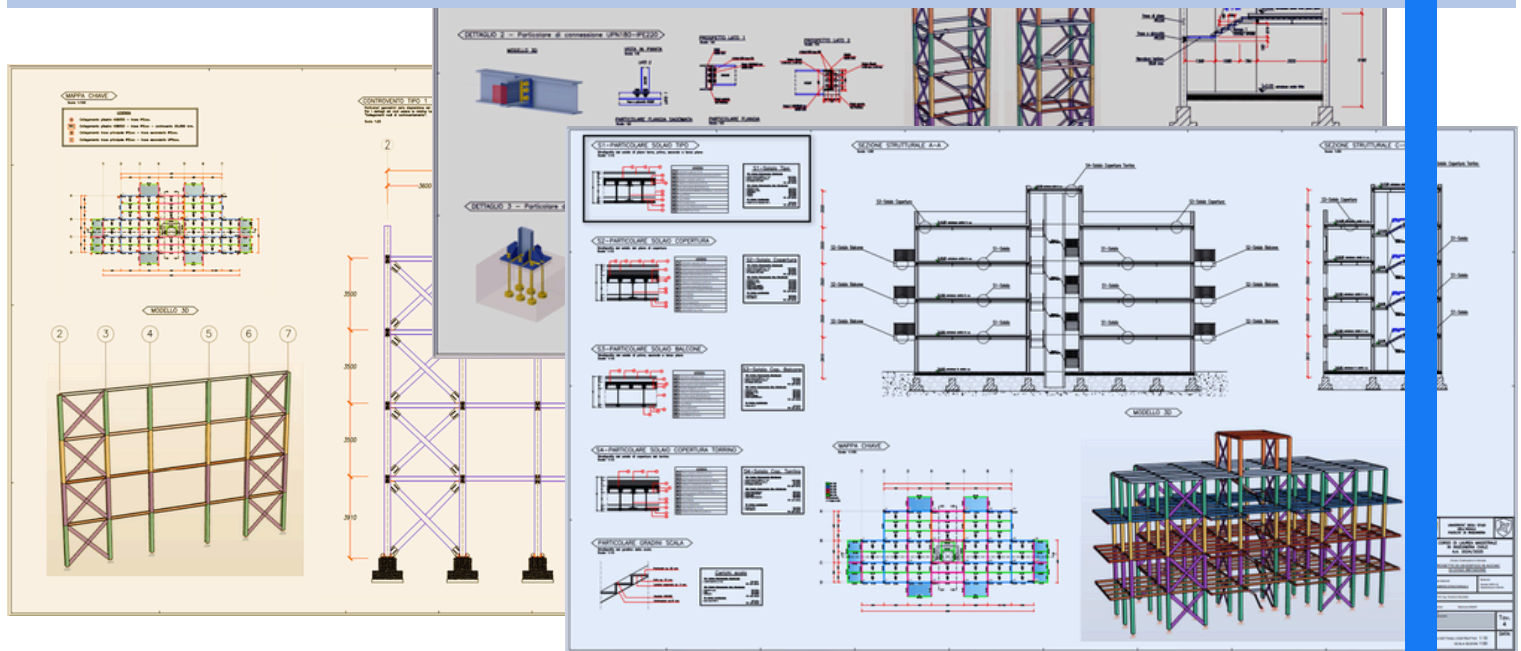
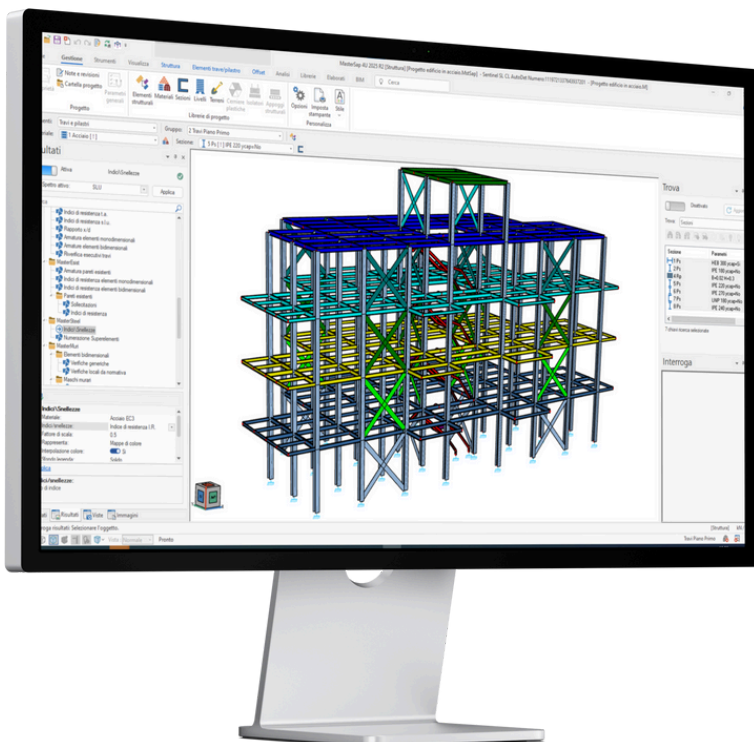


PROGETTAZIONE SISMICA IN ACCIAIO: UN CASO STUDIO COMPLETO



Un progetto sviluppato come prova finale di un percorso di alta formazione, con un flusso di lavoro "da studio" tra predimensionamento, FEM, verifiche EC3 e dettagli costruttivi.

4U **MASTERSAP**
SOFTWARE PER L'INGEGNERIA



USER ORIENTED
for you

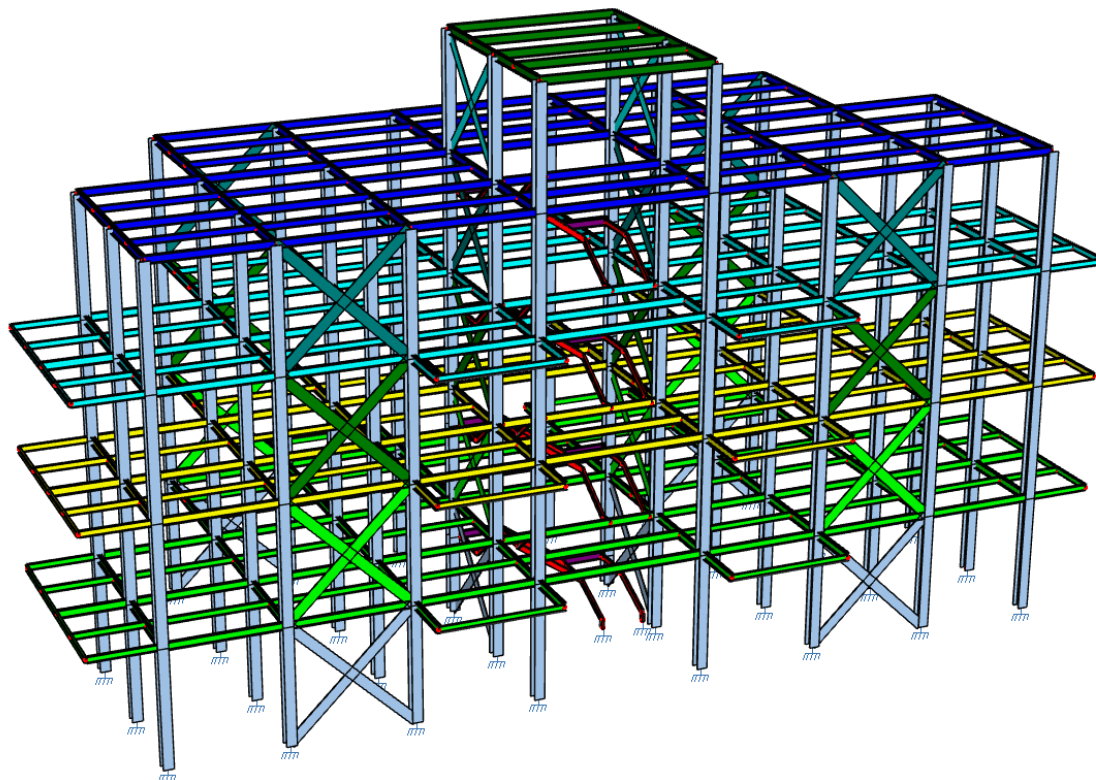
UNIVERSALE
for you

UNICO
for you

UP-TO-DATE
for you



*La formazione ha valore quando si trasforma in competenze operative, replicabili in contesti reali.
Per questo condividiamo un progetto sviluppato come prova finale di un master specialistico
sulla **progettazione di edifici in acciaio in zona sismica**,
portato fino al livello di **modellazione, verifiche e dettagli costruttivi**.*



Caso studio: edificio residenziale in acciaio in zona sismica

Il progetto riguarda una nuova costruzione residenziale plurifamiliare interamente in acciaio, localizzata a Udine (UD), zona sismica 2 (pericolosità medio-alta), con 4 piani fuori terra e copertura praticabile. La fondazione prevista è superficiale, con grigliato di travi rovesce in c.a. a supporto del telaio metallico.

Sul piano strutturale, la soluzione adottata è un telaio in acciaio con controventi concentrici (schema a croce di Sant'Andrea), con una scelta di sezioni coerente con la tipologia e con i requisiti di rigidità globale: pilastri HEB300, travi principali IPE220/IPE240/IPE270, travi secondarie (tra cui IPE180) e dettagli dedicati per balconi e scale.

Filosofia progettuale: “Strength Ductility Design” e verifiche normative

L'elaborato è impostato secondo le NTC 2018 (con riferimenti agli Eurocodici), adottando un'impostazione non dissipativa: l'obiettivo è mantenere la struttura in campo elastico durante l'evento di progetto, con fattore di comportamento $q = 1,5$. Questo approccio, esplicitato nella relazione, viene integrato con controlli su spostamenti, sollecitazioni, resistenze e stabilità.

Dal predimensionamento al modello FEM: un workflow completo

Un punto particolarmente interessante (e “da pratica professionale”) è la progressione del lavoro:

1. **Predimensionamento** delle travi (principali e secondarie) con schemi semplificati e aree d’influenza, per arrivare a sezioni iniziali coerenti con carichi e luci.
2. **Modellazione agli elementi finiti** con MasterSap: impostazione dei parametri di analisi, definizione griglia nodi/aste, materiali, sezioni, piani rigidi e vincoli; impostazione dei carichi e delle combinazioni (SLU/SLE/SLD).
3. **Post-processing e verifiche**: controllo deformazioni e spostamenti (incluso interpiano allo SLD) e verifica degli elementi; uso di MasterSteel per verifiche secondo **EC3**.
4. **Progettazione dei collegamenti**: dal predimensionamento manuale fino alla verifica con software dedicato (IdeaStatica) per nodi trave-colonna, trave-trave, nodo con controvento e collegamenti in fondazione.

Predimensionamento delle travi con schemi semplificati

Prima della modellazione agli elementi finiti, il predimensionamento delle travi viene svolto con un calcolo speditivo assumendo le travi dell’impalcato semplicemente appoggiate, così da massimizzare il momento in campata e ottenere sezioni preliminari adeguate (anche in vista dell’azione sismica valutata successivamente). Si distinguono travi principali, più sollecitate e convergenti sui pilastri (in direzione longitudinale e trasversale), e travi secondarie, disposte longitudinalmente e collegate alle principali: il solaio, tessuto ortogonalmente alle secondarie, scarica su di esse e quindi le secondarie trasferiscono alle principali reazioni concentrate. Le travi secondarie sono schematizzate come appoggi semplici con carico distribuito calcolato sulla larghezza di influenza, mentre le principali come appoggi semplici soggetti a carico distribuito (peso proprio, eventuale tamponatura) e a forze concentrate provenienti dalle secondarie, stimate tramite area di influenza; il procedimento viene applicato sia al piano tipo sia al piano di copertura.

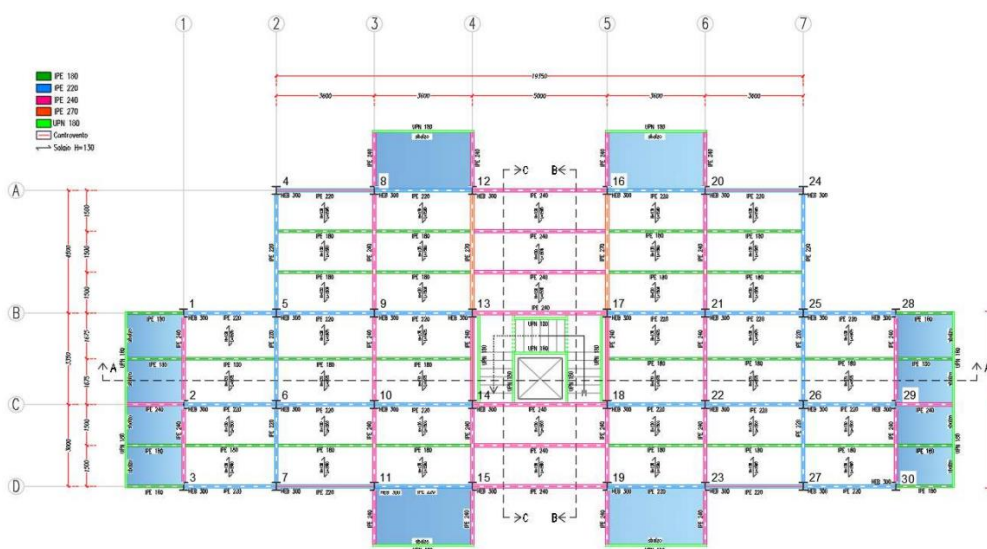


Figura 1 Carpenteria metallica di un impalcato tipo. [crediti: studentessa Michela De Amicis]

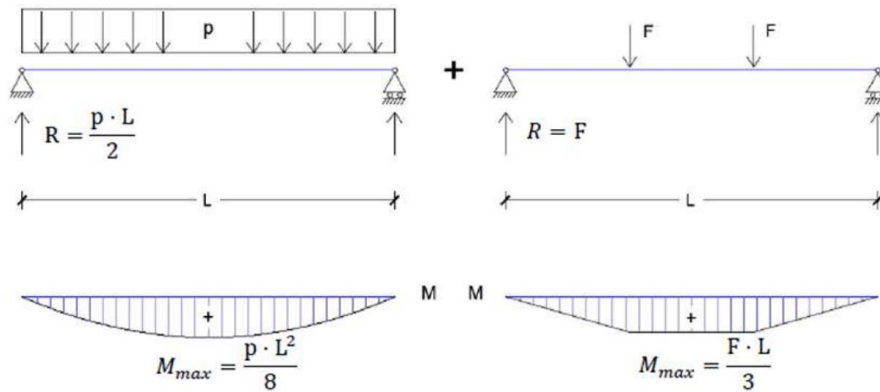


Figura 2 Schema di predimensionamento delle travi principali. [crediti: studentessa Michela De Amicis]

	Fd [kN/m]	qd [kN/m]	Rd [kN]	Md [kNm]	Wel [cm ³]	ADOTTO:	Wel [cm ³]
TRAVE 1-2	32.6	6.0	27.1	25.4	97.1	IPE240	324.3
TRAVE 5-6	67.6	6.0	44.6	42.3	161.5	IPE220	252.0
TRAVE 9-10	69.3	6.0	45.4	43.1	164.4	IPE240	324.3
TRAVE 13-14	34.9	6.0	28.3	26.5	101.3	IPE240	324.3
TRAVE 2-3	29.7	6.0	23.9	17.9	68.4	IPE240	324.3
TRAVE 6-7	60.7	6.0	39.3	29.5	112.7	IPE220	252.0
TRAVE 10-11	62.4	6.0	40.2	30.2	115.1	IPE240	324.3
TRAVE 14-15	73.8	6.0	45.9	34.4	131.5	IPE240	324.3
TRAVE 4-5	31.5	6.0	29.3	27.0	103.1	IPE220	252.0
TRAVE 8-9	62.4	6.0	44.7	38.6	147.4	IPE240	324.3
TRAVE 12-13	73.8	6.0	50.4	42.9	163.8	IPE270	428.9

Figura 3 Foglio di calcolo di predimensionamento delle travi principali. [crediti: studentessa Michela De Amicis]

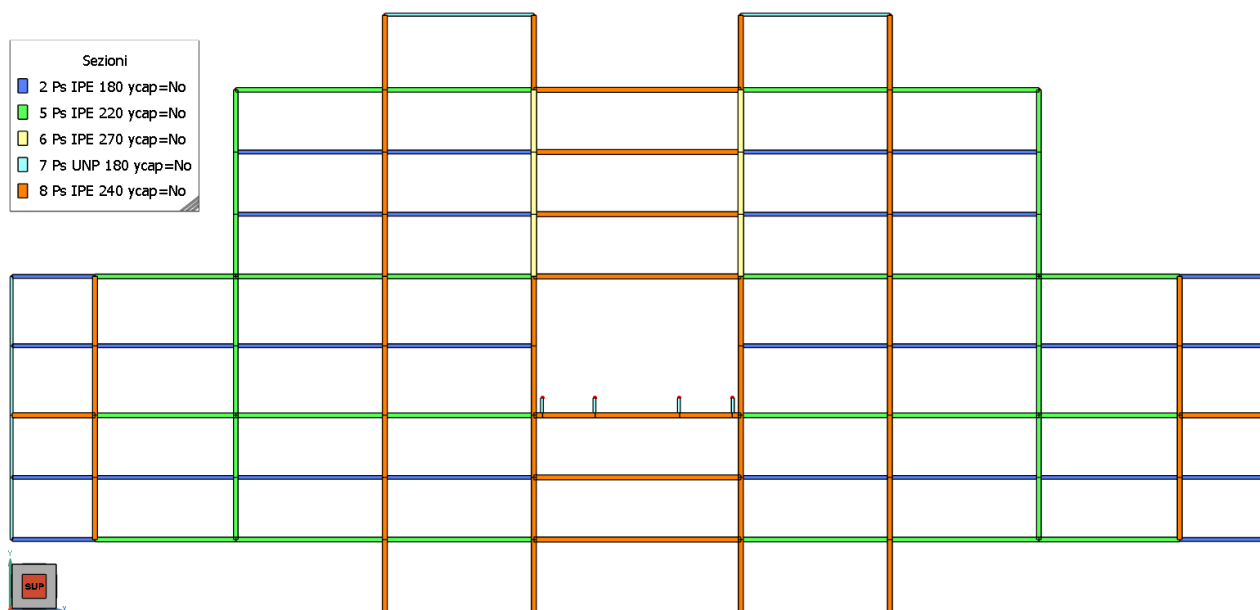


Figura 4 Sezioni adottate nel modello FEM - primo impalcato.

Modellazione agli elementi finiti con MasterSap

La struttura viene modellata agli elementi finiti in **MasterSap**, utilizzando le sezioni già pre-dimensionate e impostando i principali criteri di progettazione sismica, per valutare **spostamenti**, **deformazioni** e **sollecitazioni** sulle singole aste.

Proprietà ? X

Opzioni:

- Progetto
 - Normativa
 - Dati spettro
 - Riepilogo
 - Statistiche
 - File

:: Progetto

Progetto: Progetto edificio in acciaio

Intestazione: Michela De Amicis 295081

Unità di misura

Forze: kN Lunghezze: m

Struttura: Nello spazio

Analisi: Sismica statica equivalente

Calcolo: Non lineare trazione/compressione

Normativa: NTC/2018

Zona a bassa sismicità

Edificio Esistente

Spettro sismico locale

Proprietà ? X

Opzioni:

- Progetto
 - Normativa
 - Dati spettro
 - Riepilogo
 - Statistiche
 - File

:: Progetto :: Normativa

Vita nominale costruzione (anni): 50

Classe d'uso costruzione: II

Vita di riferimento (anni): 50

Spettro di risposta: Stato limite ultimo SLV

Comportamento strutt.: Non dissipativo

Probabilità superamento periodo riferimento: 10 %

Tempo di ritorno del sisma (anni): 475

Luogo: Udine / Udin - Udine / Udin, Uc Mappa... ..

ag/g: 0.2061 F0: 2.45 Tc: 0.33

Categoria suolo: A

Coef. moltiplicativo sisma: 1

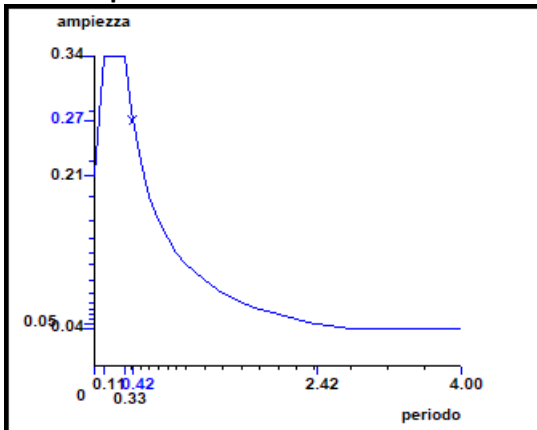
Coefficiente topografico: 1

Coefficienti moltiplicativi per effetti II ordine

Direzione 1 (X): 1

Direzione 2 (Y): 1

Grafico spettri Norme Tecniche delle Costruzioni 2018



Fattore di importanza γ_i 1 applicato

Accelerazione X = 0.266334 g

Accelerazione Y = 0.201905 g

Spettri orizzontali:

Num.	Periodo	A.slu X
1	0.000	0.2061
2	0.110	0.3366
3	0.330	0.3366
4	0.400	0.2777
5	0.500	0.2222
6	0.600	0.1851
7	0.700	0.1587
8	0.800	0.1389
9	0.900	0.1234
10	1.000	0.1111
11	1.200	0.0926
12	1.400	0.0793
13	1.600	0.0694
14	1.800	0.0617
15	2.000	0.0555
16	2.200	0.0505
17	2.400	0.0463
18	2.424	0.0458
19	2.800	0.0412
20	3.200	0.0412
21	3.600	0.0412
22	4.000	0.0412

Si avvia la modellazione definendo la **griglia dei nodi** alle estremità delle aste; quindi, si impostano **materiali** (da banca dati) e **sezioni**: travi IPE180/220/240/270 e UPN180, pilastri HEB300, controventi con piatti 300x20 mm. Per ogni impalcato si inserisce un **piano rigido** e alla base dei pilastri un **incastro**, ottenendo il modello strutturale complessivo.

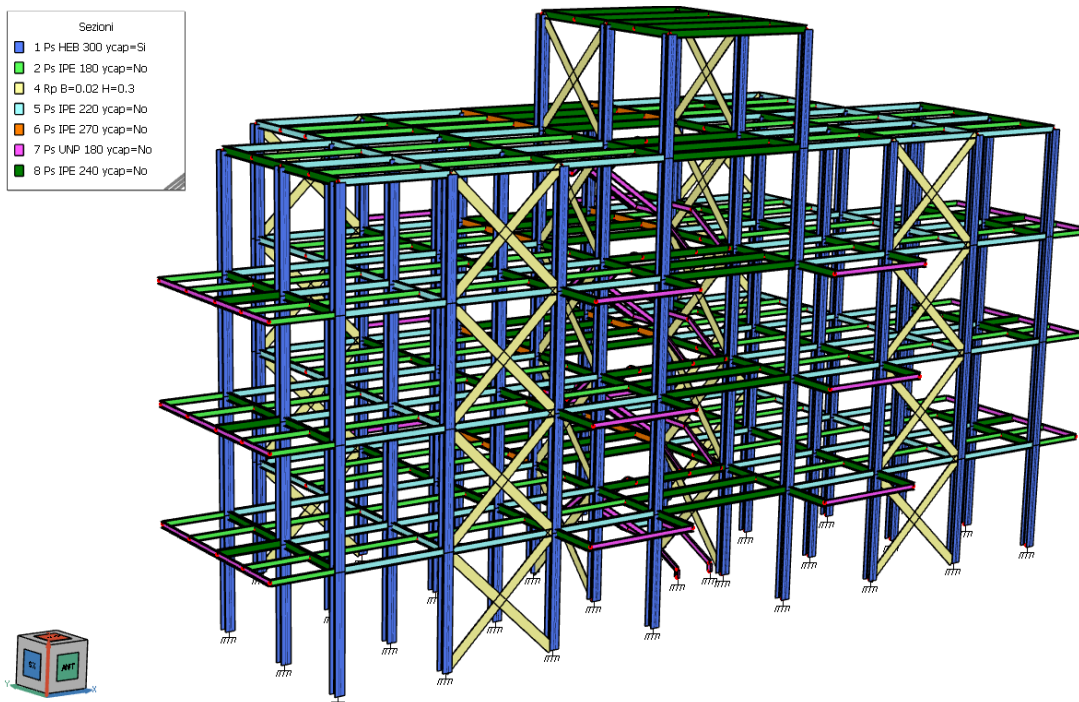


Figura 5 Modello FEM, con rappresentazione delle sezioni assegnate agli elementi strutturali.

Risultati principali (in sintesi)

Dalla relazione emergono alcuni esiti chiave, utili anche come riferimento metodologico:

- **Controlli di deformabilità:** verifiche sulle deformate e sugli spostamenti di interpiano allo SLD in linea con i limiti normativi citati in relazione.
- **Verifiche di resistenza e stabilità degli elementi:** l'elaborato riporta indici massimi di resistenza e stabilità per gruppi di elementi (travi/colonne/scale), con valori complessivamente entro i margini di verifica.
- **Approccio ai dettagli:** particolare attenzione ai giunti, trattati come elementi "critici" (meccanismi fragili), con impostazione cautelativa sulle sollecitazioni e verifiche mirate.

Controlli di deformabilità

Sono state controllate le deformazioni delle combinazioni sismiche con **100% lungo X + 30% lungo Y** e, viceversa, **100% lungo Y + 30% lungo X**. In entrambi i casi, gli spostamenti risultano **inferiori al limite $H/400$** , pari a $15,2/400 = 0,038$ m.

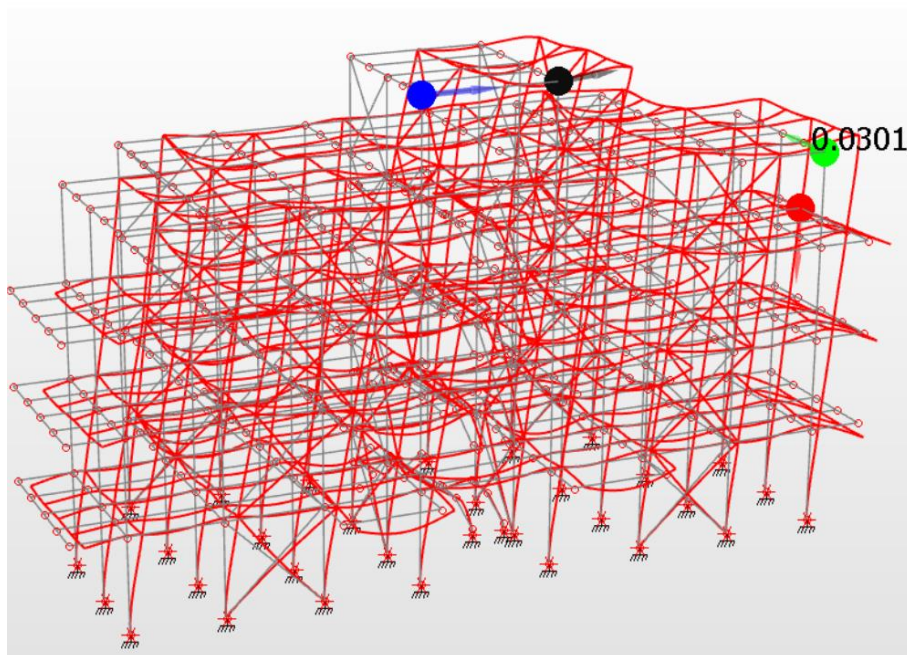


Figura 6 Deformata CC 100%X 30%Y

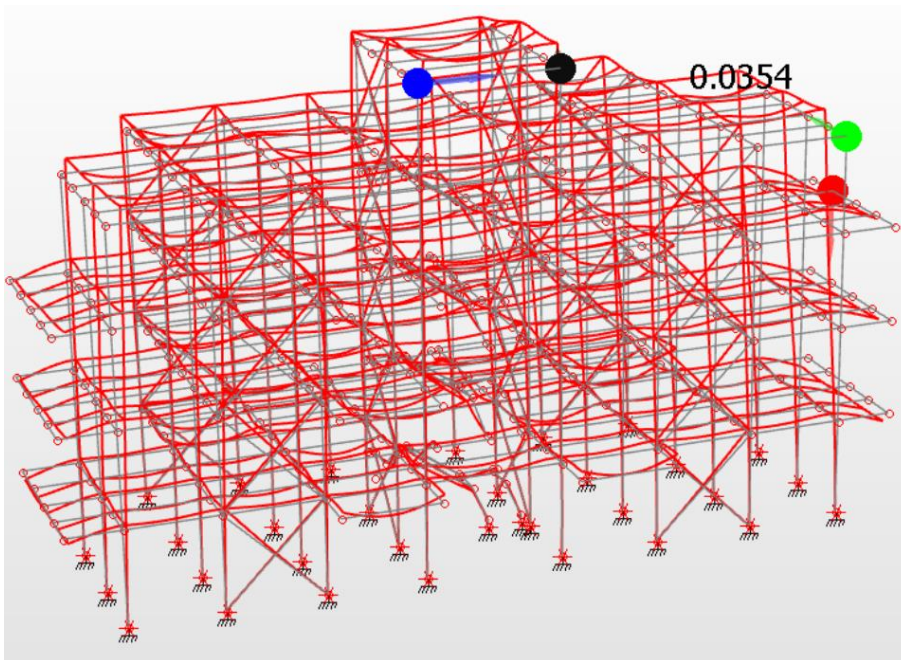


Figura 7 Deformata CC30%X 100%Y

È stato verificato che il rapporto Freccia/Luce per la combinazione Rara SLE rispettasse il limite di 1/300.

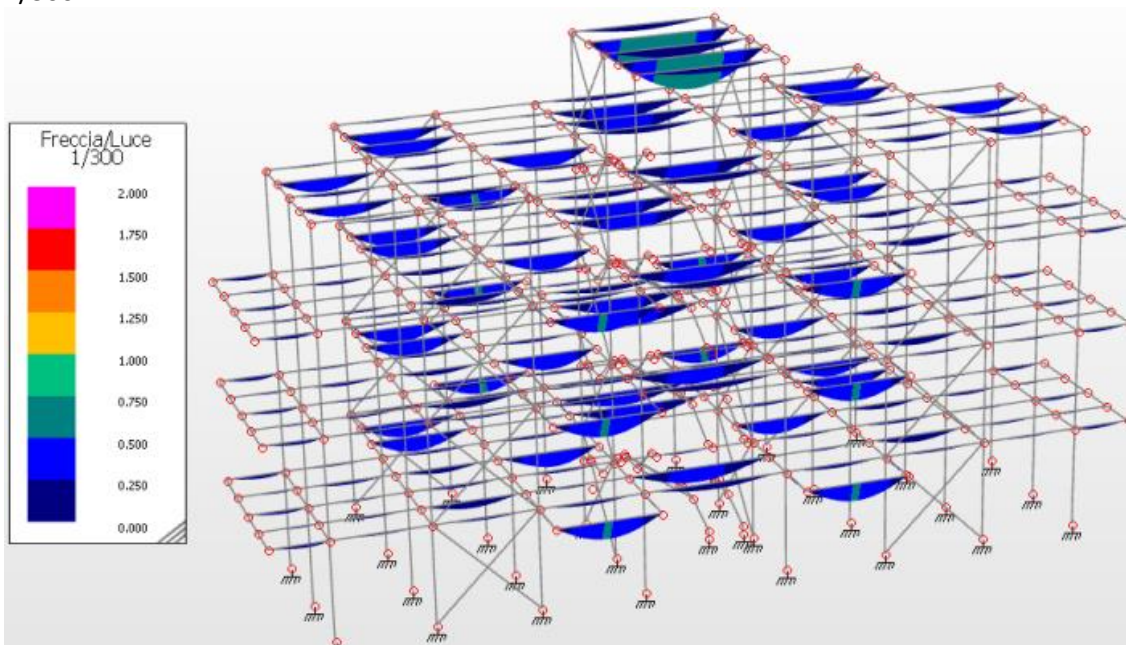


Figura 8 Freccia/Luce CC Rara SLE

Inoltre, è stato verificato quanto prescritto al Cap. 7.3.6.1 delle NTC2018, ovvero che lo spostamento di interpiano risultasse minore di $0,005 \cdot h$; la norma richiede questo controllo per limitare i danni agli elementi non strutturali.

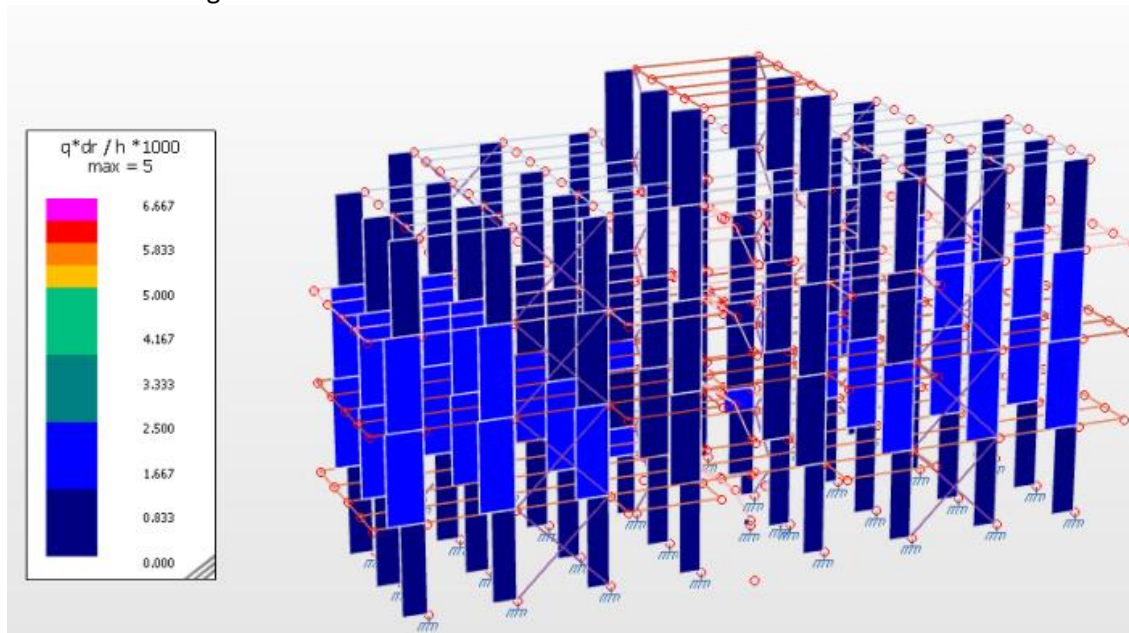


Figura 9 Spostamenti relativi di interpiano.

Verifiche di resistenza e stabilità degli elementi

Gli indici di resistenza che si rappresentano qui di seguito mostrano il rapporto tra domanda e capacità, gli elementi risultano idonei quando l'indice è inferiore all'unità: capacità > domanda.

- I.R. massimo nelle travi = 0,641
- I.R. massimo nelle colonne = 0,260
- Indice di stabilità nelle colonne = 0,723

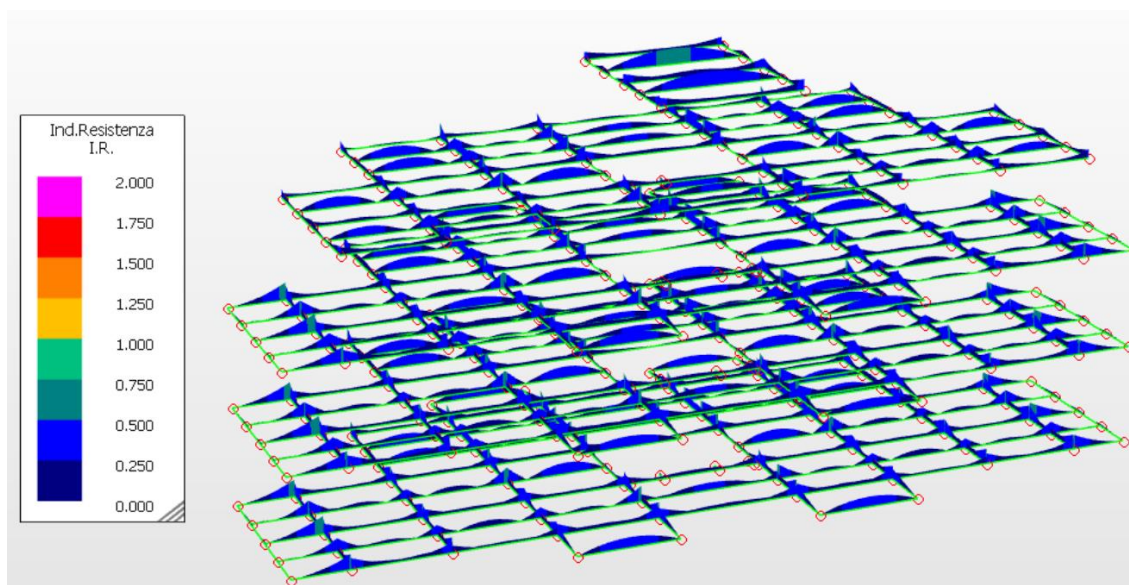


Figura 10 Indici di resistenza delle travi di un impalcato tipo.

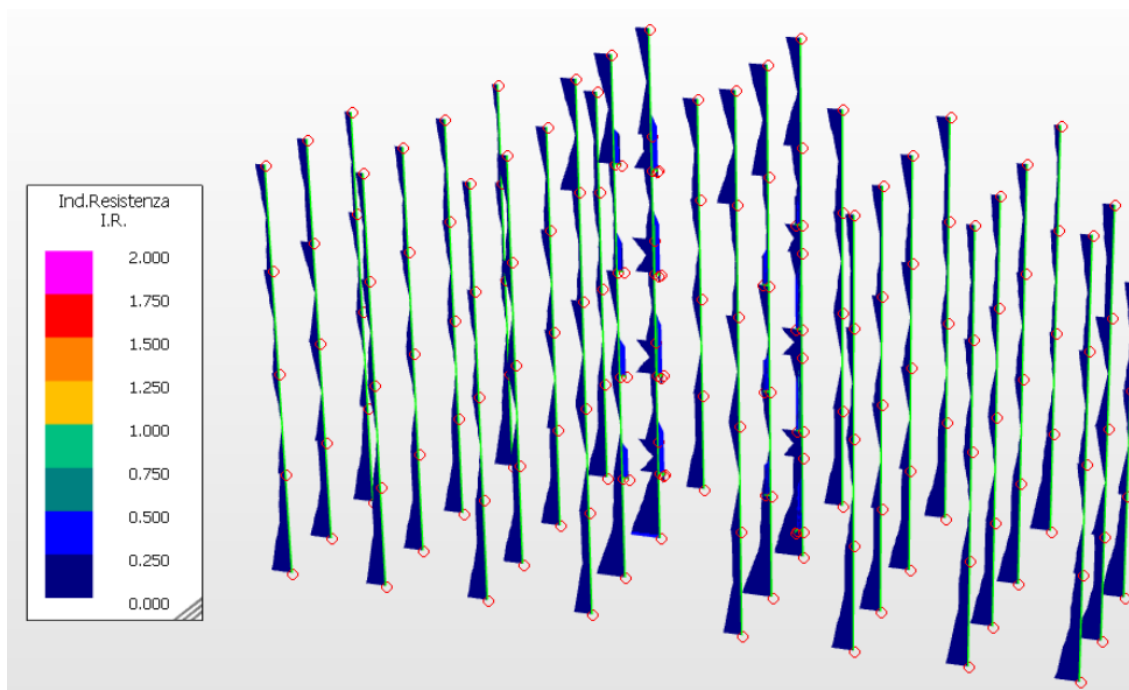
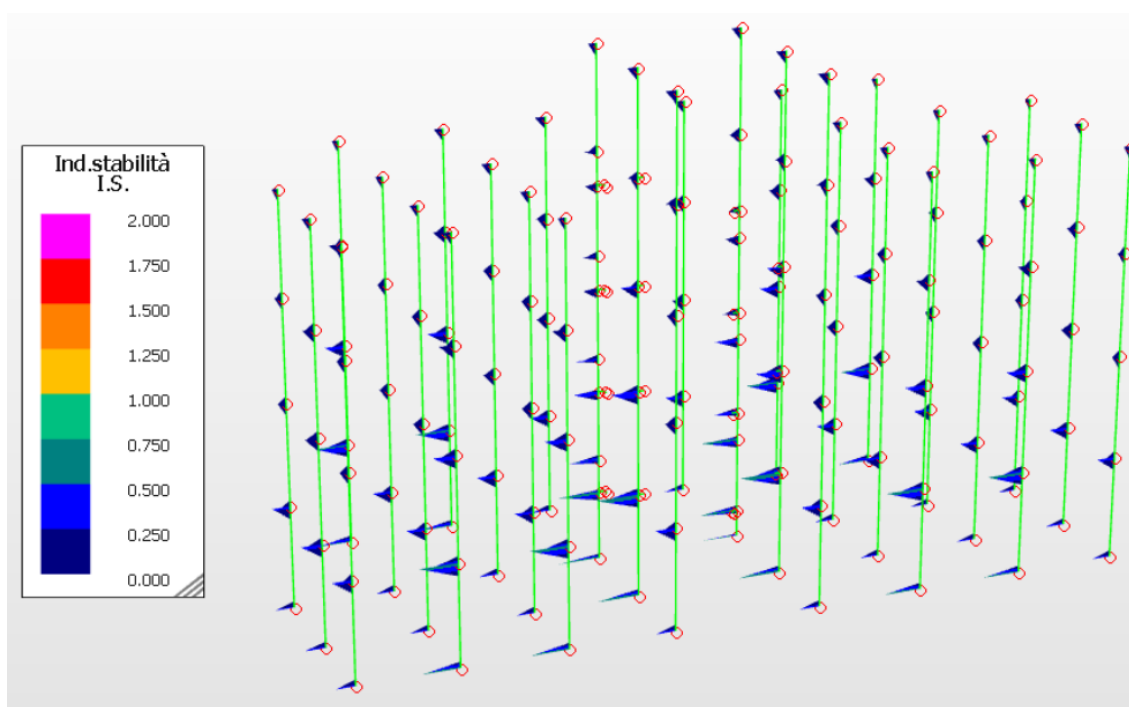


Figura 11 Indici di resistenza delle colonne dell'edificio.



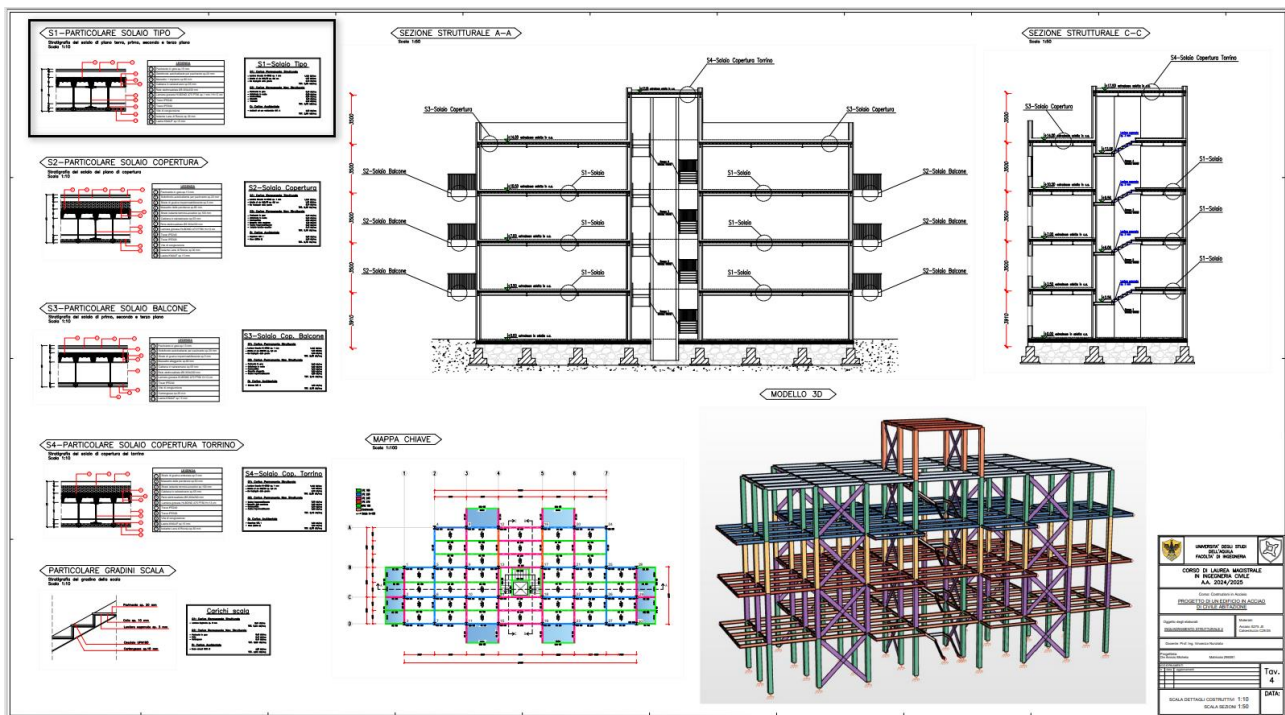
Il post-processore MasterSteel consente di eseguire rapidamente le verifiche degli elementi strutturali secondo Eurocodice 3. Per ogni gruppo si impostano combinazioni di carico, classe di acciaio, tipologia strutturale e tipologia di verifica: sui pilastri si controllano resistenza e stabilità, mentre sulle travi la resistenza. A fine analisi il software restituisce il modello evidenziando in verde gli elementi verificati e in rosso quelli non verificati e una relazione di calcolo per ciascun elemento.

Connessioni

Dopo aver verificato che tutti gli elementi soddisfino le verifiche di resistenza, stabilità e deformazione, si passa alla progettazione dei giunti, cioè dei nodi di collegamento tra gli elementi strutturali. Nel progetto tutti i giunti sono stati considerati rigidi, capaci di trasmettere il momento flettente, così da realizzare un comportamento iperstatico. I giunti sono stati prima predimensionati manualmente con formule semplificate (tramite fogli di calcolo) e poi verificati e dimensionati in IdeaStatica; grazie al plugin di integrazione, dal modello MasterSap è possibile esportare direttamente verso IdeaStatica i dati necessari (geometria, aste, sezioni, vincoli e azioni) per il calcolo delle connessioni.

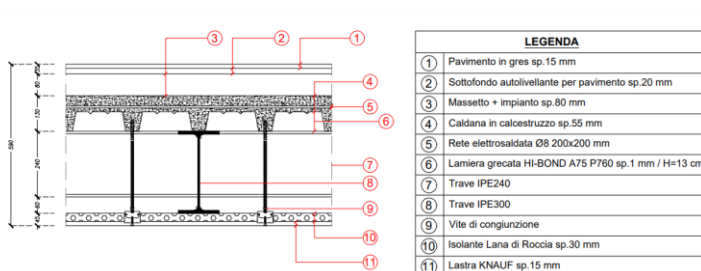
Elaborati grafici: dalla carpenteria ai dettagli costruttivi

A supporto della relazione, le tavole sintetizzano bene l'assetto strutturale: **carpenterie di piano e copertura**, inquadramento della fondazione e dettagli costruttivi/sezioni, fino alla vista 3D del modello.



S1-PARTICOLARE SOLAIO TIPO

Stratigrafia del solaio di piano terra, primo, secondo e terzo piano
Scala 1:10



S1-Solaio Tipo	
G1: Carico Permanente Strutturale	
- Lamiera grecata HI-BOND sp. 1 mm	1,139 kN/mq
- Solaio di via C25/30 sp. 5,5 cm	1,38 kN/mq
- Cda impiegato dalle grache	0,75 kN/mq
TOT.	3,270 kN/mq
G2: Carico Permanente Non Strutturale	
- Pavimento in gres	0,40 kN/mq
- Sottofondo in malta	0,38 kN/mq
- Contrassecchi	0,20 kN/mq
- Massetto	1,60 kN/mq
- Tramezzi	0,40 kN/mq
TOT.	3,70 kN/mq
Q: Carico Accidentale	
- Ambienti ad uso residenziale CAT. A	2,00 kN/mq
TOT.	2,00 kN/mq

Figura 12 Modello FEM e sezioni strutturali dell'edificio in acciaio, 4 piani e copertura praticabile. [crediti: studentessa Michela De Amicis]

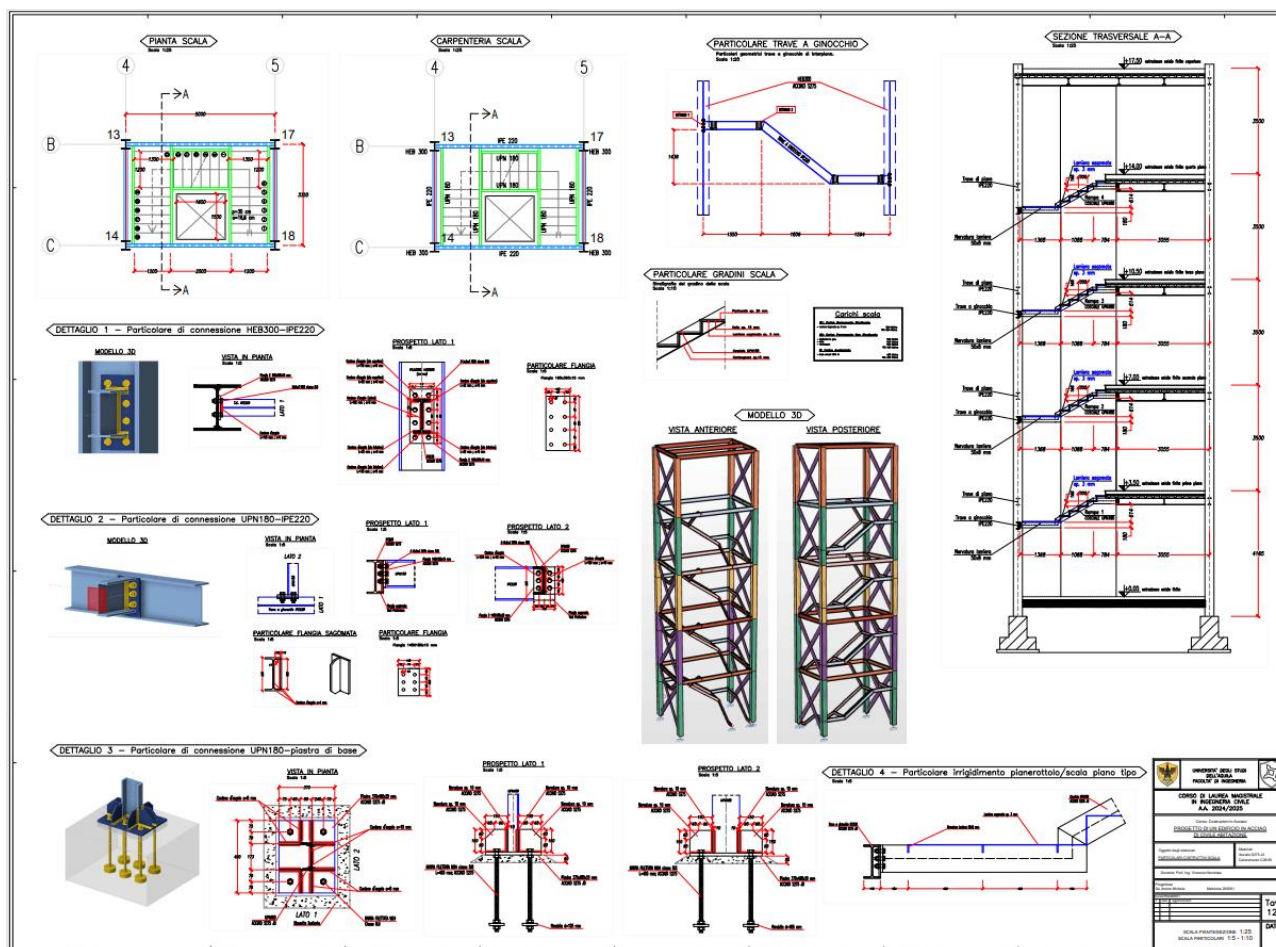


Figura 13 Particolari costruttivi scala [crediti: studentessa Michela De Amicis]

Dal Master al caso studio: grazie a chi lo ha reso possibile

Questo caso studio nasce come elaborato d'esame del **Master Online "Progettazione di Edifici in Acciaio in Zona Sismica" – III Edizione** dell'Accademia dello Strutturista: un percorso formativo che accompagna i partecipanti dalla progettazione esecutiva (impostazione, dettagli, elaborati) fino alla modellazione FEM e alle verifiche strutturali.

Un grazie speciale al **Prof. Ing. Vincenzo Nunziata** e a tutti gli studenti per la disponibilità e per aver concesso l'utilizzo del materiale prodotto.

Grazie al loro contributo è possibile condividere un esempio concreto e completo di workflow progettuale, sviluppato anche con il supporto degli strumenti software previsti dal Master online:

- impostazione normativa
- modellazione FEM
- verifiche di resistenza e stabilità
- restituzione grafica chiara ed efficace

Come **AMV**, siamo orgogliosi di sostenere e valorizzare percorsi formativi che mettono in relazione didattica, pratica professionale e strumenti software, contribuendo a diffondere una cultura della progettazione strutturale solida, consapevole e orientata alla qualità.