{y,D,medio} = 1,7\text{mm} \approx \text{cost}$$

Essendo $u_{y,D} = \frac{N_y}{K_D}$ Diminuire K_D significa diminuire N_y



Soluzione A

Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	K_A kN/mm	K_D^* -
V	36	13/40-b	100	62	86	0,7
IV	42	37/40-b	300	170	56	3,0
III	54	56/40-b	450	274	67	4,1
II	90	56/40-b	450	274	134	2,0

$$K_{AD} = \frac{K_A \cdot K_D}{K_A + K_D}$$

$K_{AD} \longrightarrow$ Fissata dalla
procedura
progettuale

$K_D \longrightarrow$ Fissata
scegliendo il
dissipatore

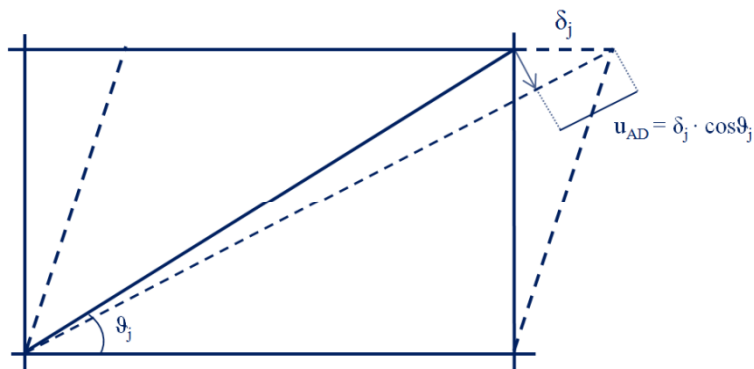
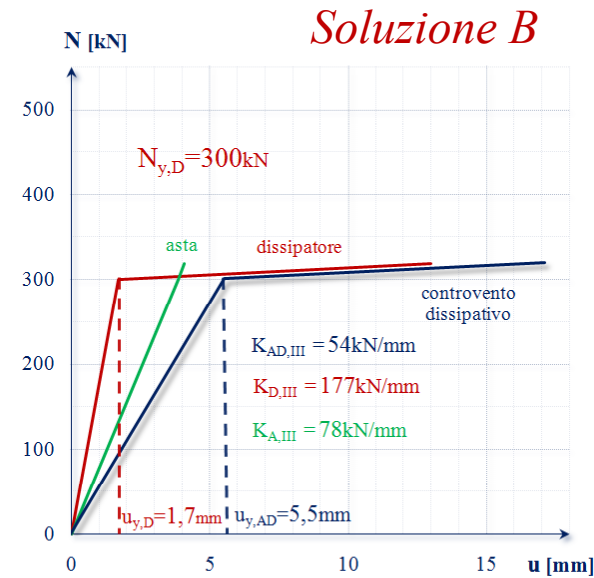
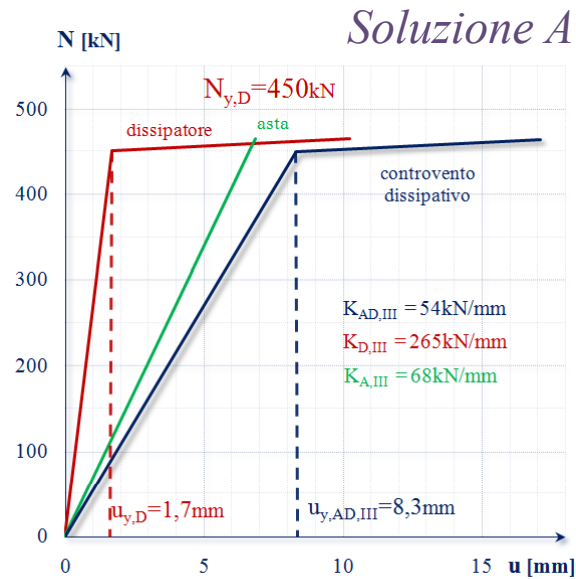
Soluzione B

Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	K_A kN/mm	K_D^* -
V	36	13/40-b	100	62	86	0,7
IV	42	33/40-b	250	149	58	2,5
III	54	37/40-b	300	170	79	2,1
II	90	37/40-b	300	170	191	0,9

$$K_A = \frac{K_A \cdot K_D}{K_D - K_{AD}}$$

OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI (III piano)

Spostamento interpiano che attiva i cicli di isteresi del dissipatore D al III piano



$K_{AD,III}$: rigidezza elastica di progetto della serie asta+dissipatore al III piano

$K_{AD,III}$ kN/mm	N_y kN	$u_{y,AD}$ mm	$\cos \theta$ -	δ mm
54	450	8,3	0,918	9,0
54	300	5,5	0,918	6,0

Diminuendo il rapporto di rigidezza K_D^* tra dissipatore e asta di collegamento è possibile anticipare l'attivazione dei cicli di isteresi

IL CONTRIBUTO DELLA STRUTTURA SI PUÒ HP. RIMANGA LO STESSO

Valutazione dello smorzamento al variare degli sforzi di snervamento dei dissipatori

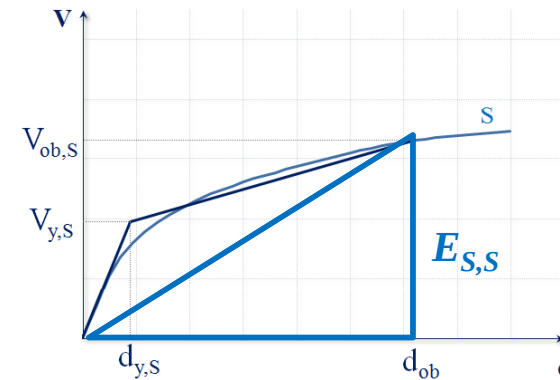
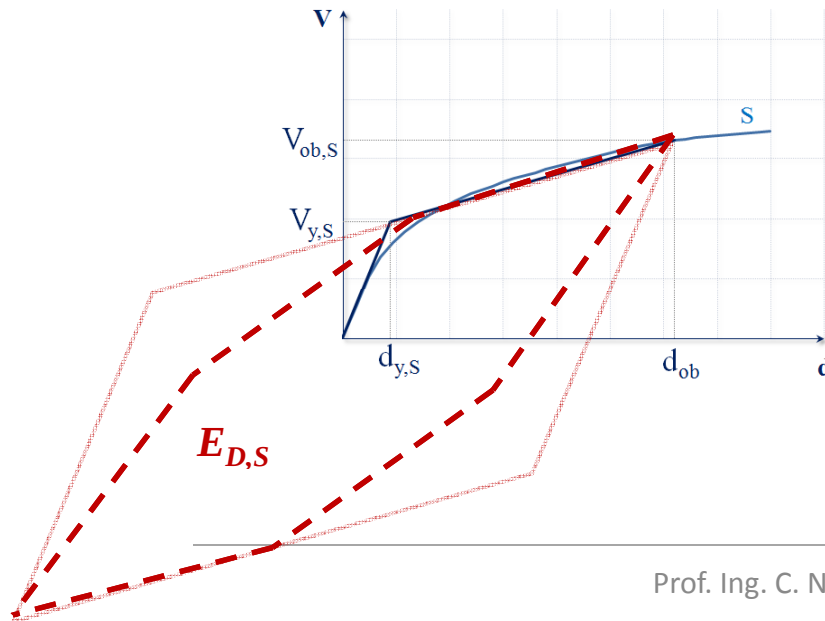
$$v_{eq,S+B} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S+B}}{E_{S,S+B}} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S} + E_{D,B}}{E_{S,S} + E_{S,B}}$$

Energia dissipata dal telaio $E_{D,S}$

Energia di deformazione dal telaio $E_{S,S}$

$$E_{D,S} = \kappa \cdot 4 \cdot (V_{y,S} \cdot d_{ob} - V_{ob,S} \cdot d_{y,S})$$

$$E_{S,S} = V_{ob,S} \cdot d_{ob} / 2$$



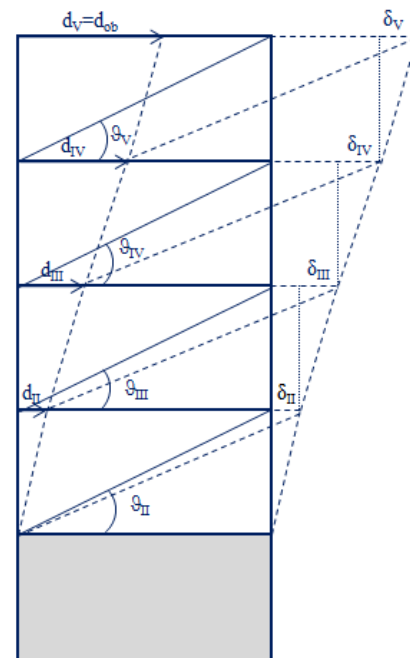
OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

Valutazione dello smorzamento al variare degli sforzi di snervamento dei dissipatori

$$v_{eq,S+AD} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S+AD}}{E_{S,S+AD}} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S} + E_{D,AD}}{E_{S,S} + E_{S,AD}}$$

variano

possiamo determinare lo spostamento interpiano in corrispondenza di d_{ob} in sommità adottando una distribuzione degli spostamenti prop. al 1° modo



Forma modale principale $\phi = (\phi_{II}, \phi_{III}, \phi_{IV}, \phi_V)$

Spostamento di piano $d_i = \phi_i / \phi_n \cdot d_{ob}$

Spostamento interpiano $\delta_i = d_i - d_{i-1}$

Spostamento assiale $u_{ob,AD} = \delta_i \cdot \cos\vartheta_i$

Piano	ϕ_i	ϕ_i/ϕ_n	d_i (mm)	δ_i (mm)	$\cos\vartheta$	$u_{ob,AD}$ (mm)
V	0,030	1,00	68,0	17,0	0,940	16,0
IV	0,023	0,75	51,0	20,4	0,925	18,8
III	0,014	0,45	30,6	18,6	0,918	17,1
II	0,005	0,18	12,1	12,1	0,921	11,1

OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

Valutazione dello smorzamento al variare degli sforzi di snervamento dei dissipatori

$$v_{eq,S+AD} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S+AD}}{E_{S,S+AD}} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S} + E_{D,AD}}{E_{S,S} + E_{S,AD}}$$

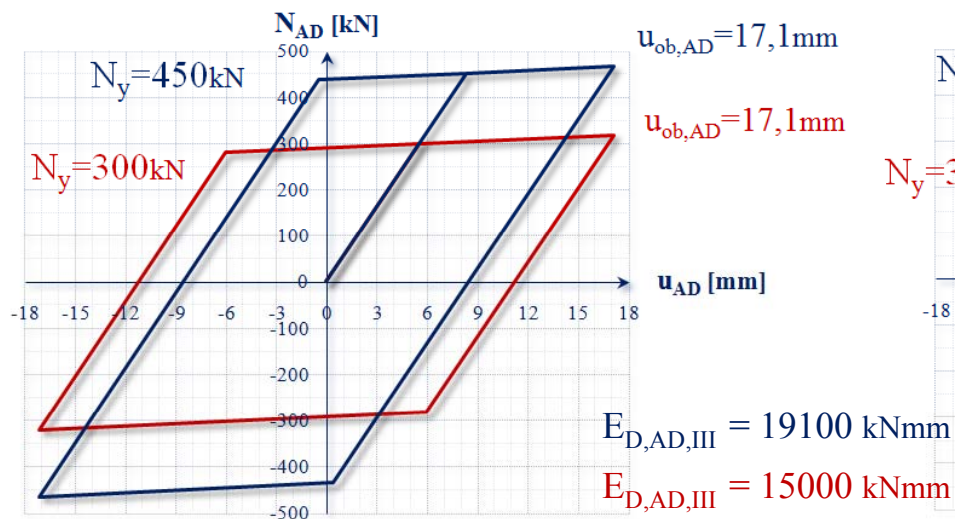
Effetto sull'Energia dissipata dai controventi $E_{D,AD}$

$$E_{D,AD} = \sum_j 4 \cdot (N_{y,ADj} \cdot u_{ob,ADj} - N_{ob,ADj} \cdot u_{y,ADj}) \equiv E_{D,D} = \sum_j 4 \cdot (N_{y,Dj} \cdot u_{ob,Dj} - N_{ob,Dj} \cdot u_{y,Dj})$$

Scegliendo N_y più bassi

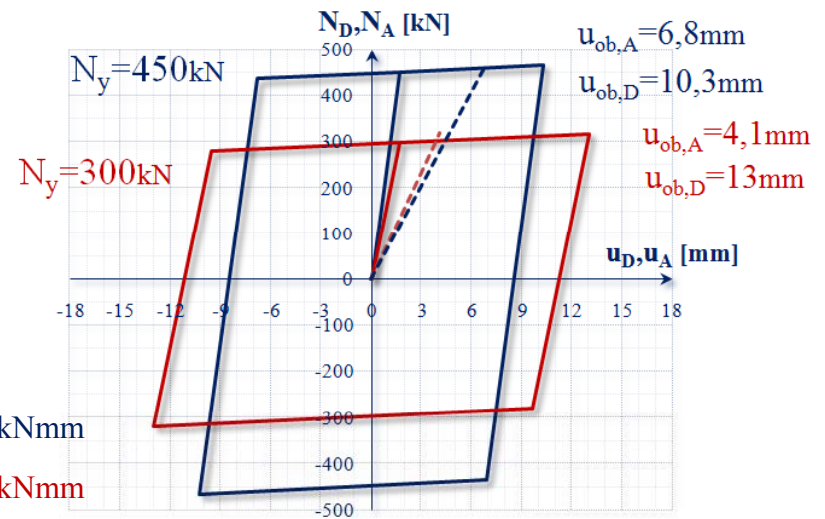


Diminuisce $E_{D,AD}$



Ciclo di isteresi della serie AD
(III piano)

$$\Delta E_D = -21,5\%$$



Ciclo di isteresi del dissipatore D
Deformazione elastica dell'asta A

OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

Valutazione dello smorzamento al variare degli sforzi di snervamento dei dissipatori

$$v_{eq,S+AD} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S+AD}}{E_{S,S+AD}} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S} + E_{D,AD}}{E_{S,S} + E_{S,AD}}$$

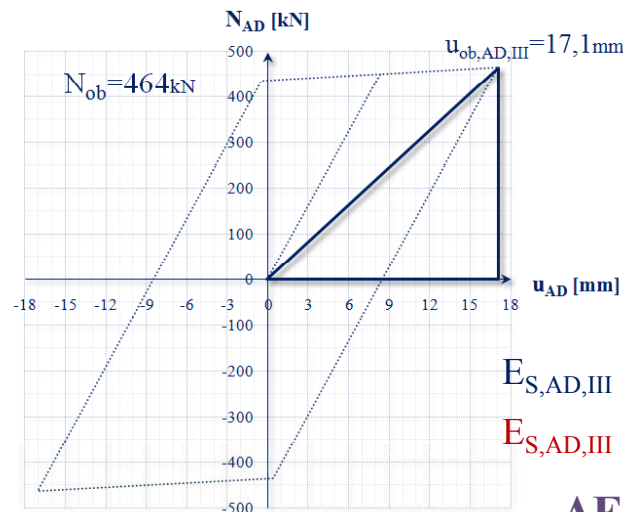
Effetto sull'Energia di deformazione dei controventi $E_{S,AD}$

$$E_{S,D} = \sum_j N_{ob,j} \cdot u_{ob,ADj} / 2$$

Scegliendo N_y più bassi

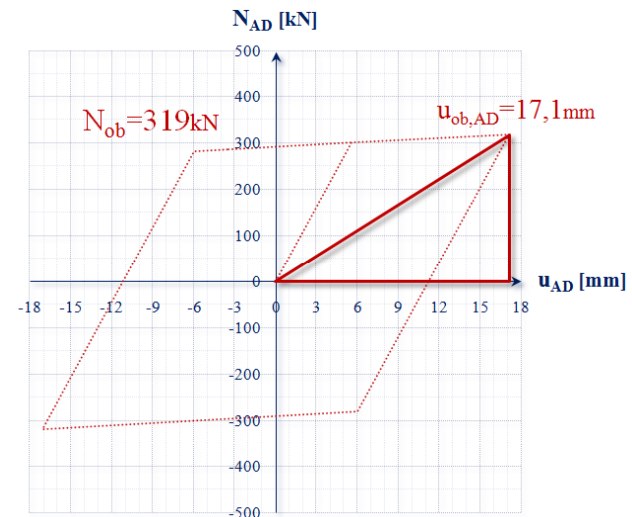


Diminuisce $E_{S,AD}$



$$E_{S,AD,III} = 13800 \text{ kNmm}$$

$$\Delta E_S = -39,2\%$$

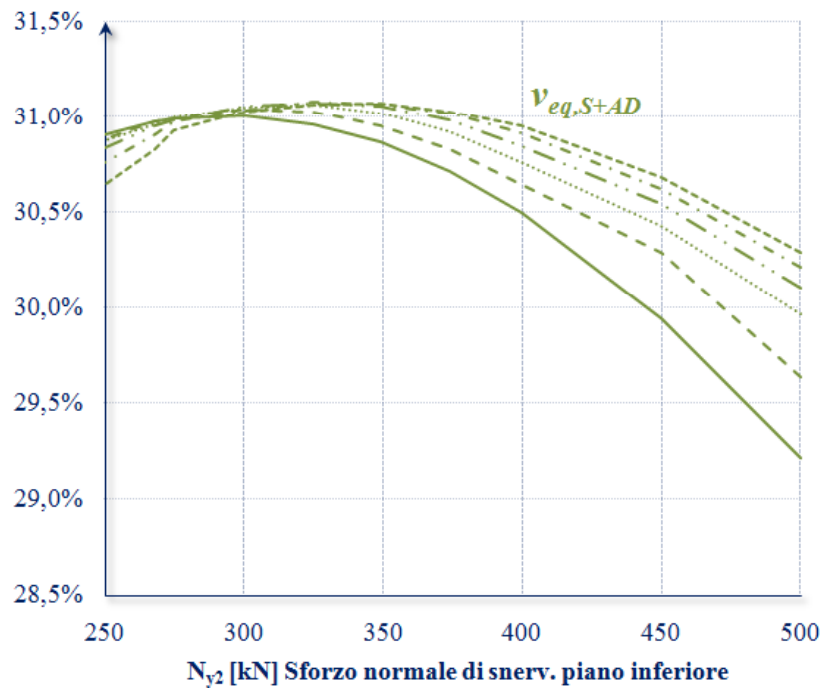


Energia di deformazione necessaria per deformare la serie AD
al III piano fino allo spostamento $u_{ob,ADIII} = 17,1 \text{ mm}$

OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

Curva di ottimo dello smorzamento

Andamento dello smorzamento viscoso
equivalente al variare dello sforzo
normale di snervamento assegnato ai
dissipatori ai vari piani

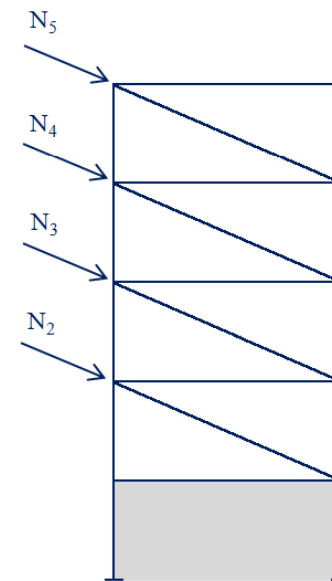


— $N_2=N_3=N_4$ - - - $N_2=N_3>N_4$ $N_2=N_3>>N_4$
 - . . - $N_2=N_3>>>N_4$ - . - . $N_2=N_3>>>>N_4$ - - - - $N_2=N_3>>>>>N_4$

$$v_{eq,S} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,S}}{E_{S,S} + E_{S,AD}} \quad v_{eq,AD} = \frac{1}{4\pi} \frac{E_{D,AD}}{E_{S,S} + E_{S,AD}}$$

cost cost

$$v_{eq,S+AD} = v_{eq,S} + v_{eq,AD} + v_I \quad v_I = 5\%$$



BRAD	N_y kN	K_D kN/mm
13/40-b	100	62
14/40-p	113	68
17/40-b	125	75
20/40-b	150	90
23/40-b	175	105
26/40-b	200	120
27/40-p	219	125
30/40-b	225	134
33/40-b	250	149
34/40-b	268	153
36/40-b	275	164
37/40-b	300	170
43/40-b	325	194
43/40-b	349	196
46/40-b	374	208
52/40-b	400	239
56/40-b	450	274
59/40-b	500	299

N_y : sforzo assiale di snervamento

K_D : rigidezza ramo elastico

OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

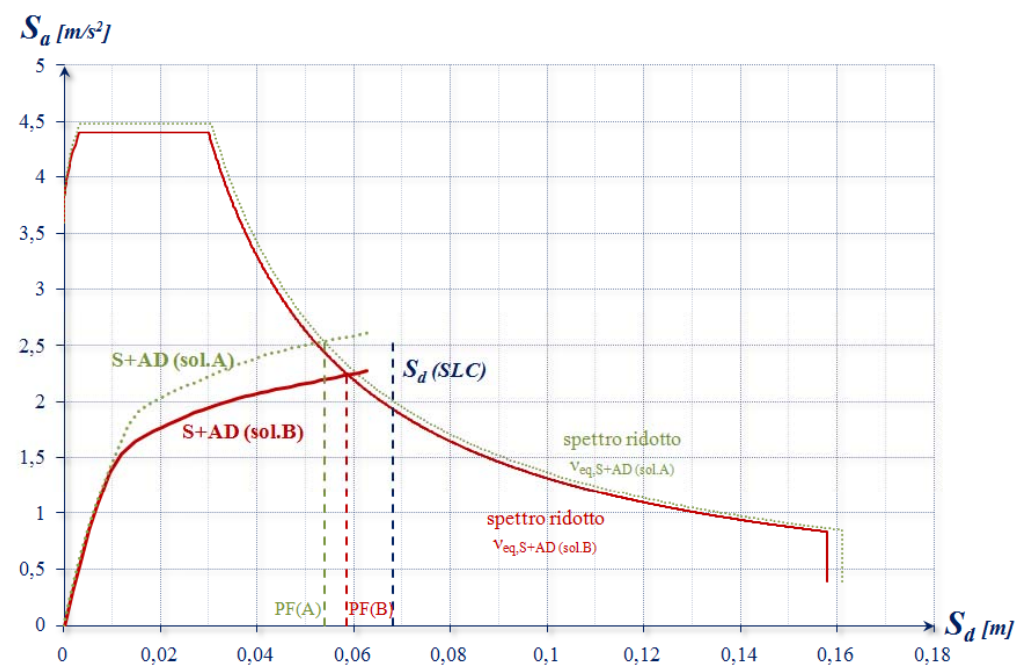
Punto di Funzionamento Soluzione B

Soluzione A

Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	K_A kN/mm	K_D^* -
V	36	13/40-b	100	62	86	0,7
IV	42	37/40-b	300	170	56	3,0
III	54	56/40-b	450	274	67	4,1
II	90	56/40-b	450	274	134	2,0

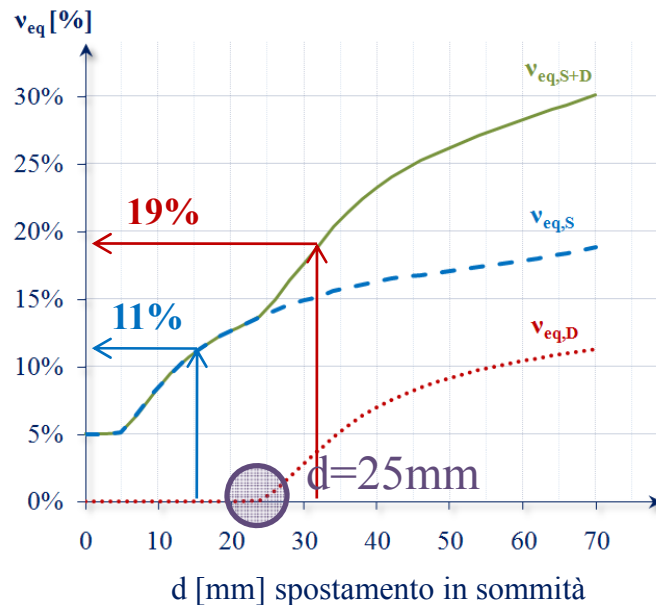
Soluzione B

Piano	K_{AD} kN/mm	BRAD Tipo	N_y kN	K_D kN/mm	K_A kN/mm	K_D^* -
V	36	13/40-b	100	62	86	0,7
IV	42	33/40-b	250	149	58	2,5
III	54	37/40-b	300	170	79	2,1
II	90	37/40-b	300	170	191	0,9

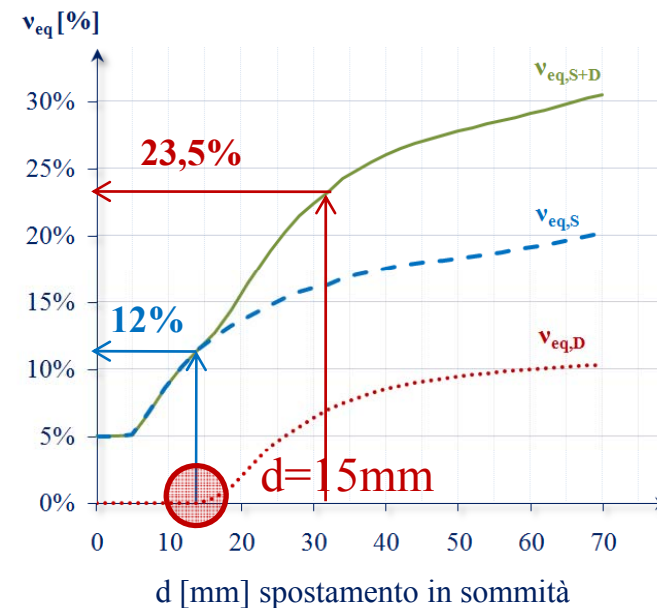


Andamento dello smorzamento viscoso equivalente
all'aumentare dello spostamento in sommità

Soluzione A (450-450-300-100)



Soluzione B (300-300-250-100)



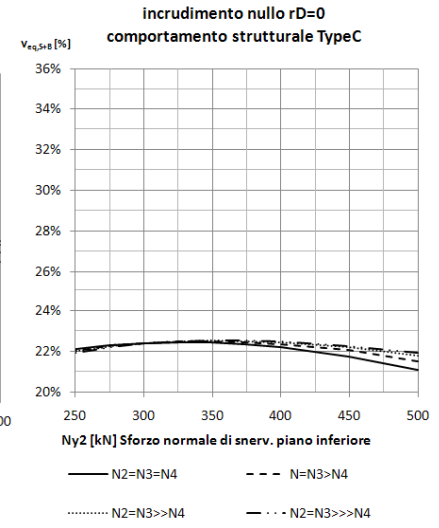
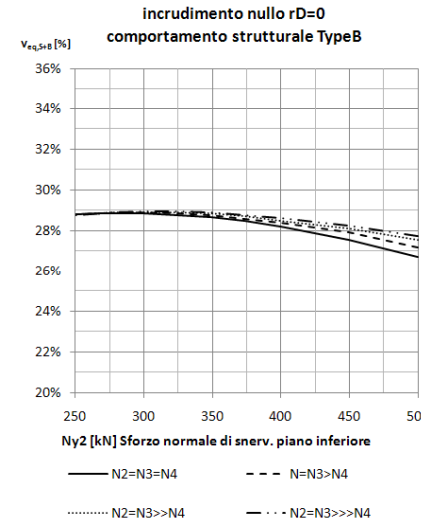
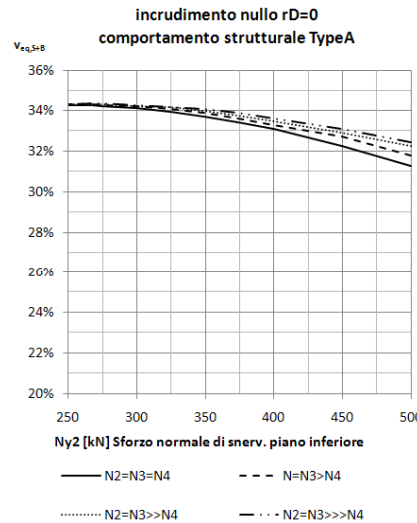
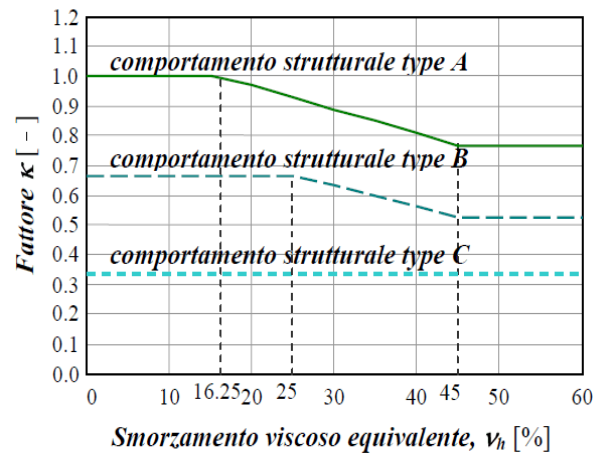
$d=15\text{mm}$ spostamento in sommità per cui non si attivano i controventi

$d=32\text{mm}$ spostamento in sommità per cui i controventi contribuiscono
allo smorzamento complessivo

ALTRI PARAMETRI CHE SONO STATI VALUTATI

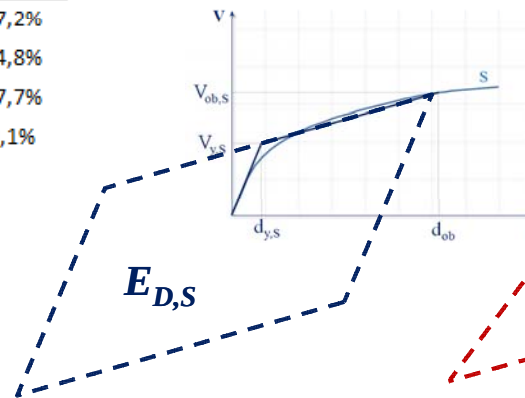
Comportamento ciclico reale di struttura e dissipatori:
Influenza della tipologia di cicli di isteresi scelti per la struttura

Fattore κ

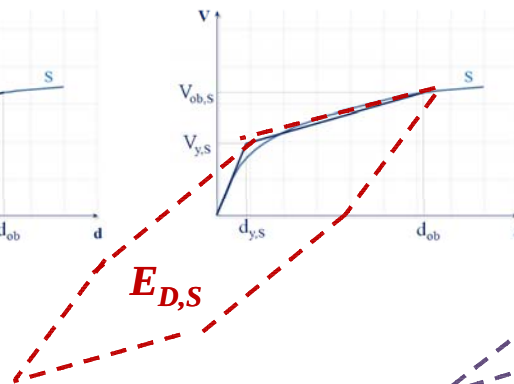


tipologia struttura	k	$E_{D,S}$ [kNmm]	$E_{S,S}$ [kNmm]	v_s [%]
-	1	357984	104858	27,2%
A	0,91	326264	104858	24,8%
B	0,65	233483	104858	17,7%
C	0,33	119328	104858	9,1%

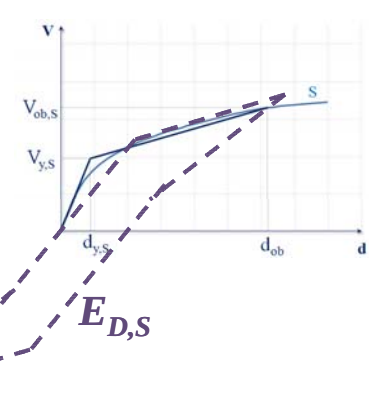
Type A



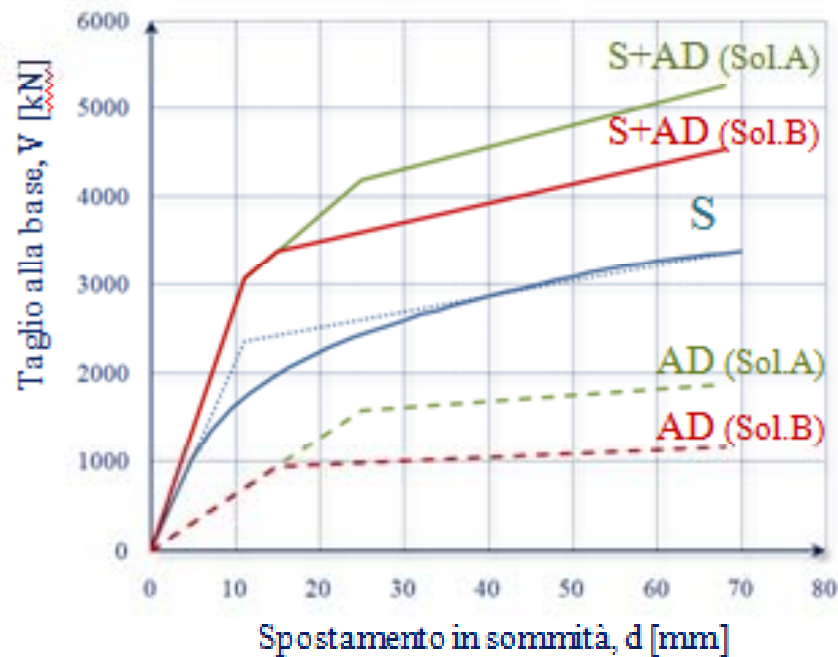
Type B



Type C



Incremento della performance della struttura controventata



Riduzione dei costi
dell'intervento

Costo intervento dissipatori

Soluzione A 206.500 €

Soluzione B 196.700 €

$\Delta \text{costi} \approx 5\%$

OTTIMIZZAZIONE DELLA SCELTA DEI DISSIPATORI

Costi

	Sol.A	Sol.B
Piano	N _y	N _y
V	100	100
IV	300	250
III	450	450
II	450	300

Costo intervento dissipatori

Soluzione A 206.500 €

Soluzione B 196.700 €

Prove di qualificazione	n.3 a rottura		
Tipo Brad	13/40-b	37/40-b	56/40-b
Prove a rottura	0	2	0
Prove elastiche	0	0	0
Costo dispositivo	938	1271	1544
Costo prove	2450	2450	2450
7441 €	0	7441	0

Prove di accettazione	n.3 a rottura + n.8 elastiche		
Tipo Brad	13/40-b	37/40-b	56/40-b
Prove a rottura	1	1	1
Prove elastiche	2	2	4
Costo dispositivo	938	1271	1544
Costo prove	1230	1230	1230
17283 €	4628	4961	7694

Dissipatori	n.9 / piano		
Tipo Brad	13/40-b	37/40-b	56/40-b
Costo d'appalto	1680	2275	2764
n°dissipatori	9	9	18
85350 €	15120	20472	49758

Collegamenti	Tipologia 1	Tipologia 2	Tipologia 3
Costo attacco	727	933	1255
n° attacchi	16	9	10
32579 €	11632	8397	12550

Aste in serie	II piano	III piano	IV piano	V piano
Profilato	HE 180 AA*	HE 100 B	HE 120 AA*	HE 100 AA*
kg/m	28,7	20,4	14,6	12,2
lung. (m)	5,4	5,7	5,8	6,0
kg asta	156	115	84	73
kg piatti	7,2	7,2	7,2	7,2
€/kg	2,14	2,14	2,14	2,14
€	350	262	196	172
n° aste	9	9	9	9
8823 €	3146	2361	1764	1552

Prove di qualificazione	n.3 a rottura		
Tipo Brad	13/40-b	33/40-b	37/40-b
Prove a rottura	0	2	0
Prove elastiche	0	0	0
Costo dispositivo	938	1184	1271
Costo prove	2450	2450	2450
7268 €	0	7268	0

Prove di accettazione	n.3 a rottura + n.8 elastiche		
Tipo Brad	13/40-b	33/40-b	37/40-b
Prove a rottura	1	1	1
Prove elastiche	2	2	4
Costo dispositivo	938	1184	1271
Costo prove	1230	1230	1230
16923 €	4628	4874	7421

Dissipatori	n.9 / piano		
Tipo Brad	13/40-b	37/40-b	56/40-b
Costo d'appalto	1680	2120	2275
n°dissipatori	9	9	18
75142 €	15120	19078	40945

Collegamenti	Tipologia 1	Tipologia 2	Tipologia 3
Costo attacco	727	933	1255
n° attacchi	16	9	10
32579 €	11632	8397	12550

Aste in serie	II piano	III piano	IV piano	V piano
Profilato	HE 200 AA*	HE 160 AA*	HE 120 AA*	HE 100 AA*
kg/m	34,6	23,8	14,6	12,2
lung. (m)	5,4	5,6	5,8	6,0
kg asta	187	134	84	73
kg piatti	7,2	7,2	7,2	7,2
€/kg	2,14	2,14	2,14	2,14
€	416	302	195	172
n° aste	9	9	9	9
9765 €	3740	2715	1757	1552



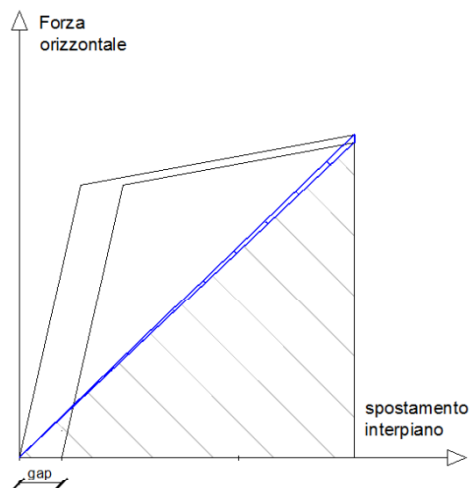
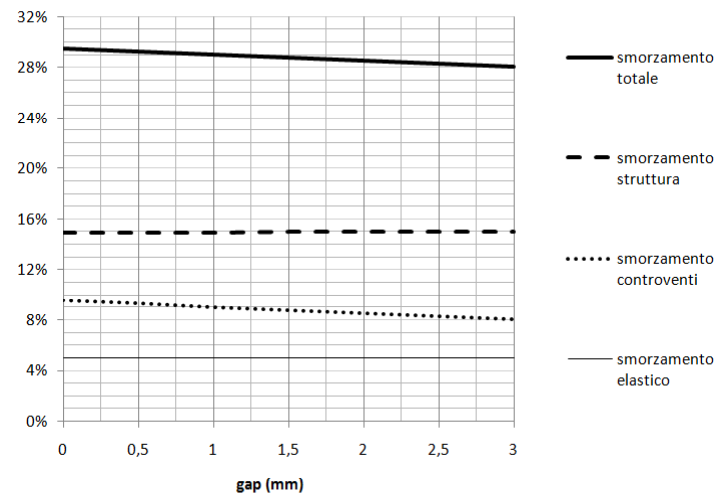
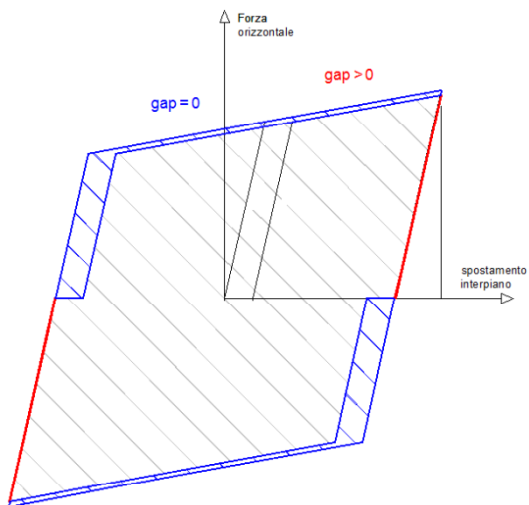
Andria 25 giugno 2010

GRAZIE PER L'ATTENZIONE

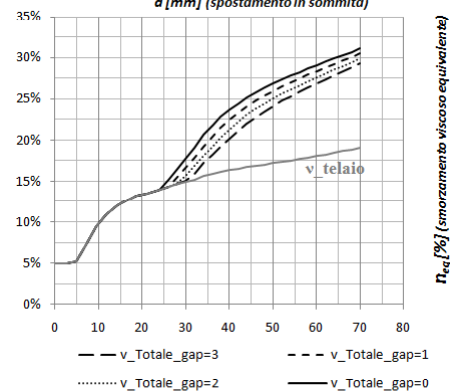
Prof. Ing. C. Nuti; Ing. A. Bergami

ALTRI PARAMETRI CHE SONO STATI VALUTATI

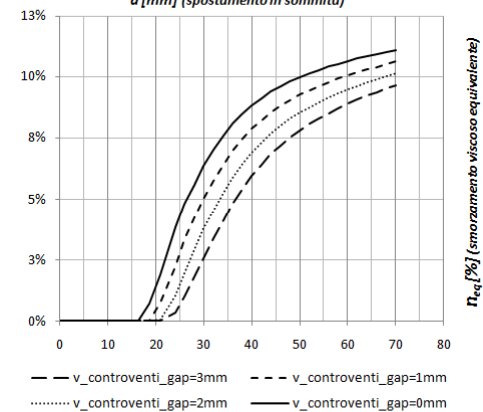
IMPERFEZIONE DI INSTALLAZIONE: Influenza del GAP di deformazione



Andamento dello smorzamento viscoso equivalente al variare dello spostamento in sommità
450-450-300-100
 d [mm] (spostamento in sommità)



Andamento dello smorzamento viscoso equivalente al variare dello spostamento in sommità
300-300-250-100
 d [mm] (spostamento in sommità)



ALTRI PARAMETRI CHE SONO STATI VALUTATI

Comportamento reale del dissipatore: Influenza dell'incrudimento

