

POLITECNICO DI TORINO

Corso di laurea magistrale
Ingegneria Civile

Tesi di laurea

**Dimensionamento di quadri in
acciaio da adottare nelle trincee
di coltivazione della miniera di
talco di Fontane**



Relatori:

Prof. Daniele Peila

Ing. Daniele Martinelli

Candidato:

Daniele Maiorana

Aprile 2019

Indice dei contenuti

Indice dei contenuti.....	2
1. Introduzione.....	11
2. La miniera di Fontane.....	12
2.1 Inquadramento geologico	14
2.2 Il Massiccio Dora Maira e la Val Germanasca.....	16
2.3 Il Giacimento.....	18
2.3.1 Il minerale estratto.....	19
2.3.2 Caratteristiche del talco	19
3. Metodo di coltivazione	22
1. COLTIVAZIONE PER VUOTI	22
2. COLTIVAZIONE PER FRANA.....	24
3. COLTIVAZIONE PER RIPIENA.....	25
3.1 Metodo di coltivazione nella miniera di Fontane.....	27
4. Supporti utilizzati nelle gallerie di tracciamento e di coltivazione.....	32
4.1 Quadri in legno	32
4.1.1 Vantaggi.....	37
4.1.2 Svantaggi.....	38
4.2 Quadri in acciaio	39
4.2.1 Vantaggi.....	41
4.2.2 Svantaggi.....	41
4.3 CARICHI USATI PER LE ANALISI	42
4.4 Verifica della resistenza del cappello.....	44
4.4.1 HEB 160 soggetta a carico uniformemente distribuito.....	45
4.4.2 HEB 160 soggetta a carico concentrato in mezzeria	49

4.4.3	HEB 180 soggetta a carico uniformemente distribuito.....	53
4.4.4	HEB 180 soggetta a carico concentrato in mezzeria	56
4.4.5	HEB 200 soggetta a carico uniformemente distribuito	60
4.4.6	HEB 200 soggetta a carico concentrato in mezzeria	64
4.4.7	HEB 240 soggetta a carico uniformemente distribuito	67
4.4.8	HEB 240 soggetta a carico concentrato in mezzeria	71
4.4.9	HEB 260 soggetta a carico uniformemente distribuito	75
4.4.10	HEB 260 soggetta a carico concentrato in mezzeria.....	79
4.4.11	Progetto e verifica della gamba a compressione semplice	83
4.4.12	Progetto e verifica della gamba a pressoflessione.....	89
5.	Schemi di carico e modelli adottati per il calcolo.....	93
5.1	Breve descrizione del software utilizzato	93
5.1.1	Unità di misura.....	94
5.1.2	Sistemi di coordinate.....	95
5.1.3	Proprietà	95
5.1.4	Casi di carico	97
5.1.5	Casi di analisi	99
5.2	Spiegazione delle dimensioni adottate	100
6.	Prove sugli sbatacchi.....	102
6.1	Cosa sono e cosa servono gli sbatacchi.....	102
6.2	Prove condotte in laboratorio sugli sbatacchi.....	108
7.	Conclusioni.....	113
	ALLEGATO CON LE ANALISI EFFETTUATE UTILIZZANDO SAP 2000	115
	ANALISI N° 1	115
	ANALISI N° 2	118
	ANALISI N° 3	121
	ANALISI N° 4	124

ANALISI N° 5	127
ANALISI N° 6	130
ANALISI N° 7	133
ANALISI N° 8	136
ANALISI N° 9	139
ANALISI N° 10.....	142
ANALISI N° 11.....	145
ANALISI N° 12.....	148
ANALISI N° 13.....	151
ANALISI N°14.....	154
ANALISI N° 15.....	157
ANALISI N°16.....	160
ANALISI N°17.....	163
ANALISI N°18.....	166
ANALISI N°19.....	169
ANALISI N°20.....	172
ANALISI N°21.....	175
ANALISI N°22.....	178
ANALISI N°23.....	181
ANALISI N°24.....	184
ANALISI N°25.....	187
ANALISI N°26.....	190
ANALISI N°27.....	193
ANALISI N°28.....	196
ANALISI N°29.....	199
ANALISI N°30.....	202
ANALISI N°31.....	205

ANALISI N°32.....	208
ANALISI N°33.....	211
ANALISI N°34.....	214
ANALISI N°35.....	217
ANALISI N°36.....	220
ANALISI N°37.....	223
ANALISI N°38.....	226
ANALISI N°39.....	229
ANALISI N°40.....	232
ANALISI N°41.....	235

Indice delle figure

<i>Figure 1 . Ingresso della miniera di Fontane</i>	<i>12</i>
<i>Figure 2 . Metodo di coltivazione per vuoti</i>	<i>23</i>
<i>Figure 3. Immagine rappresentativa di coltivazione per vuoti.....</i>	<i>23</i>
<i>Figure 4. Metodo di coltivazione per ripiena a gradino rovescio</i>	<i>25</i>
<i>Figure 5 . Schema tridimensionale del sistema di coltivazione per ripiena</i>	<i>26</i>
<i>Figure 6 . Particolare di un quadro in legno e delle tavole di sostegno.....</i>	<i>30</i>
<i>Figure 7 . Particolare di un quadro in acciaio e delle tavole di sostegno</i>	<i>30</i>
<i>Figure 8. Quadro in legno.....</i>	<i>33</i>
<i>Figure 9 . Posizionamento di spessori in legno sopra il cappello dei quadri</i>	<i>34</i>
<i>Figure 10 . quadri in legno con spessori sul cappello e sbatacchi tra gamba e parete rocciosa....</i>	<i>35</i>
<i>Figure 11 . Quadri in legno con spessori sul cappello e sbatacchi tra gamba e parete rocciosa ...</i>	<i>35</i>
<i>Figure 12 . Vista del quadro con gli sbatacchi</i>	<i>36</i>
<i>Figure 13 . Sezione galleria di avanzamento con i quadri di supporto</i>	<i>37</i>
<i>Figure 14 . Rappresentazione dei quadri in acciaio con il programma SAP 2000</i>	<i>39</i>
<i>Figure 15 . Sezione dei profilati in acciaio usati per i quadri</i>	<i>39</i>
<i>Figure 16 . Comportamento tenso-deformativo dell'acciaio.....</i>	<i>41</i>
<i>Figure 17 . Solido tridimensionale del carico agente sui quadri.....</i>	<i>42</i>
<i>Figure 18 . Schemi statici utilizzati per dimensionare e verificare il cappello del quadro</i>	<i>44</i>
<i>Figure 19 . Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata</i>	<i>45</i>
<i>Figure 20 . Formule per il calcolo del momento</i>	<i>48</i>
<i>Figure 21 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata</i>	<i>49</i>
<i>Figure 22 . Formule utilizzate per il calcolo del momento</i>	<i>52</i>
<i>Figure 23 . Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata</i>	<i>53</i>
<i>Figure 24 . Formule per il calcolo del momento sollecitante</i>	<i>56</i>
<i>Figure 25 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata</i>	<i>56</i>
<i>Figure 26 . Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata</i>	<i>60</i>
<i>Figure 27 . Formule utilizzate per il calcolo del momento</i>	<i>63</i>
<i>Figure 28 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata</i>	<i>64</i>
<i>Figure 29 . Formule utilizzate per il calcolo del momento</i>	<i>67</i>
<i>Figure 30 . Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata</i>	<i>67</i>
<i>Figure 31 . Formule utilizzate per il calcolo del momento</i>	<i>70</i>
<i>Figure 32 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata</i>	<i>71</i>

Figure 33 . Formule utilizzate per il calcolo del momento	74
Figure 34 . Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata	75
Figure 35 . Formule utilizzate per il calcolo del momento	78
Figure 36 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata	79
Figure 37 . Formule utilizzate per il calcolo del momento	82
Figure 38 . Schema di pilastro deformato.....	83
Figure 39 . Schemi per determinare il carico libero di inflessione	84
Figure 40 . Schemi per il calcolo del carico N.....	87
Figure 41 . Schermata di SAP 2000 per visualizzare le unità di misura	94
Figure 42 . Proprietà caratteristiche dell'acciaio Fe430/s275	96
Figure 43 . Dimensioni geometriche della sezione di profilato HEB 180	96
Figure 44 . Definizione del carico	98
Figure 45 . Definizione del caso di carico.....	98
Figure 46 . Punti di incrocio all'interno della miniera dove vengono posizionati i quadri in acciaio.....	101
Figure 47 . Sbatacchi montati tra quadro e ammasso roccioso.....	102
Figure 48 . Inquadramento sbatacchi.....	103
Figure 49 . Montaggio del quadro in legno che poi verrà dotato di sbatacchi	104
Figure 50 . Diagramma carico-deformazione.....	105
Figure 51 . Tipi di comportamento dovuti ai carichi	107
Figure 52 . Campioni sbatacchi in legno di castagno Figure 53 . Campioni di sbatacchi in legno di acacia	108
Figure 54 . Campione di sbatacchio sottoposto a prova di rottura per compressione.....	110
Figure 55 . Prova di compressione con conseguente spanciamiento.....	110
Figure 56 . Quadro analogico della pressa di laboratorio per la lettura del carico di rottura ...	111

Indice delle tabelle

<i>Tabella 1. Dimensioni medie tronchi in legno</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 2. Caratteristiche meccaniche legno di acacia e di castagno.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 3. Caratteristiche meccaniche profilati in acciaio</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 4. Dimensioni geometriche profilato HEB 160.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 5. Dati utilizzati per calcolare i carichi agenti sulla trave del quadro.</i>	<i>43</i>
<i>Tabella 6. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati.....</i>	<i>46</i>
<i>Tabella 7. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati.....</i>	<i>47</i>
<i>Tabella 8. Valore del momento resistente</i>	<i>48</i>
<i>Tabella 9. Momenti sollecitanti calcolati per diversi carichi.</i>	<i>48</i>
<i>Tabella 10. Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.</i>	<i>49</i>
<i>Tabella 11. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 12. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>50</i>
<i>Tabella 13. Valore di momento resistente.....</i>	<i>51</i>
<i>Tabella 14. Momenti sollecitanti calcolati per diversi carichi.....</i>	<i>52</i>
<i>Tabella 15. Carichi applicati alla trave HEB 180 per il dimensionamento e le verifiche</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 16. Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.</i>	<i>53</i>
<i>Tabella 17. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 18. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>54</i>
<i>Tabella 19. Valore di momento resistente</i>	<i>55</i>
<i>Tabella 20. Momenti sollecitanti calcolati con i diversi carichi.....</i>	<i>56</i>
<i>Tabella 21. Carichi concentrati sulla trave</i>	<i>57</i>
<i>Tabella 22. Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.</i>	<i>57</i>
<i>Tabella 23. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>58</i>
<i>Tabella 24. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>58</i>
<i>Tabella 25. Valore di momento resistente</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 26. Momenti sollecitanti calcolati per i diversi carichi.</i>	<i>59</i>
<i>Tabella 27. Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.</i>	<i>60</i>
<i>Tabella 28. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 29. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>61</i>
<i>Tabella 30. Valore di momento resistente</i>	<i>62</i>
<i>Tabella 31. Momenti sollecitanti calcolati</i>	<i>63</i>
<i>Tabella 32. Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.</i>	<i>64</i>

<i>Tabella 33 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>65</i>
<i>Tabella 34 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>65</i>
<i>Tabella 35 . Valore di momento resistente</i>	<i>66</i>
<i>Tabella 36 . Momenti sollecitanti calcolati</i>	<i>67</i>
<i>Tabella 37 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.</i>	<i>68</i>
<i>Tabella 38 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>69</i>
<i>Tabella 39 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>69</i>
<i>Tabella 40 . Valore di momento resistente</i>	<i>70</i>
<i>Tabella 41 . Momenti sollecitanti calcolati</i>	<i>71</i>
<i>Tabella 42 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.</i>	<i>72</i>
<i>Tabella 43 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>72</i>
<i>Tabella 44 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>73</i>
<i>Tabella 45 . Valore di momento resistente</i>	<i>73</i>
<i>Tabella 46 . Momenti sollecitanti calcolati</i>	<i>74</i>
<i>Tabella 47 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.</i>	<i>75</i>
<i>Tabella 48 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 49 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>76</i>
<i>Tabella 50 . Valore di momento resistente</i>	<i>77</i>
<i>Tabella 51 . Momenti sollecitanti calcolati</i>	<i>78</i>
<i>Tabella 52 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.</i>	<i>79</i>
<i>Tabella 53 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>80</i>
<i>Tabella 54 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati</i>	<i>80</i>
<i>Tabella 55 . Valore di momento resistente</i>	<i>81</i>
<i>Tabella 56 . Momenti sollecitanti calcolati</i>	<i>82</i>
<i>Tabella 57 . Valori di snellezza calcolati.....</i>	<i>85</i>
<i>Tabella 59 . Valori di N utilizzati per il dimensionamento e le verifiche</i>	<i>87</i>
<i>Tabella 60. Valori di tensione</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 61 . Valori di tensione</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 62. Valori di tensione</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 63. Valori di tensione</i>	<i>88</i>
<i>Tabella 64 . Valori di tensione ammissibile da rispettare nella verifica</i>	<i>89</i>
<i>Tabella 65 . Momenti agenti sulla gamba del portale</i>	<i>90</i>
<i>Tabella 66 . Momenti resistenti.....</i>	<i>90</i>

<i>Tabella 67. Valori di sforzo normale critico</i>	<i>91</i>
<i>Tabella 68. Valori di sforzo normale resistente</i>	<i>91</i>
<i>Tabella 69 . Risultati ottenuti</i>	<i>91</i>
<i>Tabella 70 . Risultati ottenuti</i>	<i>92</i>
<i>Tabella 71. Dati geometrici dei campioni di sbatacchi</i>	<i>109</i>
<i>Tabella 72. Tabelle con le rigidezze calcolate.....</i>	<i>112</i>

1. Introduzione

L'oggetto della presente tesi è lo studio e il dimensionamento di quadri di sostegno in acciaio, da adottare nelle trincee di coltivazione della miniera di talco di Fontane, sita in Val Germanasca (TO).

Nella miniera si sta eseguendo la coltivazione di talco in livelli, a fette orizzontali discendenti con ripiena cementata a tetto, dopo la quale le trincee vengono ripienate in modo da garantire la stabilità a tetto nel livello sottostante.

Lo studio ha previsto l'esecuzione di modelli di quadri di sostegno al fine di studiare il comportamento degli stessi sottoposti a diversi casi di carico.

Lo scopo principale è stato il dimensionamento del cappello e delle gambe costituenti i quadri, e il loro comportamento sotto l'azione dei carichi.

Le dimensioni adottate dei quadri in acciaio sono state discusse direttamente in miniera con l'ingegnere a capo del cantiere, l'Ingegnere Daniele Valentini e con il Professore e Relatore Daniele Peila.

I comportamenti tensionali e deformativi (determinati con l'impiego del programma agli elementi finiti SAP 2000) hanno permesso di capire quale sia il comportamento statico dei quadri sottoposti ai carichi dell'ammasso roccioso, attraverso la determinazione delle caratteristiche di sollecitazione (momento, taglio, sforzo normale) e le deformazioni.

Questa fase si è realizzata con l'impiego del programma SAP 2000, che ha fornito i suddetti risultati inserendo i carichi verticali agenti sulla trave del quadro (cappello) e quelli orizzontali agenti sui pilastri del quadro (gambe).

I calcoli sono stati realizzati considerando un peso specifico medio tra quello del calcestruzzo usato per le ripiene e il peso specifico del talco; questo perché all'interno della miniera c'è una grande variabilità di ammasso roccioso e la determinazione di un peso specifico preciso è difficile.

I risultati degli studi hanno permesso di trarre conclusioni sulle dimensioni più opportune da adottare nei profilati dei quadri metallici.

2. La miniera di Fontane

La miniera di talco di Fontane, gestita dalla Soc. Luzenac Val Chisone, appartenente al gruppo internazionale RIO TINTO, è situata nel Comune di Salza in Val Germanasca, valle laterale della Val Chisone a circa 75 km da Torino.

Fontane «è la più importante miniera italiana di talco ed una tra le più importanti in Europa, sia per entità di produzione (circa 40.000 t/anno), sia per qualità del talco prodotto (all'80% talco bianco puro a struttura lamellare)» (CIAN et al., 1984), particolarmente apprezzato e conosciuto in tutto il mondo come “Italian Talc”, sinonimo di alta qualità e purezza.



Figure 1 . Ingresso della miniera di Fontane

I siti minerari talciferi del Pinerolese si sviluppano su un arco di circa 30 km, che si snoda dalla Val Sangone alla Val Pellice attraverso le Valli Chisone e Germanasca.

In questa zona ebbero inizio, fin dal XVII secolo, coltivazioni superficiali in numerose piccole miniere situate nelle valli citate.

Il vero e proprio inizio delle ricerche scientifiche e dell'attività estrattiva nella zona, dal punto di vista economico commerciale, si ha a partire dalla seconda metà del XIX secolo fino ai giorni nostri.

I lavori di estrazione si sviluppano nella sezione di Rodoretto, nella frazione Pomeifré, sulla sinistra orografica del torrente Germanasca.

La miniera di Fontane coltiva una porzione dell'orizzonte mineralizzato a talco, che si estende discontinuamente su un arco di oltre 50 km dalla Val Pellice alla Val Sangone, attraverso le Valli Chisone e Germanasca, e appartiene geologicamente al Massiccio Dora-Maira. Oltreché a Fontane, il talco di questo orizzonte, sfruttato fin dal XVII secolo, venne coltivato in una serie di piccole miniere (Grange Subiaschi, Envie, Sapatlé, Pleinet, Comba La Fracia, Malzas, Maniglia, La Roussa, Grange Martinetto e Rolando), alcune delle quali sopravvissero fino agli Anni Sessanta.

Le coltivazioni più importanti hanno avuto inizio dal XIX secolo secondo la seguente cronologia:

1920 - 1940

- Acquisizione dei diritti di scavo nella zona da parte della Società Talco e Grafite Val Chisone.
- Tracciamento di tutta la sezione Gianna con le gallerie:
 - Superiore (quota 1147 m);
 - Gianfranco (quota 1337 m);
 - Paola (quota 1265 m);
 - Gianna (quota 1212 m);
 - Vittoria (quota 1179 m);
 - San Pietro (quota 1140 m) galleria di ricerca.

Ulteriori lavori di ricerca furono eseguiti negli anni successivi: le gallerie Paola, Gianna e Vittoria raggiunsero i limiti settentrionali del giacimento e sondaggi dall'esterno accertarono la prosecuzione del banco verso Sud, al di sotto del fondovalle, fino alla confluenza del Rio di Rodoretto; inoltre, dalla galleria S. Pietro (oggi inagibile nel tratto terminale), la mineralizzazione fu seguita in profondità mediante una discenderia fino a quota 1050, dove sembrerebbe chiudersi.

Anni '50 (gallerie di ricerca nella sezione Crosetto, versante destro della valle)

- Carla (quota 1215 m);
- "1300" (quota 1299 m);
- "1360" (quota 1360 m);
- "1400" (quota 1396 m);
- "1440" (quota 1440 m);
- "1500" (quota 1486 m).

Anni '60

- Apertura della miniera di Crosetto.

1990

- Acquisizione dei diritti di scavo nella zona da parte della Società Luzenac Val Chisone.

1992

- Campagna di prospezione che ha portato all'individuazione di una nuova concentrazione di talco (Rodoretto).

1995

- Nuova galleria in località Rodoretto e apertura della omonima miniera.

2001 - 2002

- Coltivazione della sezione Rodoretto e Crosetto II;
- Marzo 2002: chiusura della sezione Crosetto II.

2.1 Inquadramento geologico

L'area d'interesse comprende parte delle Alpi Cozie, essendo ubicata nel comprensorio delle Valli Pinerolesi (Val Chisone, Val Pellice, Val Germanasca), con un'estensione di 113 km², 22 km nella direzione Nord-Sud e 9 km come larghezza trasversale.

Essa fa parte del Dominio Pennidico che è suddiviso in varie sottunità:

- Massicci Cristallini Interni:
 - Dora Maira
 - Gran Paradiso
 - Monte Rosacostituiti da rocce di basamento continentale.
- Le Zone Piemontese, Brianzone, Subbrianzone che sono unità di copertura caratterizzate da alto metamorfismo e deformazioni molto intense.

Il Dominio Pennidico è caratterizzato dal metamorfismo più elevato e dalle deformazioni più intense e complesse, oltre che dalla presenza di masse ofiolitiche.

L'area comprende porzioni del Massiccio Dora Maira e della Zona Piemontese (detta anche Complesso dei Calcescisti con Pietre Verdi).

Il Massiccio Dora Maira nasce dalla sovrapposizione di tre unità alloctone fondamentali, qui elencate in ordine dall'alto verso il basso:

- Il Lembo Ofiolitico dell'Orsiera-Rocciavré;
- L'Unità Cristallina del Dora Maira (di pertinenza Piemontese esterna → rocce di crosta continentale), costituita da scisti polimetamorfici e ortogneiss (o gneiss granitoidi);
- Unità Brianzonese costituita da metasedimenti di età permo-carbonifera.

La Zona Piemontese è invece costituita da metasedimenti (calcescisti) derivati da rocce carbonatiche impure, come areniti e radiolariti, di età mesozoica, con associate masse di metabasiti (serpentiniti e prasiniti, in sporadiche intercalazioni lenticolari di potenza metrica all'interno dei calcescisti) di crosta oceanica o di mantello sottoceanico.

Per quanto riguarda la genesi del talco di Fontane sono stati fatti diversi studi, tra cui si ricordano Peretti (1966) e Sandrone (1987).

Peretti mette in luce tutta una serie di caratteristiche della mineralizzazione, tra le quali la costante associazione tra il talco ed i calcari magnesiaci, la presenza di minerali accessori sia singenetici, come la clorite, sia di apporto idrotermale come la pirite, il quarzo e la magnesite ed i diffusi fenomeni di silicizzazione delle rocce contenenti il talco.

In conformità a queste considerazioni propone quattro possibili ipotesi genetiche:

- Trasformazione mineralogica isochimica di livelli piroclastici magnesiaci intercalati nei calcari;
- Intrusione di un liquido magmatico di cui il talco sarebbe uno dei prodotti di consolidamento;
- Apporto di silicati magnesiaci da parte di fluidi idrotermali derivanti da magmi basici;
- Smistamento diretto da una dolomia silicea di talco e calcare marmoreo senza apporti esterni.

Secondo Sandrone, invece, la genesi del talco va riferita ad azioni metamorfiche regionali in un particolare strato sedimentario costituito da sepiolite. Il talco si sarebbe prodotto in condizioni isochimiche nel corso dell'evento tettonico-metamorfico di età ercinica.

Sempre secondo Sandrone l'evento alpino si sarebbe limitato a produrre riequilibrazioni delle paragenesi metamorfiche precedenti.

Secondo altre ipotesi (dati raccolti dal dott. Antonio Damiano nella sua tesi di laurea), le caratteristiche geochemiche delle mineralizzazioni indicano un chiaro legame genetico del talco con le dolomie, mentre si possono sicuramente escludere le rocce ultrabasiche dal processo di formazione del talco.

Per questo motivo le dolomie sono considerate le “rocce madri” del talco ed i marmi dolomitici silicati sono ciò che resta delle antiche dolomie.

Un'altra prova a favore di quest'ipotesi genetica è la presenza nel talco di epidoti ricchi, in terre rare come Cerio, Neodimio, Samario e Gadolinio in quantità pari al 10-12% del totale.

La presenza di terre rare sarebbe un indizio geochimico sull'interazione tra fluidi silicizzanti di origine granitoide (nei granitoidi si trovano, infatti, elementi delle terre rare in traccia), che avrebbero metasomatizzato le dolomie in talco.

2.2 Il Massiccio Dora Maira e la Val Germanasca

Nella prima metà del Novecento, i giacimenti legati al Massiccio Dora-Maira e il talco in generale sono oggetto di numerose pubblicazioni di carattere mineralogico, petrografico, chimico, merceologico e divulgativo (ROCCATI, 1913a; 1913b; GRILL, 1916; RIDONI, 1918; 1920; GRILL, 1922; 1923; 1924; GASTALDI, 1926; PARLATI, 1926; PERETTI, 1928; GRILL, 1929a; 1929b; RIDONI, 1930; 1931; GRILL, 1932; LEVI, 1934; GRILL, 1935; RIDONI, 1938; PAGLIANI, 1939; 1940; FICAI, 1942), ma soltanto una di queste (PAGLIANI, 1939) riguarda specificamente la miniera di Fontane e un'altra (GRILL, 1925) tratta le rocce della Val Germanasca senza alcun riferimento al talco.

GRILL (1925) illustra i caratteri meso e microscopici dei litotipi (micascisti, prasiniti, anfiboliti, calcari, quarziti, gneiss) incontrati nella costruzione della nuova strada carrozzabile Perrero-Prati e ne fornisce anche analisi chimiche.

PAGLIANI (1939), seguendo strettamente l'impostazione del lavoro di GRILL (1925), descrive metabasiti, gneiss e alcuni minerali provenienti dalla galleria Gianna.

Nei primi anni della seconda metà del Novecento, oltre ai lavori di carattere merceologico e statistico di SQUARZINA (1951; 1960) e di TOSEL (1952), compare l'ampia monografia di GRILL *et al.* (1955): essa non soltanto compendia il pluridecennale lavoro degli autori nell'area, ma fornisce ulteriori dati petrografici e chimici sulle rocce di Fontane (Livelli Vittoria e Gianna e carote di sondaggi dall'esterno) e discute la genesi del talco, attribuendola al termometamorfismo, ad una temperatura stimata intorno a 500-800° C, di rocce dolomitiche con apporto di silice ed acqua per opera di un magma persilicico.

Il problema genetico del talco, come sinteticamente si illustrerà nel seguito, è stato poi ripreso da PERETTI (1966), VIALON (1966), ZUCCHETTI (1969; 1972; 1978), SANDRONE *et al.* (1987) e SANDRONE & ZUCCHETTI (1988).

MATTEUCCI (1982) pubblica le determinazioni relative a 61 elementi, compresi tra il Fosforo e l'Uranio, presenti come minori, tracce e infratracce nei talchi, nei minerali loro associati e nelle rocce dei giacimenti della Val Germanasca.

BORGHİ *et al.* (1984) allegano al loro studio sulla Valle Germanasca e sulla media Val Chisone una carta geologica alla scala 1:50.000, che comprende tutta l'area dei giacimenti del Pinerolese.

SANDRONE *et al.* (1987) descrivono la geologia dell'area di Fontane e la serie litologica rilevata in sotterraneo, presentano due sezioni del giacimento e suggeriscono una nuova ipotesi genetica.

La genesi del talco del Pinerolese fu attribuita da GRILL *et al.* (1955) al termometamorfismo di rocce dolomitiche, con apporto di silice ed acqua per opera di un magma persilicico, e queste idee furono parzialmente riprese da PERETTI (1966), che ipotizzò una mobilitazione di MgO ad opera di convogli idrotermali perimagmatici silicei, in ambiente di metamorfismo meso-epizonale di età ercinica.

VIALON (1966), nella sua fondamentale memoria sulla geologia del Massiccio Dora-Maira, fece cenno anche al talco. Oltreché un'età mesozoica di tutti i marmi del Massiccio (e quindi anche del talco ad essi spazialmente associato), che fu peraltro contestata dagli autori successivi (BORTOLAMI & DAL PIAZ, 1971; SACCHI *et al.*, 1983; BORGHİ *et al.*, 1984), VIALON ipotizzò una genesi legata all'apporto di SiO₂ in rocce carbonatiche da parte di fluidi durante un evento metamorfico alpino di bassa temperatura ed alta pressione e la messa in posto tettonica della mineralizzazione lungo superfici di taglio.

ZUCCHETTI (1969; 1972; 1978) mise in dubbio le ipotesi genetiche precedentemente formulate, osservando che i marmi normalmente non incassano il talco, ma sono da questi spazialmente ben separati: la mineralizzazione si sarebbe pertanto formata, probabilmente in età alpina, per metasomatosi silicea di un preesistente orizzonte a carbonati magnesiaci ed a silicati femici, interstratificato nella serie locale.

Sviluppando queste idee, SANDRONE *et al.* (1987) e SANDRONE & ZUCCHETTI (1988) ipotizzarono la genesi del talco per metamorfismo regionale di sedimenti argillosi ricchi in Mg, quali la sepiolite. In questo quadro di riferimento gli inclusi carbonatici e silicei sarebbero il prodotto di locali variazioni del chimismo del sedimento e il talco si sarebbe formato in condizioni sostanzialmente isochimiche durante l'evento tettonico-metamorfico ercinico; all'evento

alpino, infine, sarebbero riferibili le riequilibrazioni delle paragenesi metamorfiche precedenti e l'attuale assetto geometrico del giacimento.

BELLUSO & SANDRONE (1989) caratterizzano la sepiolite rinvenuta in una faglia nei marmi attraversati dalla galleria Gianna e BORGHİ & SANDRONE (1990) descrivono i caratteri metamorfici e strutturali dell'area di Fontane.

SANDRONE *et al.* (1990) pubblicano i dati raccolti nel rilevamento geologico di dettaglio dell'area di Fontane e nel rilievo strutturale del sottterraneo; basandosi su questi e sui dati dei sondaggi, tentano inoltre una ricostruzione della geometria del giacimento.

FERRINI *et al.* (1991) determinano i primi valori isotopici sulla pirite associata al talco e proveniente dalla miniera di Fontane.

BIASIO *et al.* (1994) riferiscono sui mutamenti avvenuti a livello societario e sulle loro implicazioni ed espongono i risultati conseguiti nell'esplorazione del settore di Rodoretto; SANDRONE (1994) puntualizza lo stato delle conoscenze geo-giacimentologiche sul talco delle Alpi Occidentali.

2.3 Il Giacimento

Il corpo mineralizzato attraversa, secondo una direttrice Nord-Sud, il torrente Germanasca e si estende per una lunghezza di circa 2,2 km con potenza variabile da pochi centimetri a 10 m.

In genere è costituito da un unico banco concordante con le rocce incassanti e talvolta suddiviso in due o più livelli separati da bande di micascisti e metabasiti.

Il giacimento minerario è composto da un talcoscisto estremamente puro, confinato in uno strato di spessore medio pari a 5-6 metri. Le sezioni coltivabili locali raggiungono uno spessore mediamente pari a 10-15 metri per una lunghezza in direzione pari a 150-200 metri.

Lo strato mineralizzato presenta una immersione media pari a S20°W ed una inclinazione media di 78°.

Una serie litologica tipo, che ricorre con una certa frequenza, è costituita, dal basso verso l'alto, da:

- Un livello di marmi su micascisti;
- Bancata di micascisti potente circa 35 m con associate metabasiti;
- Due bancate di marmi con potenza complessiva di circa 100 m separate da un livello di micascisti e gneiss occhiadini;

- Micascisti con subordinati marmi dello spessore di circa 20 m;
- Gneiss occhiadini con micascisti argentei (quarzo + mica fengitica) di potenza variabile da pochi decimetri a parecchi metri;
- Livello di micascisti potenti alcuni metri o gneiss (letto dell'orizzonte mineralizzato);
- Talco;
- Micascisti con intercalati livelli di gneiss e metabasiti (tetto dell'orizzonte mineralizzato).

2.3.1 Il minerale estratto

Il talco che si estrae a Fontane è prevalentemente bianco, chimicamente puro, indicato per gli impieghi farmaceutici. Si rendono tuttavia necessarie delle operazioni di cernita sul minerale estratto; questo perché nella massa talcosa e in

prossimità dei contatti con l'incassante sono irregolarmente presenti vene di talcoscisto più scuro, a tonalità grigio-verdasta, localmente noto come "talco grigio".

Per i riflessi tecnici ed operativi che ne conseguono è inoltre opportuno segnalare che, nei corpi mineralizzati, sono correntemente inglobate inclusioni sterili (i cosiddetti "rognoni") di volume e di forma variabili, costituiti da aggregati di due o più minerali di diversa natura oppure da tipi litologici definiti. In base ad indagini sistematiche su questi inclusi, si è potuto osservare che i caratteri di composizione più frequenti sono: dolomite e magnesite frammiste, calcite, quarzo microgranulare, anfibolite massiccia o con debole scistosità, calcefiro e infine pirite. Il volume dei rognoni varia da alcuni cm³ fino a diversi m³; la forma è solitamente ellissoidica o lenticolare. I rognoni rappresentano un inquinante per il talco, in quanto la loro presenza provoca problemi, sia dal punto di vista della redditività del giacimento, sia dal punto di vista della stabilità del fronte di scavo.

2.3.2 Caratteristiche del talco

Mineralogicamente il talco è un fillosilicato di magnesio avente la seguente formula:



con SiO_2 presente per il 63,36% del peso totale, MgO per il 31,89% e H_2O per il 4,75%. Merceologicamente però, quando si parla di talco ci si riferisce ad un prodotto che solo per una certa percentuale è composto da talco puro.

È essenzialmente un minerale secondario di processi idrotermali e di metamorfismo regionale di rocce ricche di magnesio, quali possono essere la dolomite, pirossenite, anfibolite, serpentinite, dunite e clorite. I meccanismi geologici di formazione sono comunque molti.

Le impurità che si possono trovare in ciò che noi chiamiamo talco sono quindi da addebitare alle rocce originarie od ospitanti al tempo dell'evento geologico in questione; queste possono essere associate o entrare a far parte della struttura cristallina del minerale talco. In genere si tratta di minerali che cadono nella vasta classe dei carbonati, silicati, ossidi e solfuri quali soprattutto calcio, magnesio, tremolite, diopside, dolomite; qualche volta quarzo e calcite sono i comuni minerali trovati in associazione con il talco.

Le caratteristiche chimiche e fisiche, che contraddistinguono il talco puro ed in misura minore quello non puro, sono di così grande rilievo che se ne fa uso in svariati campi dell'industria e in moltissimi prodotti ben diversi tra loro.

Il talco si distingue principalmente per la sua tessitura liscia e saponosa; è il minerale più tenero conosciuto in natura, essendo il primo termine della scala delle durezza di Mohs. Ha colore che varia da bianco a verdastro, talvolta tinto di marrone; ridotto in polvere si presenta più chiaro. Assorbe molto facilmente i grassi e gli olii; è inoltre chimicamente inerte, anche agli acidi e agli alcali. Può sopportare temperature superiori a 1300° senza variare il suo aspetto fisico e chimico; ha bassa resistenza elettrica e conduttività termica. È facilmente riducibile in polvere ed in blocchetti di ogni forma e grandezza.

Principalmente il talco è usato sotto forma di polvere (per il 90%); più raramente in blocchi, soprattutto per pavimentazioni e rivestimenti di vasche in laboratori chimici, resistenti agli acidi.

Nello specifico, i possibili impieghi del talco, determinati dal colore, dalla finezza, dalla composizione chimica, dalla facilità di assorbire olii e dalla densità di volume, sono:

- empitore dell'industria tessile, plastica, della gomma, del linoleum, dei prodotti asbestosi, dei saponi e dei detersivi;
- agente di carica nell'industria della carta;
- materiale portante di polveri insetticide e pesticide e spalmante di certi tipi di fertilizzanti;

- elemento dell'industria per la produzione di materiali ceramici isolanti nel campo elettronico.

Il minerale può essere trovato in due forme diverse:

- Fibrosa;
- Massiva (varietà meno pregiata di colore bianco-verdognolo).

La varietà di talco più diffusa è di colore bianco neve, lamellare con lucentezza madreperlacea.

3. Metodo di coltivazione

La classificazione dei metodi di coltivazione mineraria in sotterraneo è caratterizzata dalle modalità di riempimento del vuoto lasciato in seguito all'estrazione del minerale utile. Esistono tre metodi principali.

1. COLTIVAZIONE PER VUOTI

Questo tipo di coltivazione può essere effettuata:

A) Per camere isolate, la cui dimensione dipende dalla solidità della roccia, o per strozzi, nei quali l'abbattimento avviene per gradini diritti entro vuoti altissimi, larghi anche più di 10 m.

B) A magazzino pieno, usato per giacimenti di notevoli dimensioni. Partendo da un livello di base, si abbatte il minerale con scoronamenti, lasciando al piede del massiccio una serie di tramogge⁽²⁾. Dalle tramogge si preleva il minerale facendo in modo che il suo livello di base si mantenga a una distanza pressoché costante sotto la corona della camera di abbattimento che ha per pavimento, sul quale stanno gli operai, il minerale stesso.

C) A magazzino vuoto:

- con abbattimento a fette orizzontali a partire da fornelli⁽¹⁾, livello base e tramogge come sopra, però mantenute vuote; gli operai lavorano stando su palchetti sospesi entro i fornelli;
- con abbattimento in sottolivelli, metodo diffusissimo nei giacimenti con rocce incassanti resistenti. I massicci sono limitati da gallerie di base (con tramogge) e di testa; a partire da un fornello⁽¹⁾, si scavano i sottolivelli, distanti verticalmente 10 m, e si abbattono per scoronamento. Avanza prima il sottolivello più basso affinché il minerale che cade dai più alti nel magazzino non disturbi il lavoro nei più bassi;
- a camere e pilastri abbandonati, usato nei giacimenti stratificati di potenza fino a 10 m; si scavano gallerie ortogonali che delimitano pilastri a scacchiera o a quinconce⁽³⁾ e che, finita l'estrazione, vengono abbandonate;
- a camere e diaframmi, molto usato per strati di carbone: si aprono camere larghe fino a 20 m, lunghe 30÷40 m, separate da diaframmi lasciati a sostegno del tetto e poi parzialmente recuperati.

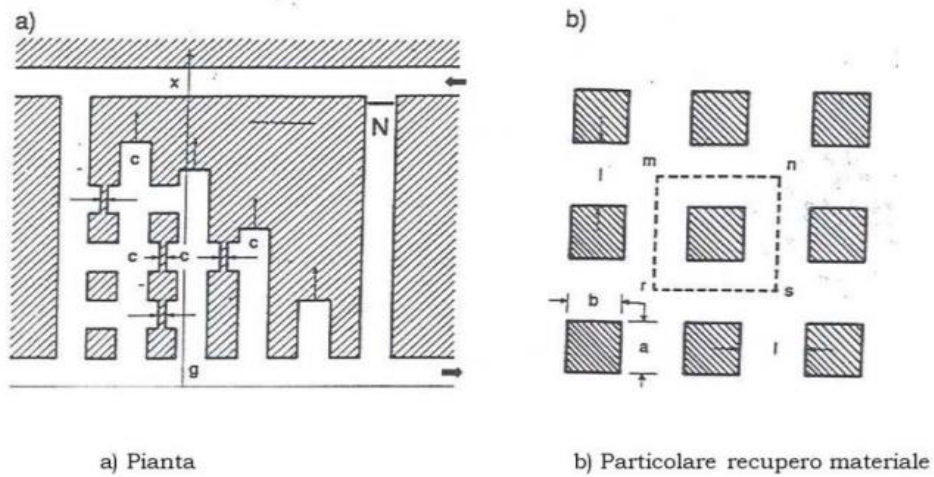


Figure 2 . Metodo di coltivazione per vuoti



Figure 3. Immagine rappresentativa di coltivazione per vuoti

Note:

- (1) Cunicolo scavato dal basso verso l'alto fra due livelli di gallerie per consentire il passaggio di personale o di materiali, per scaricare minerale da un cantiere a una galleria di carreggio, per scaricare materiali da ripiena, come via d'aria di ventilazione.
- (2) Recipiente in lamiera, legno, materiale plastico ecc. a forma di tronco di cono rovesciato e munito di una bocca di entrata e una bocca di uscita, usato per l'alimentazione di macchine o impianti con materiale in polvere, granulare o in pezzi, in modo continuativo o intermittente.
- (3) Disposizione di elementi per file parallele sfasate di mezzo passo.

2. COLTIVAZIONE PER FRANA

La coltivazione per frana può essere effettuata:

A) con lunghe fronti in direzione della galleria, metodo assai diffuso nelle miniere di carbone. In un pannello limitato a monte e a valle da una galleria di livello, la fronte di scavo, lunga anche più di 300 m, avanza mantenendosi ortogonale alle due gallerie. Fra la fronte e una prima fila di puntelli a essa parallela operano le macchine per l'abbattimento. Altre due file di puntelli delimitano due corridoi per le macchine trasportatrici e per i servizi. Al piede di una terza fila di puntelli si arresta la frana di blocchi che, dopo il disarmo, si staccano dal tetto.

B) Con lunghe fronti montanti o discendenti, è analogo al precedente ma la fronte, parallela alle curve di livello, avanza secondo la massima pendenza risalendo o scendendo entro lo strato.

C) A camere e pilastri o a camere e diaframmi, si effettua il tracciamento preliminare come negli analoghi metodi della coltivazione per vuoti; i pilastri o i diaframmi però, dopo aver vuotato le camere, vengono abbattuti provocando la frana del tetto a contatto col minerale.

D) Con sottolivelli, adottato quando le rocce incassanti sono franose. Dalla galleria di base si sale con fornelli fino al livello di testa e a partire dai fornelli si scavano i sottolivelli distanti fra loro da 5 a 12 m. L'abbattimento, in ritirata, parte dal sottolivello più alto tenendo la frana del tetto, o delle sponde, a contatto col minerale.

E) Con camere-magazzino divise da diaframmi recuperabili, usato in ammassi e filoni potenti. Si scavano camere lasciandole piene di minerale abbattuto; raggiunto il limite superiore della coltivazione, si vuotano le camere e al tempo stesso si demoliscono i diaframmi.

F) Con fette orizzontali discendenti, in ogni fetta si abbatte il minerale per trincee, longitudinali o trasversali, la cui corona coincide con la frana di tetto e ne è separata solo da un tavolato sostenuto dall'armamento.

G) Per subissamento, usato in giacimenti friabili non argillosi: si traccia una rete di gallerie ortogonali e si demoliscono progressivamente le file di pilastri rimasti all'incrocio delle gallerie.

H) Per massicci verticali con fornelli inclinati, si isolano, mediante fornelli verticali, dei parallelepipedi alti più di 100 m, sezione 50×50 m, partendo da un piano di base. Su questo corrono gallerie dalle quali si sviluppa un sistema di fornelli inclinati facenti capo a una rete ortogonale di gallerie orizzontali situate alla radice del massiccio da coltivare; queste lasciano fra loro una scacchiera di pilastri che, demoliti tutti insieme, provocano il franamento del massiccio, che si automacina e scende nei fornelli inclinati fino alle tramogge.

3. COLTIVAZIONE PER RIPIENA

È un tipo di coltivazione che comporta alcuni metodi i quali, nelle linee generali, non differiscono da quelli per frana (tracciamenti e avanzamenti analoghi), ma con la differenza che il vuoto lasciato dal minerale viene occupato dalla ripiena anziché dal materiale di frana. Metodi particolari sono quelli:

A) a gradini rovesci, largamente applicato negli strati inclinati: fra un livello di base e uno di testa si perfora un fornello dal quale si apre un primo gradino avanzante in direzione e successivamente si aprono gli altri a mano a mano più in alto. Le fronti di abbattimento vengono così ad assumere l'aspetto del rovescio di una scala (da cui il nome).

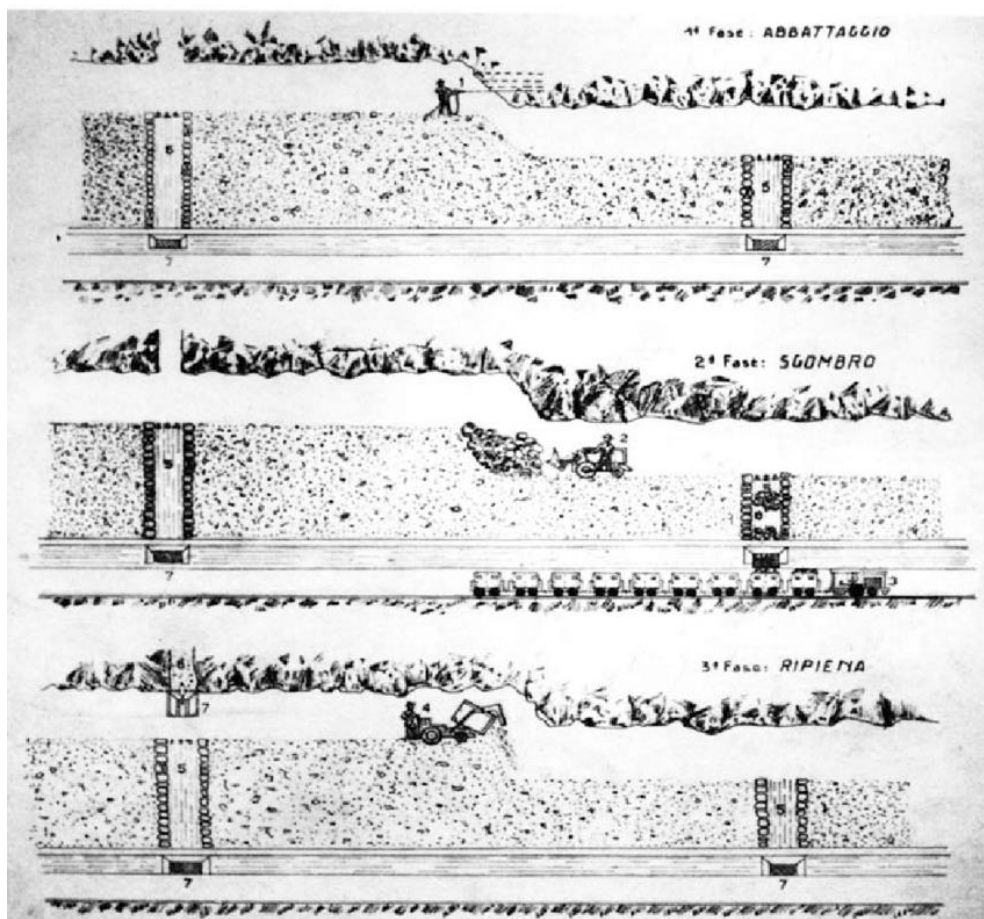


Figure 4. Metodo di coltivazione per ripiena a gradino rovescio

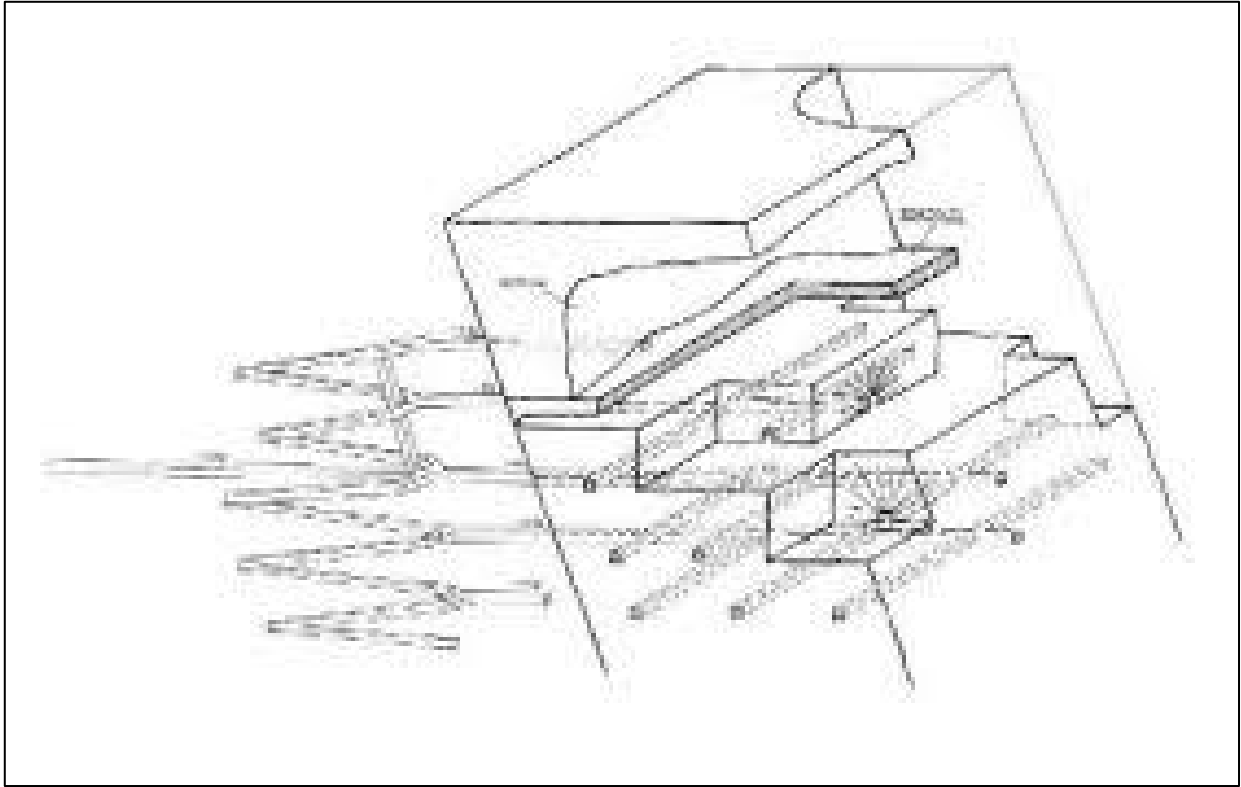


Figure 5. Schema tridimensionale del sistema di coltivazione per ripiena a gradino rovescio

- B) A lunghe (o a corte) fronti montanti, fra un livello di base e uno di testa si fa avanzare, in risalita, tutta la fronte lunga (o corta), sistemando la ripiena alle spalle.
- C) A fette orizzontali montanti, metodo detto anche per slarghi, molto diffuso nei grandi ammassi, purché in rocce resistenti. In un livello della miniera si demolisce completamente una prima fetta del giacimento; si riempie il vuoto con ripiena e, stando su questa, si demolisce per scoronamento la seconda fetta, e così di seguito.

3.1 Metodo di coltivazione nella miniera di Fontane

Il metodo di coltivazione utilizzato nella miniera di Fontane è quello per fette orizzontali discendenti con ripiena cementata a tetto.

La scelta di utilizzare tale metodo di coltivazione è stata fatta sulla base di lunghe ed accurate sperimentazioni effettuate nel corso degli anni [DEL GRECO et al. (1976), DEL GRECO (1976; 1978) e PELIZZA (1978)] ed ha sostituito dal 1974 il metodo per trince montanti e ripiena sciolta al piede che comportava alcuni inconvenienti, quali:

- progressivo cedimento della ripiena sciolta e conseguente restringimento della sezione di scavo per l'affondamento dei sostegni;
- necessità di armare in corona il talco;
- necessità di manodopera specializzata;
- condizioni ambientali precarie, con aumento della temperatura nei cantieri per l'ossidazione delle armature in legno e per la difficoltà di controllo delle correnti d'aria.

Le trince in traverso-banco sono aperte a partire da una galleria di accesso lungo-banco, scavata al contatto del letto del corpo mineralizzato, per motivi di stabilità. La disposizione delle trince in traverso-banco garantisce l'apertura contemporanea di più cantieri per un tempo limitato, con conseguente riduzione dei costi sulle armature.

Inoltre il metodo descritto risulta l'unico possibile visto l'assetto geomeccanico del sito: il talco è un materiale a debole resistenza meccanica, sfaldabile e rifluente plasticamente, mentre il tetto del giacimento (micascisto) è cedevole. Una coltivazione per vuoti è esclusa, come pure una coltivazione per frana, che provocherebbe l'inquinamento del minerale, rendendo meno remunerativa l'estrazione.

La successione delle operazioni di scavo e di preparazione del giacimento per la coltivazione è la seguente:

- Scavo della rampa discendente a letto;
 - Scavo delle gallerie di accesso al giacimento a partire dalla rampa discendente;
- “Attacco” del giacimento mediante trince lungo-banco o traverso-banco da letto fino a raggiungere il tetto.

Non sempre il tetto del giacimento viene raggiunto, a causa della distribuzione irregolare delle zone mineralizzate a talco. Il tenore del giacimento varia molto da livello a livello, a causa della presenza di grossi rognoni sterili che non rendono economica la coltivazione fino al raggiungimento del tetto.

L'individuazione e la mappatura delle zone ad alta densità di rognoni, o di sterile in genere, permette di poter organizzare al meglio la coltivazione del giacimento, definendo la disposizione spaziale delle trincee in modo da non intersecare tali zone, quando possibile.

L'individuazione delle porzioni di sterile all'interno del giacimento viene effettuata mediante sondaggi, lungo la direzione di avanzamento della coltivazione della trancia o inclinati, in modo da poter stimare il tenore di talco nel livello inferiore che verrà successivamente coltivato.

Nella maggior parte dei casi, l'individuazione viene effettuata casualmente, ossia durante la normale coltivazione della trancia.

Quando, durante la coltivazione di una trancia, si incontra una zona di sterile, solitamente viene effettuato un "sondaggio a distruzione" o un "sondaggio carotato" per stimarne le dimensioni.

I casi che si possono presentare sono tre:

- Il sondaggio fornisce la certezza di incontrare una buona zona mineralizzata a talco dopo una certa quantità di metri di sterile;

Si procede con lo scavo fino ad incontrare la zona mineralizzata.

- Il sondaggio fornisce la certezza che si incontreranno, dopo parecchi metri di sterile, zone mineralizzate parzialmente a talco;

Si eseguono dei sondaggi inclinati verso il basso per "saggiare" l'eventuale presenza di talco in corrispondenza della zona che verrà coltivata nella corrispondente trancia del livello sottostante.

Se i sondaggi danno esito positivo, si procede con lo scavo nello sterile per un certo tratto, in modo che ripienando, durante la coltivazione del livello inferiore, si riesca ad avere una soletta a tetto di buona qualità;

Se i sondaggi danno esito negativo, si chiude la trancia e si ripiena.

- Il sondaggio non dà informazioni attendibili;

Si procede ancora per un tratto in sterile e poi, dopo nuovi sondaggi, si decide se continuare in direzione o interrompere lo scavo e ripienare.

La forma dei rognoni e la presenza di un sottile strato di talco al contorno conferisce loro una grande attitudine allo scivolamento, nonostante siano incassati all'interno del talco che, essendo untuoso, non garantisce una forza d'attrito tale da garantirne la stabilità.

Inoltre le continue vibrazioni dovute allo sparo delle volate di coltivazione favoriscono la loro destabilizzazione.

Da qui l'importanza di cercare di avere sempre a tetto la ripiena.

La dislocazione spaziale delle trincee (dimensioni 3,5 m x 3,5 m) sul piano, viene decisa basandosi sulla direzione delle trincee della fetta superiore e già ripienata, affinché

s'intersechino senza mai essere parallele, quando è possibile. Questo permette di utilizzare al meglio il comportamento meccanico della soletta sovrastante e di conseguenza ne aumenta la stabilità.

In realtà non viene mai realizzato un intero livello con trincee scavate in un'unica direzione per problemi legati alla produttività del giacimento, poiché non sarebbe possibile scavare più trincee contemporaneamente, essendo la stabilità di ciascuna trancia basata sulle condizioni di stabilità delle pareti, quindi delle trincee eventualmente affiancate.

Essendo il talco un materiale con scarsissima resistenza meccanica, la trancia di coltivazione deve essere opportunamente stabilizzata mediante l'uso di "marcia avanti" in legno o in acciaio. Il sistema di rinforzo delle pareti e della volta della trancia di coltivazione è costituito da quadri in legno o in acciaio e da centine in ferro

Il legname utilizzato è costituito da tronchi di acacia e castagno resistenti all'umidità del sottosuolo ed alle spinte della roccia.

I quadri in legno sono costituiti da tre pezzi, due montanti laterali inclinati verso l'interno (gambe) e da una trave orizzontale (cappello).

I quadri in acciaio sono costituiti anch'essi da tre pezzi, due montanti laterali verticali (gambe) e da una trave orizzontale (cappello).

I quadri vengono posizionati dai minatori a mano, progressivamente con l'avanzamento della trancia di coltivazione, distanziati tra loro 1 - 1,5 m.

Per completare l'armatura tra un quadro e l'altro di legno viene inchiodato un tronchetto di diametro 10-12 cm, mentre in quelli di acciaio viene saldato un profilato HEB di dimensioni minori rispetto a quelli usati per il quadro, con la funzione di evitare che i quadri, a causa delle spinte esercitate dalla roccia, si inclinino e si avvicinino l'un l'altro.

Inoltre, per evitare che il talco o la roccia sterile presente sulle pareti franino in galleria e per contenere la pressione laterale della roccia, si posizionano delle assi tra il quadro e le pareti.



Figure 6. Particolare di un quadro in legno e delle tavole di sostegno tra quadro e parete rocciosa



Figure 7. Particolare di un quadro in acciaio e delle tavole di sostegno tra quadro e pareti.

Messa in opera dei sostegni: messa in opera di quadri in legno e in acciaio a seconda del grado di stabilità del cantiere, messa in sicurezza del fronte e preparazione dello stesso per la volata successiva;

Ripienamento: viene effettuato al termine della coltivazione dell'intera trancia mediante una gettata in calcestruzzo, preparato direttamente in miniera utilizzando un impianto di miscelazione collocato lungo la galleria d'accesso principale.

4. Supporti utilizzati nelle gallerie di tracciamento e di coltivazione

4.1 Quadri in legno

I quadri di armatura in legname della miniera di Fontane sono costituiti da tre elementi, due montanti laterali detti “gambe” e una trave orizzontale detta “cappello”.

I tre elementi in legno di acacia o di castagno sono non lavorati e tagliati grezzi; vengono utilizzati altresì l’acacia e il castagno perché sono i due tipi di legname più abbondanti nella zona dove è situata la miniera, e per la loro resistenza sotto carico.

La dimensione media dei tronchi prima della formazione dei quadri di armatura è la seguente:

Lunghezza [m]	4
Diametro medio [cm]	22-25

Tabella 1. Dimensioni medie tronchi in legno

Le altre caratteristiche dei due legnami utilizzati possono essere desunte da dati di letteratura, in particolare:

Tipo di legno	Massa volumica media $\left[\frac{kg}{m^3}\right]$	Modulo elastico medio $[MPa]$
Acacia	750	14000
Castagno	580	12000

Tabella 2. Caratteristiche meccaniche legno di acacia e di castagno

I tre elementi del quadro vengono assemblati in modo tale da formare una struttura a telaio di forma trapezoidale o rettangolare, in cui i due elementi laterali le “gambe” sostengono la trave orizzontale il “cappello”.

Gli elementi sono collegati in maniera da formare un vincolo a incastro tra la gamba e il cappello e alla base.

I tronchi utilizzati sono lavorati unicamente per aggiustare la lunghezza secondo la necessità e per creare l’incastro di contatto detto “dente”, tra gamba e cappello.

La variabilità nelle dimensioni della struttura oscilla attorno ad un valore medio che è rappresentato negli schemi seguenti. Inoltre l'inclinazione dei montanti laterali è variabile.

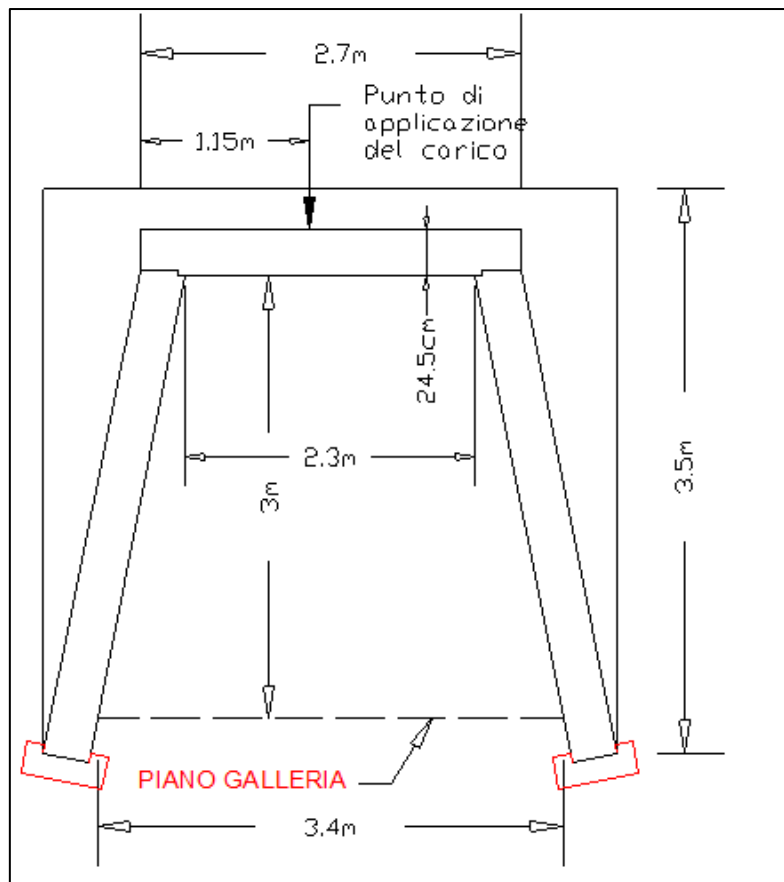


Figure 8. Quadro in legno

I quadri sopra rappresentati sono utilizzabili in qualunque sezione di galleria.

L'utilizzo di questo tipo di armatura è obbligatorio ed insostituibile nella coltivazione sotto talco. Normalmente non viene utilizzata nelle coltivazioni sotto ripiena cementata, ma deve essere montata in ogni caso di presunta o possibile instabilità sia sotto talco che sotto cemento. La spaziatura media tra un quadro e l'altro in genere è di 1,5m; può essere ridotta fino a mettere i quadri quasi a contatto, quindi raddoppiandoli, quando le condizioni di stabilità del cantiere lo richiedono.

Molto spesso a causa dell'irregolarità delle pareti del tunnel il contorno non è regolare e quindi la distanza tra armature e ammasso roccioso è variabile.

La forma e la struttura dell'armatura risulta abbastanza standard. Si può verificare che le dimensioni del tunnel raggiungano dimensioni di 4m di altezza e 4 m di larghezza, ma difficilmente si va oltre a tali dimensioni.

Nel caso dei quadri a forma trapezia le dimensioni del quadro rimangono entro i 4 x 4 m.

La parte critica della conclusione del montaggio consiste nella creazione delle strutture di contrasto e contatto tra quadro e ammasso roccioso.

La fase principale consiste nel posizionamento degli infilaggi. Gli infilaggi sono strutture di pali di legno (castagno o acacia) posizionati sopra il cappello per formare un'ombrellatura di protezione. La lunghezza dei pali richiede che vengano segati a misura.

In ogni caso sia i tre elementi che costituiscono l'armatura che gli infilaggi devono essere contrastati contro lo scavo mediante tavole, pezzi di montanti, cunei di spessore, "sbatacchi" (pezzi accorciati di pali in legno che fungono da puntoni). Il risultato finale garantisce stabilità all'intero sistema.



Figure 9 . Posizionamento di spessori in legno sopra il cappello dei quadri



Figure 10 . quadri in legno con spessori sul cappello e sbatacchi tra gamba e parete rocciosa



Figure 11 . Quadri in legno con spessori sul cappello e sbatacchi tra gamba e parete rocciosa

Tutti i quadri successivi sono collegati dai citati sbatacchi.

Questi pali in legno vengono incastrati (inchiodati) tra i punti critici degli elementi di armatura e la parete rocciosa.

Le dimensioni dipendono dalle condizioni al contorno del quadro.



Figure 12 . Vista del quadro con gli sbatacchi

Gli infilaggi utilizzati nelle coltivazioni della miniera sono costituiti da pali in legno (acacia o castagno) detti “punte” o “marciavanti”, che vengono messi in posto manualmente passando sopra il quadro frontale più avanzato fino al contatto con il fronte di scavo.

Lo scopo è quello di creare un’ombrellatura di protezione per l’ultimo tratto di scavo.

L’infilaggio viene posizionato tra il quadro e la fronte avanzata della galleria, successivamente viene montato un nuovo quadro sotto l’estremità avanza dell’infilaggio.

La struttura formata dai quadri completata con gli sbatacchi e gli infilaggi costituisce il rivestimento definitivo della galleria di coltivazione.

Il rivestimento è completato da tavole in abete di spessore di 3-5 cm installate lungo le pareti delle gallerie per contenere le spinte laterali e ridurre la superficie libera, evitando improvvisi distacchi dell’ammasso roccioso.

Quantità e disposizione delle tavole possono variare, ma generalmente sono disposte in una struttura con tavole orizzontali e verticali.

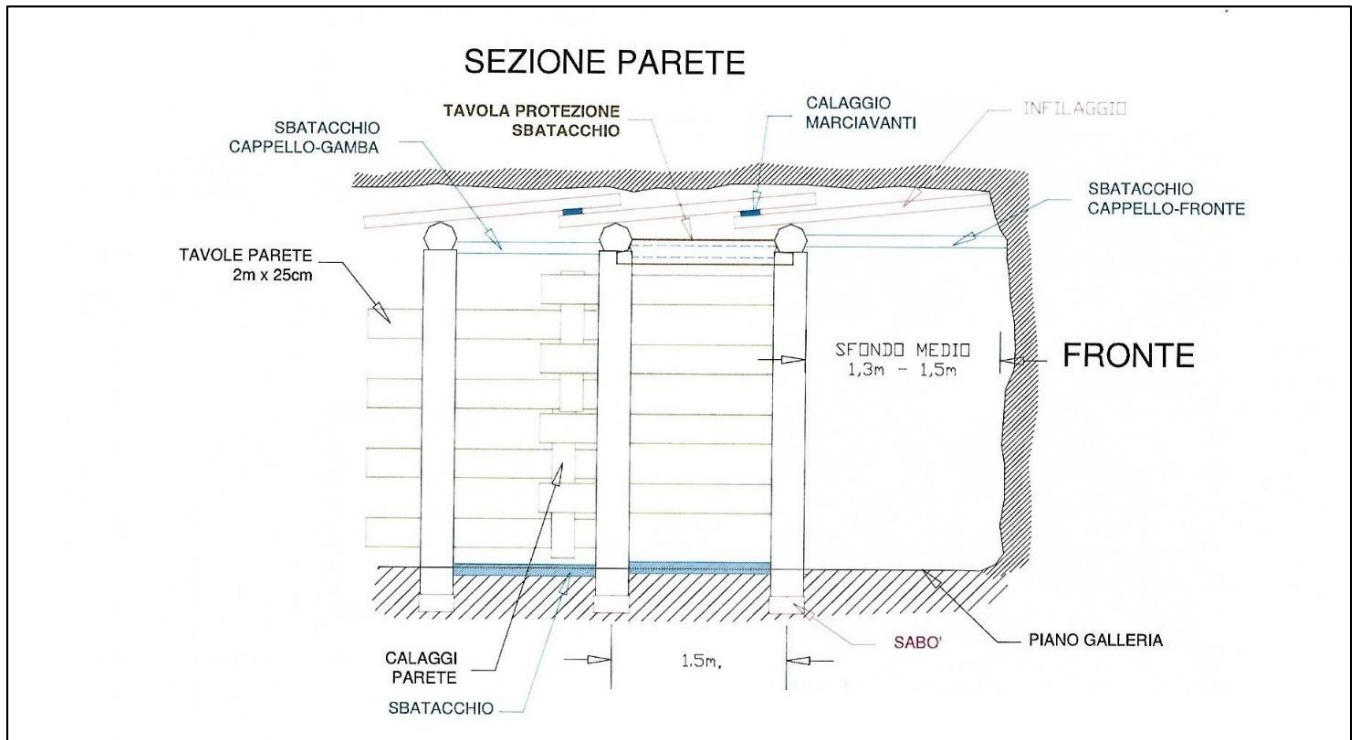


Figure 13 . Sezione galleria di avanzamento con i quadri di supporto

4.1.1 Vantaggi

In miniera vengono utilizzati maggiormente quadri in legname per diverse ragioni.

Sicuramente uno degli aspetti più importanti è la maneggiabilità, in quanto il tronco di legno che arriva in miniera deve essere montato dagli operai stessi senza bisogno di tecnici specializzati. Altro motivo è la facile reperibilità e il costo del legname: essendo la miniera situata in una zona ricca di boschi è più facile poter attingere a tale risorsa in maniera veloce e meno costosa sia in fatto di trasporto sia per il costo del materiale.

Altro aspetto molto importante: i minatori preferiscono utilizzare quadri in legno perché nel caso di situazioni critiche di carico, le travi in legno iniziano a scricchiolare quando stanno per raggiungere la condizione di prima di rottura e mettendo gli operai in allarme.

4.1.2 Svantaggi

I quadri di legno presentano anche degli svantaggi.

Le dimensioni dei tronchi diventano troppo ingombranti nel caso di sostegno di grossi carichi, complicando le operazioni di montaggio e soprattutto andando a ridurre troppo il passaggio dei mezzi da lavoro all'interno dei tunnel.

Necessitano di manutenzione costante in quanto il legno non viene trattato con agenti chimici per ritardarne la corrosione e la degradazione.

4.2 Quadri in acciaio

I quadri in acciaio utilizzati nella miniera di Fontane sono costituiti anch'essi da tre profilati metallici: due gambe (pilastri del quadro) e il cappello (trave orizzontale).

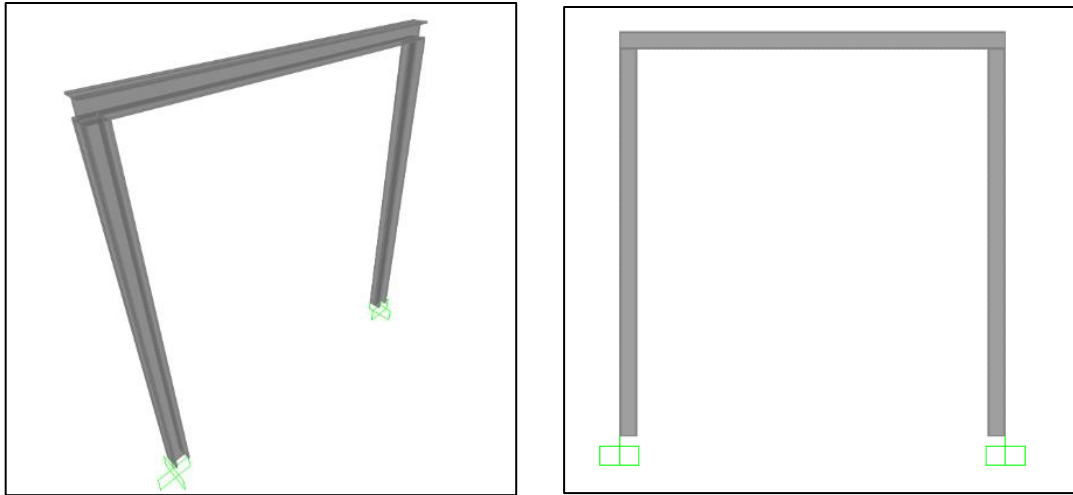


Figure 14 . Rappresentazione dei quadri in acciaio con il programma SAP 2000

I tre elementi sono collegati tra loro con saldatura e bullonatura in modo tale da creare un vincolo ad incastro tra gamba e cappello, mentre alla base vengono affogati per una decina di centimetri nella pavimentazione costituita da un getto di boiaccia cementizia.

I profilati metallici utilizzati sono dei profilati HEB:

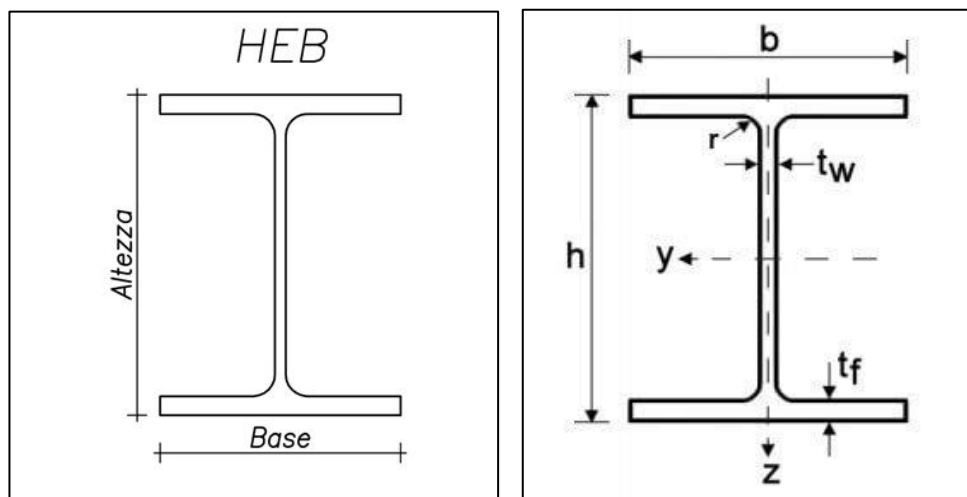


Figure 15 . Sezione dei profilati in acciaio usati per i quadri

I profilati HEB sono molto simili ai profilati HEA (la differenza è minima) semplicemente HEB è più tozzo, cioè a parità di base e altezza presenta spessore dell'anima e delle ali più elevato.

Le caratteristiche principale dell'acciaio usato per il profilato sono:

Tipo di acciaio	Modulo elastico [MPa]	f_{yk} [MPa]
Fe 430 B	210000	275

Tabella 3. Caratteristiche meccaniche profilati in acciaio

In miniera sono presenti profilati metallici HEB 160 con le seguenti proprietà geometriche (vedi *figura 9*):

HEB	h [mm]	b [mm]	t_w [mm]	t_f [mm]	r [mm]
160	160	160	8	13	15

Tabella 4. Dimensioni geometriche profilato HEB 160

I quadri in acciaio vengono utilizzati in alcune parti dei tunnel della galleria, dove le caratteristiche dell'ammasso presentano criticità e soprattutto nei punti in cui bisogna garantire una maggiore sicurezza strutturale: per esempio nei punti di incrocio, punti dove si diramano più tunnel per consentire l'accesso ai diversi siti di estrazione del talco.

Molto spesso a causa dell'irregolarità delle pareti del tunnel il contorno non è regolare e quindi la distanza tra armature e ammasso roccioso è variabile.

Le dimensioni di quest'ultimi sono di 4x4 m.

I quadri metallici sono collegati attraverso profilati più piccoli e la distanza tra uno e il successivo è di 1 m.; nei casi in cui le condizioni lo richiedono possono essere affiancati due quadri e saldati insieme per aumentarne la capacità portante.

La parte critica della conclusione del montaggio consiste nella creazione delle strutture di contrasto/contatto tra quadro e ammasso roccioso.

Come per le armature in legno, anche in questo caso vengono posizionati degli infilaggi in legno per formare un'ombrellatura di protezione e posizionati sbatacchi per far avvenire il contatto tra gamba e ammasso roccioso. La lunghezza dei pali richiede che vengano segati a misura.

4.2.1 Vantaggi

I profilati metallici, detti anche armature metalliche, hanno il vantaggio di sopportare più carico a parità di dimensione rispetto all'armatura in legname.

L'acciaio ha comportamento elastico fino al punto di snervamento oltre il quale cade in campo plastico, dove la deformazione non è più recuperabile; il suo campo plastico è molto ampio, quindi in caso di plasticità del profilato si può osservare l'armatura deformarsi e intervenire per sostituirla o aggiungere strutture di rinforzo (come ad esempio l'affiancamento di un secondo portale).



Figure 16. Comportamento tenso-deformativo dell'acciaio

4.2.2 Svantaggi

Costo del profilato metallico superiore rispetto al costo del legname.

Difficoltà di messa in opera: la fase di montaggio dei portali richiede un'abilità superiore rispetto all'abilità necessaria per montare i portali in legno, perché nel momento di collegare gamba e cappello bisogna effettuare una saldatura corretta per creare il vincolo di incastro, necessario ai fini strutturali per scaricare il momento generato dal carico agente sul cappello alle gambe.

4.3 CARICHI USATI PER LE ANALISI

Valore del carico scelto per creare i modelli del software è di difficile interpretazione a causa della variabilità dell'ammasso roccioso.

Per tale ragione è stato scelto un valore di peso specifico γ intermedio tra quello del talco e quello del calcestruzzo, e sono stati considerati diversi volumi di ammasso roccioso.

Per determinare il carico gravante sui portali in acciaio si è quindi fatto:

$$q = \gamma \cdot H \cdot i \cdot L$$

Dove :

- q : carico agente sulla trave in $\frac{kN}{m}$
- γ : peso specifico $\rightarrow \gamma = 22 \frac{kN}{m^3}$
- H : altezza del solido di carico, preso per semplicità uguale all'altezza della ripiena sovrastante
- i : interasse tra i quadri in acciaio
- L : lunghezza trave

Per il calcolo del volume di materiale sopra il quadro sono state scelte diverse geometrie per considerare diverse situazioni di carico.

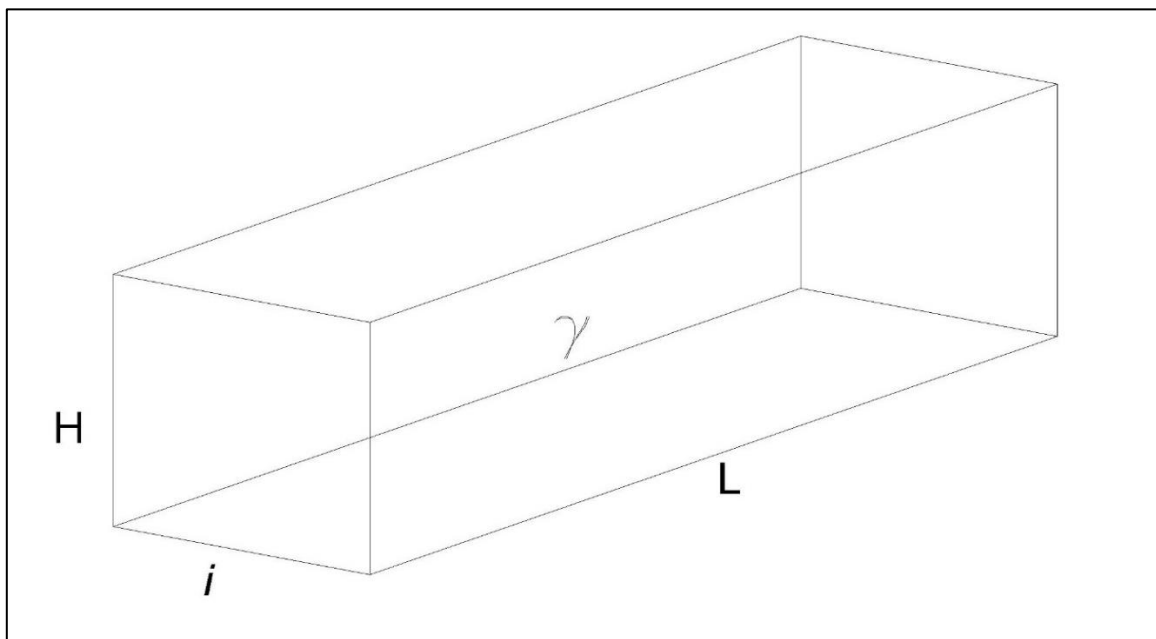


Figure 17 . Solido tridimensionale del carico agente sui quadri

L [m]	H [m]	i [m]	Volumi [m ³]	$\gamma \left[\frac{kN}{m^3} \right]$	P [kN]	$q \left[\frac{kN}{m} \right]$
4	3	1	12	22	264	66
4	4	1	16	22	352	88
4	5	1	20	22	440	110
4	3	1.5	18	22	396	99
4	4	1.5	24	22	528	132
4	5	1.5	30	22	660	165
4	3	2	24	22	528	132
4	4	2	32	22	704	176
4	5	2	40	22	880	220
4	3	3	36	22	792	198
4	4	3	48	22	1056	264
4	5	3	60	22	1320	330

Tabella 5 . Dati utilizzati per calcolare i carichi agenti sulla trave del quadro.

Delle varie combinazioni, dopo essermi consultato con l'ingegnere della miniera Daniele Valentino e il professore Daniele Peila, ho effettuato le analisi con tre diversi carichi:

- $150 \frac{kN}{m^3}$
- $180 \frac{kN}{m^3}$
- $220 \frac{kN}{m^3}$

in modo tale da considerare gradualmente situazioni peggiori.

I diversi colori nella tabella sopra (*tabella 5*) corrispondono a diverse geometrie, diversi volumi e quindi diversi carichi agenti sul cappello del quadro.

Non sono stati considerati i carichi derivanti dalla combinazione con $i = 3$ m (colore arancione nella tabella 5) perché tale situazione non si presenta all'interno della miniera.

4.4 Verifica della resistenza del cappello

Le verifiche fatte sul cappello sono state effettuate considerando lo schema statico di trave incastrata alle estremità e soggetta a due diversi tipi di carico: uniformemente distribuito e concentrato, come mostrano le figure seguenti.

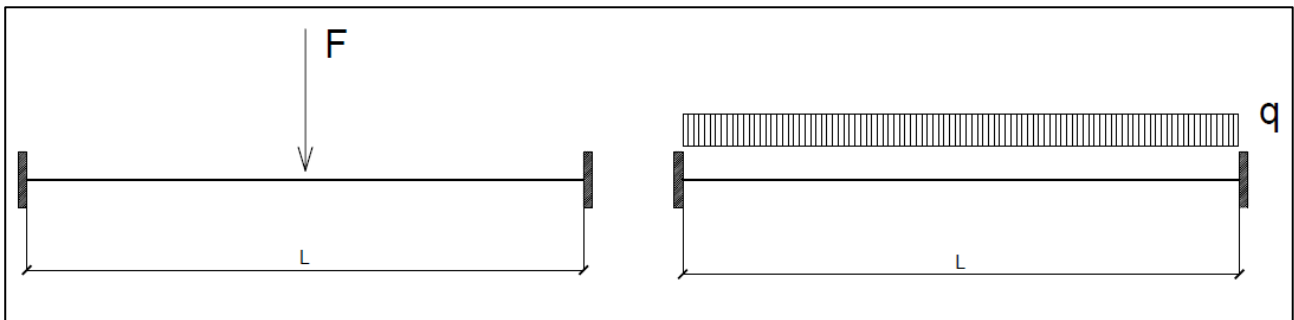


Figure 18 . Schemi statici utilizzati per dimensionare e verificare il cappello del quadro

Le verifiche effettuate sul cappello:

- Verifica deformazioni di esercizio
- Verifica di resistenza a flessione

Sono stati verificati diversi tipi di profilato: HEB 160, HEB 180, HEB 200, HEB 240 per poter avere un riscontro con i quadri presenti nella miniera e soprattutto per poter scegliere la soluzione migliore.

4.4.1 HEB 160 soggetta a carico uniformemente distribuito

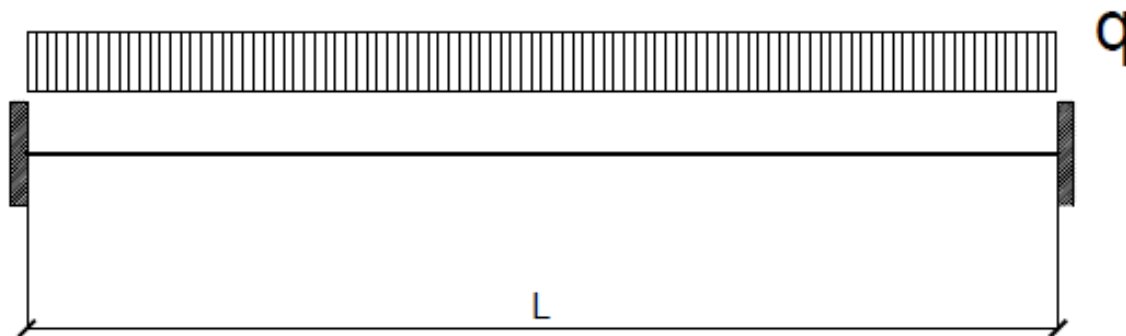


Figure 19 . Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata

Per verificare il profilato sono stati usati tre diversi carichi uniformemente distribuiti: 150,180,220 KN/m (come già menzionato nel paragrafo precedente).

Verifica deformazione di esercizio

Per le strutture in acciaio è estremamente importante verificare l'entità delle deformazioni in esercizio. Quasi sempre tale verifica è predominante rispetto alle verifiche di resistenza e determinante per il dimensionamento degli elementi strutturali.

Nel caso di travi inflesse, calcoleremo la freccia, cioè l'abbassamento massimo nella sezione di mezzeria come somma del contributo δ_1 , dovuto ai soli carichi permanenti, δ_2 dovuto ai carichi variabili.

Gli abbassamenti devono essere contenuti entro i limiti riportati nella tabella seguente.

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 6 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

Conoscendo le dimensioni geometriche della trave calcoliamo i limiti entro cui la verifica è soddisfatta.

- Lunghezza trave : 4 m
- Peso trave (P) : $42,6 \frac{kg}{m}$
- $\frac{L}{200} = 2$: per il calcolo della freccia totale (δ), considerando il peso proprio della trave e il carico distribuito.
- $\frac{L}{250} = 1,6$: per il calcolo della freccia (δ_2) considerando il solo carico distribuito.

Avendo considerato uno schema statico come quello riportato in [figura 18](#) il calcolo della si effettua attraverso la seguente relazione:

$$\delta = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q + P) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

Dove:

- q : carico uniformemente distribuito
- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i dati nella formula si ottengono le frecce riferite ai diversi carichi :

q $\left[\frac{kN}{m}\right]$	150	180	220
δ [cm]	1.91	2.30	2.80

Tabella 6 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

$q \left[\frac{kN}{m} \right]$	150	180	220
$\delta_2 [cm]$	1.91	2.30	2.80

Tabella 7 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

Dai risultati riportati in tabella gli unici valori di freccia che rispettano la verifica sono quelli calcolati con un carico di $150 \frac{kN}{m}$.

Siccome le verifiche non sono soddisfatte bisogna considerare un profilato con dimensioni maggiori.

Verifica di resistenza a flessione

Per gli elementi in acciaio si può fare affidamento sulla completa plasticizzazione, pertanto si cerca di spingere la sezione a lavorare in campo plastico; la verifica è soddisfatta se:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave
- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 160	
$W_{pl} [cm^3]$	354
$f_{yk} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$	275
$M_{Rd}^{pl} [kNm]$	92.71

Tabella 8 . Valore del momento resistente

Dallo schema statico considerato (*figura 19*), il calcolo del momento sollecitante è così calcolato:

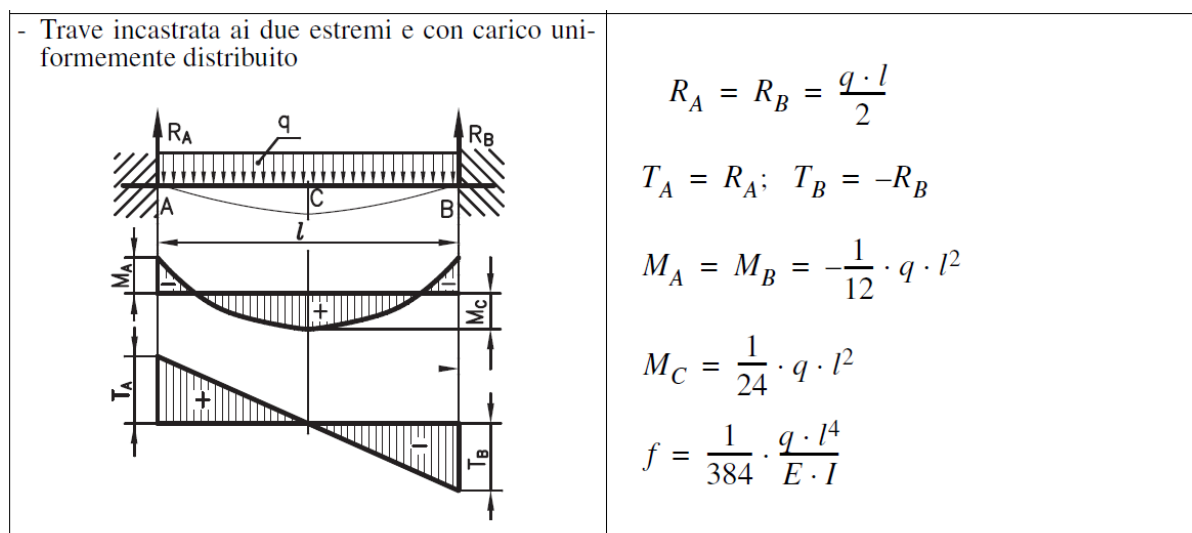


Figure 20 . Formule per il calcolo del momento

Dalla formula, considerando i diversi carichi risulteranno i seguenti momenti sollecitanti come mostrato nella tabella sottostante

q $\left[\frac{kN}{m}\right]$	150	180	220
M_{sd} $[kNm]$	200	240	293

Tabella 9 . Momenti sollecitanti calcolati per diversi carichi.

I momenti sollecitanti sono abbondantemente superiori al momento resistente, quindi anche questa verifica per il profilato HEB 160 soggetto ad un carico distribuito non è soddisfatta. Occorre aumentare le dimensioni del profilato.

4.4.2 HEB 160 soggetta a carico concentrato in mezzeria

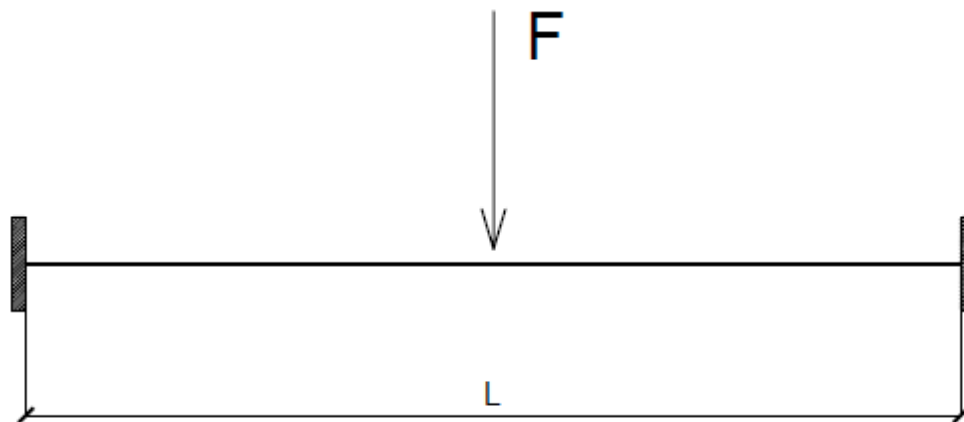


Figure 21 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata

Per il dimensionamento e le verifiche sono stati utilizzati tre diversi carichi concentrati di 150,180 e 220 kN.

Verifica deformazioni di esercizio

Per la verifica alle deformazioni di esercizio, anche per questa situazione di carico, si ripetono i passaggi spiegati precedentemente.

Per il calcolo della freccia bisogna sempre rispettare i limiti imposti dall' EC-3 :

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 10 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

- $\frac{L}{200} = 2 ;$
- $\frac{L}{250} = 1.6 ;$

Le formule utilizzate per il calcolo della freccia, in base allo schema statico di [figura 21](#) sono:

$$\delta = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F + P) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

Dove:

- δ : freccia totale
- δ_2 : freccia dovuta al solo carico
- F : carico concentrato
- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i relativi dati nelle formule otteniamo, per i diversi carichi, le seguenti frecce:

F [kN]	150	180	220
δ [cm]	0.96	1.15	1.40

Tabella 11 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

F [kN]	150	180	220
δ_2 [cm]	0.96	1.15	1.40

Tabella 12 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

Osservando i valori delle frecce si nota che rientrano nei limiti imposti dall' EC-3, quindi nel caso di trave incastrata soggetta ad un carico concentrato in mezzzeria la verifica di deformazione di esercizio è soddisfatta .

Verifica resistenza a flessione

Come per il caso di carico distribuito , si determina il momento resistente e lo si confronta con il momento agente risultante dai carichi applicati.

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave
- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 160	
$W_{pl} [cm^3]$	354
$f_{yk} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$	275
$M_{Rd}^{pl} [kNm]$	92.71

Tabella 13 . Valore di momento resistente

Il momento sollecitante si calolerà applicando la formula riferita al seguente schema statico

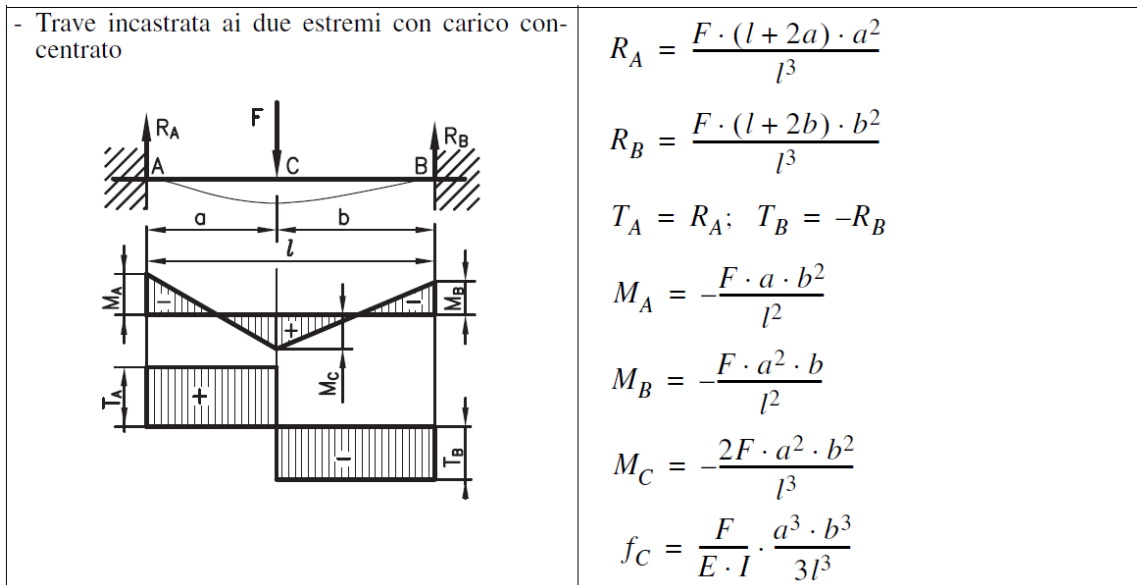


Figure 22 . Formule utilizzate per il calcolo del momento

Si ottengono i seguenti momenti sollecitanti M_{sd}

F [kN]	150	180	220
M_{sd} [kNm]	75	90	110

Tabella 14 . Momenti sollecitanti calcolati per diversi carichi.

La verifica in questo caso è soddisfatta per i carichi concentrati di 150 e 180 kN, mentre per il carico di 220 la sezione scelta non è sufficiente a soddisfare i requisiti della verifica.

Gli stessi calcoli sono stati effettuati per gli altri due tipi di profilati scelti. HEB 180 e HEB 200.

4.4.3 HEB 180 soggetta a carico uniformemente distribuito

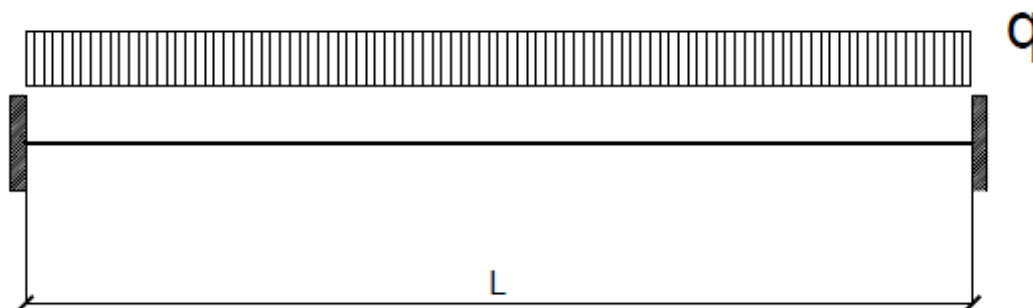


Figure 23 . Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata

Carichi applicati alla trave:

$q \left[\frac{kN}{m} \right]$	150	180	220
---------------------------------	-----	-----	-----

Tabella 15 . Carichi applicati alla trave HEB 180 per il dimensionamento e le verifiche

Verifica deformazioni di esercizio

Per il calcolo della freccia si rispettano sempre i limiti imposti dall' EC-3:

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 16 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

Conoscendo le dimensioni geometriche della trave calcoliamo i limiti entro cui la verifica è soddisfatta.

- Lunghezza trave : 4 m
- Peso trave (P) : 51.2 kg/m

- Peso totale trave (P) : 204.8 kg → 2.05 kN
- $\frac{L}{200} = 2$: per il calcolo della freccia totale (δ), considerando il peso proprio della trave e il carico distribuito.
- $\frac{L}{250} = 1,6$: per il calcolo della freccia (δ_2) considerando il solo carico distribuito.

Avendo considerato uno schema statico come quello riportato in [figura 23](#), il calcolo della si effettua attraverso la seguente relazione:

$$\delta = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q + P) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

Dove:

- q : carico uniformemente distribuito
- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i dati nella formula si ottengono le frecce riferite ai diversi carichi :

q $\left[\frac{kN}{m}\right]$	150	180	220
δ [cm]	1.24	1.49	1.82

Tabella 17. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

q $\left[\frac{kN}{m}\right]$	150	180	220
δ_2 [cm]	1.24	1.49	1.82

Tabella 18. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

Dai risultati riportati in tabella l'unico valore di freccia che non rispetta la verifica è 1,82 cm ottenuto con l'applicazione di un carico di 220 KN/m .

Considerando però che il valore si discosta dal valore limite di una quantità molto piccola, i risultati di freccia per il profilato HEB 180 sono accettabili.

Verifica di resistenza a flessione

Per gli elementi in acciaio si può fare affidamento sulla completa plasticizzazione, pertanto si cerca di spingere la sezione a lavorare in campo plastico, la verifica è soddisfatta se:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave
- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 180	
$W_{pl} [cm^3]$	481.4
$f_{yk} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$	275
$M_{Rd}^{pl} [kNm]$	126

Tabella 19. Valore di momento resistente

Dallo schema statico considerato (*figura 23*), il calcolo del momento sollecitante è così calcolato:

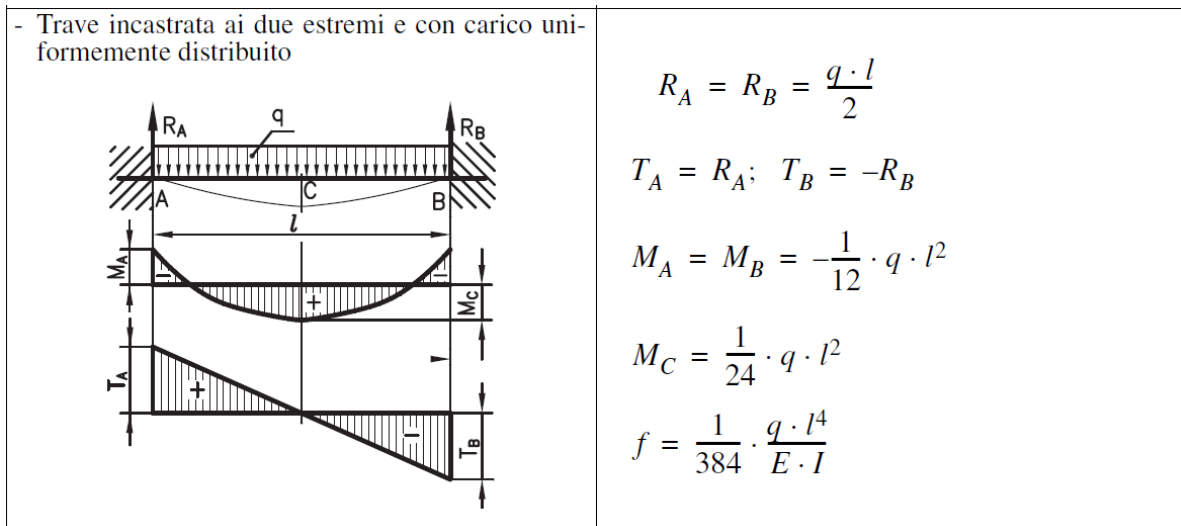


Figure 24 . Formule per il calcolo del momento sollecitante

Dalla formula, considerando i diversi carichi risulteranno i seguenti momenti sollecitanti come mostrato nella tabella sottostante

$q \left[\frac{kN}{m} \right]$	150	180	220
$M_{sd} [kNm]$	200	240	293

Tabella 20 . Momenti sollecitanti calcolati con i diversi carichi.

Come si nota, i momenti sollecitanti anche per questo caso sono superiori al momento resistente, quindi anche questa verifica per il profilato HEB 180 soggetto ad un carico distribuito non è soddisfatta.

Occorre aumentare le dimensioni del profilato.

4.4.4 HEB 180 soggetta a carico concentrato in mezzeria

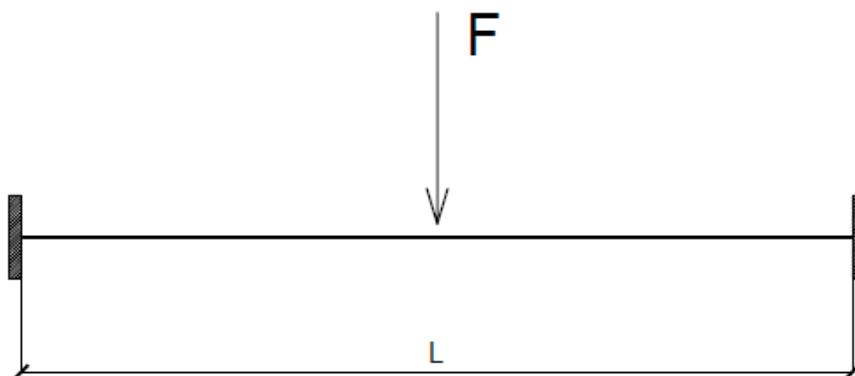


Figure 25 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata

Per le verifiche sono stati utilizzati tre diversi carichi concentrati di 150,180 e 220 kN.

F [kN]	150	180	220
--------	-----	-----	-----

Tabella 21 . Carichi concentrati sulla trave

Verifica deformazioni di esercizio

Per la verifica alle deformazioni di esercizio, anche per questa situazione di carico si ripetono i passaggi spiegati precedentemente.

Per il calcolo della freccia bisogna sempre rispettare i limiti imposti dall' EC-3 :

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 22 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

Le formule utilizzate per il calcolo della freccia, in base allo schema statico di [figura 13](#), sono:

$$\delta = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F + P) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

Dove:

- δ : freccia totale
- δ_2 : freccia dovuta al solo carico
- F : carico concentrato

- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i relativi dati nelle formule otteniamo, per i diversi carichi, le seguenti frecce:

F [kN]	150	180	220
δ [cm]	0.62	0.75	0.91

Tabella 23. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

F [kN]	150	180	220
δ_2 [cm]	0.62	0.75	0.91

Tabella 24. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

I valori delle frecce rientrano nei limiti imposti dall' EC-3, quindi nel caso di trave incastrata soggetta ad un carico concentrato in mezzzeria la verifica di deformazione di esercizio è soddisfatta .

Verifica resistenza a flessione

Come per il caso di carico distribuito , si determina il momento resistente e lo si confronta con il momento agente risultante dai carichi applicati.

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave
- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 180	
$W_{pl} [cm^3]$	481.4
$f_{yk} [\frac{N}{mm^2}]$	275
$M_{Rd}^{pl} [kNm]$	126

Tabella 25. Valore di momento resistente

Il momento sollecitante si calcolerà applicando la formula riferita al seguente schema statico

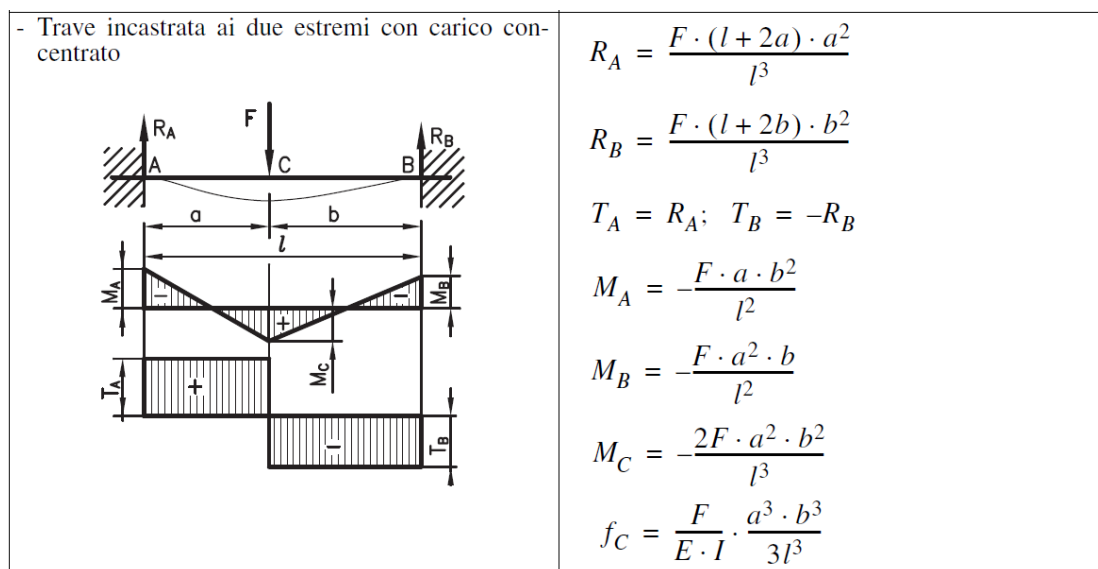


Figura 24. Formule utilizzate per il calcolo del momento sollecitante con carico concentrato.

Si ottengono i seguenti momenti sollecitanti M_{sd}

F [kN]	150	180	220
$M_{sd} [kNm]$	75	90	110

Tabella 26. Momenti sollecitanti calcolati per i diversi carichi.

La verifica è soddisfatta per tutti i tre i carichi applicati.

4.4.5 HEB 200 soggetta a carico uniformemente distribuito

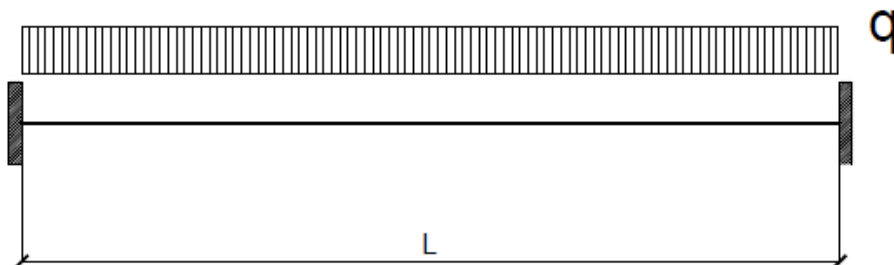


Figure 26 . Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata

Per verificare il profilato sono stati usati tre diversi carichi uniformemente distribuito: 150, 180, $220 \frac{kN}{m}$ (come già menzionato nel paragrafo precedente).

Verifica deformazione di esercizio

Gli abbassamenti dovranno essere contenuti entro i limiti riportati nella tabella seguente.

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 27 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

Conoscendo le dimensioni geometriche della trave calcoliamo i limiti entro cui la verifica è soddisfatta.

- Lunghezza trave : 4 m
- Peso trave (P) : 61,3 kg/m
- Peso totale trave (P) : 245,2 kg
- $\frac{L}{200} = 2$: per il calcolo della freccia totale (δ), considerando il peso proprio della trave e il carico distribuito.

- $\frac{L}{250} = 1,6$: per il calcolo della freccia (δ_2) considerando il solo carico distribuito.

Avendo considerato uno schema statico come quello riportato in [figura 13](#), il calcolo della si effettua attraverso la seguente relazione:

$$\delta = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q + P) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

Dove:

- q : carico uniformemente distribuito
- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i dati nella formula si ottengono le frecce riferite ai diversi carichi :

q $\left[\frac{kN}{m}\right]$	150	180	220
δ [cm]	0.84	1.00	1.23

Tabella 28. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

q $\left[\frac{kN}{m}\right]$	150	180	220
δ_2 [cm]	0.84	1.00	1.23

Tabella 29. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

Tutti i valori di freccia calcolati con i diversi carichi rispettano la verifica.

Verifica di resistenza a flessione

Per gli elementi in acciaio si può fare affidamento sulla completa plasticizzazione, pertanto si cerca di spingere la sezione a lavorare in campo plastico, la verifica è soddisfatta se:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave
- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 200	
$W_{pl} [cm^3]$	569.6
$f_{yk} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$	275
$M_{Rd}^{pl} [kNm]$	149.2

Tabella 30. Valore di momento resistente

Dallo schema statico considerato (*figura 26*), il calcolo del momento sollecitante è così calcolato:

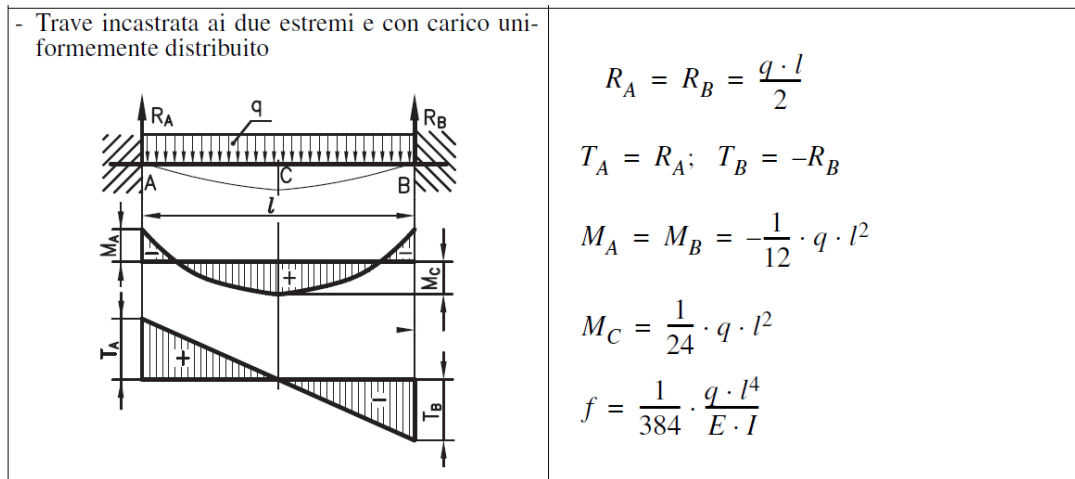


Figure 27. Formule utilizzate per il calcolo del momento

Dalla formula, considerando i diversi carichi risulteranno i seguenti momenti sollecitanti come mostrato nella tabella sottostante

$q \left[\frac{kN}{m} \right]$	150	180	220
$M_{sd} [kNm]$	200	240	293

Tabella 31. Momenti sollecitanti calcolati

Come si nota, i momenti sollecitanti sono abbondantemente superiori al momento resistente, quindi anche questa verifica per il profilato HEB 200 soggetto ad un carico distribuito non è soddisfatta.

Occorre aumentare le dimensioni del profilato.

4.4.6 HEB 200 soggetta a carico concentrato in mezzzeria

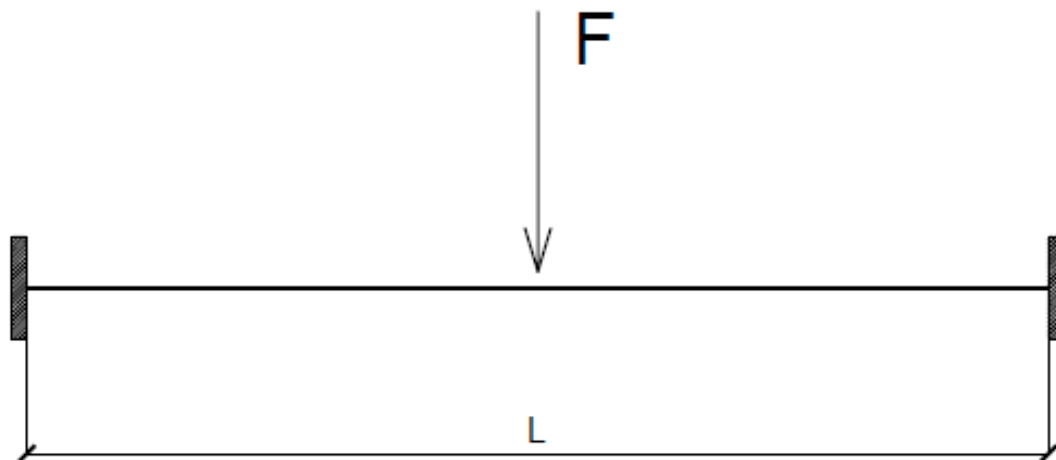


Figure 28 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata

Per le verifiche sono stati utilizzati tre diversi carichi concentrati di 150,180 e 220 kN.

Verifica deformazioni di esercizio

Per la verifica alle deformazioni di esercizio, anche per questa situazione di carico, si ripetono i passaggi spiegati precedentemente.

Per il calcolo della freccia bisogna sempre rispettare i limiti imposti dall' EC-3 :

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 32 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

Le formule utilizzate per il calcolo della freccia, in base allo schema statico di *figura 28*, sono:

$$\delta = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F + P) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

Dove:

- δ : freccia totale
- δ_2 : freccia dovuta al solo carico
- F : carico concentrato
- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i relativi dati nelle formule otteniamo, per i diversi carichi, le seguenti frecce:

F [kN]	150	180	220
δ [cm]	0.84	1.00	1.23

Tabella 33 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

F [kN]	150	180	220
δ_2 [cm]	0.42	0.50	0.61

Tabella 34 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

Osservando i valori delle frecce si nota che rientrano nei limiti imposti dall' EC-3, quindi nel caso di trave incastrata soggetta ad un carico concentrato in mezzzeria la verifica di deformazione di esercizio è soddisfatta .

Verifica resistenza a flessione

Come per il caso di carico distribuito, si determina il momento resistente e lo si confronta con il momento agente risultante dai carichi applicati.

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave
- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 200	
$W_{pl} [cm^3]$	569.6
$f_{yk} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$	275
$M_{Rd}^{pl} [kNm]$	149.2

Tabella 35. Valore di momento resistente

Il momento sollecitante si calcolerà applicando la formula riferita al seguente schema statico

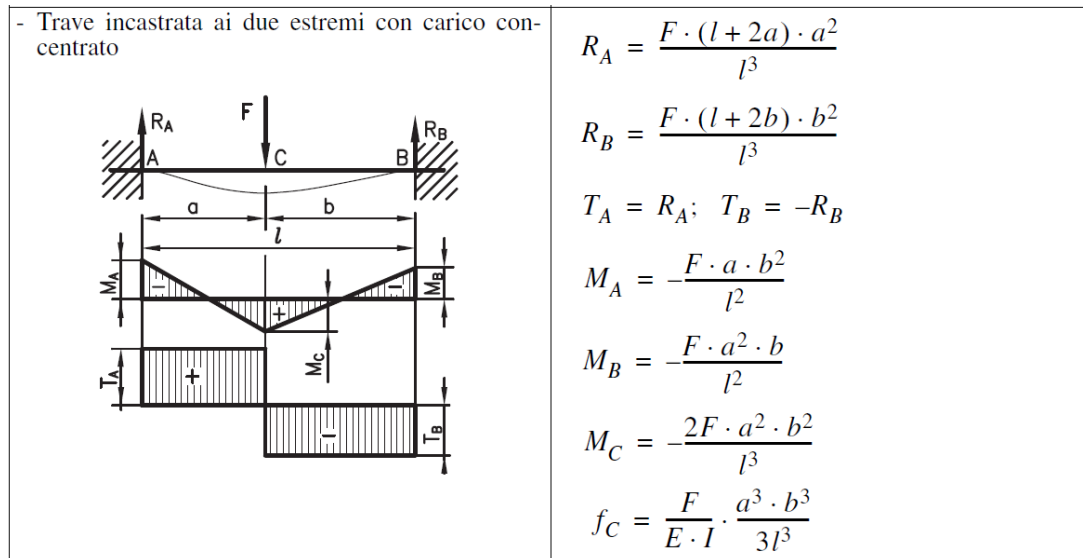


Figure 29. Formule utilizzate per il calcolo del momento

Si ottengono i seguenti momenti sollecitanti M_{sd}

$F [kN]$	150	180	220
$M_{sd} [kNm]$	75	90	110

Tabella 36. Momenti sollecitanti calcolati

La verifica è soddisfatta.

4.4.7 HEB 240 soggetta a carico uniformemente distribuito

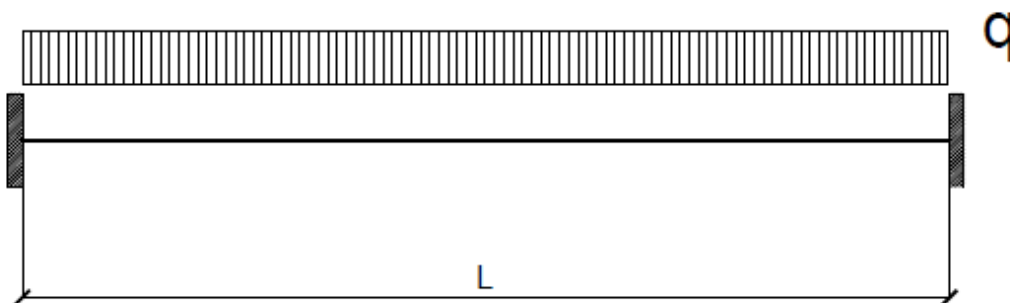


Figure 30. Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata

Per verificare il profilato sono stati usati tre diversi carichi uniformemente distribuito: 150,180,220 kN/m (come già menzionato nel paragrafo precedente).

Verifica deformazione di esercizio

Gli abbassamenti dovranno essere contenuti entro i limiti riportati nella tabella seguente.

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 37. Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

Conoscendo le dimensioni geometriche della trave calcoliamo i limiti entro cui la verifica è soddisfatta.

- Lunghezza trave : 4 m
- Peso trave (P) : 83,2 kg/m
- Peso totale trave (P) : 332,8 kg
- $\frac{L}{200} = 2$: per il calcolo della freccia totale (δ), considerando il peso proprio della trave e il carico distribuito.
- $\frac{L}{250} = 1,6$: per il calcolo della freccia (δ_2) considerando il solo carico distribuito.

Avendo considerato uno schema statico come quello riportato in *figura 10*, il calcolo della si effettua attraverso la seguente relazione:

$$\delta = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q + P) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

Dove:

- q : carico uniformemente distribuito
- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i dati nella formula si ottengono le frecce riferite ai diversi carichi :

$q \left[\frac{kN}{m} \right]$	150	180	220
$\delta \text{ [cm]}$	0.42	0.51	0.62

Tabella 38. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

$q \left[\frac{kN}{m} \right]$	150	180	220
$\delta_2 \text{ [cm]}$	0.42	0.51	0.62

Tabella 39. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

Tutti i valori di freccia calcolati con i diversi carichi rispettano la verifica.

Verifica di resistenza a flessione

Per gli elementi in acciaio si può fare affidamento sulla completa plasticizzazione, pertanto si cerca di spingere la sezione a lavorare in campo plastico, la verifica è soddisfatta se:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave

- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 240	
$W_{pl} [cm^3]$	1053
$f_{yk} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$	275
$M_{Rd}^{pl} [kNm]$	280

Tabella 40 . Valore di momento resistente

Dallo schema statico considerato ([figura 29](#)), il calcolo del momento sollecitante è così calcolato:

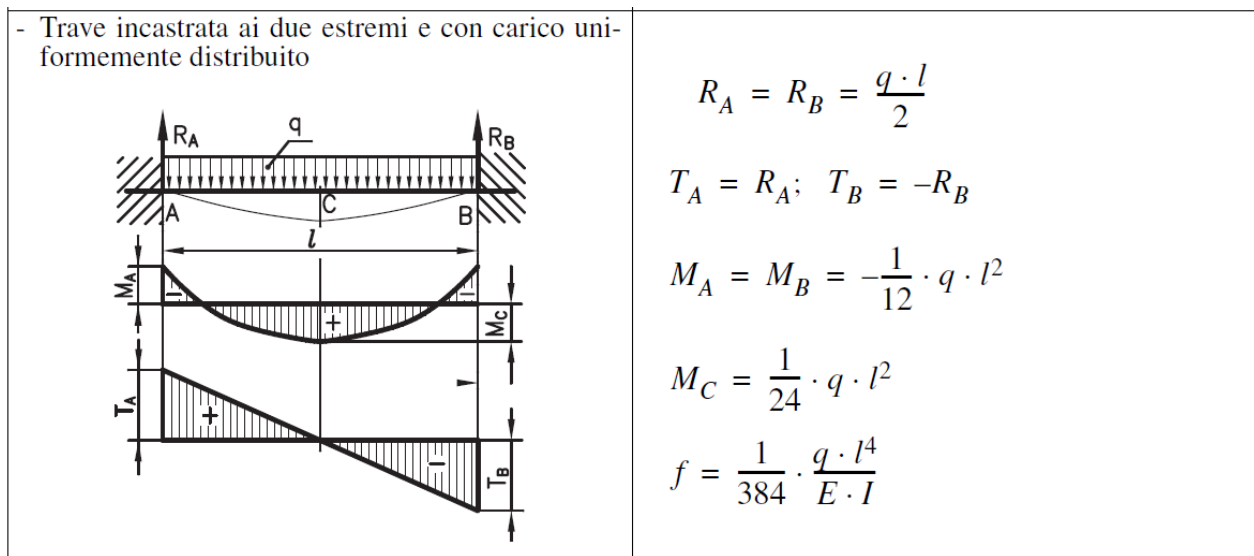


Figure 31 . Formule utilizzate per il calcolo del momento

Dalla formula, considerando i diversi carichi risulteranno i seguenti momenti sollecitanti come mostrato nella tabella di seguito riportata

$q \left[\frac{kN}{m} \right]$	150	180	220
$M_{sd} [kNm]$	200	240	293

Tabella 41 . Momenti sollecitanti calcolati

Il profilato HEB 240 rispetta la verifica per i carichi di 150 e 180 kN/m.

Consultandomi con l'Ingegnere Daniele Valentino, anche se il momento resistente è inferiore del momento sollecitante, e per tale ragione la verifica non risulta soddisfatta, ma siccome il discostamento di valore è piccolo il profilato HEB 240 si può considerare

4.4.8 HEB 240 soggetta a carico concentrato in mezzeria

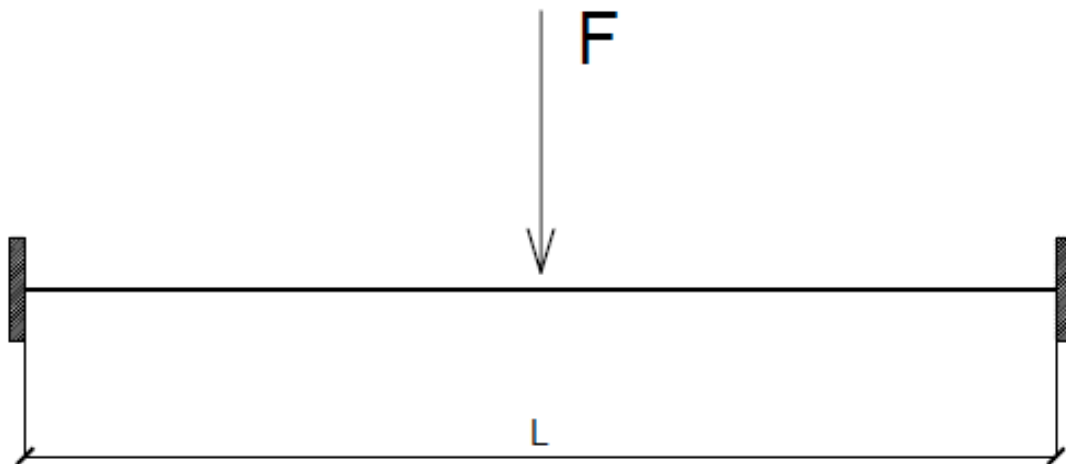


Figure 32 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata

Per le verifiche sono stati utilizzati tre diversi carichi concentrati di 150,180 e 220 kN.

Verifica deformazioni di esercizio

Per la verifica alle deformazioni di esercizio, anche per questa situazione di carico, si ripetono i passaggi spiegati precedentemente.

Per il calcolo della freccia bisogna sempre rispettare i limiti imposti dall' EC-3 :

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 42 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

Le formule utilizzate per il calcolo della freccia, in base allo schema statico di *figura 13*, sono:

$$\delta = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F + P) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

Dove:

- δ : freccia totale
- δ_2 : freccia dovuta al solo carico
- F : carico concentrato
- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i relativi dati nelle formule otteniamo, per i diversi carichi, le seguenti frecce:

F [kN]	150	180	220
δ [cm]	0.42	0.51	0.62

Tabella 43 . Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

F [kN]	150	180	220
δ [cm]	0.21	0.25	0.31

Tabella 44. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

Osservando i valori delle frecce si nota che rientrano nei limiti imposti dall' EC-3, quindi nel caso di trave incastrata soggetta ad un carico concentrato in mezzzeria la verifica di deformazione di esercizio è soddisfatta .

Verifica resistenza a flessione

Come per il caso di carico distribuito , si determina il momento resistente e lo si confronta con il momento agente risultante dai carichi applicati.

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave
- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 240	
W_{pl} [cm³]	1053
f_{yk} [$\frac{N}{mm^2}$]	275
M_{Rd}^{pl} [kNm]	275.8

Tabella 45. Valore di momento resistente

Il momento sollecitante si calcolerà applicando la formula riferita al seguente schema statico

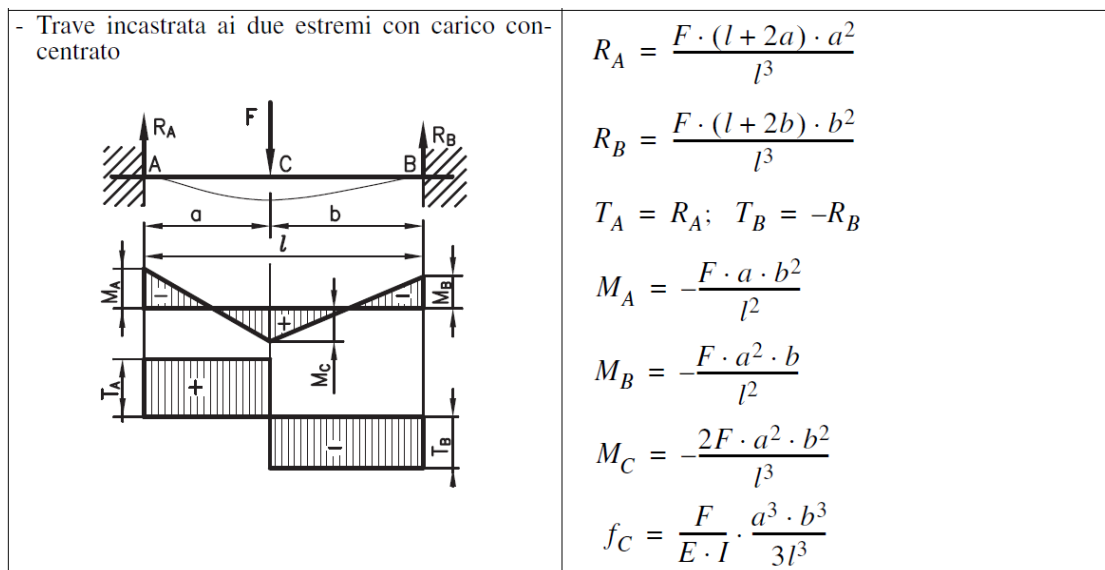


Figure 33 . Formule utilizzate per il calcolo del momento

Si ottengono i seguenti momenti sollecitanti M_{sd}

F [kN]	150	180	220
M_{sd} [kNm]	75	90	110

Tabella 46 . Momenti sollecitanti calcolati

La verifica è soddisfatta.

4.4.9 HEB 260 soggetta a carico uniformemente distribuito

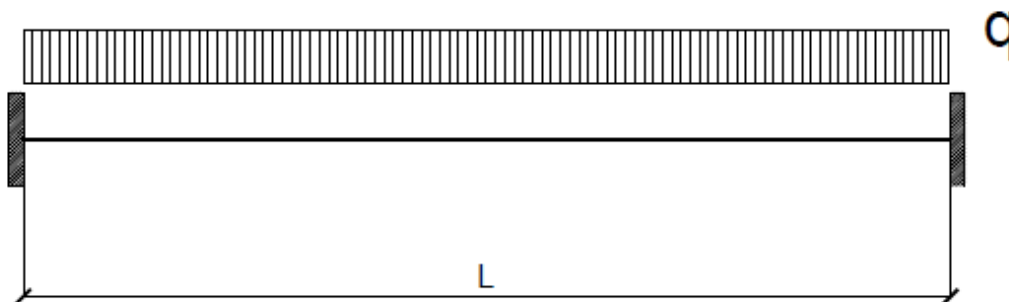


Figure 34 . Schema statico con carico distribuito su trave doppiamente incastrata

Per verificare il profilato sono stati usati tre diversi carichi uniformemente distribuito: 150,180,220 KN/m (come già menzionato nel paragrafo precedente).

Verifica deformazione di esercizio

Gli abbassamenti dovranno essere contenuti entro i limiti riportati nella tabella seguente.

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 47 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

Conoscendo le dimensioni geometriche della trave calcoliamo i limiti entro cui la verifica è soddisfatta.

- Lunghezza trave : 4 m
- Peso trave (P) : 93 kg/m
- Peso totale trave (P) : 372 kg
- $\frac{L}{200} = 2$: per il calcolo della freccia totale (δ), considerando il peso proprio della trave e il carico distribuito.

- $\frac{L}{250} = 1,6$: per il calcolo della freccia (δ_2) considerando il solo carico distribuito.

Avendo considerato uno schema statico come quello riportato in *figura 10*, il calcolo della si effettua attraverso la seguente relazione:

$$\delta = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q + P) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{384} \cdot \frac{(q) \cdot L^4}{E \cdot I}$$

Dove:

- q : carico uniformemente distribuito
- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i dati nella formula si ottengono le frecce riferite ai diversi carichi :

q $\left[\frac{kN}{m}\right]$	150	180	220
δ [cm]	0.32	0.39	0.47

Tabella 48. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

q $\left[\frac{kN}{m}\right]$	150	180	220
δ_2 [cm]	0.32	0.39	0.47

Tabella 49. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

Tutti i valori di freccia calcolati con i diversi carichi rispettano la verifica.

Verifica di resistenza a flessione

Per gli elementi in acciaio si può fare affidamento sulla completa plasticizzazione, pertanto si cerca di spingere la sezione a lavorare in campo plastico, la verifica è soddisfatta se:

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

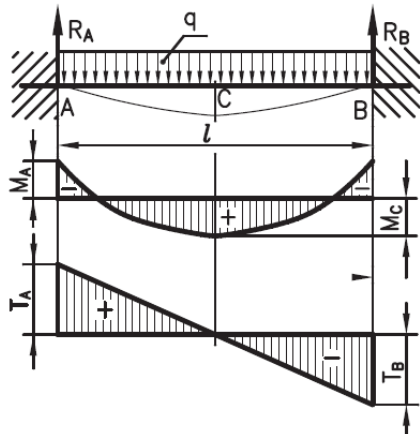
- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave
- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 260	
$W_{pl} [cm^3]$	1148
$f_{yk} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$	275
$M_{Rd}^{pl} [kNm]$	300.7

Tabella 50 . Valore di momento resistente

Dallo schema statico considerato (*figura 29*), il calcolo del momento sollecitante è così calcolato:

- Trave incastrata ai due estremi e con carico uniformemente distribuito



$$R_A = R_B = \frac{q \cdot l}{2}$$

$$T_A = R_A; \quad T_B = -R_B$$

$$M_A = M_B = -\frac{1}{12} \cdot q \cdot l^2$$

$$M_C = \frac{1}{24} \cdot q \cdot l^2$$

$$f = \frac{1}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I}$$

Figure 35 . Formule utilizzate per il calcolo del momento

Dalla formula, considerando i diversi carichi risulteranno i seguenti momenti sollecitanti come mostrato nella tabella di seguito riportata

$q \left[\frac{kN}{m} \right]$	150	180	220
$M_{sd} [kNm]$	200	240	293

Tabella 51 . Momenti sollecitanti calcolati

Il profilato HEB 260 rispetta la verifica per tutti i carichi.

4.4.10 HEB 260 soggetta a carico concentrato in mezzzeria

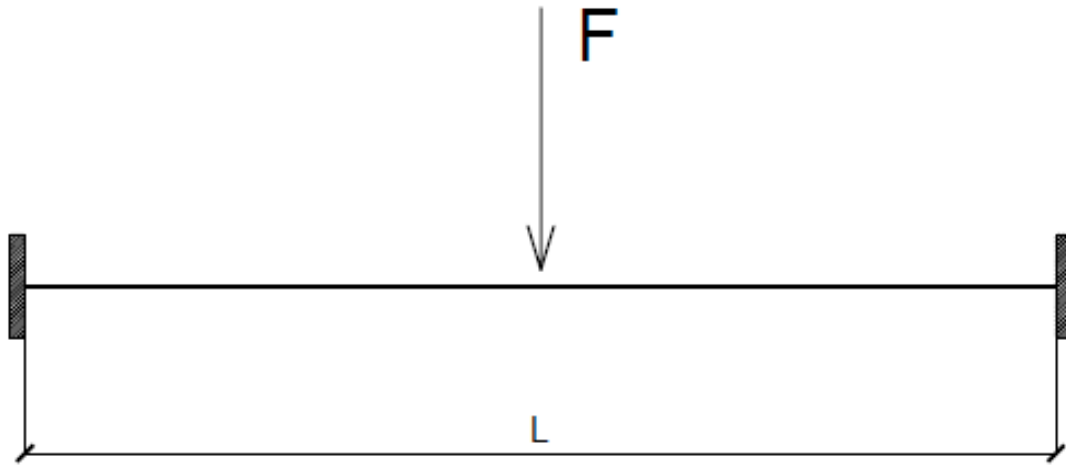


Figure 36 . Schema statico con carico concentrato su trave doppiamente incastrata

Per le verifiche sono stati utilizzati tre diversi carichi concentrati di 150,180 e 220 kN.

Verifica deformazioni di esercizio

Per la verifica alle deformazioni di esercizio, anche per questa situazione di carico, si ripetono i passaggi spiegati precedentemente.

Per il calcolo della freccia bisogna sempre rispettare i limiti imposti dall' EC-3 :

Elementi strutturali	δ	δ_2
Coperture in generale	L/200	L/250
Coperture praticabili	L/250	L/300
Solai in generale	L/250	L/300
Solai con tramezzi	L/250	L/350
Solaio che supportano colonne	L/400	L/500

Tabella 52 . Valori di freccia da rispettare per soddisfare le verifiche.

Le formule utilizzate per il calcolo della freccia, in base allo schema statico di [figura 13](#), sono:

$$\delta = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F + P) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

$$\delta_2 = \frac{1}{192} \cdot \frac{(F) \cdot L^3}{E \cdot I}$$

Dove:

- δ : freccia totale
- δ_2 : freccia dovuta al solo carico
- F : carico concentrato
- P : peso della trave al metro lineare
- L : lunghezza trave
- E : modulo elastico
- I : momento di inerzia

Inserendo i relativi dati nelle formule otteniamo, per i diversi carichi, le seguenti frecce:

F [kN]	150	180	220
δ [cm]	0.32	0.39	0.47

Tabella 53. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

F [kN]	150	180	220
δ [cm]	0.16	0.20	0.24

Tabella 54. Valori di freccia corrispondenti ai carichi applicati

Osservando i valori delle frecce si nota che rientrano nei limiti imposti dall' EC-3, quindi nel caso di trave incastrata soggetta ad un carico concentrato in mezzzeria la verifica di deformazione di esercizio è soddisfatta .

Verifica resistenza a flessione

Come per il caso di carico distribuito, si determina il momento resistente e lo si confronta con il momento agente risultante dai carichi applicati.

$$M_{Sd} \leq M_{Rd}^{pl} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{1.05}$$

Dove

- M_{Sd} : momento sollecitante sulla trave
- M_{Rd}^{pl} : momento resistente
- W_{pl} : modulo di resistenza plastico
- f_{yk} : resistenza di snervamento caratteristica dell'acciaio S 275

Trave HEB 240	
$W_{pl} [cm^3]$	1148
$f_{yk} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$	275
$M_{Rd}^{pl} [kNm]$	300.7

Tabella 55 . Valore di momento resistente

Il momento sollecitante si calcolerà applicando la formula riferita al seguente schema statico

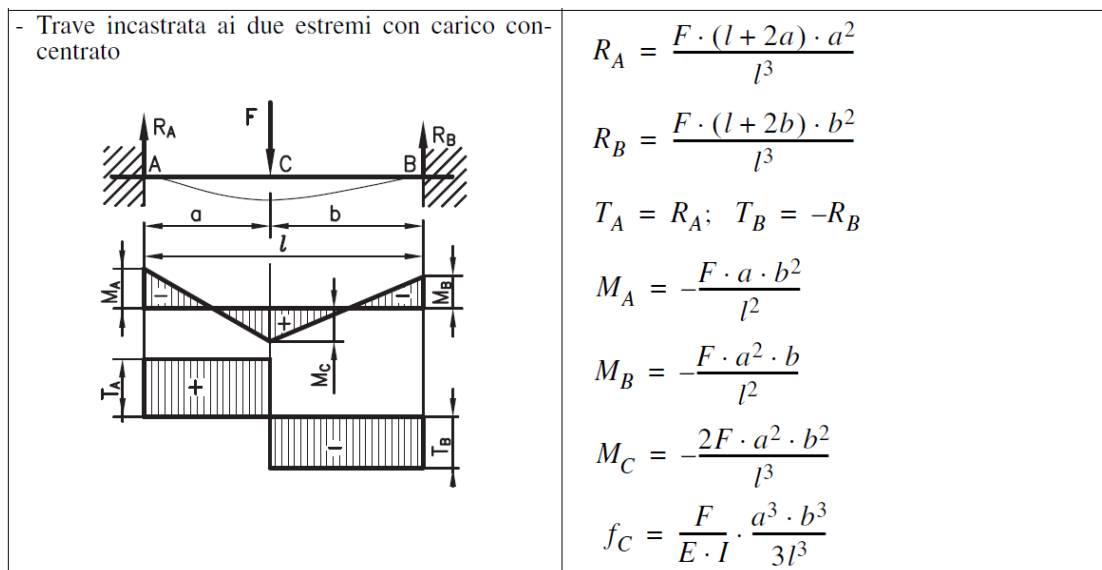


Figure 37. Formule utilizzate per il calcolo del momento

Si ottengono i seguenti momenti sollecitanti M_{sd}

F [kN]	150	180	220
M_{sd} [kNm]	75	90	110

Tabella 56. Momenti sollecitanti calcolati

La verifica è soddisfatta.

4.4.11 Progetto e verifica della gamba a compressione semplice

Quando un solido è assialmente snello o lungo tende a manifestare fenomeni di instabilità alla flessione laterale come mostra la *figura 34*.

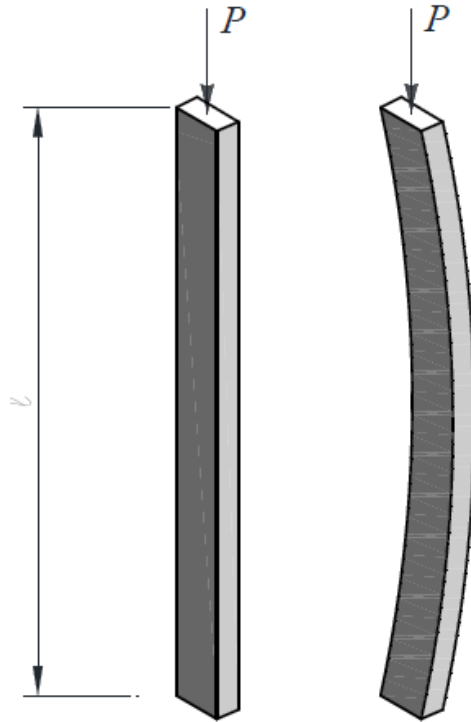


Figure 38 . Schema di pilastro deformato sotto il carico assiale

Il carico P , che può essere applicato in asse ad un elemento strutturale snello, deve essere minore del valore critico per evitare fenomeni di instabilità.

Nel 1744 Leonhard Eulero determinò il carico capace di generare una flessione dell'asta caricata di punta:

$$P_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot I_{min}}{L_0^2}$$

Dove

- L_0 : lunghezza libera di inflessione
- I_{min} : momento d'inerzia principale minore

- E : modulo elastico

Per il calcolo della lunghezza libera di inflessione si considerano i seguenti schemi:

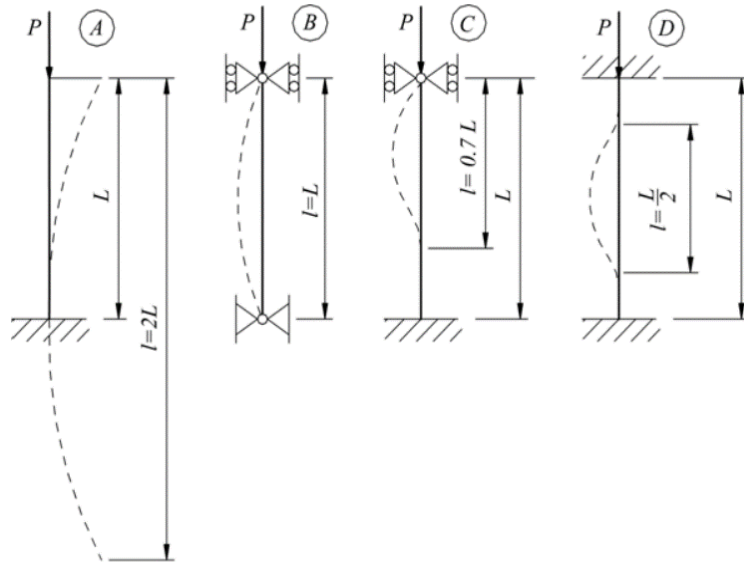


Figure 39 . Schemi per determinare il carico libero di inflessione

Per il caso in esame del portale con gambe incastrate al cappello tramite saldatura e incastrate al suolo perché annegate in un getto di boiaccia cementizia, lo schema utilizzato è quello che vede $L_0 = 0,7 L$.

Per applicare la formula di Eulero bisogna prima calcolarsi la snellezza (λ) e verificare che sia maggiore della snellezza limite:

$$\lambda = \frac{L_0}{i_{min}}$$

Di cui:

- i_{min} : raggio di inerzia minimo
- L_0 : lunghezza libera di inflessione

$$\lambda \geq \lambda_{lim}$$

Nel caso degli acciai questo valore è compreso tra 100 e 80 .

$$\lambda_{lim} = 100 \div 80$$

Nel caso in cui questa verifica non è rispettata bisogna procedere con altri metodi per determinare l'instabilità della gamba sottoposta a carico di punta.

	HEB 160	HEB 180	HEB 200	HEB 240
$L_0 [cm]$	280	280	280	280
$i_{min}[cm]$	4.05	4.57	5.07	6.08
λ	69.1	61.3	55.2	46.1

Tabella 57. Valori di snellezza calcolati

Le snellezze ottenute sono tutte inferiori alla snellezza limite, quindi si procederà con un altro metodo per la verifica di instabilità per compressione assiale.

Un metodo di facile applicazione e valido per qualsiasi snellezza è il *Metodo Omega*, dove la verifica di sicurezza può effettuarsi nell'ipotesi che la sezione trasversale sia compressa da una forza maggiorata del coefficiente omega.

Si va a verificare che la tensione risulti minore della tensione caratteristica nel caso degli stati limite e minore della tensione ammissibile del caso delle tensioni ammissibili:

$$\sigma = \frac{\omega \cdot N}{A} \leq \begin{cases} f_{cd} (S.L.) \\ \sigma_{amm} (T.A.) \end{cases}$$

Per procedere con questo metodo dobbiamo per prima cosa trovare il valore di ω .

Questo valore è funzione della snellezza e una volta trovata la snellezza, tramite tabelle, troveremo il corrispettivo valore di omega necessario per la formula.

Ad ogni tipo di acciaio corrisponde una tabella di omega; nel nostro caso avendo considerato un acciaio Fe 430, la tabella corrispondente è la seguente :

Prospetto 7-IIIc — Coefficienti ω per acciaio Fe 430 (curva c)

λ	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	λ
0	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	0
10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,01	10
20	1,02	1,02	1,03	1,03	1,04	1,05	1,05	1,06	1,07	1,07	20
30	1,08	1,09	1,09	1,10	1,11	1,12	1,12	1,13	1,14	1,15	30
40	1,16	1,17	1,18	1,19	1,20	1,21	1,22	1,23	1,24	1,25	40
50	1,26	1,27	1,28	1,29	1,31	1,32	1,33	1,35	1,36	1,37	50
60	1,39	1,40	1,42	1,43	1,45	1,46	1,48	1,50	1,51	1,53	60
70	1,55	1,57	1,58	1,60	1,62	1,64	1,66	1,68	1,70	1,72	70
80	1,74	1,76	1,78	1,80	1,82	1,84	1,86	1,88	1,91	1,93	80
90	1,95	1,97	2,00	2,02	2,04	2,07	2,09	2,12	2,14	2,17	90
100	2,19	2,22	2,25	2,27	2,30	2,33	2,36	2,39	2,42	2,45	100
110	2,48	2,50	2,54	2,57	2,60	2,63	2,66	2,69	2,72	2,76	110
120	2,79	2,82	2,85	2,89	2,92	2,96	2,99	3,02	3,06	3,09	120
130	3,13	3,16	3,20	3,24	3,27	3,31	3,35	3,39	3,43	3,47	130
140	3,51	3,55	3,59	3,63	3,68	3,72	3,76	3,80	3,85	3,89	140
150	3,93	3,98	4,02	4,07	4,11	4,15	4,20	4,24	4,29	4,33	150
160	4,38	4,43	4,47	4,52	4,56	4,61	4,66	4,70	4,75	4,80	160
170	4,84	4,89	4,94	4,99	5,03	5,08	5,13	5,18	5,23	5,28	170
180	5,33	5,38	5,43	5,47	5,53	5,59	5,65	5,70	5,75	5,81	180
190	5,86	5,92	5,98	6,03	6,08	6,14	6,20	6,26	6,32	6,38	190
200	6,43	6,49	6,55	6,61	6,67	6,73	6,79	6,85	6,91	6,96	200
210	7,03	7,08	7,14	7,20	7,26	7,32	7,37	7,44	7,50	7,56	210
220	7,63	7,68	7,74	7,81	7,88	7,97	8,03	8,08	8,13	8,19	220
230	8,26	8,33	8,40	8,46	8,52	8,59	8,65	8,72	8,79	8,85	230
240	8,93	8,99	9,06	9,13	9,20	9,27	9,34	9,41	9,48	9,55	240
250	9,62										250

Tabella 48. Coefficienti ω per il calcolo della tensione ammissibile

Il carico N applicato in punta al pilastro è stato calcolato considerando la metà del carico distribuito, applicato alla trave, per la lunghezza della trave stessa.

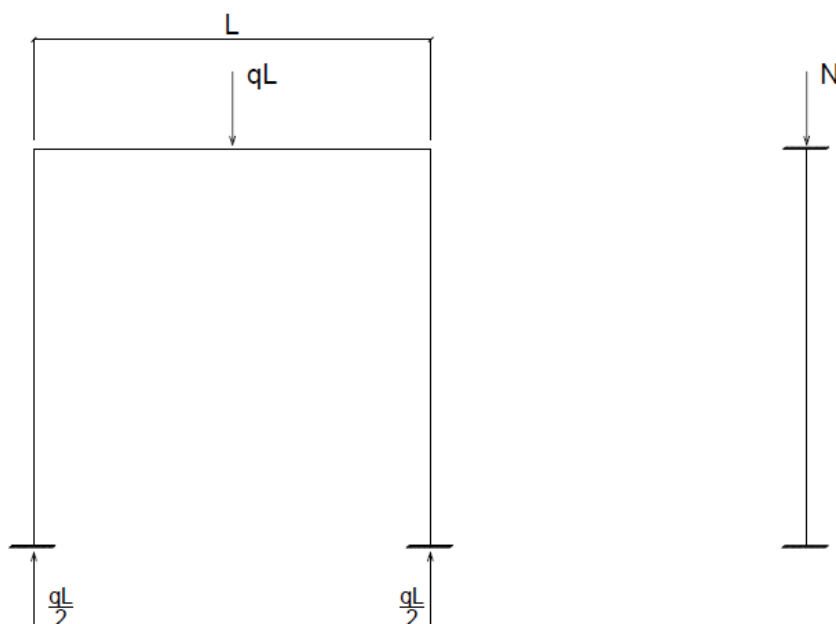


Figure 40 . Schemi per il calcolo del carico N

I carichi N trovati e con cui si sono verificati a compressione i pilastri, formati dai profilati sopra descritti, sono:

$q \left[\frac{kN}{m} \right]$	150	180	220
$L [m]$	4	4	4
$qL [kN]$	600	720	880
$qL [kN]$	600000	720000	880000
$N [N]$	300000	360000	440000

Tabella 58 . Valori di N utilizzati per il dimensionamento e le verifiche

Dove :

- q : carico distribuito
- L : lunghezza trave
- qL : carico distribuito moltiplicato per la lunghezza
- N : carico agente in punta al pilastro calcolato facendo $N = \frac{qL}{2}$

Conoscendo tutti i dati necessari per la verifica, inserendoli nella formula si verifica il pilastro.

HEB 160			
$\omega \frac{N}{A}$	84.6	101.5	124.1

Tabella 59. Valori di tensione

HEB 180			
$\omega \frac{N}{A}$	63.9	76.7	93.7

Tabella 60 . Valori di tensione

HEB 200			
$\omega \frac{N}{A}$	50.7	60.9	74.4

Tabella 61. Valori di tensione

HEB 240			
$\omega \frac{N}{A}$	34.5	41.4	50.6

Tabella 62. Valori di tensione

Stati limite			Stati limite		
Materiale	$f_d \left[\frac{N}{mm^2} \right]$		Materiale	$\sigma_{amm} \left[\frac{N}{mm^2} \right]$	
	$t \leq 40$	$t \geq 40$		$t \leq 40$	$t \geq 40$
Fe 360	235	210	Fe 360	160	140
Fe 430	275	250	Fe 430	190	170
Fe 510	355	315	Fe 510	240	210
$t = \text{spessore in mm}$			$t = \text{spessore in mm}$		

Tabella 63 . Valori di tensione ammissibile da rispettare nella verifica

I risultati trovati andranno confrontati con i valori della [tabella 53](#) per vedere se la verifica è soddisfatta.

Le quattro sezioni scelte verificano la compressione semplice.

4.4.12 Progetto e verifica della gamba a pressoflessione

Siccome la gamba non è soggetta a solo sforzo normale, ma è soggetta anche al momento flettente che dal cappello si ribalta sulla trave, oltre ad essere dimensionata per la compressione deve essere dimensionata anche per la flessione.

Per questo motivo bisogna dimensionare la gamba ad un'azione di presso-flessione.

La formula utilizzata per tale verifica è la seguente:

$$\frac{N}{N_{rd}} + \frac{M}{M_{rd} \cdot \left(1 - \frac{N}{N_{cr}}\right)} \leq 1$$

Dove :

- N : sforzo normale agente sulla gamba
- M : momento massimo agente sulla gamba
- M_{rd} : momento resistente

$$M_{rd} = \frac{W_{pl} \cdot f_{yk}}{\gamma}$$

- N_{rd} : sforzo normale resistente

$$N_{rd} = \frac{A \cdot f_{yk}}{\gamma}$$

- N_{cr} : sforzo normale critico calcolato con la formula di Eulero

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 \cdot E \cdot A}{\lambda^2}$$

Inserendo i valori corrispondenti all'interno della formula è possibile verificare i vari profilati scelti.

I valori trovati sono riportati nelle tabelle seguenti.

- Momenti agenti sulla gamba

M [kNm]		
200	240	293

Tabella 64 . Momenti agenti sulla gamba del portale

- Momenti resistenti

M [kNm]			
HEB 160	HEB 180	HEB 200	HEB 240
92.71	126.08	149.2	275.8

Tabella 65 . Momenti resistenti

- Sforzo normale critico

N [kN]			
HEB 160	HEB 180	HEB 200	HEB 240
235212	359897	530529	1033768

Tabella 66. Valori di sforzo normale critico

- Sforzo normale resistente

M [kNm]			
HEB 160	HEB 180	HEB 200	HEB 240
1421	1709	2045	2776

Tabella 67. Valori di sforzo normale resistente

- Risultati trovati

	$\frac{N}{N_{rd}} + \frac{N}{M_{Rd} \cdot \left(1 - \frac{N}{N_{cr}}\right)}$		
HEB 160	2.37	2.85	3.48
HEB 180	1.76	2.12	2.58
HEB 200	1.49	1.79	2.18
HEB 240	0.83	1.00	1.22

Tabella 68. Risultati ottenuti

Si può notare che solo il profilato HEB 240 soddisfa in parte la verifica, esattamente per i momenti applicati alla gamba di 200 e 240 $\frac{KN}{m}$.

Siccome il pilastro ha un ruolo fondamentale per la stabilità del portale, si prova ad aumentare le dimensioni del profilato portandole ad un HEB 260.

Applicando le formule sopra indicate si ottengono i seguenti risultati:

	$\frac{N}{N_{rd}} + \frac{N}{M_{Rd} \cdot \left(1 - \frac{N}{N_{cr}}\right)}$		
HEB 160	2.37	2.85	3.48
HEB 180	1.76	2.12	2.58
HEB 200	1.49	1.79	2.18
HEB 240	0.83	1.00	1.22
HEB 260	0.69	0.83	1.01

Tabella 69. Risultati ottenuti

Per il profilato scelto, la verifica è soddisfatta per tutti i carichi applicati.

5. Schemi di carico e modelli adottati per il calcolo

5.1 Breve descrizione del software utilizzato

SAP2000 è caratterizzato da una potente interfaccia grafica, attraverso la quale viene creato e modificato il modello, viene eseguita l'analisi e viene controllato ed ottimizzato il progetto.

Il programma è caratterizzato da capacità sofisticate, come solutore di equazioni rapido, condizioni di carico prodotte forze e spostamenti, elementi FRAME non prismatici, elementi SHELL molto accurati, sistemi di coordinate multiple per geometrie non ortogonali, svariate opzioni di vincolo interno, analisi dinamiche multiple contemporanee con combinazioni e involuppi.

Il programma è dotato di moduli per le verifiche di acciaio e calcestruzzo, disponibile all'interno della medesima interfaccia per creare e analizzare il modello.

Il programma è strutturato per operare con un'ampia gamma delle più recenti normative internazionali per la progettazione automatica e la verifica delle aste nelle strutture in acciaio e cemento armato. Il programma adotta le seguenti normative per il c.a.:

- U.S. ACI 318-95 (1995) e AASHTO LRFD (1997)
- Canadese CSA-A23.3-94 (1994)
- Britannico BS 8110-85 (1989)
- Eurocodice 2 ENV 1992-1-1 (1992)
- Nuova Zelanda NZS 3101-95 (1995)

Il programma adotta correntemente le seguenti normative per l'acciaio:

- U.S. AISC/ASD (1989), AISC/LRFD (1994), AASHTO LRFD (1997)
- Canadese CAN/CSA-S16.1.-94 (1994)
- Britannico BS 5950 (1990)
- Eurocodice 3(ENV 1993-1-1)

Il SAP2000 è un programma per la l'analisi e la progettazione molto efficiente e produttivo.

5.1.1 Unità di misura

Il programma offre numerose combinazioni di unità elementari, espresse come gruppi (forza, lunghezza, temperatura): ad esempio: "Kgf-cm-C" indica forze espresse in Kgf, unità di lunghezza espresse in cm, e temperatura in gradi centigradi.

Il tempo è sempre misurato in secondi.

Quando si inizia un nuovo modello, SAP2000 richiede per esso di specificare l'unità di misura di default. Anche se è possibile modificare in qualsiasi momento l'unità di misura, durante l'inserimento dei dati si suggerisce particolare attenzione nella scelta dell'unità di misura di default. Infatti ad ogni apertura del modello, oppure dopo il lancio di una analisi, SAP2000 imposta automaticamente l'unità di misura predefinita.

Per le analisi condotte sui quadri in acciaio sono state scelte come unità di misura kN, m, C rispettivamente per forza, lunghezza e temperatura.

Item	Units	Decimal Places	Minimum Signif Figs	Zero Tolerance	Always Use E Format
Structure Dimensions					
Coordinates	KN, m, C	5	2	1.0000E-20	No
Absolute Distance	KN, m, C	5	2	1.0000E-20	No
Relative Distance		4	2	1.0000E-20	No
Angles		3	2	1.0000E-20	No
Section Dimensions					
Length	KN, m, C	6	2	1.0000E-20	No
Area	KN, m, C	6	2	1.0000E-20	No
Length3	KN, m, C	6	2	1.0000E-20	No
Length4	KN, m, C	6	2	1.0000E-20	No
Rebar Area	KN, m, C	6	2	1.0000E-20	No
Rebar Area/Length	KN, m, C	6	2	1.0000E-20	No
Displacements					
Translational Displ	KN, m, C	6	2	1.0000E-20	No
Rotational Displ	KN, m, C	6	2	1.0000E-20	No
Drift		6	2	1.0000E-20	No
Gen Displ L/Rad	KN, m, C	6	2	1.0000E-20	No
Gen Displ Rad/L	KN, m, C	3	2	1.0000E-20	No
Forces					
Force	KN, m, C	3	2	1.0000E-20	No
Force/Length	KN, m, C	2	2	1.0000E-20	No
Force/Area	KN, m, C	2	2	1.0000E-20	No
Moment	KN, m, C	4	2	1.0000E-20	No

Figure 41 . Schermata di SAP 2000 per visualizzare le unità di misura

5.1.2 Sistemi di coordinate

Ogni elemento è individuato nello spazio univocamente rispetto alla sua posizione (espressa in coordinate) nel sistema di riferimento globale. Questo sistema globale è costituito da un sistema a tre coordinate cartesiane destrorso. I tre assi del sistema sono denominati X, Y, Z e sono tra loro perpendicolari.

SAP2000 considera sempre come +Z l'asse verticale ascendente. Per default, la gravità è diretta secondo la direzione Z.

5.1.3 Proprietà

Le proprietà sono assegnate ad ogni oggetto per determinare il comportamento strutturale dell'oggetto stesso nel modello.

Alcune proprietà, quali le proprietà della sezione e quelle del materiale, sono chiamate entità, queste devono essere definite prima della loro assegnazione agli oggetti.

Per i modelli studiati sono stati inseriti i dati relativi al materiale acciaio Fe430/s275 e definite le sezioni dei profilati inserendo per i vari modelli le misure relative: HEB150, HEB180, HEB 200, HEB 240.

General Data

Material Name and Display Color: S275 ■

Material Type: Steel ▼

Material Notes: Modify/Show Notes...

Weight and Mass

Weight per Unit Volume: 76.9729

Mass per Unit Volume: 7.849

Units

KN, m, C ▼

Isotropic Property Data

Modulus of Elasticity, E: 2.100E+08

Poisson, U: 0.3

Coefficient of Thermal Expansion, A: 1.170E-05

Shear Modulus, G: 80769231.

Other Properties for Steel Materials

Minimum Yield Stress, Fy: 275000.

Minimum Tensile Stress, Fu: 430000.

Expected Yield Stress, Fye: 316250.

Expected Tensile Stress, Fue: 473000.

Figure 42 . Proprietà caratteristiche dell'acciaio Fe430/s275

Section Name: HEB180_S275 ■ **Display Color**

Section Notes: Modify/Show Notes...

Dimensions

Outside height (t3) : 0.18

Top flange width (t2) : 0.18

Top flange thickness (tf) : 0.014

Web thickness (tw) : 8.500E-03

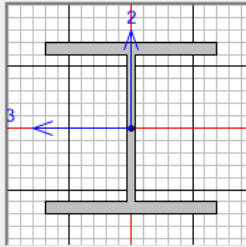
Bottom flange width (t2b) : 0.18

Bottom flange thickness (tfb) : 0.014

Material: + S275 ▼

Property Modifiers: Set Modifiers...

Section



Properties

Section Properties...

Time Dependent Properties...

Figure 43 . Dimensioni geometriche della sezione di profilato HEB 180

5.1.4 Casi di carico

I carichi (Loads) rappresentano le azioni agenti sulla struttura, come forze, pressioni, cedimenti vincolari, effetti termici, accelerazione al terreno, e altro.

Una distribuzione spaziale di questi carichi è chiamata condizione di carico (Load Case).

Una condizione di carico rappresenta, in definitiva, un carico elementare. E' possibile definire un numero qualunque di carichi elementari.

Una peculiarità di SAP2000 consiste nell'effettuare combinazioni di effetti prodotti dai carichi assegnati e non nel calcolare direttamente gli effetti delle combinazioni di carico.

Tale caratteristica, ovviamente valida per analisi lineari, consente di effettuare combinazioni a posteriori delle analisi stesse.

La definizione dei carichi elementari comprende:

- a) Etichetta: rappresenta il nome del carico elementare.
- b) Tipo: rappresenta il tipo di carico del carico elementare. Sono presenti tipi predefiniti la cui definizione servirà in fase di combinazione dei carichi usufruendo di normative inserite nel programma.

I tipi previsti sono:

- DEAD, SUPER DEAD: carichi permanenti
- LIVE, REDUCED LIVE: carichi accidentali
- QUAKE: azioni sismiche
- WIND: azioni dovute al vento
- SNOW: carico neve
- WAVE: carichi determinati da onde di pressione
- OTHER: altri tipi di carico.

5 Schemi di carico e modelli adottati per il calcolo

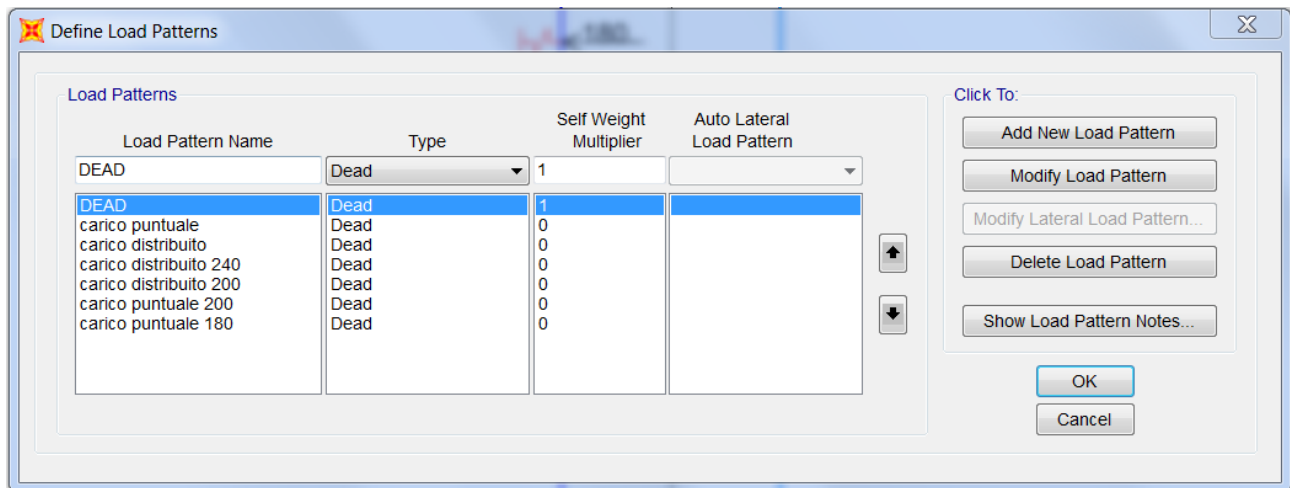


Figure 44 . Definizione del carico

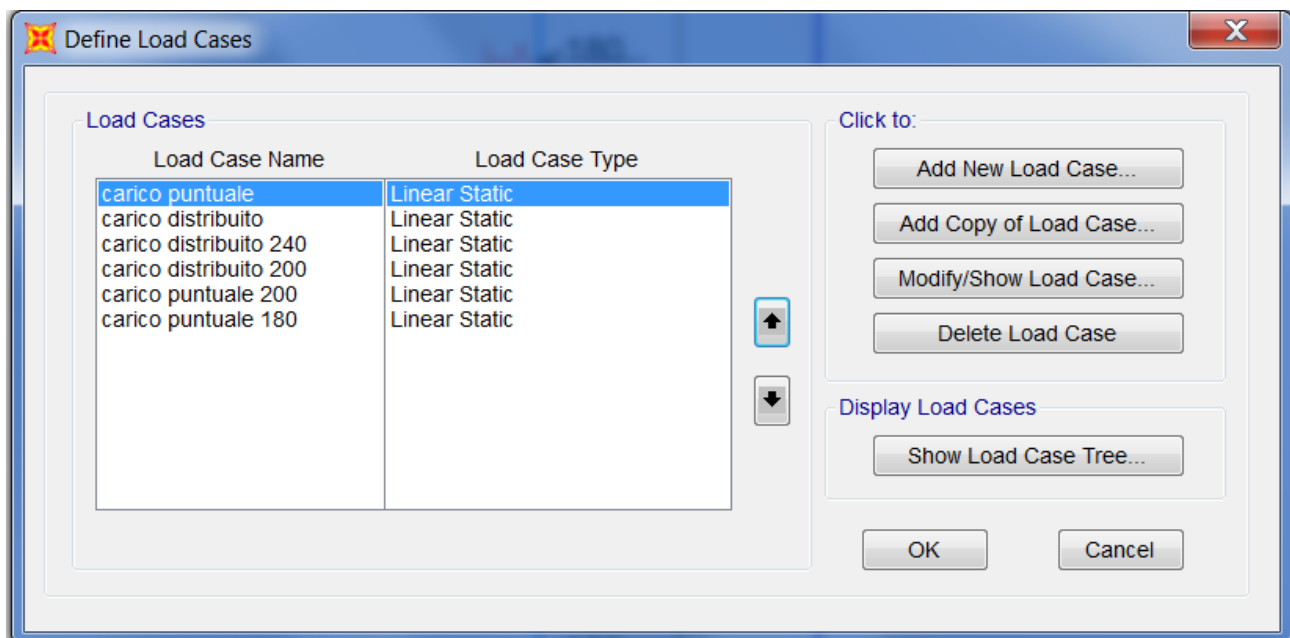


Figure 45 . Definizione del caso di carico

5.1.5 Casi di analisi

Un caso di analisi definisce come i carichi devono essere applicati alle strutture, e come è calcolata la risposta delle strutture stesse. Esistono vari tipi differenti di casi di analisi. Generalmente le analisi sono classificate come lineari o non lineari, questo dipende da come la struttura risponde ai carichi.

I risultati delle analisi lineari possono essere sovrapposti, per esempio sommandoli tra loro.

I tipi di analisi lineari disponibili sono:

- Statica: è il tipo di analisi più frequente. I carichi sono applicati senza alcun effetto dinamico.
- Analisi modale: calcolo dei modi di vibrare della struttura secondo il metodo di EIGEN o il metodo di Ritz. I carichi non sono applicati, a meno che essi non siano usati per generare i vettori di Ritz.
- Analisi in spettro di risposta: questa analisi viene accoppiata ad una analisi modale per la determinazione di vettori di forze, le cui combinazioni rappresenteranno le azioni sismiche. Per effettuare questa analisi è necessario definire una funzione di spettro, che normalmente è espressa in termini di pseudo-accelerazione e periodo.
- Analisi al passo (TIME HISTORY ANALYSIS): in questa analisi vengono applicati carichi che subiscono variazioni nel tempo. Queste variazioni sono rappresentate da funzioni storia-tempo. La soluzione di questa analisi può essere calcolata con il metodo FNA che sfrutta sovrapposizioni modali oppure mediante integrazione diretta.
- Analisi di instabilità (BUCKLING ANALYSIS): in questa analisi vengono calcolati i modi di instabilità della struttura soggetta ai carichi esterni. Il compito di questa analisi è quello di determinare dei moltiplicatori scalari dei carichi esterni che producono l'insorgere di fenomeni di instabilità.
- Analisi a carichi mobili: questa analisi serve per calcolare la risposta della struttura soggetta al transito di veicoli e in generale a carichi che si muovono su di essa. Si possono definire diversi tipi di veicolo e assegnare un numero arbitrario di linee di transito. Verranno considerate tutte le permutazioni derivate dal posizionamento del carico sulla struttura.

I risultati delle analisi non lineari normalmente non devono essere sovrapposti, a meno che non si lancino analisi non lineari in successione per tenere in considerazione l'adattamento della geometria e quindi della rigidezza della struttura.

Le analisi non lineari disponibili sono:

- Non lineare statica: i carichi sono applicati senza effetti dinamici. Questa analisi può essere utilizzata per metodi tipo Pushover, o costruzioni sequenziali.
- Non lineare dinamica: sono applicati carichi con variazione nel tempo. Queste analisi richiedono la definizione di funzioni valore-tempo. La soluzione di queste analisi può essere ottenuta con i metodi della scomposizione modale oppure con i metodi della integrazione diretta.

5.2 Spiegazione delle dimensioni adottate

I quadri costituiti da profilati in acciaio adottati per le analisi hanno dimensioni 4 x 4 m e sono state discusse con l'Ingegnere Daniele Valentino e con il Prof. Daniele Peila dopo l'incontro avuto in miniera.

Le dimensioni dei quadri in acciaio sono superiori alle dimensioni dei quadri in legno presenti nella miniera. I quadri in acciaio devono essere impiegati in punti dove vi è la possibilità di criticità dei quadri in legno, soprattutto negli incroci dei tunnel (*figura 6*).

Nelle sezioni dove visivamente si nota una criticità dei quadri in legno (freccia del cappello e flessione della gamba troppo elevati), possono essere impiegati quadri in acciaio.

Rispetto alle dimensioni dei quadri in legno, i quadri in acciaio hanno dimensioni superiori.

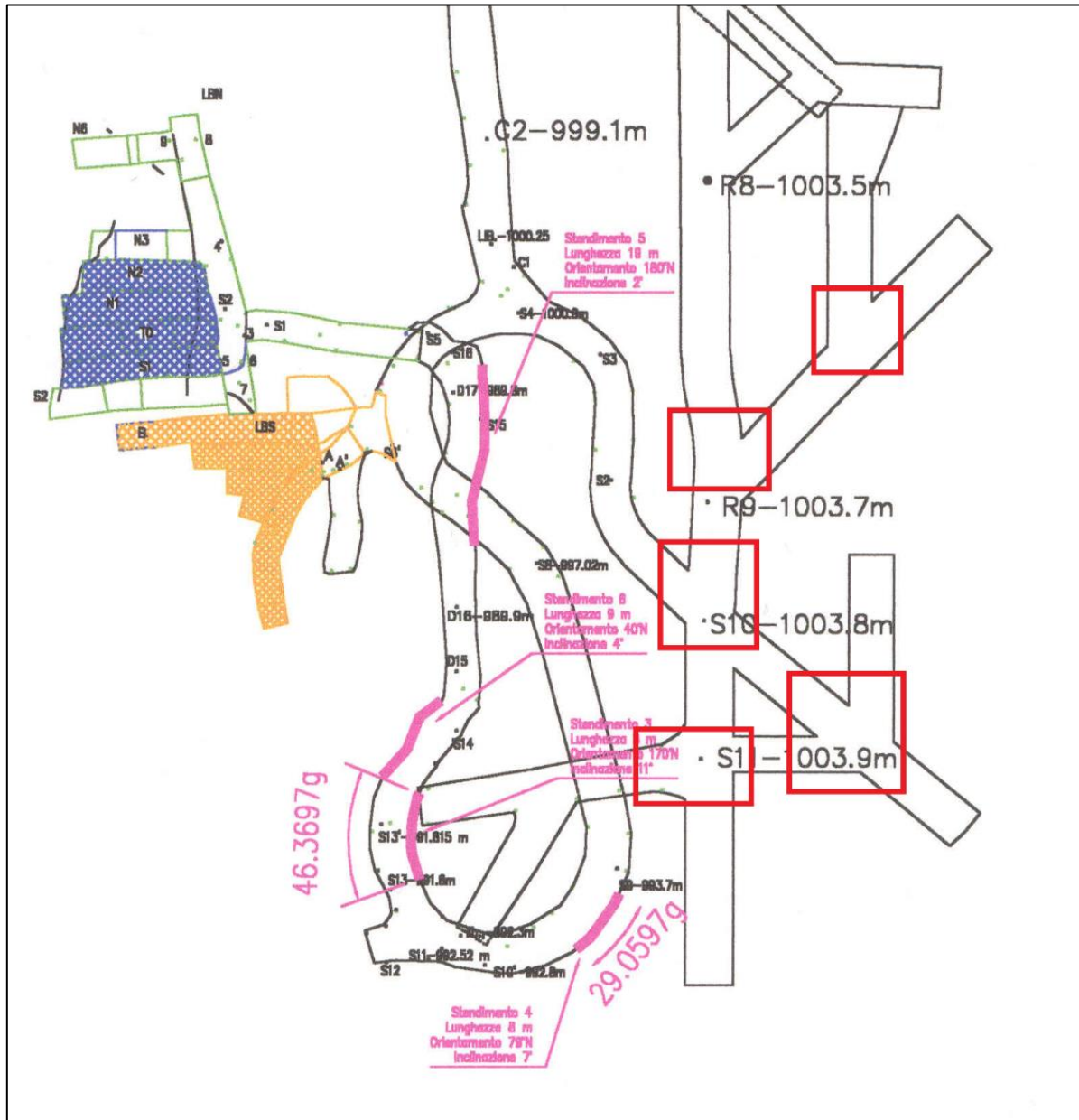


Figure 46 . Punti di incrocio all'interno della miniera dove vengono posizionati i quadri in acciaio

6. Prove sugli sbatacchi

6.1 Cosa sono e cosa servono gli sbatacchi



Figure 47 . Sbatacchi montati tra quadro e ammasso roccioso



Figure 48 . Inquadramento sbatacchi

All'interno della miniera vi è la necessità di costruire strutture di sostegno per i tunnel scavati avanzando durante l'estrazione del talco. Come descritto nei capitoli precedenti, questi sostegni sono costituiti da portali che possono essere di legno o di acciaio.

I tunnel scavati non hanno una geometria regolare a causa della grande variabilità di consistenza dell'ammasso roccioso, per cui i loro contorni hanno larghezze e altezze con scarti di parecchi centimetri.

Per fare in modo che i portali svolgano a pieno la loro funzione di sostegno bisogna che questi siano a contatto con l'ammasso roccioso: una volta scavato il tunnel la roccia è soggetta a rilassamento, con la conseguente riduzione della sezione del tunnel che causerebbe problemi al passaggio dei mezzi usati per lo scavo e l'estrazione.

Siccome i portali non vengono montati a misura per ogni sezione del tunnel, ma hanno dimensioni standard all'interno della miniera, nasce la necessità di interporre degli elementi che permettano il contatto portale-ammasso roccioso.

Questi elementi che fungono da puntoni, perché sottoposti a compressione assiale, sono costituiti da legno di acacia o di castagno e prendono il nome di “sbatacchi”. (Vedi [figura 41-42](#)) Per motivi economici e pratici è molto più semplice e veloce andare ad inserire gli sbatacchi tagliandoli, anche sul posto, della lunghezza necessaria.



Figure 49 . Montaggio del quadro in legno che poi verrà dotato di sbatacchi

Gli “sbatacchi” oltre a consentire il contatto tra quadro e ammasso roccioso hanno anche un ruolo importante sulla distribuzione dei carichi; grazie al loro inserimento il momento generato dai carichi verticali e orizzontali si riduce notevolmente (come viene mostrato in allegato sulle prove condotte con il software SAP 2000).

Ciò è dovuto alla composizione fisica del legno, un materiale elastico con grande resistenza sia a compressione che a flessione, come verrà illustrato più avanti sulle prove condotte in laboratorio sugli sbatacchi per verificare il carico di rottura per compressione assiale.

Per capire bene il comportamento meccanico degli sbatacchi bisogna accennare le proprietà reologiche del legno quando sottoposto ad una sollecitazione di compressione assiale.

Conviene analizzare separatamente i tre seguenti comportamenti del legno (*elastico*, *viscoelastico*).

Il comportamento *elastico* può essere schematicamente rappresentato su un diagramma carico-deformazione per carichi di breve durata ([figura 4](#))

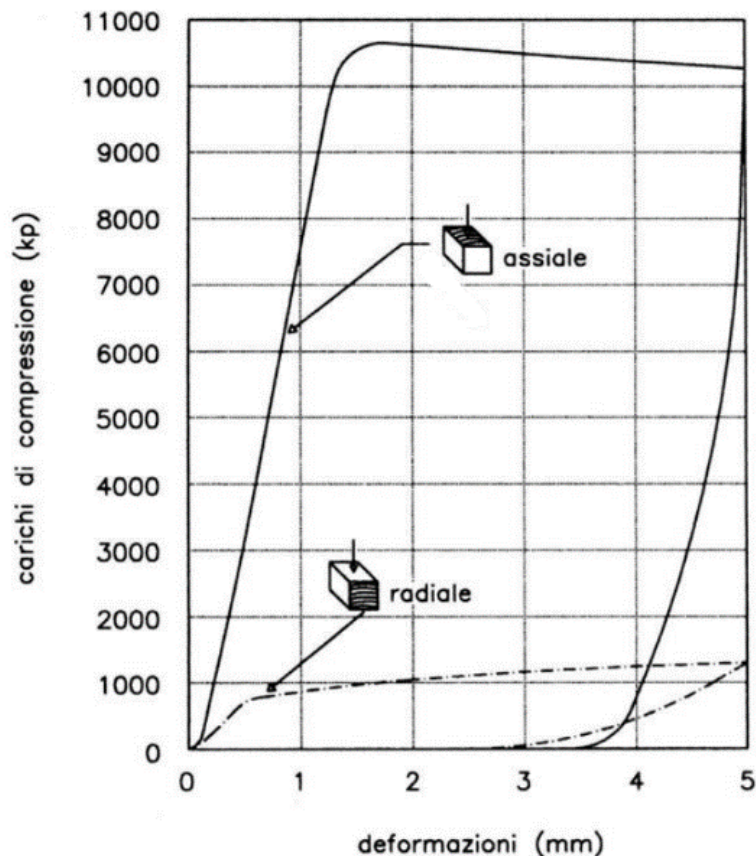


Figure 50 . Diagramma carico-deformazione

1. Secondo un andamento ben noto, simile p.es. a quello dei metalli, al crescere del carico applicato la deformazione cresce, dapprima *proporzionalmente* al carico (fino al *limite di proporzionalità*), quindi *più che proporzionalmente* (fino al *limite di elasticità*), poi subisce delle *deformazioni plastiche (irreversibili)*, infine giunge a *rottura*;
2. Se il carico non supera il limite di elasticità, ma viene ridotto fino ad annullarsi, anche la deformazione torna a zero (deformazione residua nulla, che nel legno può avvenire soltanto per carichi di breve durata; per carichi di durata non breve entra inevitabilmente in gioco anche lo scorrimento, v. oltre);
3. L'inclinazione del tratto rettilineo iniziale del diagramma (che in tale tratto segue la *legge di Hooke*) rappresenta la deformabilità del materiale: quanto meno esso è deformabile, tanto più l'inclinazione si avvicina alla verticale, tanto più elevato è il valore numerico del suo *modulo elastico E* (o *modulo di Young*);

4. Se la deformazione plastica prima della rottura è grande, il comportamento a rottura del materiale viene detto *duttile*; se prima della rottura tale deformazione plastica è molto piccola, od addirittura inesistente, il comportamento a rottura viene invece detto *fragile*.

Per quanto riguarda il legno, tipicamente:

1. in direzione *longitudinale* presenta modulo elastico e limite elastico elevati
in direzione *trasversale* presenta modulo elastico e limite elastico bassi.

Il comportamento *viscoelastico* si manifesta quando carichi costanti restano applicati per un tempo più o meno lungo, in condizioni di temperatura ed umidità costanti, ed è caratterizzato dall'aumento progressivo delle deformazioni col trascorrere del tempo, denominato *scorrimento* (in inglese: *creep*) ; esso si manifesta in vari materiali, e nel legno è tanto più accentuato quanto più è elevata la tensione applicata.

A titolo di esempio, nella *figura 4* la curva "b" rappresenta l'andamento (viscoelastico) della deformazione, quando il carico viene applicato istantaneamente, rimane costante per un certo periodo, quindi viene istantaneamente azzerato, in condizioni di umidità e temperatura costanti:

1. applicando istantaneamente il carico, si ottiene una *deformazione istantanea* (sostanzialmente corrispondente alla deformazione elastica);
2. mantenendo il carico costante, alla deformazione istantanea si aggiunge una *deformazione differita*, crescente nel tempo (aumentando fino a rottura, oppure crescendo asintoticamente verso un valore limite, a seconda dell'entità del carico in relazione alle caratteristiche del materiale);
3. azzerando istantaneamente il carico, la deformazione presenta una brusca diminuzione di tipo elastico (*recupero istantaneo*), seguita da una diminuzione più lenta (*recupero differito*), e tende asintoticamente ad una *deformazione permanente* (anche se il carico non ha mai superato il limite di elasticità, purché abbia agito per tempo sufficientemente lungo; se viceversa il carico ha agito per breve tempo, la deformazione residua vale zero).

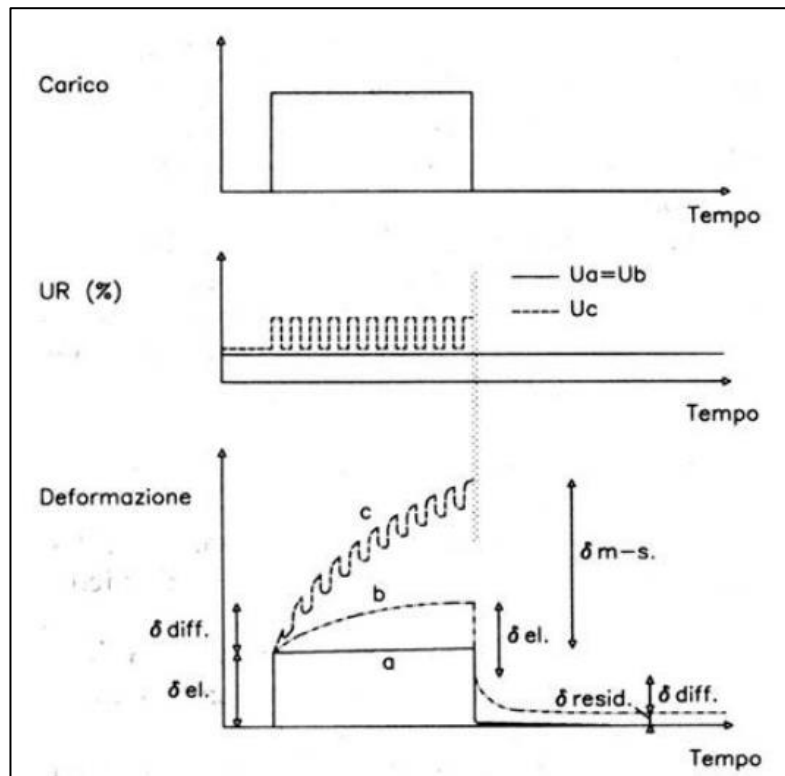


Figure 51 . Tipi di comportamento dovuti ai carichi

Ecco spiegato il motivo per cui lo sbatacchio consente di ridurre le deformazioni e il momento sulle gambe del quadro sui cui sono a contatto.

Lo “sbatacchio” funge da molla.

6.2 Prove condotte in laboratorio sugli sbatacchi

Prima di effettuare le prove sugli sbatacchi si sono prese le dimensioni geometriche dei campioni da sottoporre alla prova.

Sono state prese le dimensioni del diametro e l'altezza dei campioni in modo tale da poter calcolare l'area e successivamente il carico a rottura in Mpa.

I campioni da analizzare erano costituiti da legno di castagno e di acacia.

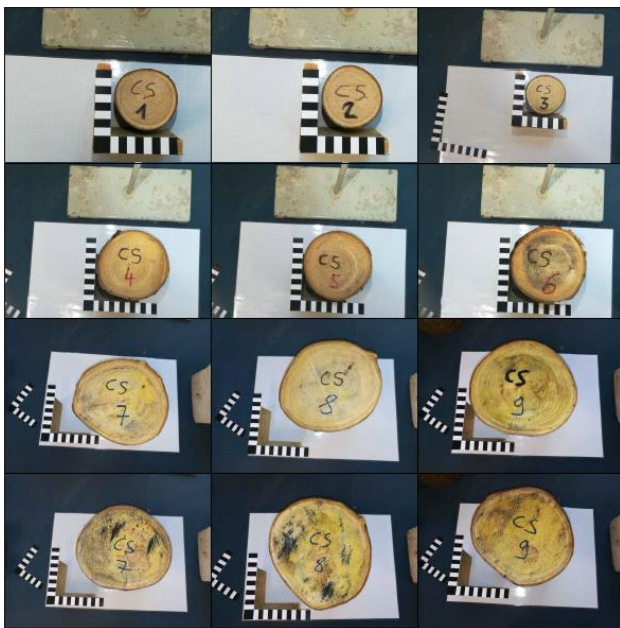


Figure 52 . Campioni sbatacchi in legno di castagno



Figure 53 . Campioni di sbatacchi in legno di acacia

Dopo aver preso le dimensioni, con l'ausilio del calibro centesimale, sono state scattate le foto con il riferimento a forma di "elle" a righe bianche e nere di larghezza 1 cm. (come è illustrato nelle [figura 5](#) e [figura 6](#)).

Le foto sono state importate in Autocad e scalate adeguatamente (grazie al riferimento utilizzato nelle fotografie a forma di elle), per misurare le aree dei diversi campioni in maniera precisa.

I risultati ottenuti sono riportati nella tabella seguente:

CASTAGNO					
ALTEZZE PROVINI [mm]	PESI PROVINI [g]	AREA INTERNA PROVINI [mm ²]	AREA CORTECCIA PROVINI [mm ²]	AREA TOTALE PROVINI [mm ²]	
75	222	4183.72	544.20	4727.92	
74.5	207	3987.66	462.52	4450.18	
78	236	4212.68	510.56	4723.24	
119	1097	12728.69	2094.88	14823.57	
119	1013	13088.63	1812.28	14900.91	
130	1380	14840.57	2376.35	17216.91	
179	3682	31367.04	2926.91	34293.95	36722.32
		35943.49	3207.19	39150.68	
180	3599	35390.15	2914.81	38304.96	38133.36
		35061.90	2899.87	37961.77	
181	3644	37347.24	3149.71	40496.94	39321.62
		35042.80	3103.50	38146.30	

PSEUDO ACACIA					
ALTEZZE PROVINI [mm]	PESI PROVINI [g]	AREA INTERNA PROVINI [mm ²]	AREA CORTECCIA PROVINI [mm ²]	AREA TOTALE PROVINI [mm ²]	
162	3004	25696.16	4336.69	30032.86	29536.65
		25970.14	3070.31	29040.45	
155	2817	25117.93	3615.28	28733.21	28374.33
		24655.45	3360.00	28015.45	
186	4992	47066.63	7597.95	54664.58	55702.12
		49187.85	7551.80	56739.65	
162	2948	25338.88	3352.98	28691.86	28990.59
		26098.19	3191.13	29289.32	
180	5096	47402.70	5282.06	52684.76	51161.86
		43674.22	5964.73	49638.95	
192	4785	42184.97	6613.88	48798.85	50463.23
		47373.23	4754.38	52127.61	

Tabella 70. Dati geometrici dei campioni di sbatacchi

Successivamente si è andati in laboratorio con i campioni e si sono effettuate le prove di rottura per compressione assiale con l'ausilio della pressa a disposizione nel laboratorio del Politecnico.



Figure 54 . Campione di sbatacchio sottoposto a prova di rottura per compressione



*Figure 55 . Prova di compressione con conseguente spanciamento
del campione portato a rottura*

Le prove condotte in laboratorio sugli sbatacchi sono state prove a rottura per compressione assiale.

Grazie al quadro analogico della pressa è stato possibile rilevare il carico di rottura della pressa in kg.

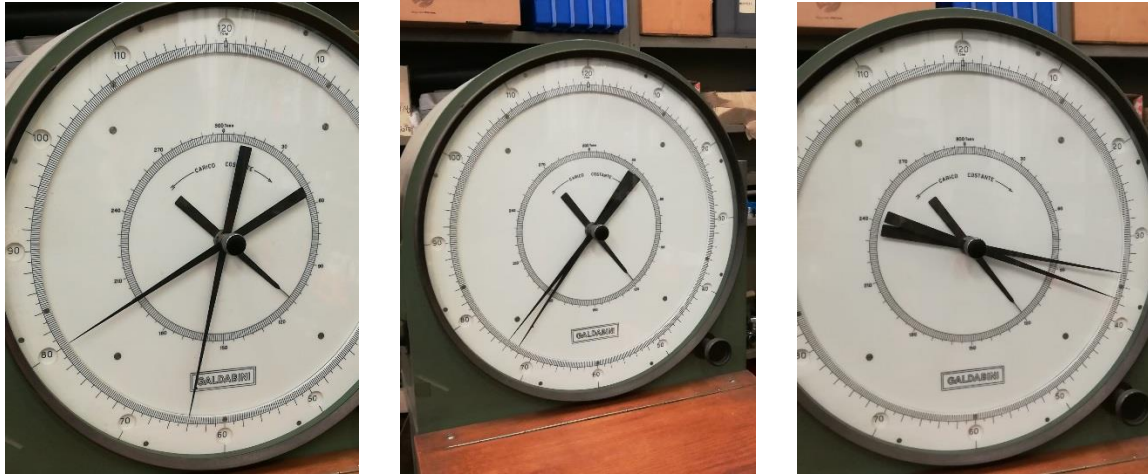


Figure 56 . Quadro analogico della pressa di laboratorio per la lettura del carico di rottura

Terminate le prove, sono state scelte tre diverse lunghezze degli sbatacchi (in accordo con quanto visto e con le lunghezze più adottate in miniera) per poterne determinare le rigidezze utilizzate successivamente per le analisi condotte con il software di calcolo SAP 2000.

La formula utilizzata per il calcolo della rigidezza è la seguente:

$$K = \frac{E \cdot A}{L}$$

Dove:

- K : rigidezza in $\frac{kN}{m}$
- E : modulo elastico in $\frac{N}{mm^2}$
- A : area del campione in mm^2

Nella tabella sottostante vengono riportate le rigidezze degli sbatacchi calcolate per i due diversi tipi di legno: castagno e pseudo-acacia.

CASTAGNO	L [cm]				E [Mpa]	K [KN/m]			
	A [mm2]	50	60	70	80				
	4727.92	50	60	70	80	109688	91406	78348	68555
	4450.18	50	60	70	80	103244	86037	73746	64528
	4723.24	50	60	70	80	109579	91316	78271	68487
	14823.57	50	60	70	80	343907	286589	245648	214942
	14900.91	50	60	70	80	345701	288084	246929	216063
	17216.91	50	60	70	80	399432	332860	285309	249645
	36722.32	50	60	70	80	851958	709965	608541	532474
	38133.36	50	60	70	80	884694	737245	631924	552934
	39321.62	50	60	70	80	912262	760218	651615	570163

PSEUDO ACACIA	L [cm]				E [Mpa]	K [KN/m]			
	A [mm2]	50	60	70	80				
	29536.6506	50	60	70	80	886100	738416	632928	553812
	28374.32965	50	60	70	80	851230	709358	608021	532019
	55702.11705	50	60	70	80	1671064	1392553	1193617	1044415
	28990.5891	50	60	70	80	869718	724765	621227	543574
	51161.85575	50	60	70	80	1534856	1279046	1096325	959285
	50463.2293	50	60	70	80	1513897	1261581	1081355	946186

Tabella 71. Tabelle con le rigidezze calcolate.

7. Conclusioni

All'interno della miniera è fondamentale la presenza dei quadri, sia in legno che in acciaio.

Per tali ragioni si è ritenuto opportuno studiare il loro comportamento, capirne le differenti peculiarità, prospettare il loro uso a seconda dei contesti e delle necessità contingenti per rendere il lavoro in miniera più agevole senza trascurare di operare in totale sicurezza.

L'utilizzo dei quadri in acciaio all'interno della miniera è di recente applicazione: questa innovazione è stata introdotta nei punti di incrocio e in alcuni tratti della miniera dove i quadri in legno venivano ad essere troppo fitti e troppo ingombranti per far fronte ai carichi agenti dell'ammasso roccioso.

Le dimensioni e la geometria dei quadri in legno, come illustrato nel capitolo 4, sono 2.7m il cappello e 3.5m le gambe; alle stesse dimensioni i quadri in acciaio avrebbero una funzionalità molto superiore, per equiparare la quale servirebbero sezioni dei tronchi maggiorate (oltre i 22-24 cm di diametro) comportando altresì una messa in opera e un montaggio di notevole difficoltà; inoltre aumentando i diametri dei tronchi si riduce notevolmente la sezione dei tunnel, limitando il passaggio dei mezzi utilizzati in miniera.

Con l'utilizzo dei quadri in acciaio questi problemi possono essere bypassati.

I quadri in acciaio possono arrivare a lunghezze maggiori rispetto a quelli in legno, con il vantaggio che le sezioni dei profilati a parità di lunghezza hanno un ingombro nettamente inferiore.

Con lo studio dei quadri in acciaio fatto attraverso il software SAP 2000, ho avuto modo di capire e vedere l'andamento delle sollecitazioni e soprattutto le deformazioni dei quadri metallici sotto l'azione dei carichi; provando diversi tipi di profilato metallico (dall' HEB 180 all' HEB 260) si è potuto individuare il migliore in prestazione sotto carico.

Dall'allegato con tutti i casi studiati si notano le deflessioni dei profilati sotto l'azione dei carichi dell'ammasso roccioso; in base alle dimensioni scelte e discusse per tali quadri (4x 4 m) e al carico scelto per dimensionarli e verificarli, il profilato considerato HEB 180, benchè non abbia grandi valori di freccia sia per quanto riguarda il cappello sia per la deflessione delle gambe causate dalle spinte orizzontali della parete rocciosa, risulta inidoneo non soddisfacendo le verifiche di freccia imposte all' EC 3 (capitolo 4).

Per poter soddisfare tali verifiche e poter avere un riscontro positivo, ho studiato altri tipi di profilato soggetti a carichi via via crescenti.

La difficoltà più incontrata in ambito minerario è stata la scelta dei carichi.

I carichi scelti per dimensionare i quadri, oggetto delle mie analisi, sono stati discussi lungamente con l'ingegnere della miniera Daniele Valentini e con il relatore Daniele Peila in diversi incontri avvenuti direttamente sul posto.

La scelta fatta ha considerato un peso specifico medio tra diversi componenti di ammasso roccioso che possono riscontrarsi in miniera, quindi la dimensione dei quadri che risulta dall'applicazione di tali carichi è cautelativa.

Alla fine delle analisi fatte sono arrivato a individuare le dimensioni più adeguate da utilizzare per i quadri metallici: HEB 260 per il cappello (trave orizzontale) e HEB 260 per le gambe (pilastri).

Accanto ai vantaggi già esposti, i quadri in acciaio presentano anche svantaggi: primo fra tutti il costo dei profilati, che limita il loro uso solo in punti che presentano criticità e non su larga scala. Altro problema è l'incastro tra gamba e cappello, che dovendo comportare una saldatura a regola d'arte per creare un incastro perfetto, richiede personale qualificato, con maggiorazione dei costi rispetto ai quadri in legno di più semplice assemblaggio.

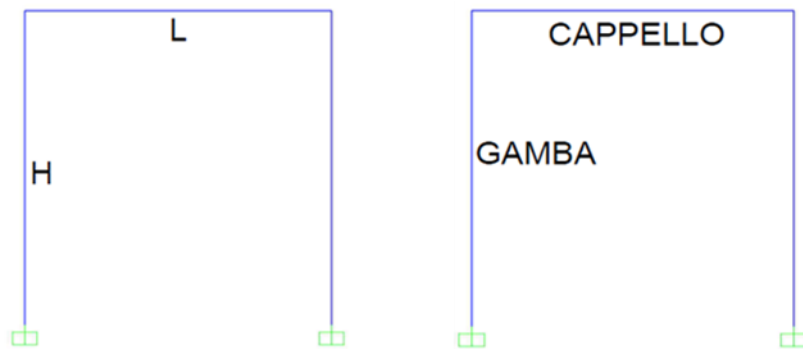
Nonostante questi svantaggi ritengo che l'uso dei quadri in metallo debba essere considerato in maniera più massiva.

ALLEGATO CON LE ANALISI EFFETTUATE UTILIZZANDO SAP 2000

ANALISI N° 1

SCHEMA STATICO

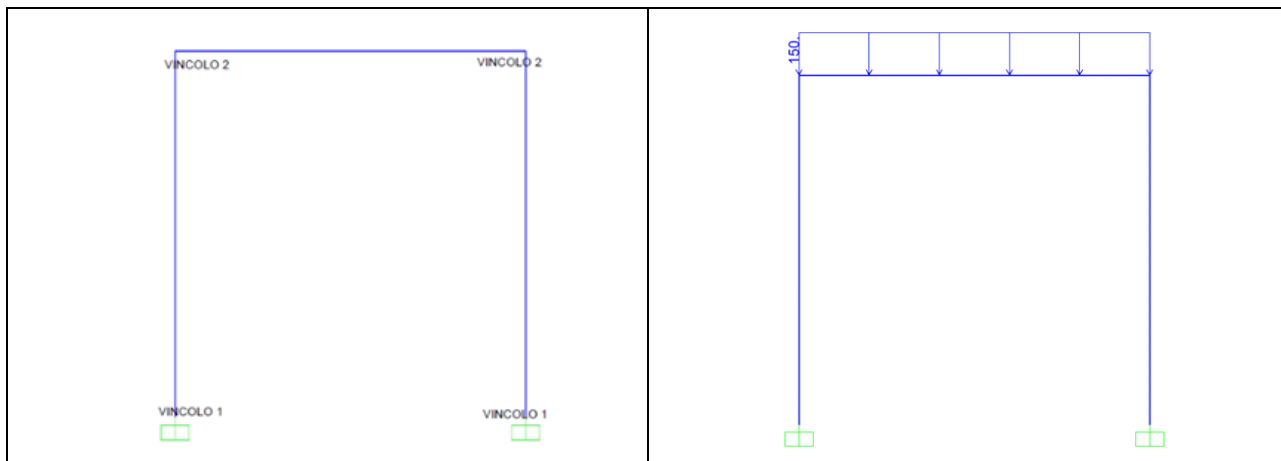
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

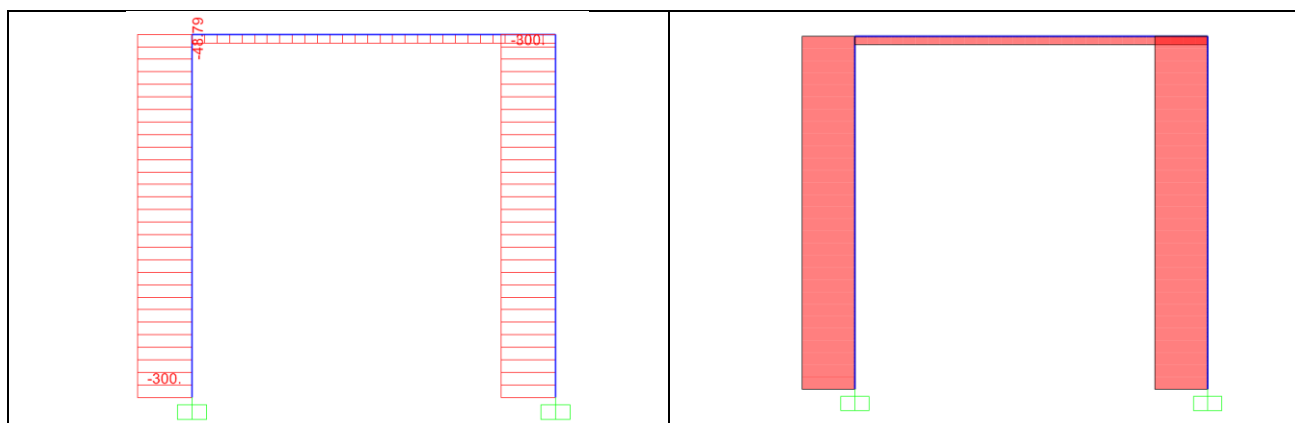
SCHEMA STATICO

Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	150

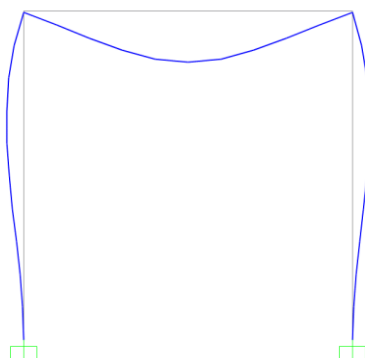
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	49
Gambe (valore costante) [kN]	300

Deformata elastica



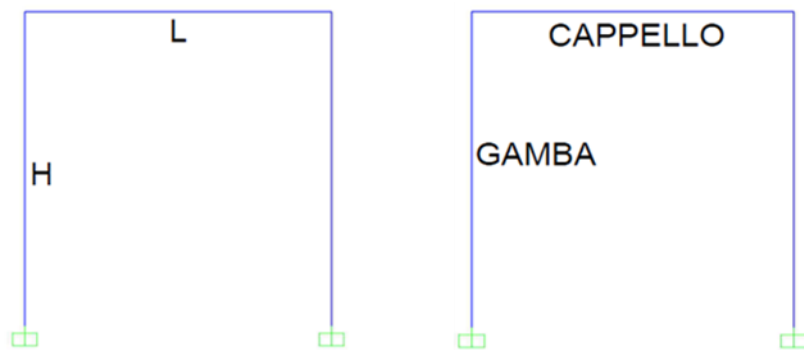
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	3
Deflessione gamba (a 2.6m) [cm]	1

ANALISI N° 2

SCHEMA STATICO

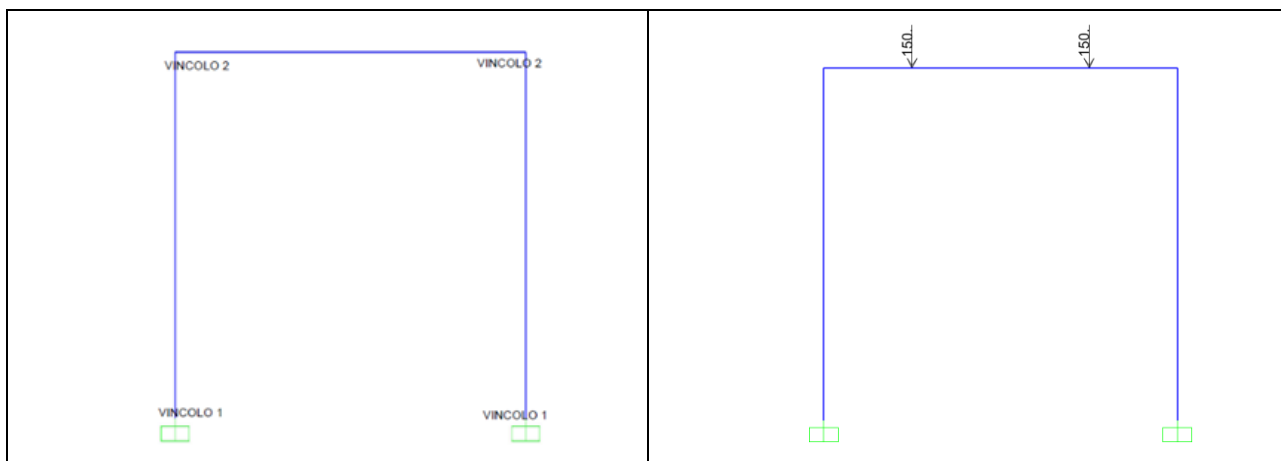
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

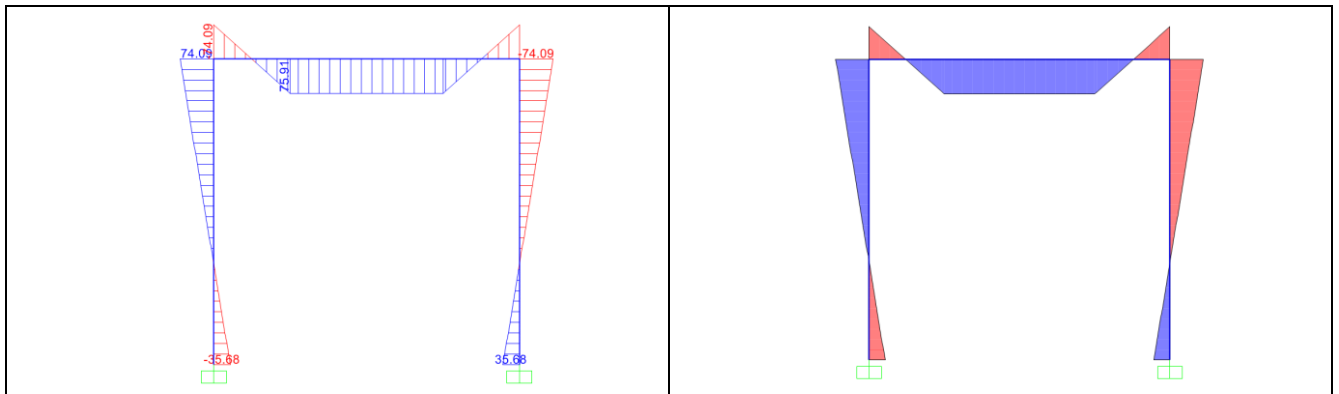
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Puntuale
Valore del carico [kN]	150

RISULTATI

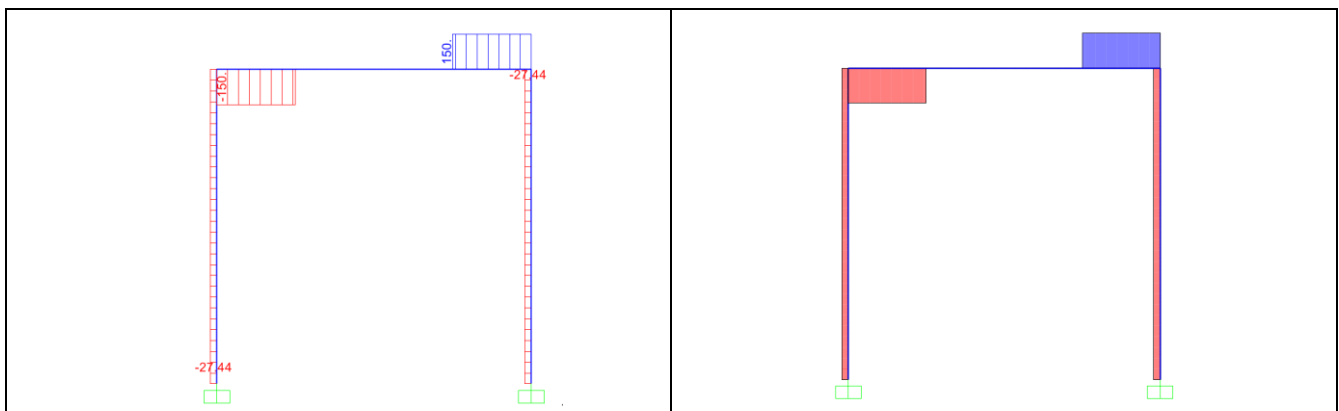
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	76
Estremo destro cappello [kNm]	74
Estremo sinistro cappello [kNm]	74
Estremo superiore gambe [kNm]	74
Estremo inferiore gambe [kNm]	36

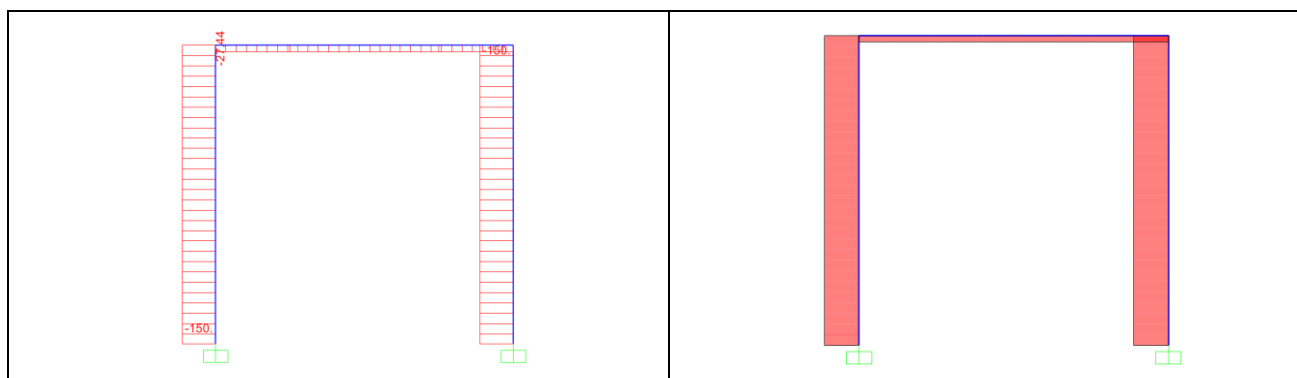
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremi cappello [kN]	150
Gambe (valore costante)[kN]	27

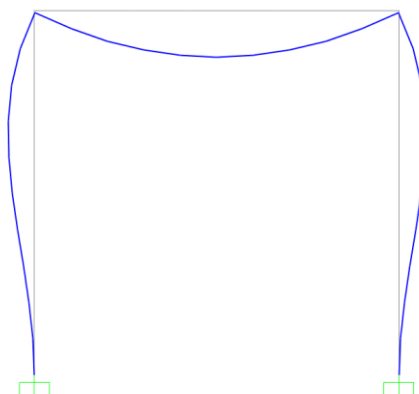
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	27
Gambe (valore costante) [kN]	150

Deformata elastica



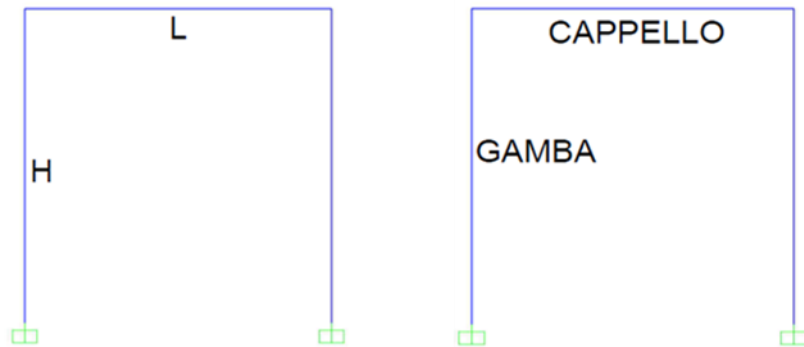
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.6
Deflessione gamba (a 2.6m) [cm]	0.5

ANALISI N° 3

SCHEMA STATICO

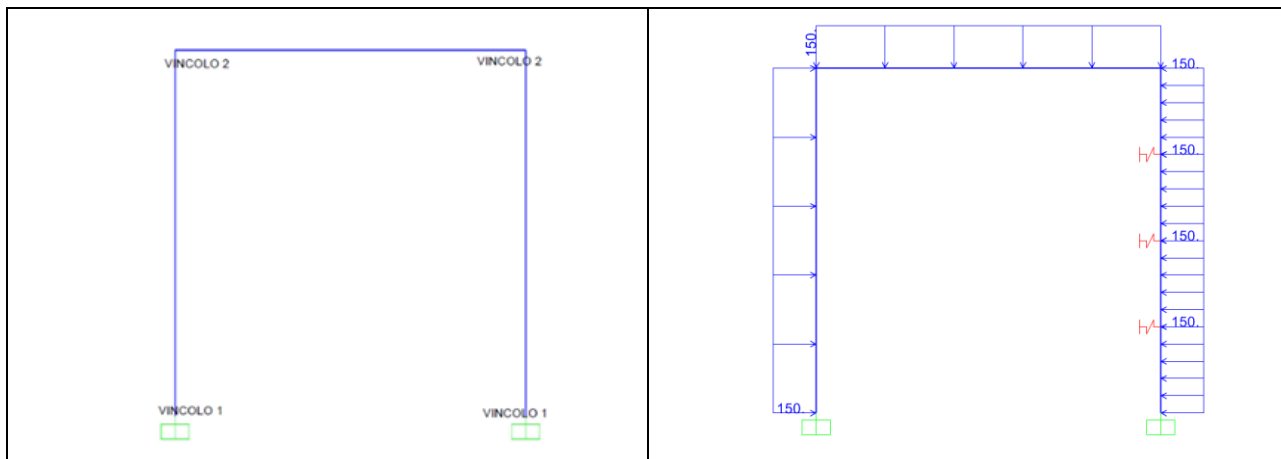
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

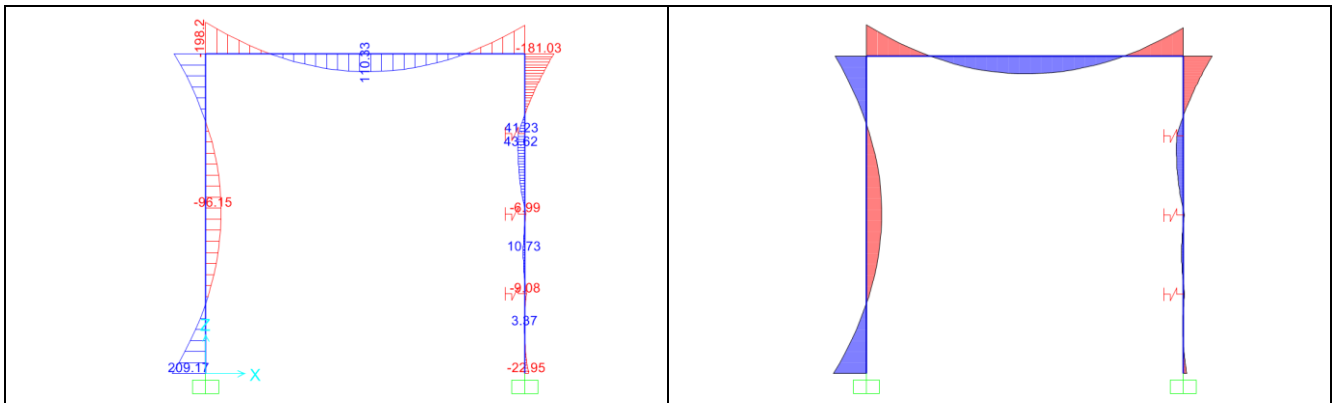
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Molle con rigidezza $\left[\frac{kN}{m}\right]$	285308.84
Valore del carico [kN]	150

RISULTATI

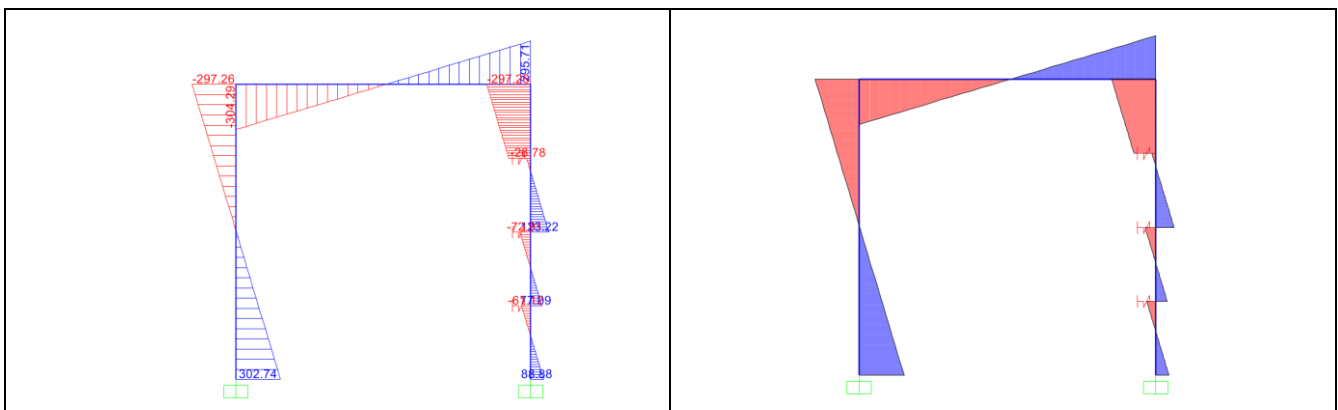
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	110
Estremo destro cappello [kNm]	181
Estremo sinistro cappello [kNm]	198
Mezzeria gamba sinistra [kNm]	96
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	209
Estremo superiore gamba destra [kNm]	181

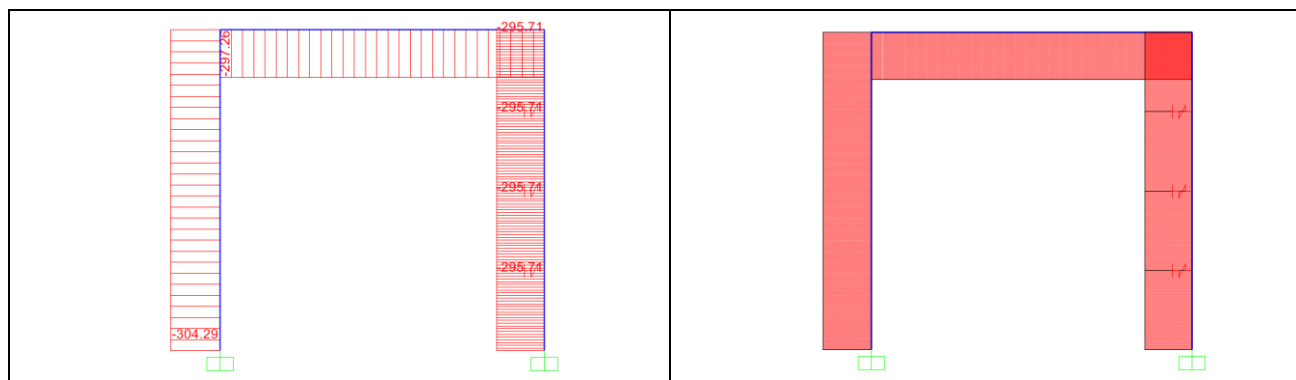
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo destro cappello [kN]	296
Estremo sinistro cappello [kN]	304
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	297
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	303
Estremo superiore gamba destra [kN]	297

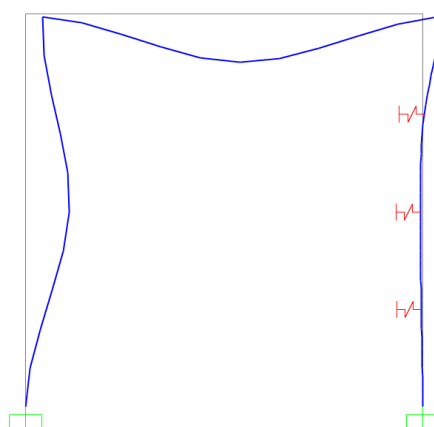
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	297
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	304
Gamba destra (valore costante) [kN]	296

Deformata elastica



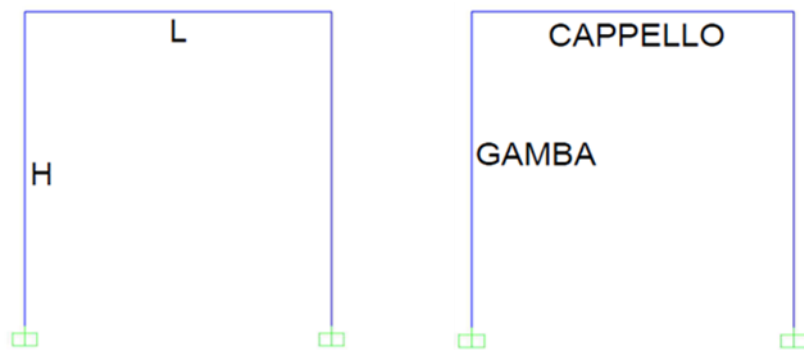
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.5
Deflessione gamba (a 2 m) [cm]	1.6

ANALISI N° 4

SCHEMA STATICO

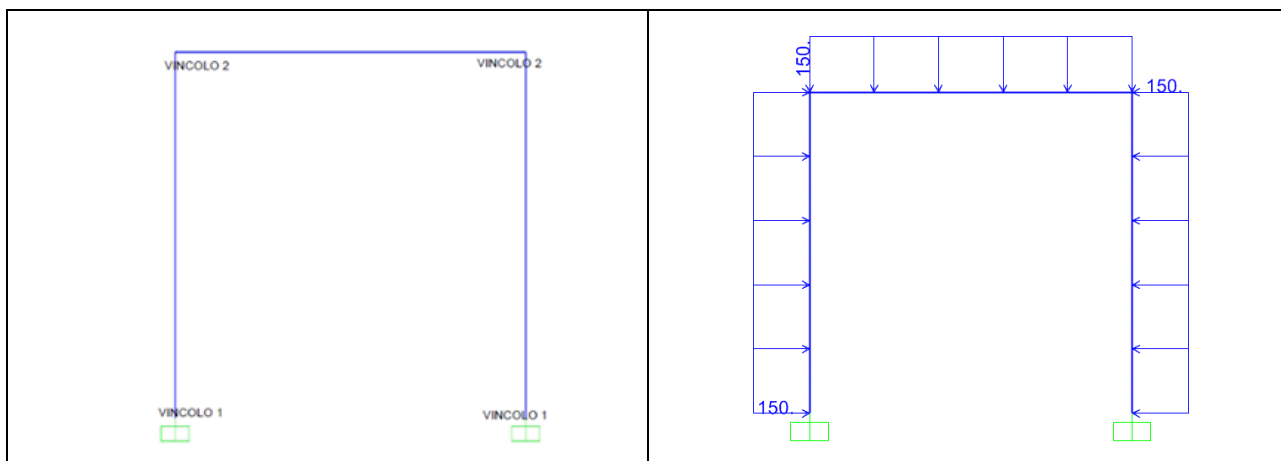
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

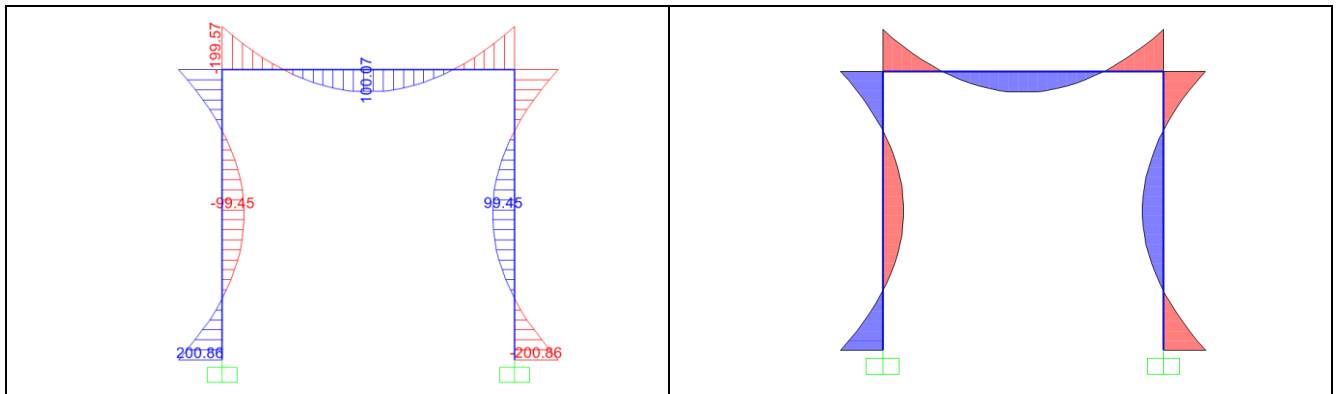
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	150

RISULTATI

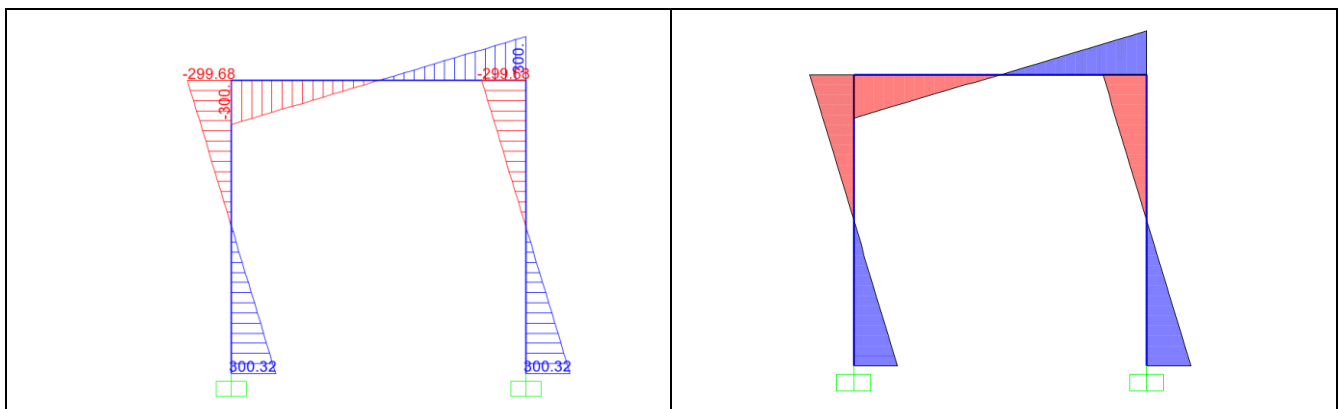
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	100
Estremi cappello [kNm]	199
Estremi superiori gambe [kNm]	199
Mezzeria gambe [kNm]	99
Estremi inferiori gambe [kNm]	201

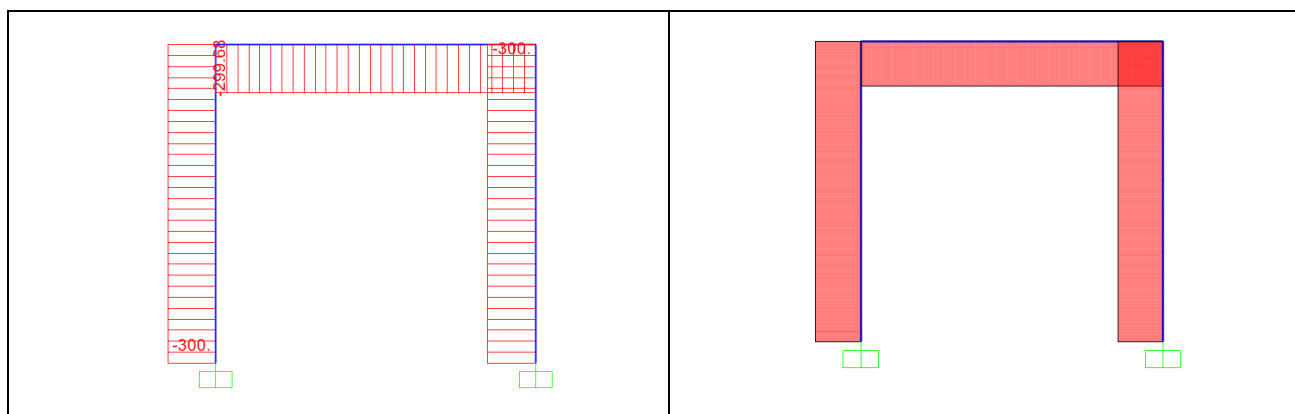
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremi cappello [kN]	300
Estremo superiore gambe [kN]	300
Estremo inferiore gambe [kN]	300

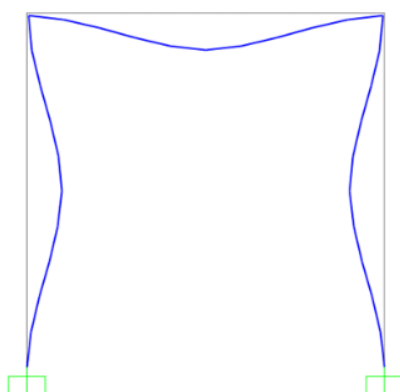
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	300
Gambe (valore costante) [kN]	300

Deformata elastica



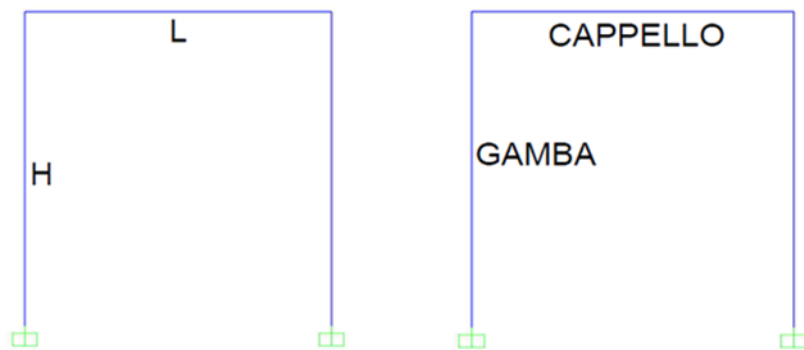
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.3
Mezzeria gambe [cm]	1.3

ANALISI N° 5

SCHEMA STATICO

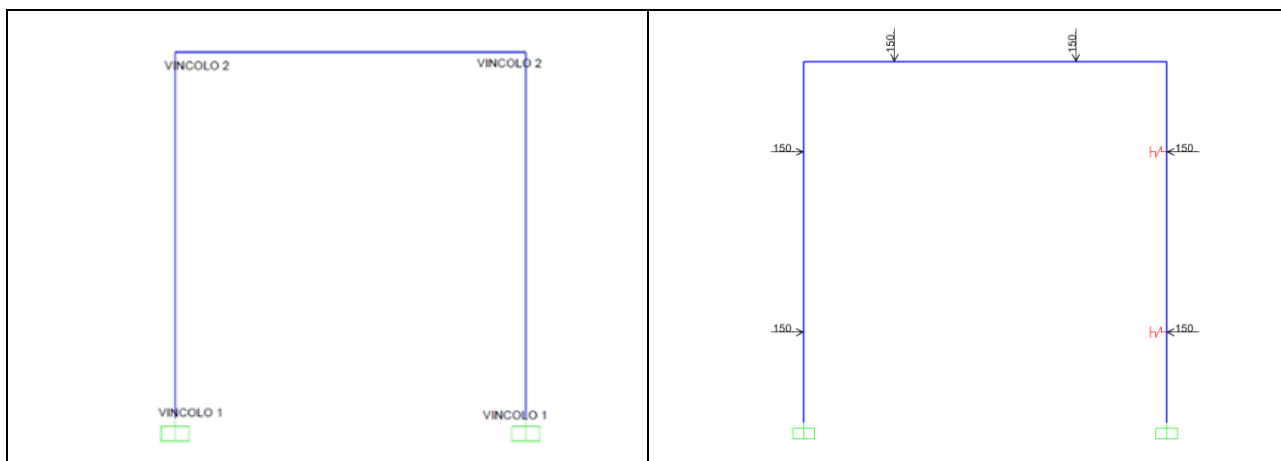
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

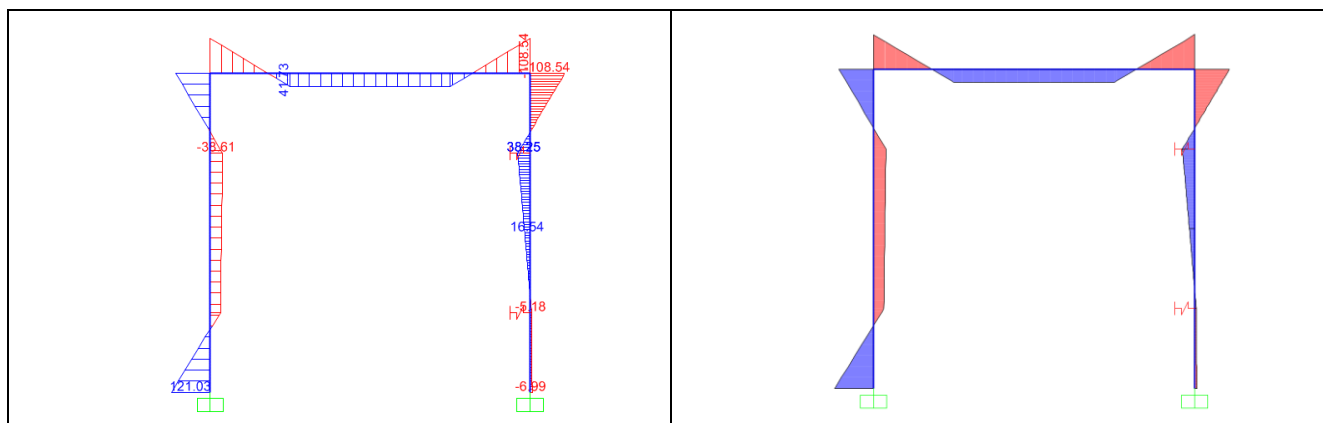
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Puntuale
Molle con rigidezza [kN/m]	285308.84
Valore del carico [kN]	150

RISULTATI

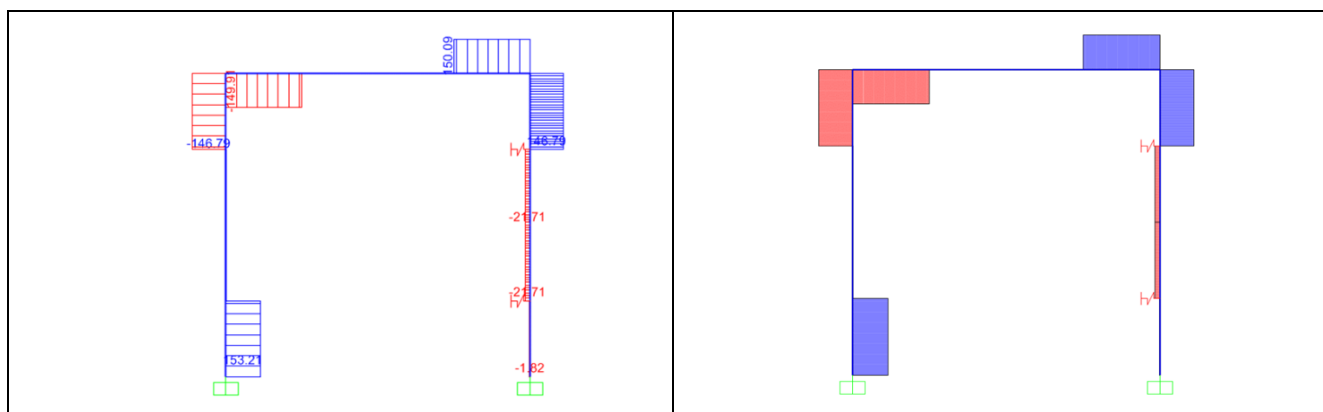
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	42
Estremo destro cappello [kNm]	108
Estremo sinistro cappello [kNm]	108
Estremo superiore gambe [kNm]	108
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	121

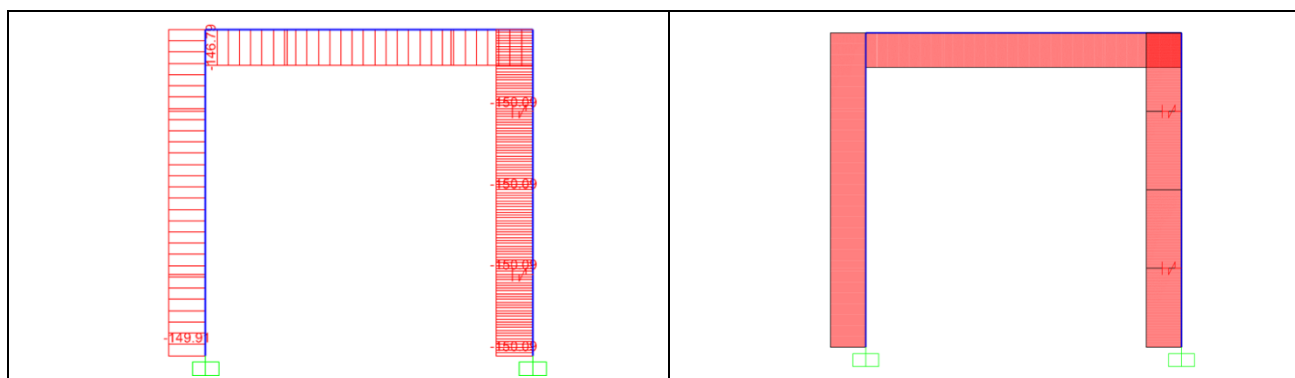
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremi cappello [kN]	150
Estremi superiori gambe[kN]	150
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	153
Mezzeria gamba destra [kN]	22

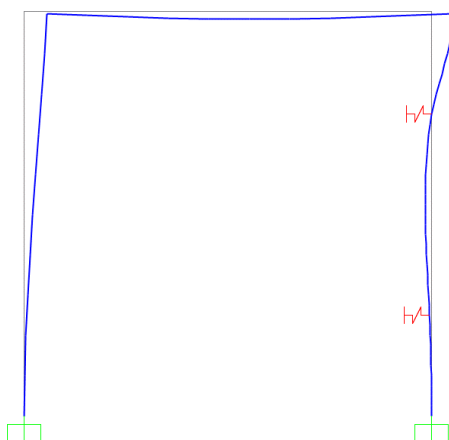
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	147
Gamba sinistra [kN]	150
Gamba destra [kN]	150

Deformata elastica



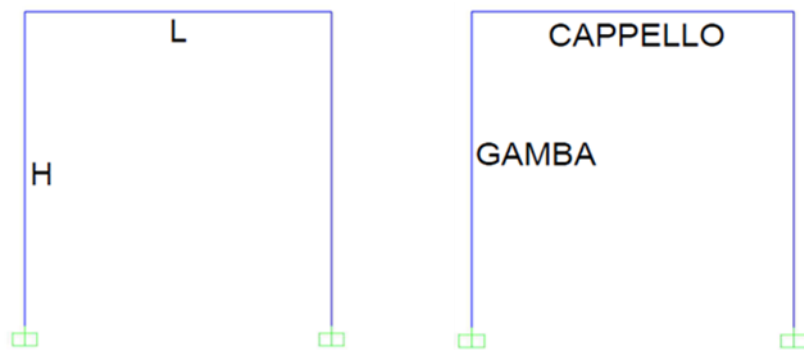
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	0.7
Deflessione gamba (a 2.3m) [cm]	0.8

ANALISI N° 6

SCHEMA STATICO

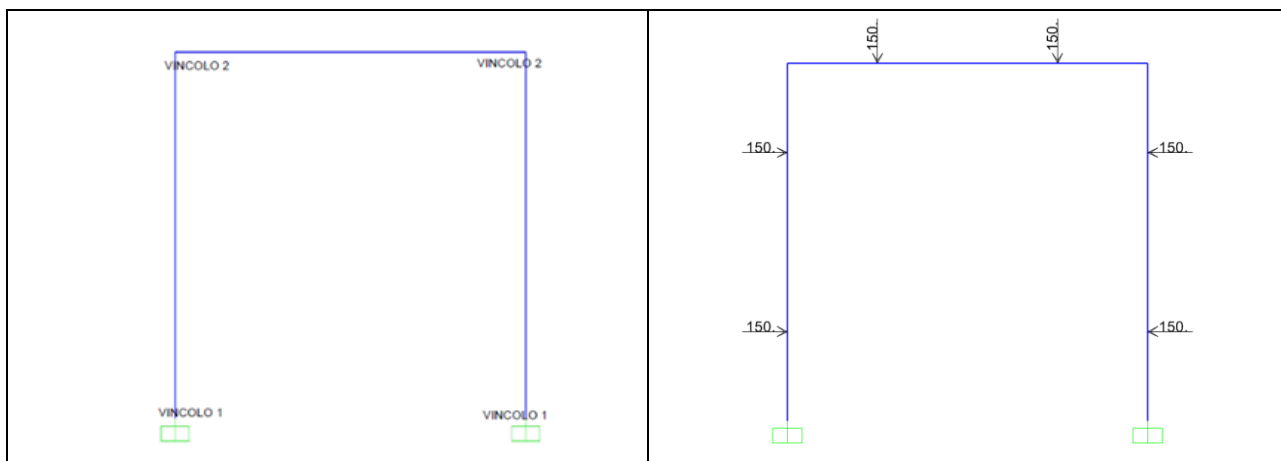
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

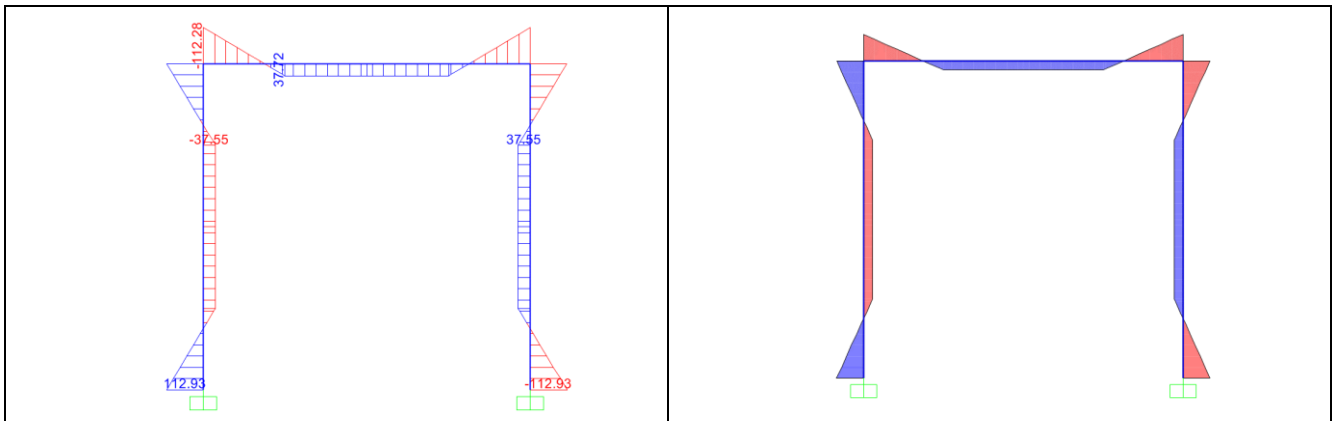
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Puntuale
Valore del carico [kN]	150

RISULTATI

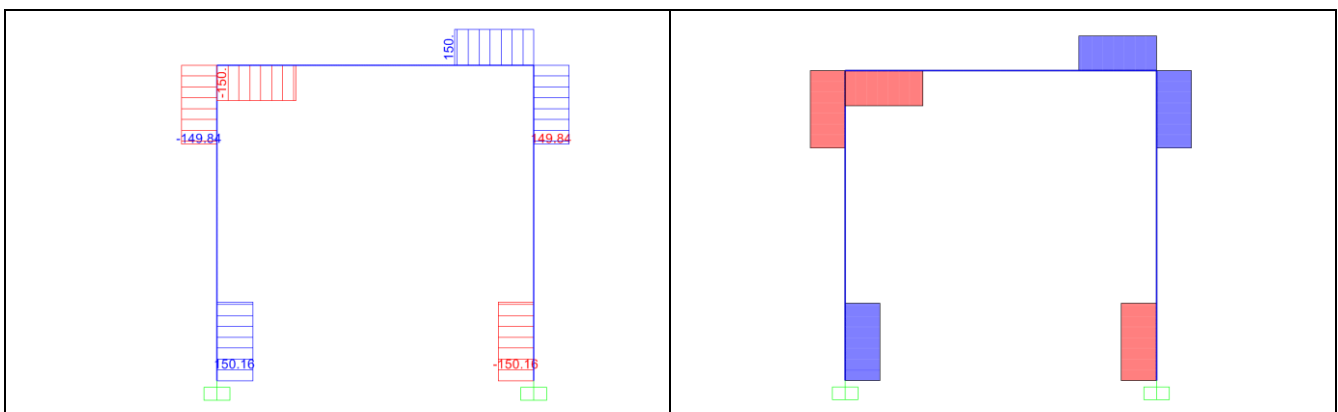
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	38
Estremo destro cappello [kNm]	112
Estremo sinistro cappello [kNm]	112
Estremo superiore gambe [kNm]	112
Mezzeria gambe [kNm]	38
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	113

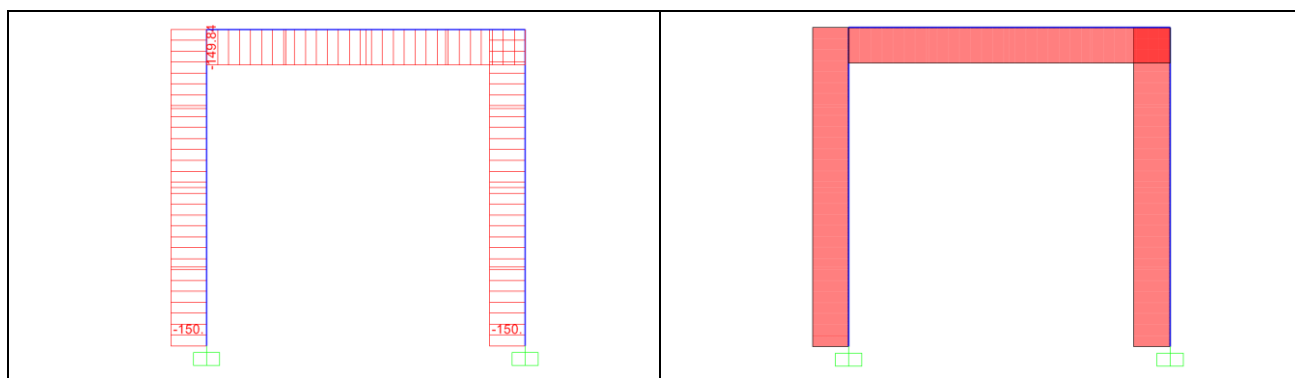
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremi cappello [kN]	150
Estremi superiori gambe[kN]	150
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	150

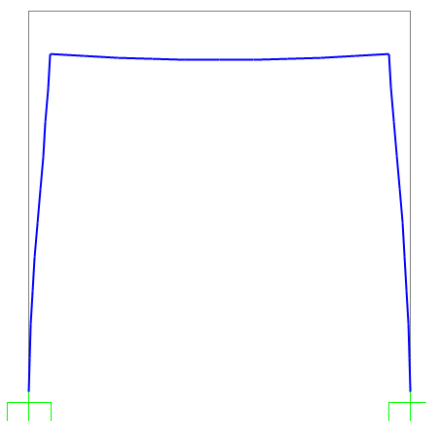
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	150
Gambe (valore costante) [kN]	150

Deformata elastica



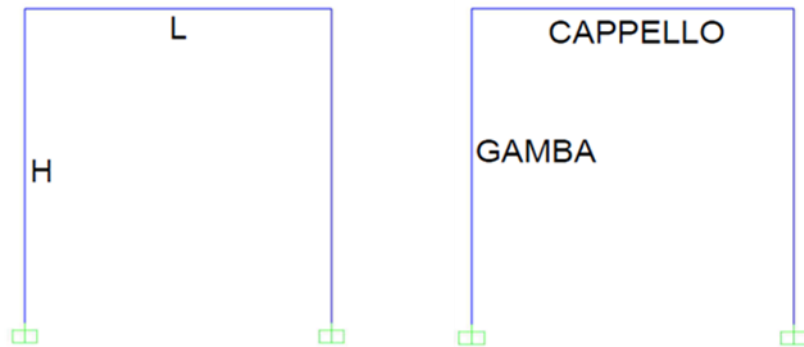
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	
Deflessione gamba (a 2.3m) [cm]	

ANALISI N° 7

SCHEMA STATICO

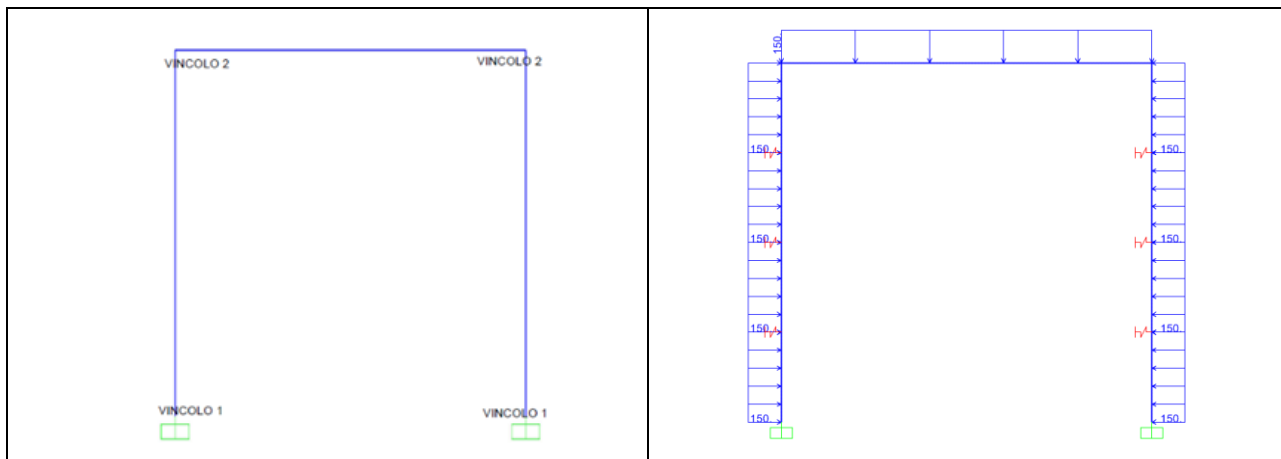
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

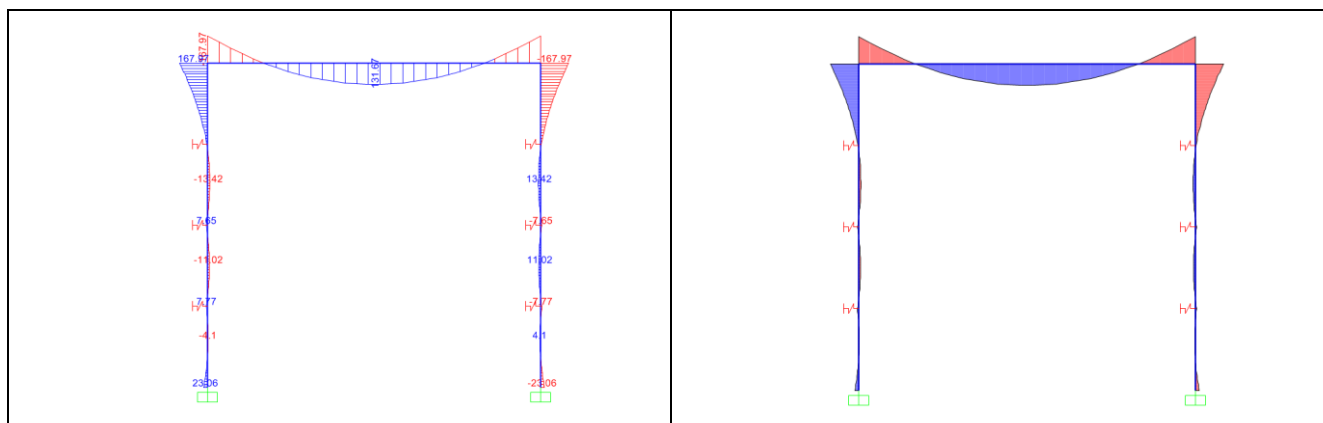
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Puntuale
Molle con rigidezza [kN/m]	285308.84
Valore del carico [kN]	150

RISULTATI

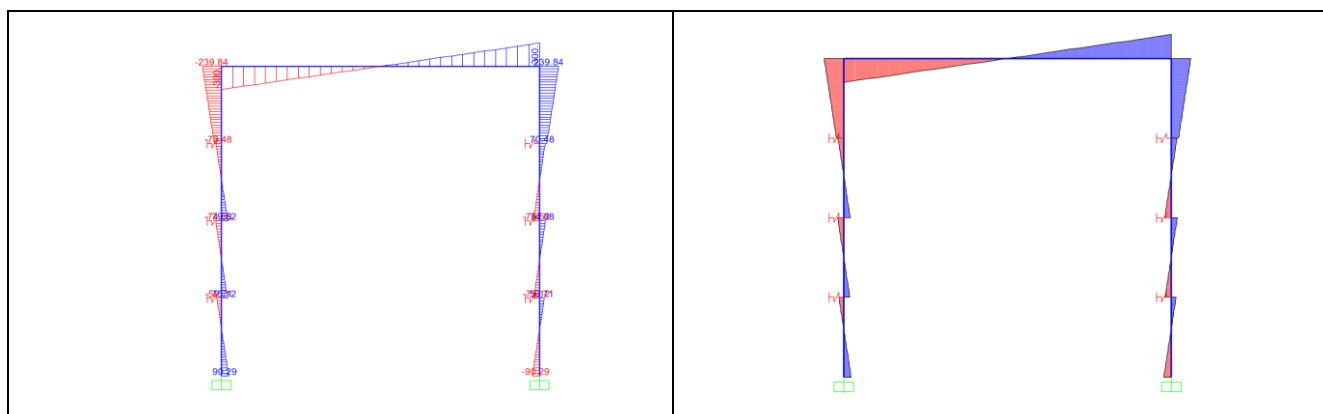
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	132
Estremo destro cappello [kNm]	168
Estremo sinistro cappello [kNm]	168
Estremo superiore gambe [kNm]	168

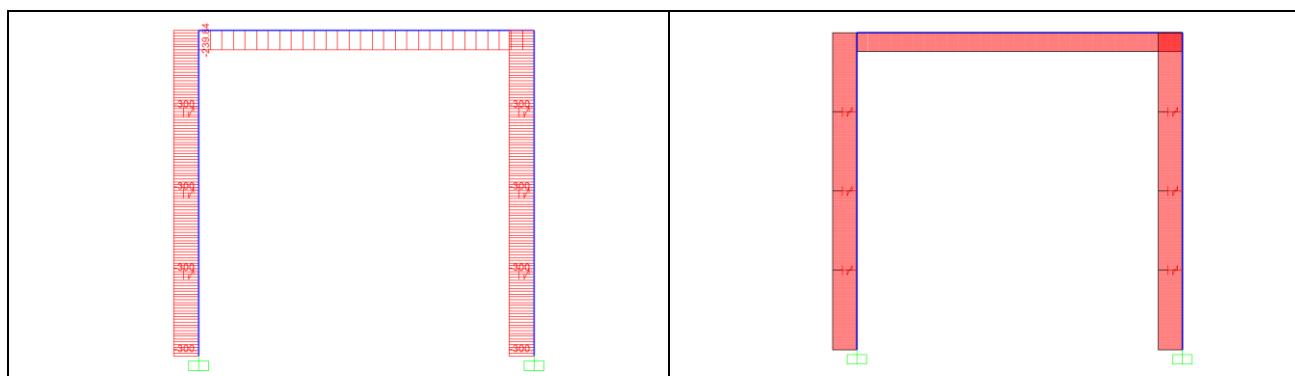
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremi cappello [kN]	300
Estremi superiori gambe[kN]	240

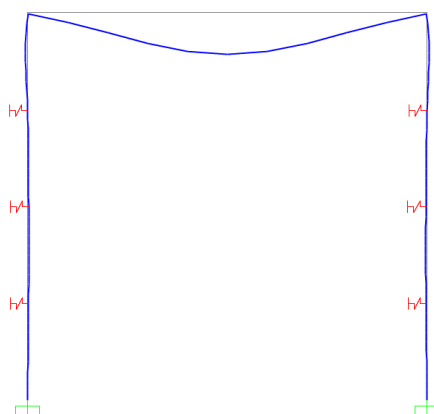
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	240
Gamba sinistra [kN]	300
Gamba destra [kN]	300

Deformata elastica



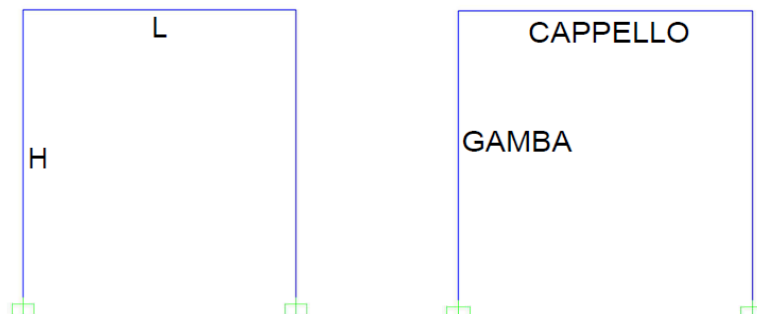
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	3
Deflessione gamba (a 3.8 m) [cm]	0.2

ANALISI N° 8

SCHEMA STATICO

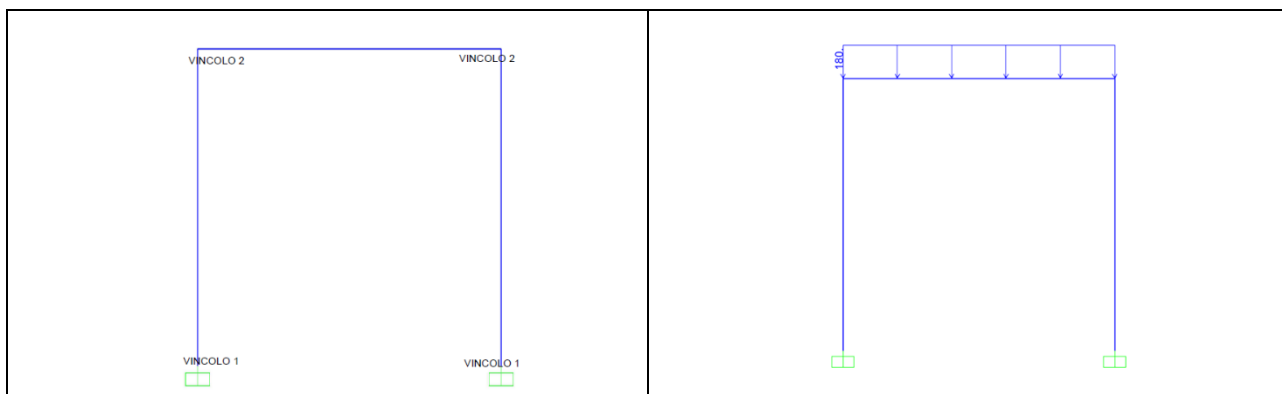
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

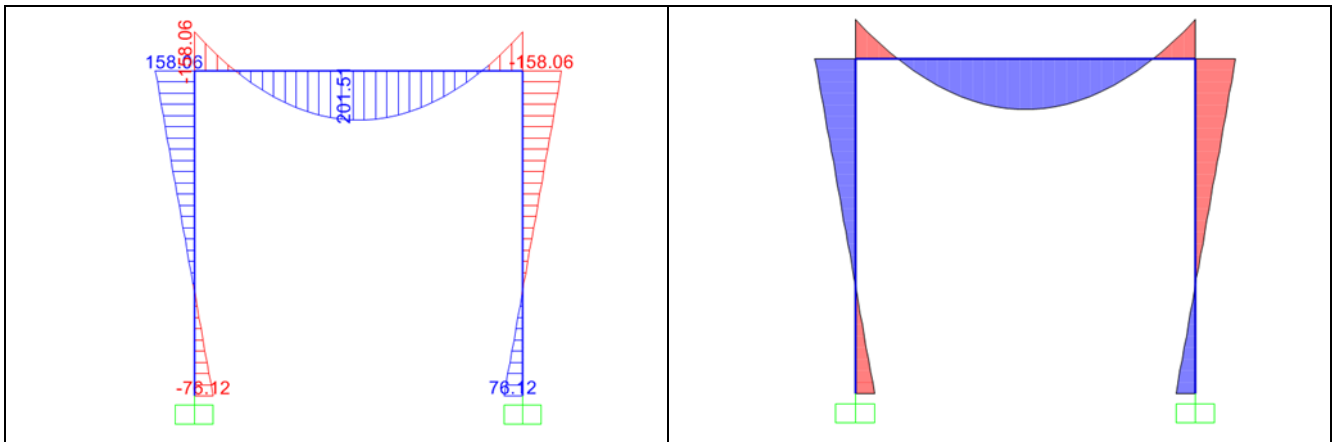
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 : incastro - Vincolo 2 : connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico $\left[\frac{kN}{m}\right]$	180

RISULTATI

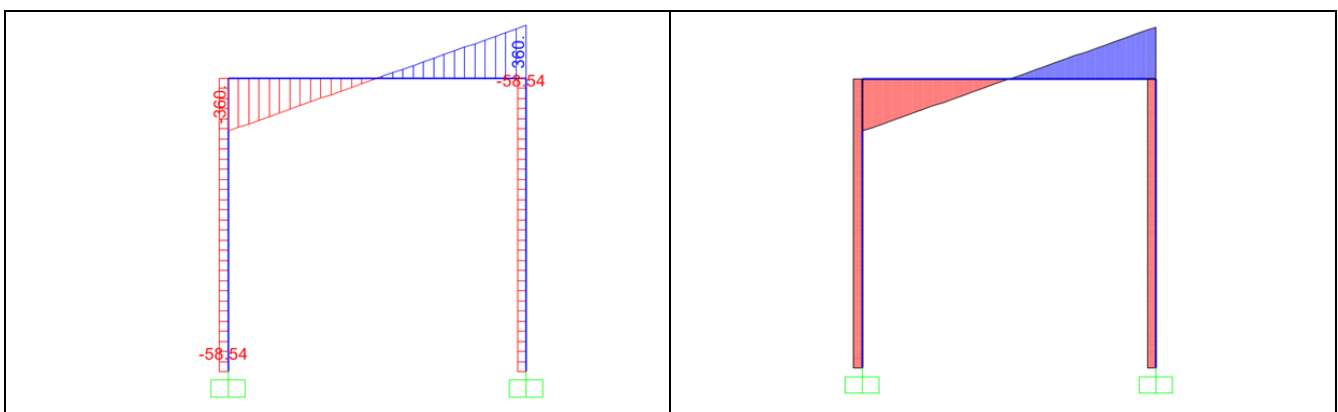
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	201
Estremo destro cappello [kNm]	158
Estremo sinistro cappello [kNm]	158
Estremo superiore gamba destra [kNm]	158
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	158
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	76
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	76

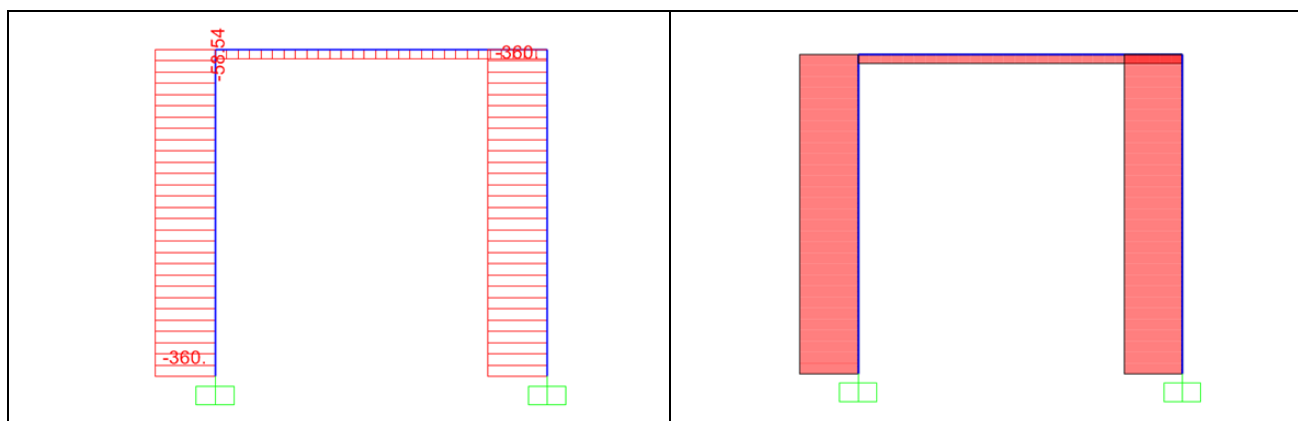
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremi cappello [kN]	360
Gambe (valore costante)[kN]	58

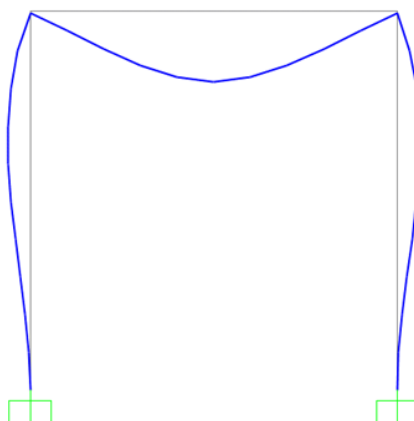
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	58
Gambe (valore costante) [kN]	360

Deformata elastica



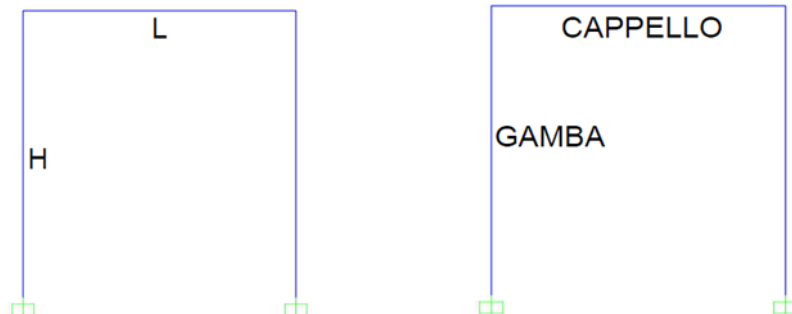
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	4
Deflessione gamba (2 m) [cm]	1.8

ANALISI N° 9

SCHEMA STATICO

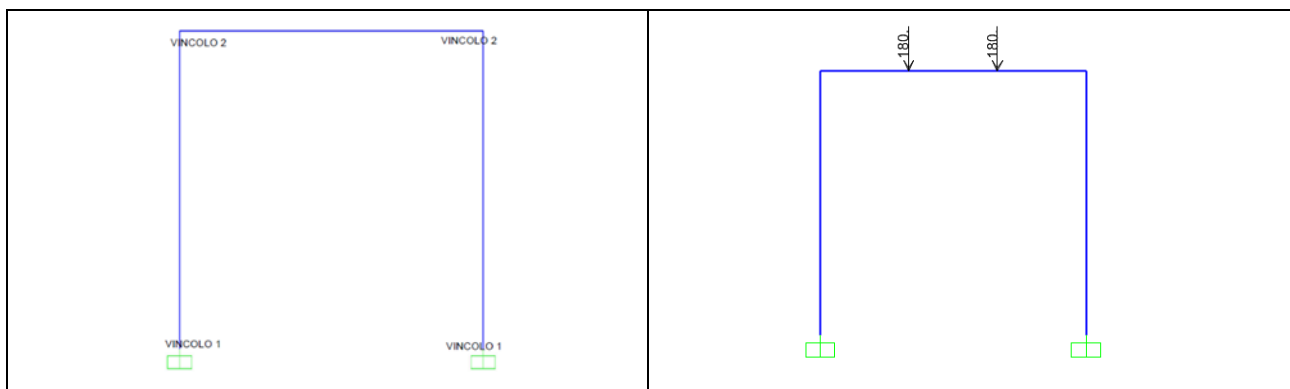
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

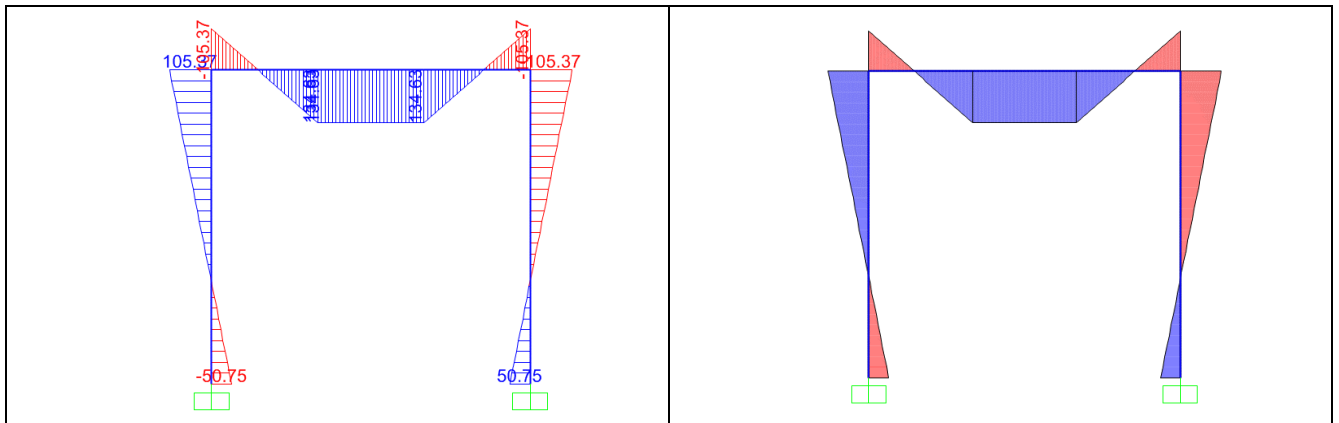
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 : incastro - Vincolo 2 : connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	180

RISULTATI

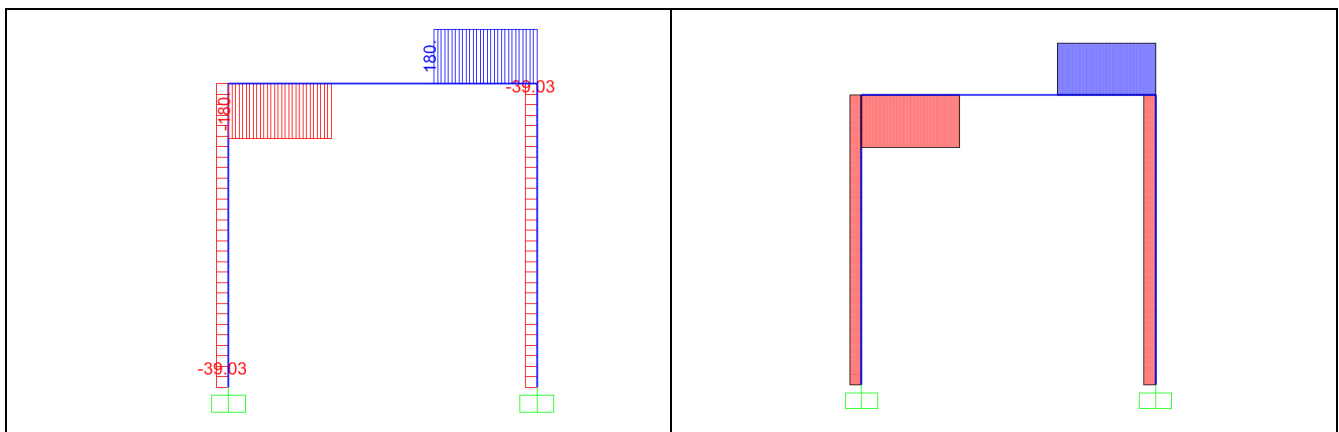
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Valori sotto i carichi puntuali sul cappello [kNm]	135
Estremo destro cappello [kNm]	105
Estremo sinistro cappello [kNm]	105
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	51
Estremo inferiore gamba sinistra[kNm]	51

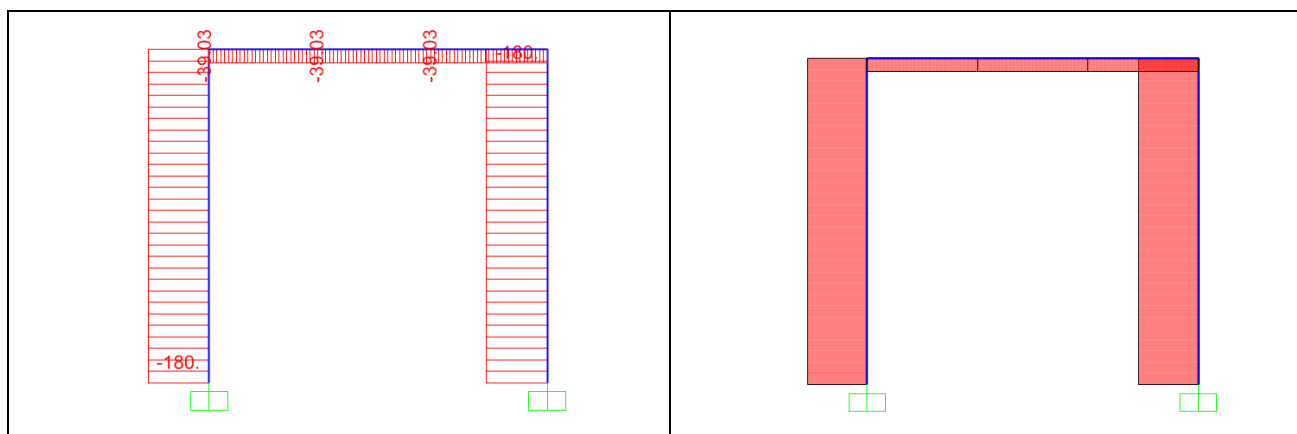
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremi cappello [kN]	180
Gamba (valore costante)[kN]	39

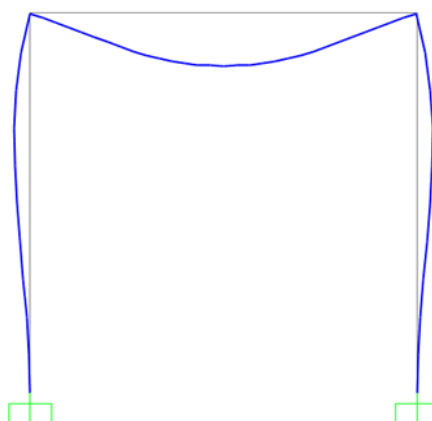
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	39
Gambe (valore costante) [kN]	180

Deformata elastica



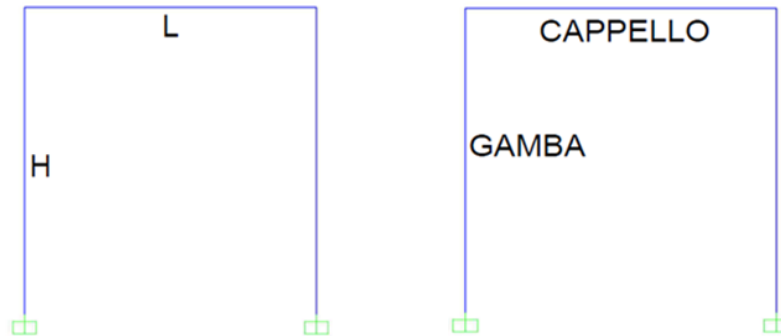
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	2.2
Deflessione gamba (2.34 m) [cm]	0.8

ANALISI N° 10

SCHEMA STATICO

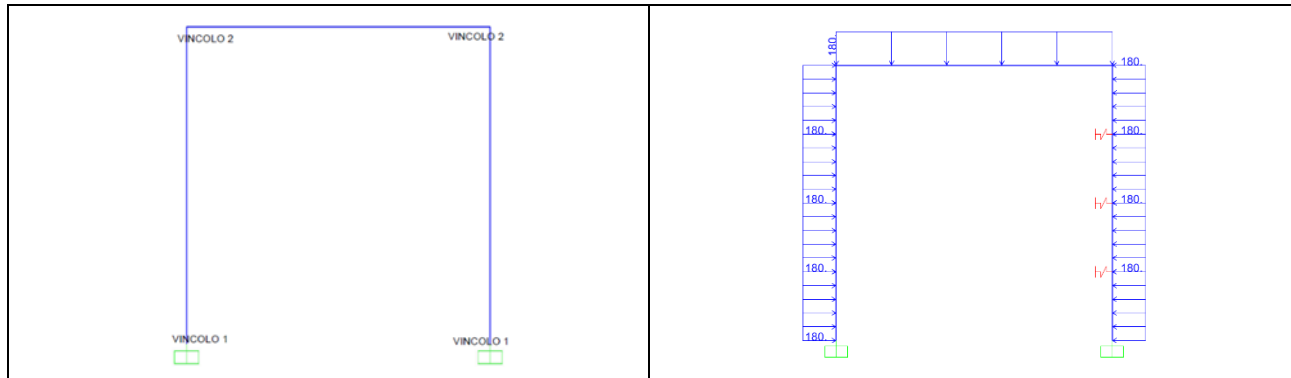
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

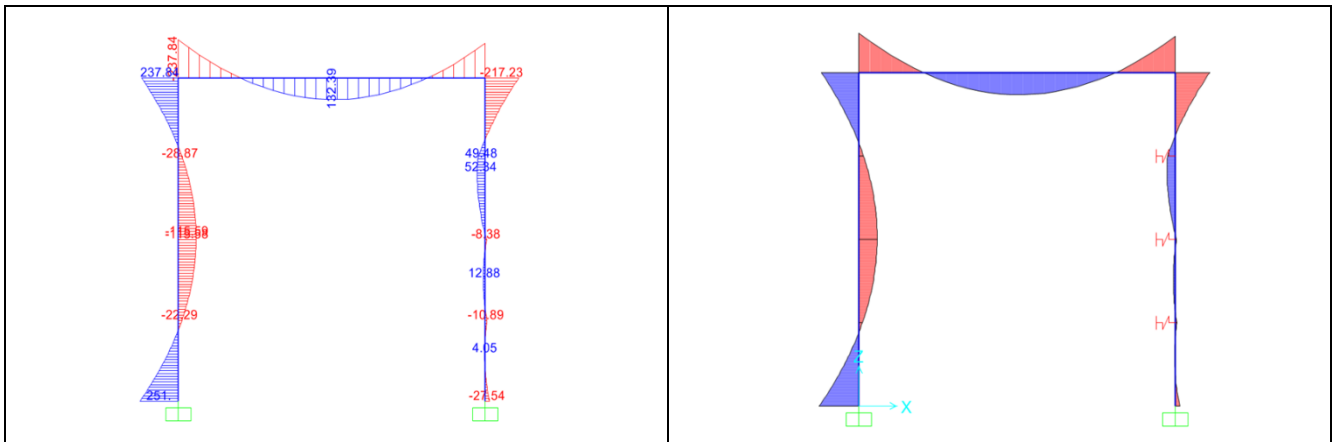
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 : incastro - Vincolo 2 : connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Uniformemente distribuito
Valore del carico [kN]	180
Rigidezza molle $\left[\frac{kN}{m}\right]$	285309

RISULTATI

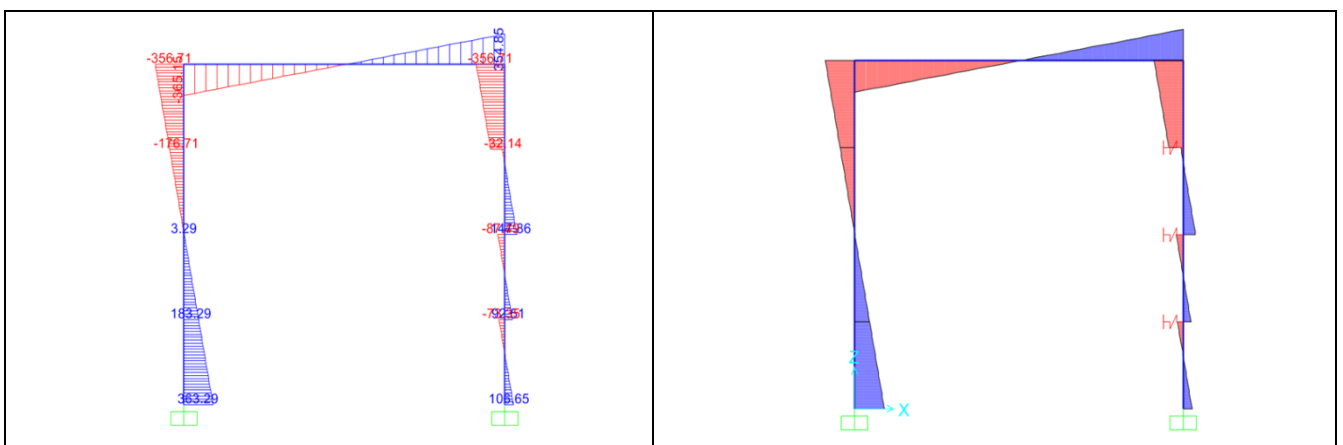
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	133
Estremo destro cappello [kNm]	238
Estremo sinistro cappello [kNm]	238
Estremo superiore gamba destra [kNm]	218
Estremo superiore gamba sinistra[kNm]	238
Mezzeria gamba sinistra [kNm]	116
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	251

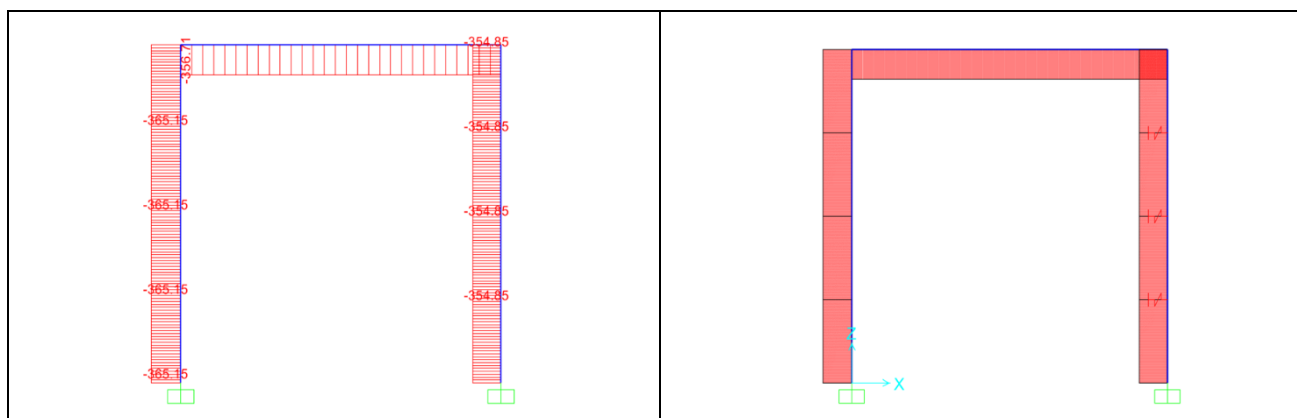
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	357
Estremo destro cappello [kN]	355
Estremo superiore gamba destra [kN]	356
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	357
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	364

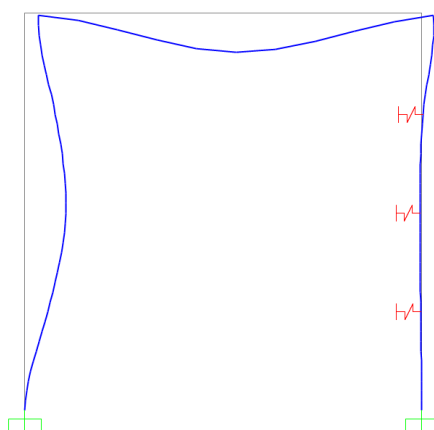
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	357
Gamba destra (valore costante) [N]	355
Gamba sinistra (valore costante) [KkN]	367

Deformata elastica



Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.8
Deflessione gamba sinistra (2 m) [cm]	5

ANALISI N° 11

SCHEMA STATICO

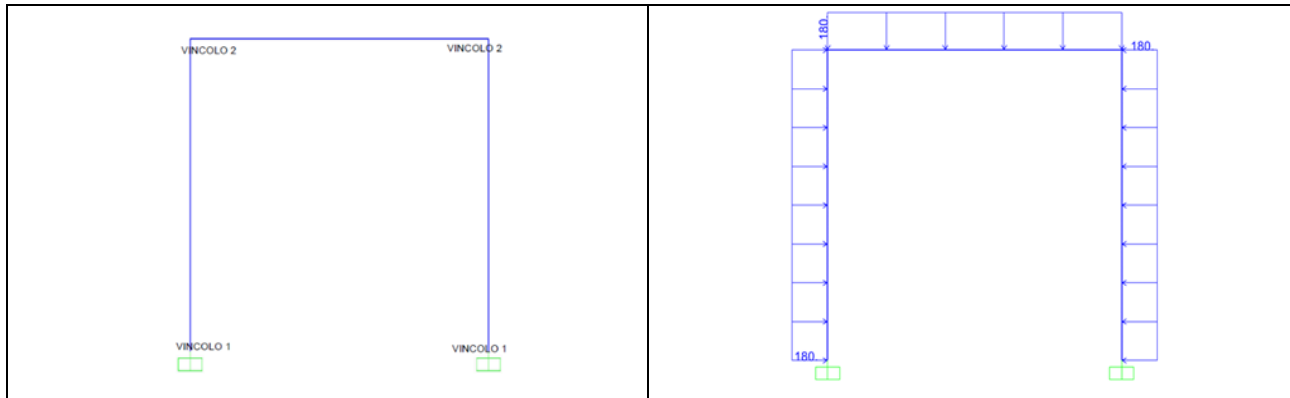
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

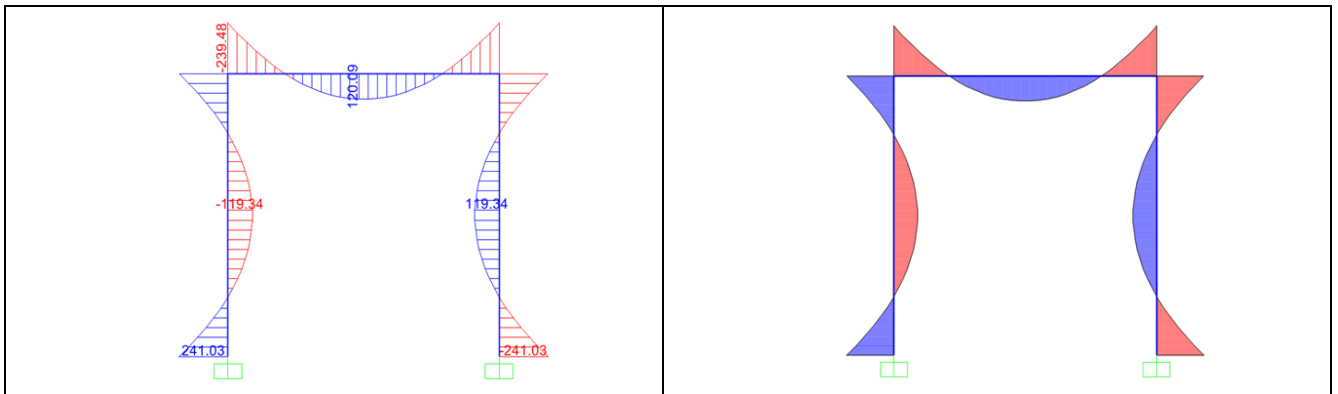
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	180

RISULTATI

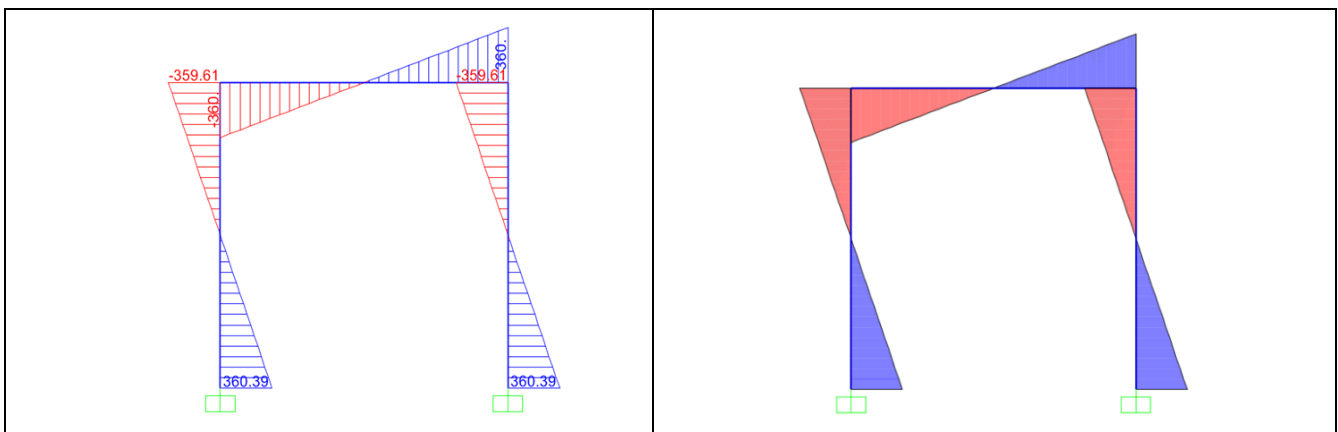
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	120
Estremo destro cappello [kNm]	240
Estremo sinistro cappello [kNm]	240
Estremo superiore gamba destra [kNm]	240
Estremo superiore gamba sinistra[kNm]	240
Mezzeria gamba sinistra [kNm]	120
Mezzeris gamba destra [kNm]	120
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	241
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	241

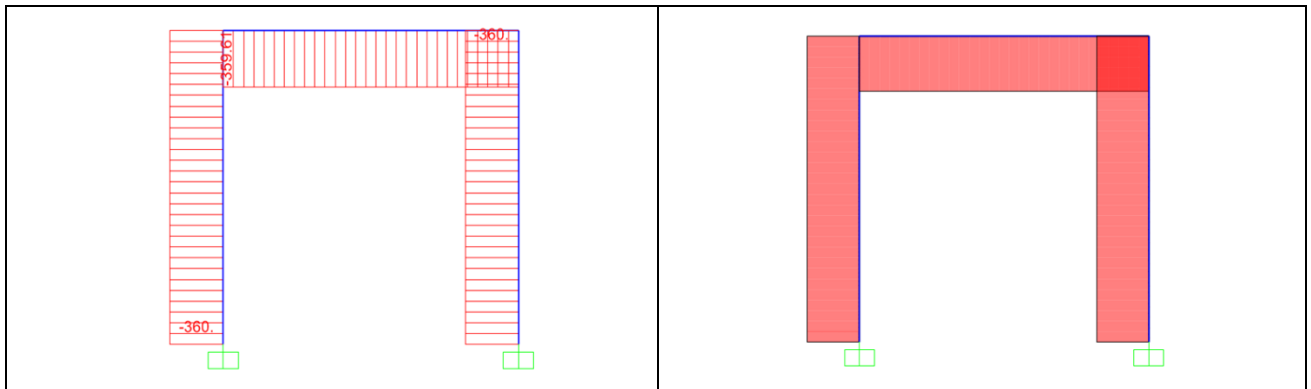
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	360
Estremo destro cappello [kN]	360
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	360
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	360
Estremo superiore gamba destra [kN]	360
Estremo inferiore gamba destra [kN]	360

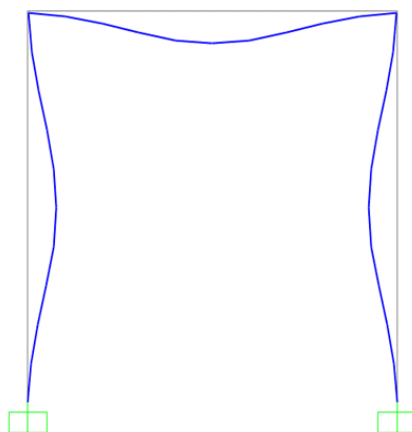
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	360
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	360
Gamba destra (valore costante) [kN]	360

Deformata elastica



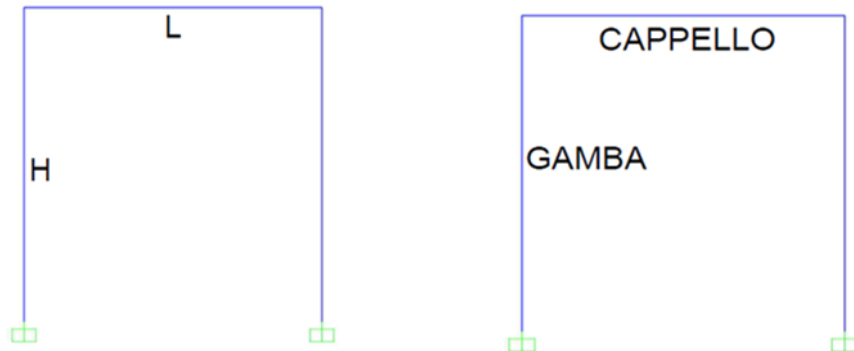
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.5
Deflessione gamba sinistra (2 m) [cm]	1.5

ANALISI N° 12

SCHEMA STATICO

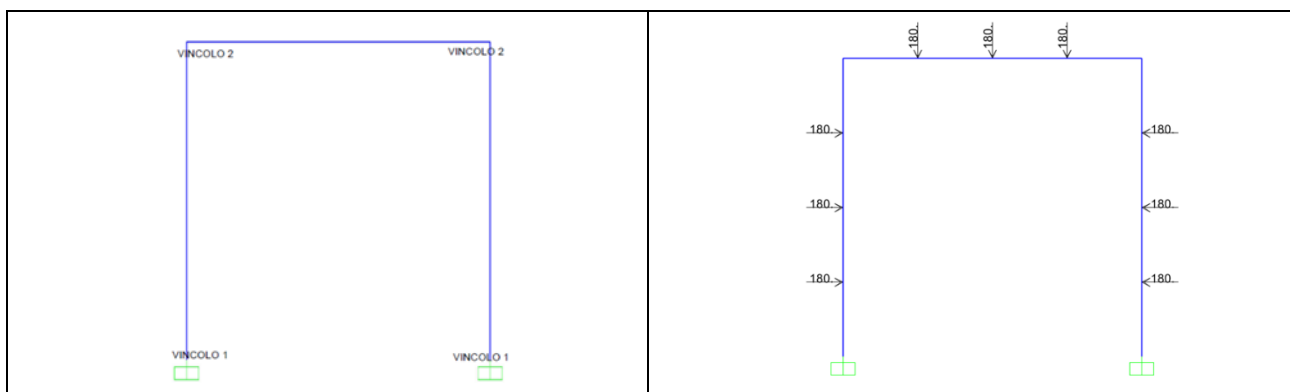
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

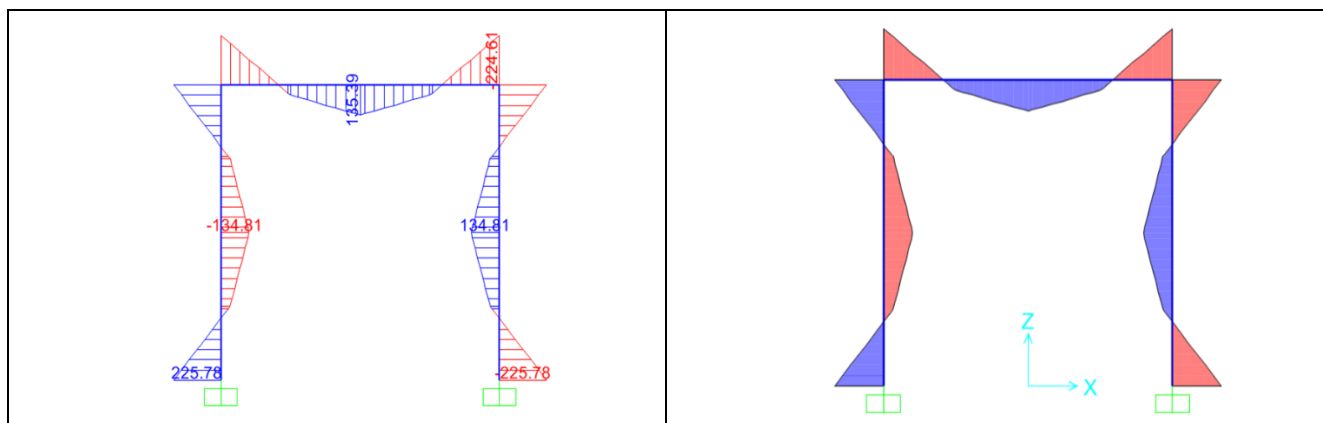
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Puntuale
Valore del carico [kN]	180

RISULTATI

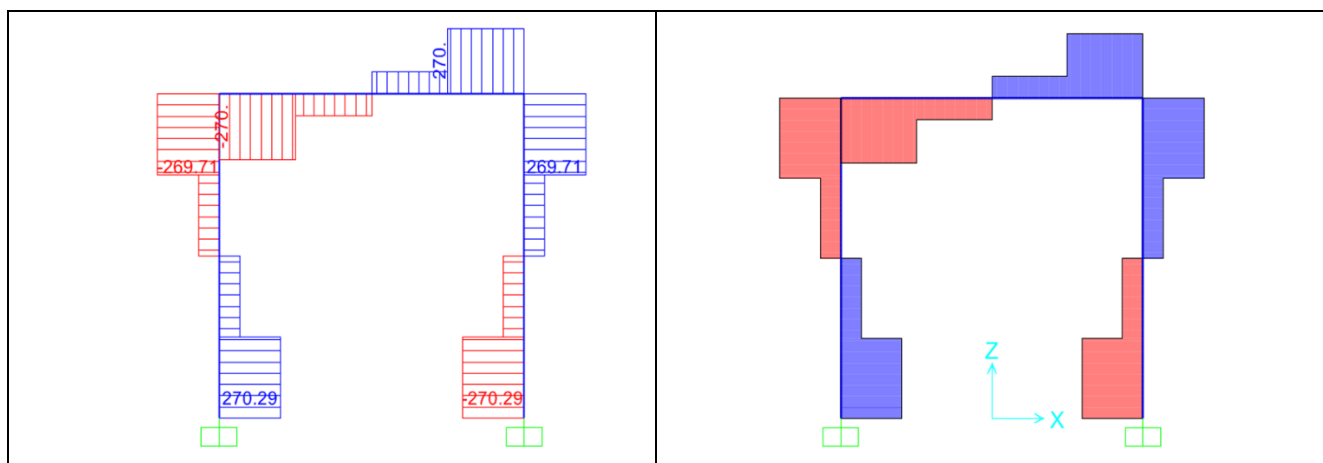
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	136
Estremo destro cappello [kNm]	225
Estremo sinistro cappello [kNm]	225
Estremo superiore gamba destra [kNm]	225
Estremo superiore gamba sinistra[kNm]	225
Valore a 2 m gamba sinistra[kNm]	135
Valore a 2 m gamba destra [kNm]	135

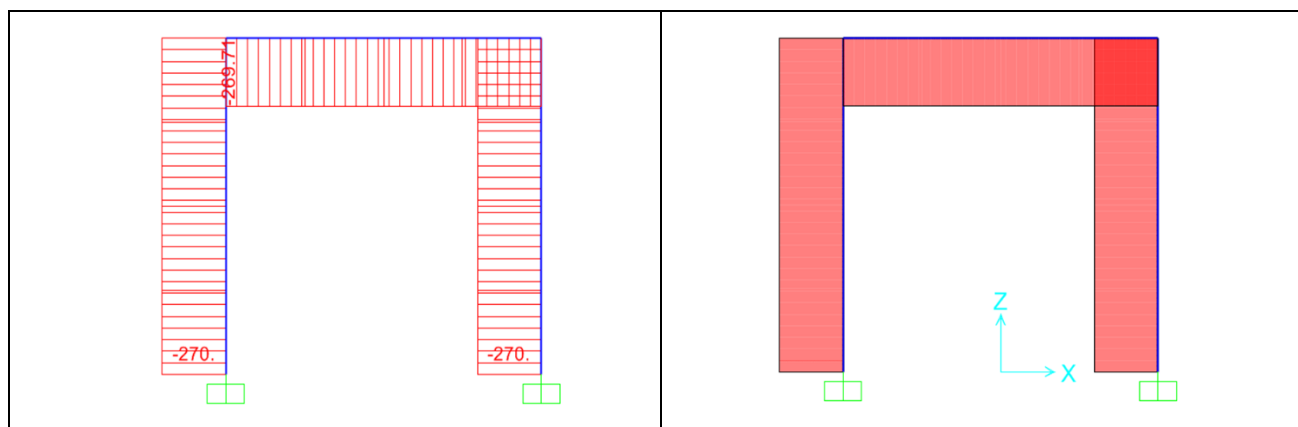
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	270
Estremo destro cappello [kN]	270
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	270
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	270

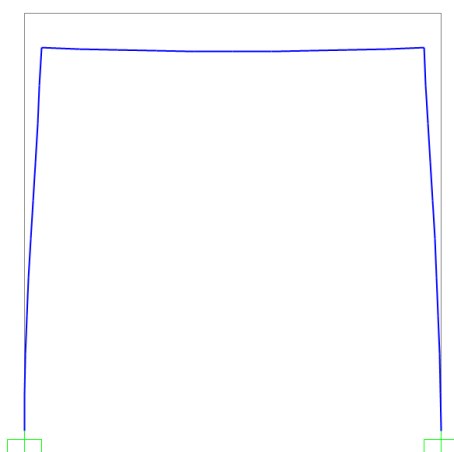
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	270
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	270
Gamba destra (valore costante) [kN]	270

Deformata elastica



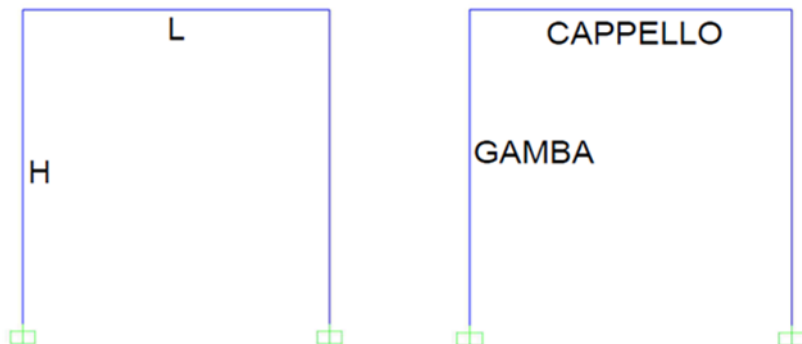
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.5
Deflessione gamba sinistra [cm]	1.5
Deflessione gamba destra [cm]	1.5

ANALISI N° 13

SCHEMA STATICO

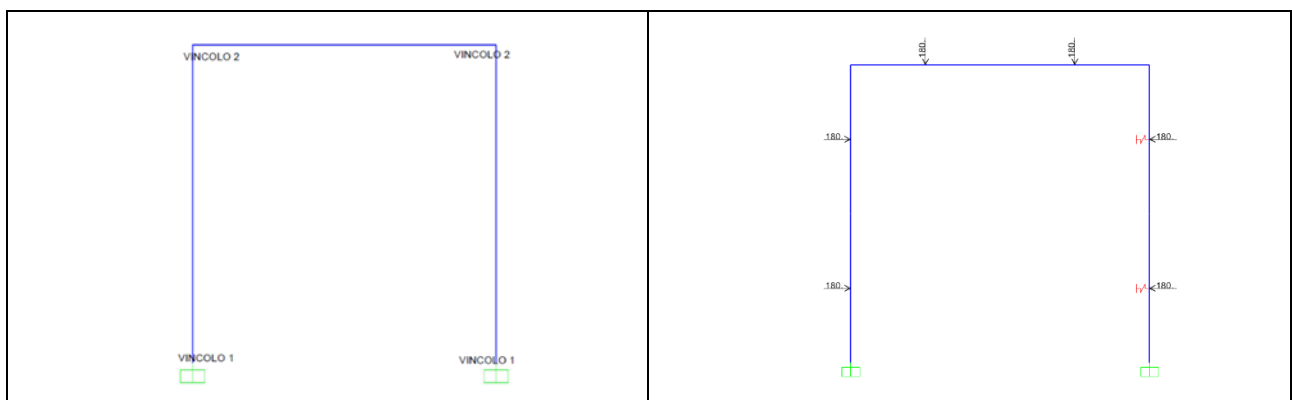
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

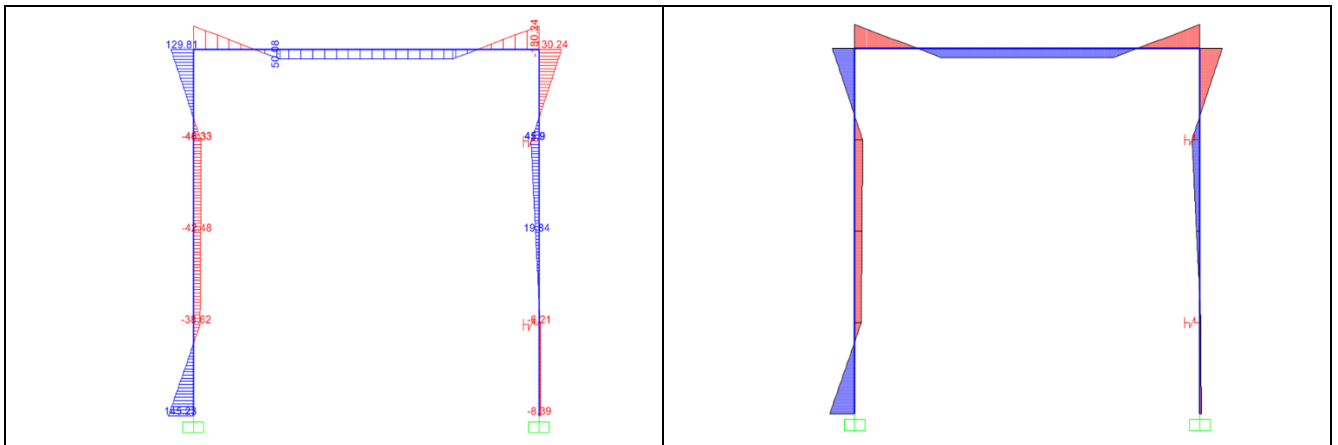
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Puntuale
Valore del carico [kN]	180
Molle di rigidezza $\left[\frac{kN}{m}\right]$	285309

RISULTATI

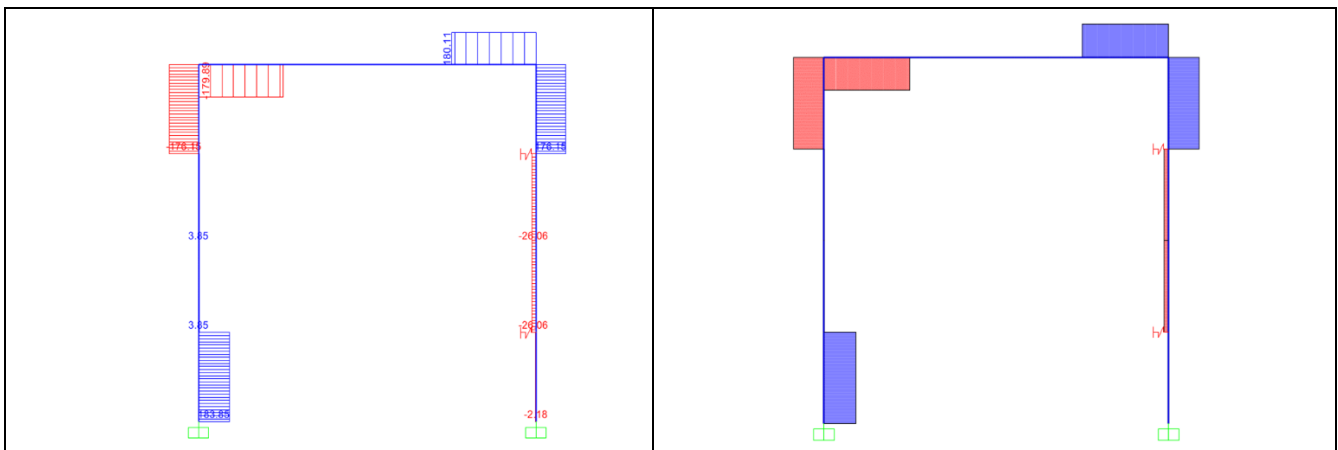
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	51
Estremo destro cappello [kNm]	90
Estremo sinistro cappello [kNm]	90
Estremo superiore gamba destra [kNm]	130
Estremo superiore gamba sinistra[kNm]	130
Mezzeria gamba destra [kNm]	43

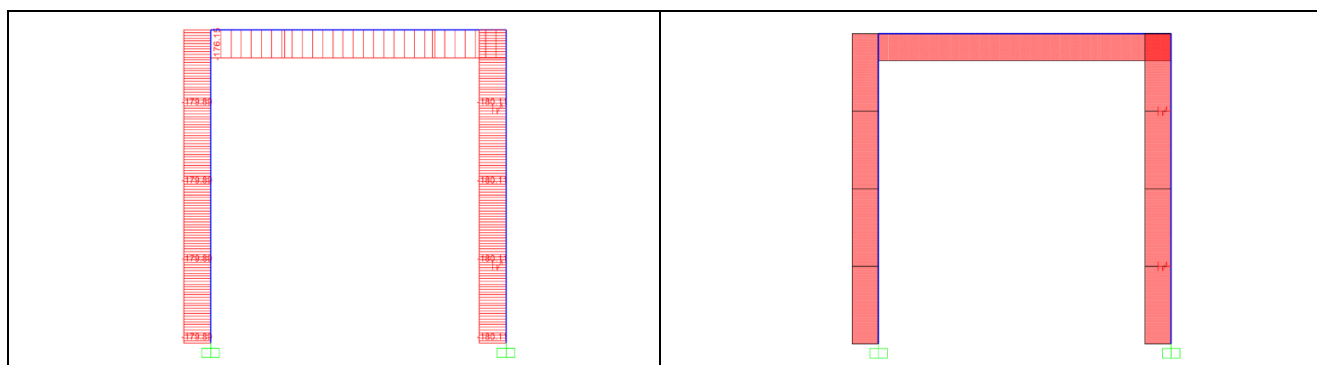
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	180
Estremo destro cappello [kN]	180
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	176
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	176

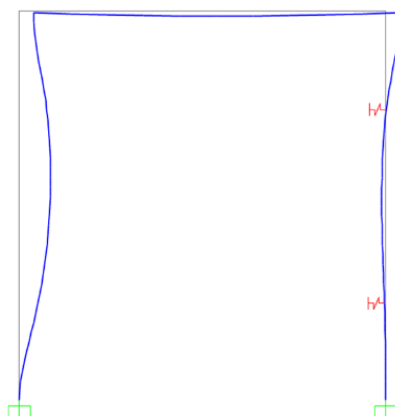
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	176
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	180
Gamba destra (valore costante) [kN]	180

Deformata elastica



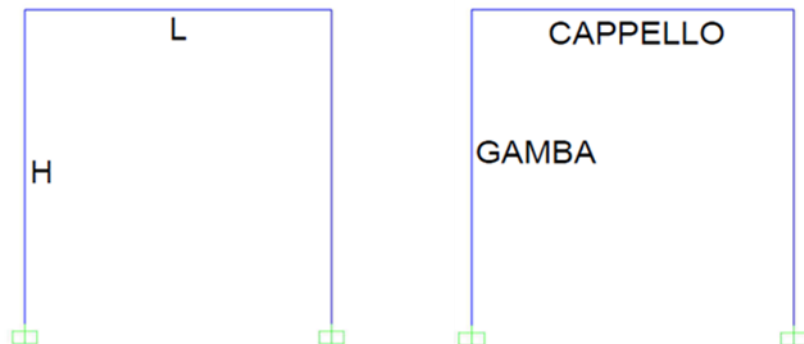
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	0.8
Deflessione gamba sinistra (1.9 m) [cm]	1.2

ANALISI N°14

SCHEMA STATICO

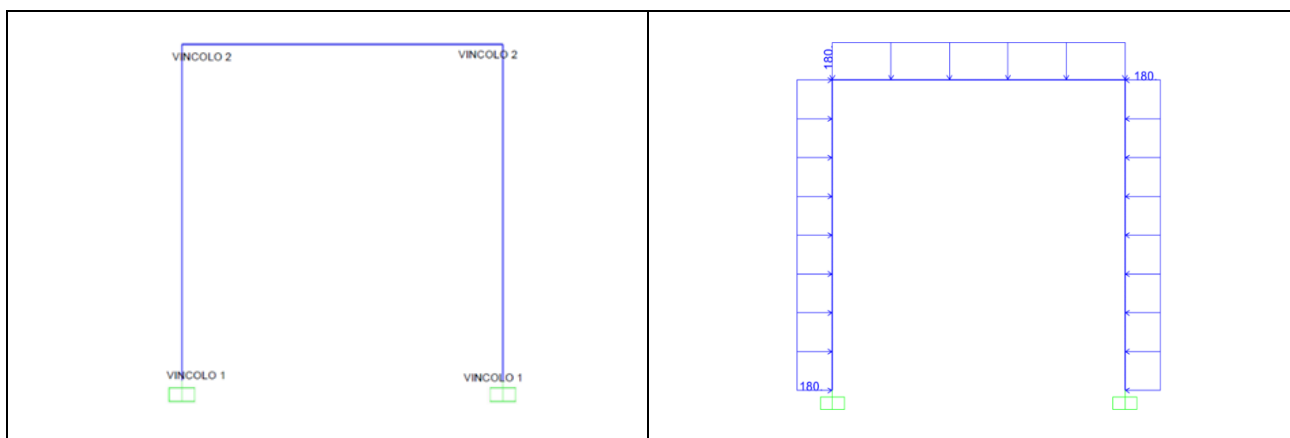
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

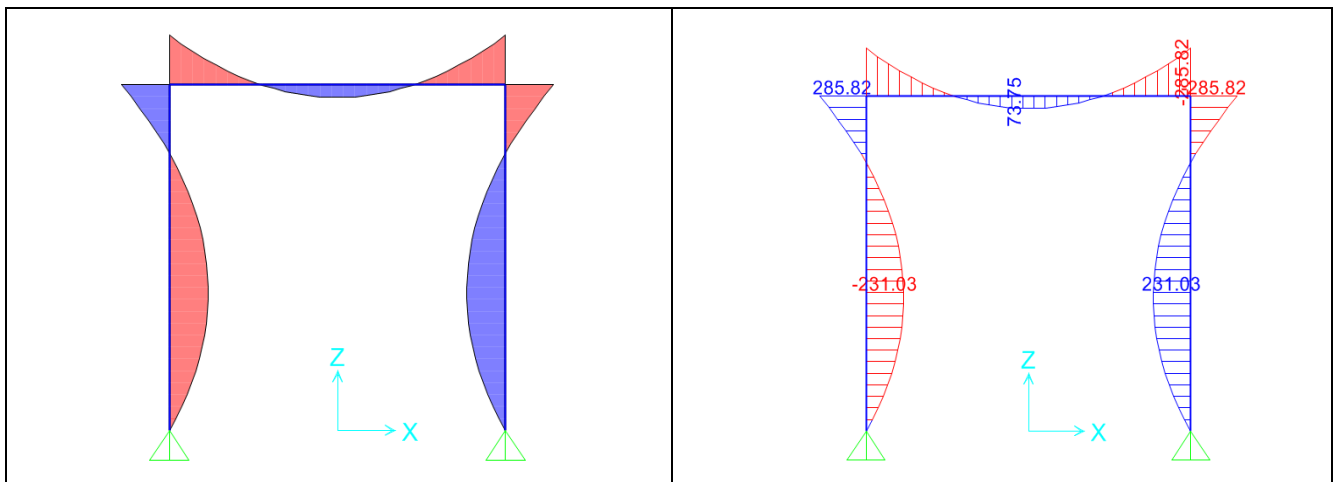
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	180

RISULTATI

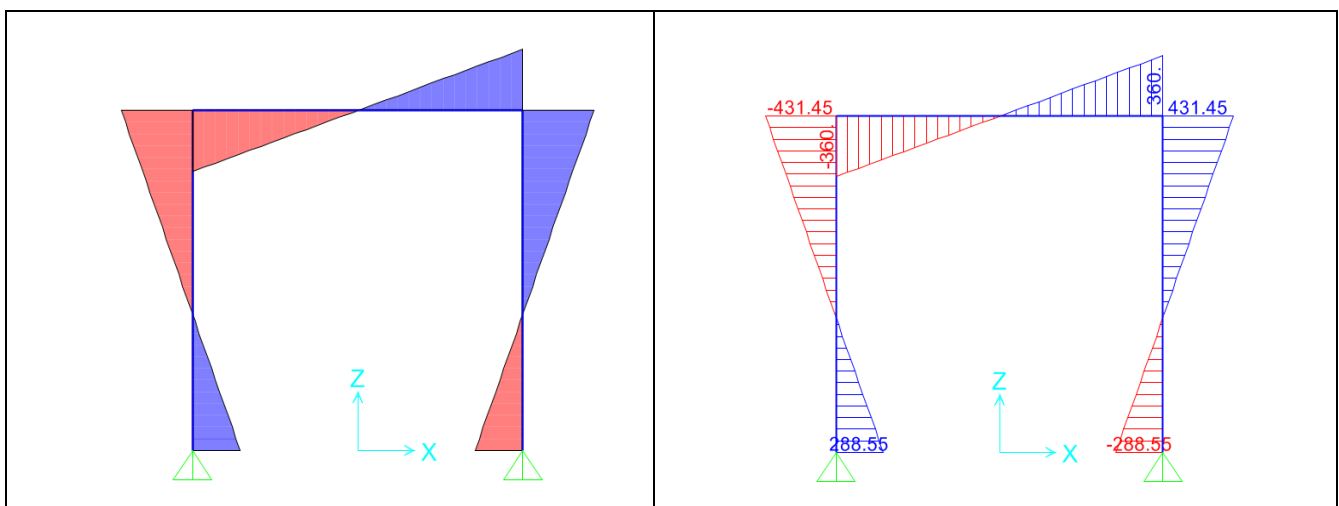
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	73.8
Estremo destro cappello [kNm]	285.8
Estremo sinistro cappello [kNm]	285.8
Estremo superiore gamba destra [kNm]	285.8
Estremo superiore gamba sinistra[kNm]	285.8
Valore a 1.8 m gamba sinistra [kNm]	231
Valore a 1.8 m gamba destra [kNm]	231

Diagramma di taglio

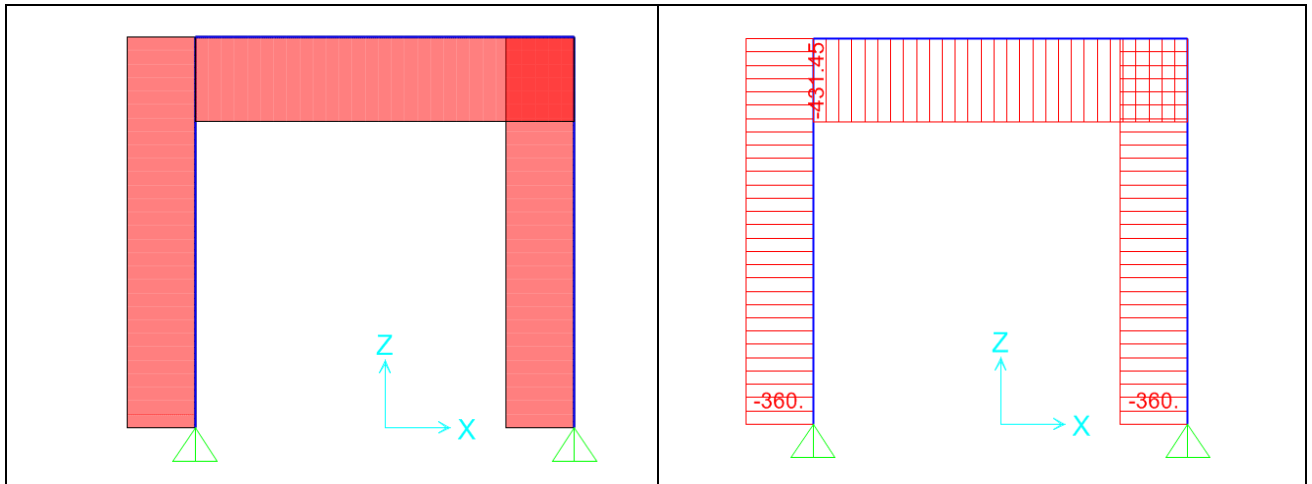


Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	360
--------------------------------	-----

Estremo destro cappello [kN]	360
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	431.5
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	431.5

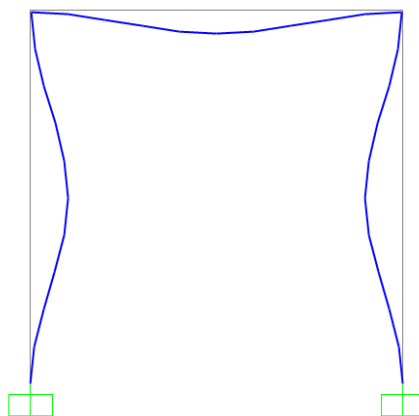
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	431.5
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	360
Gamba destra (valore costante) [kN]	360

Deformata elastica



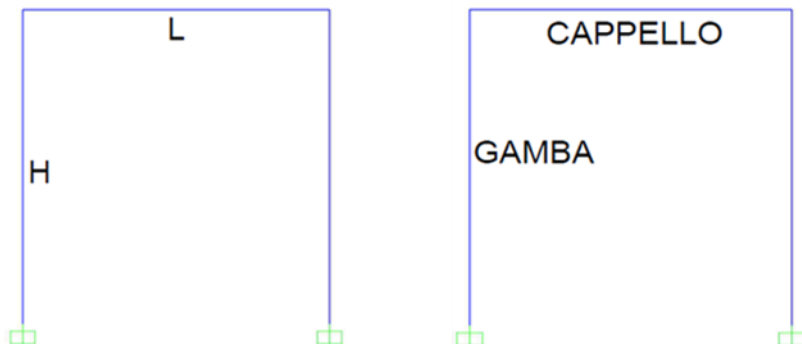
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	0.3
Deflessione gamba sinistra (1.8 m) [cm]	3

ANALISI N° 15

SCHEMA STATICO

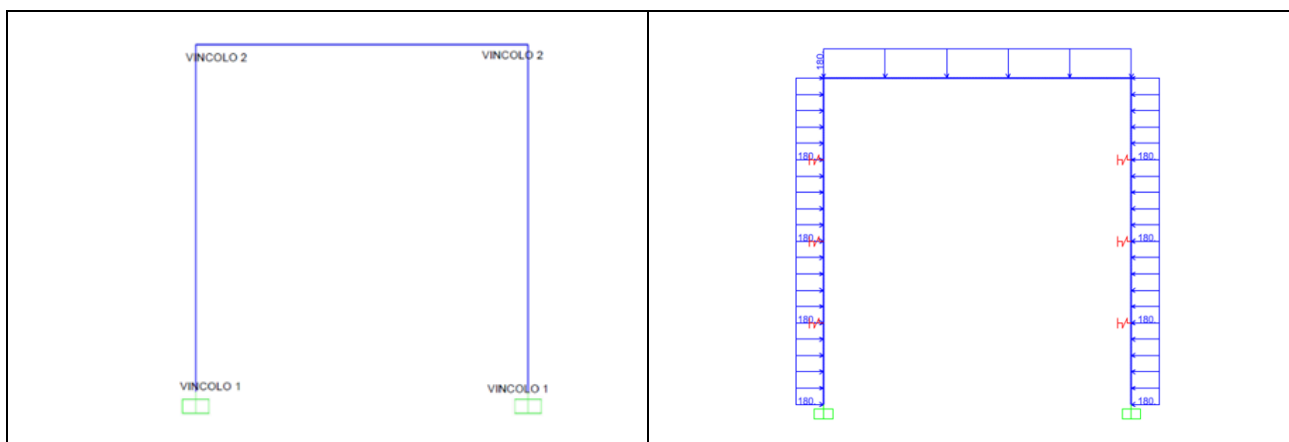
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

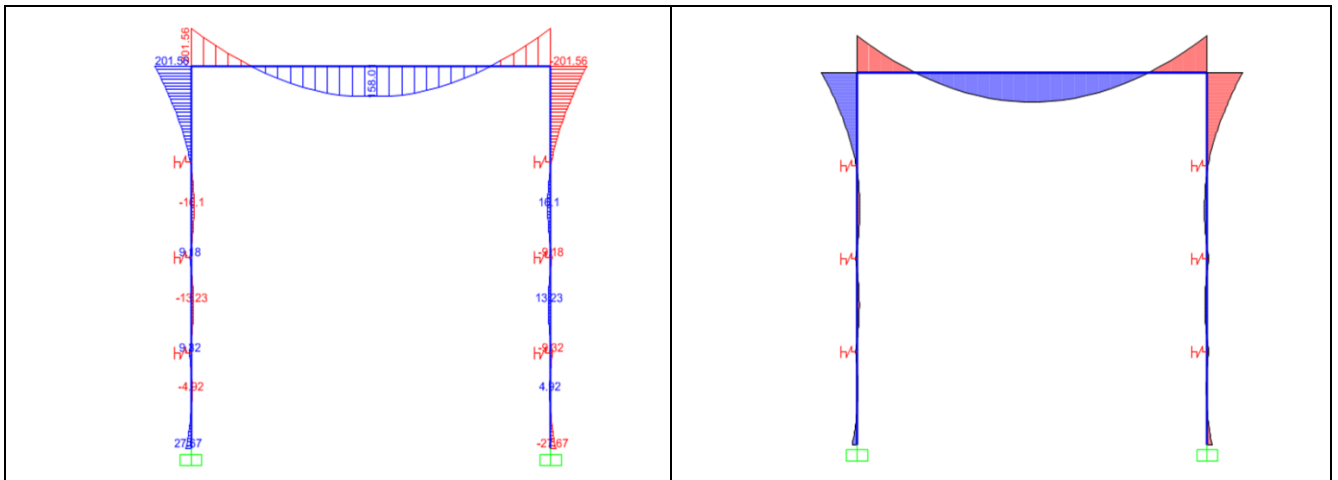
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	180
Molle con rigidezza [kN/m]	285309

RISULTATI

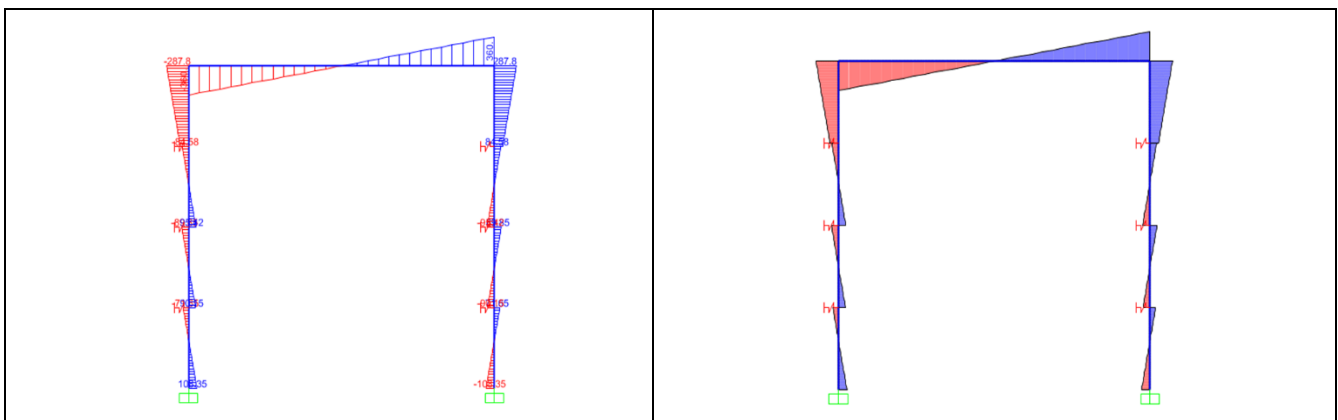
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	158
Estremo destro cappello [kNm]	202
Estremo sinistro cappello [kNm]	202

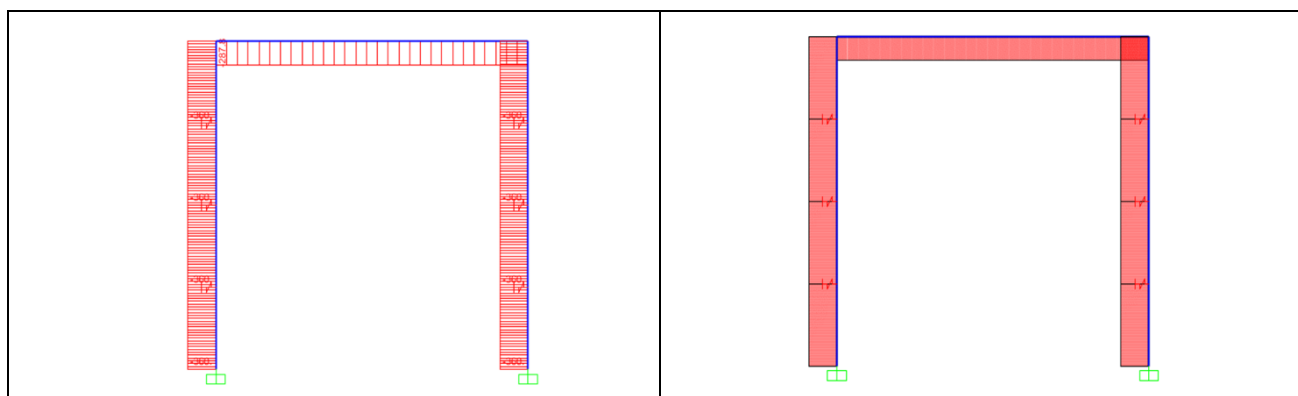
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	360
Estremo destro cappello [kN]	360
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	288
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	288

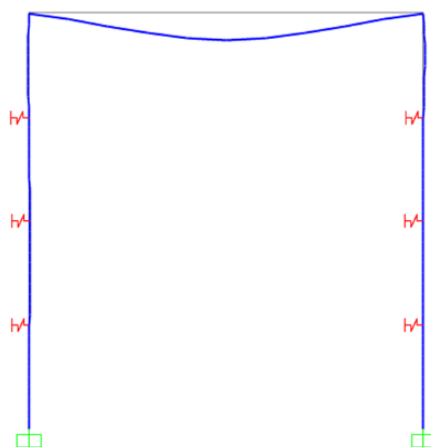
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	288
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	360
Gamba destra (valore costante) [kN]	360

Deformata elastica



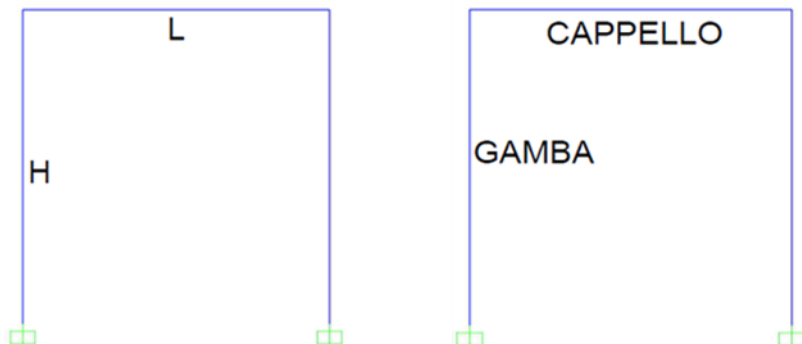
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	2.5
------------------------	-----

ANALISI N°16

SCHEMA STATICO

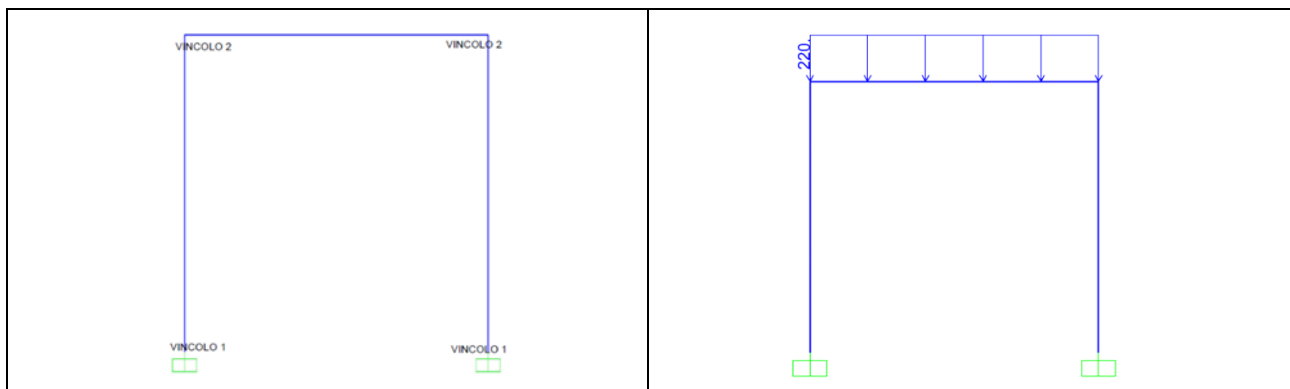
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

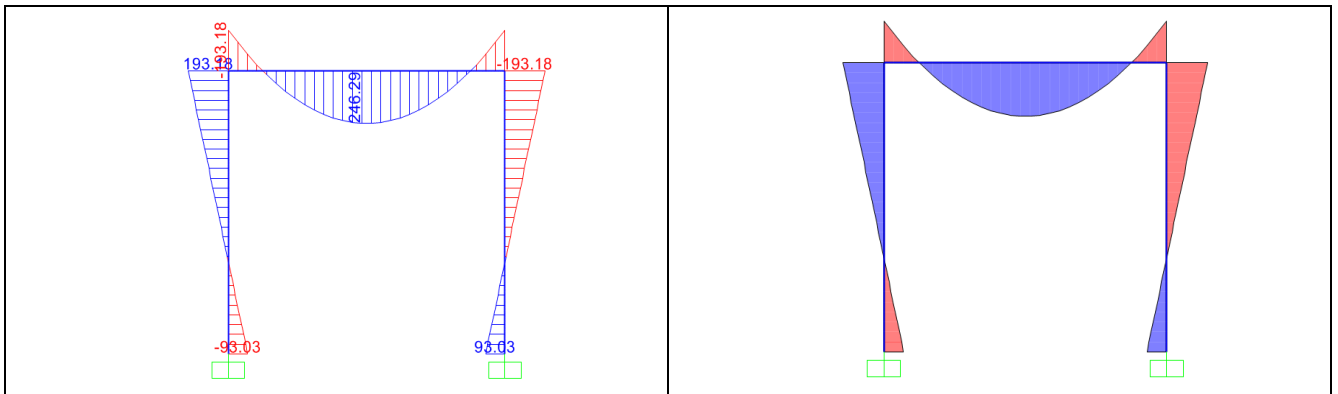
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

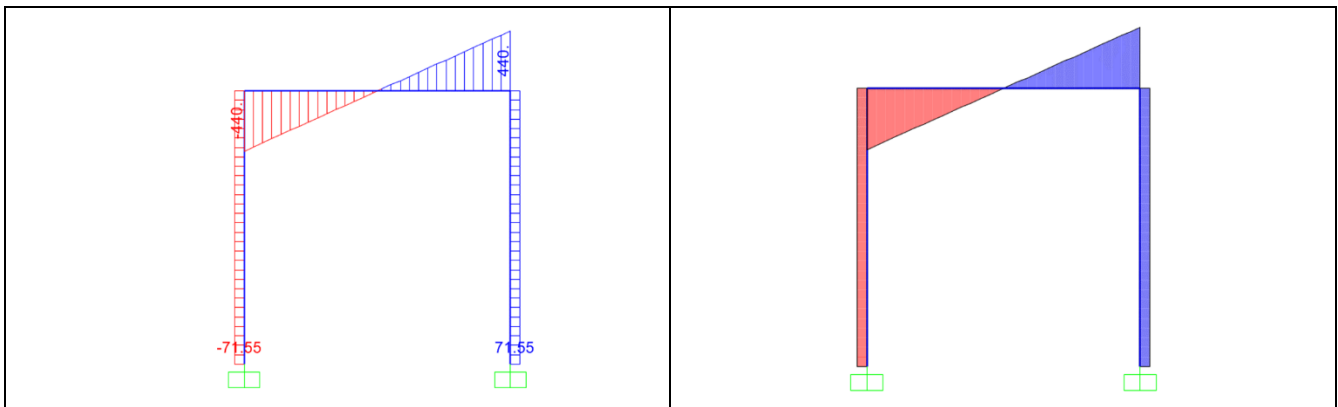
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	246
Estremo destro cappello [kNm]	193
Estremo sinistro cappello [kNm]	193
Estremo superiore gambe [kNm]	193
Estremo inferiore gambe [kNm]	93

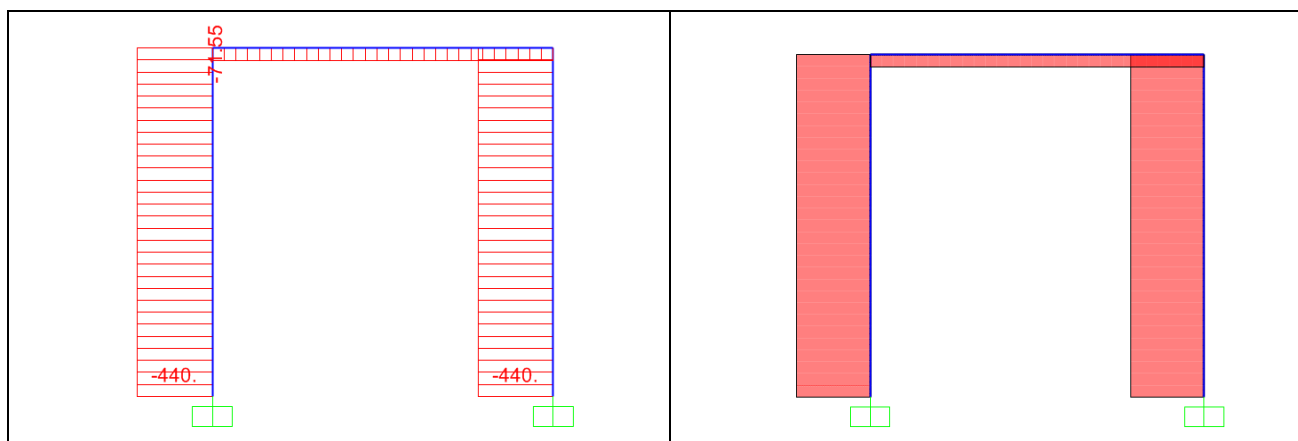
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremi cappello [kN]	440
Gambe (valore costante)[kN]	72

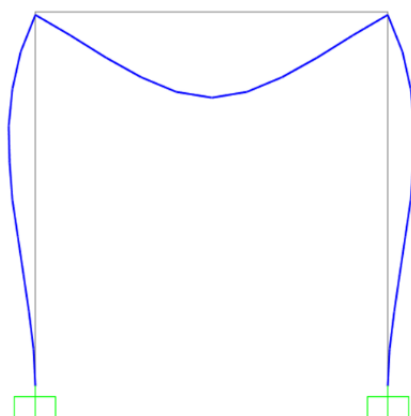
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	72
Gambe (valore costante) [kN]	440

Deformata elastica



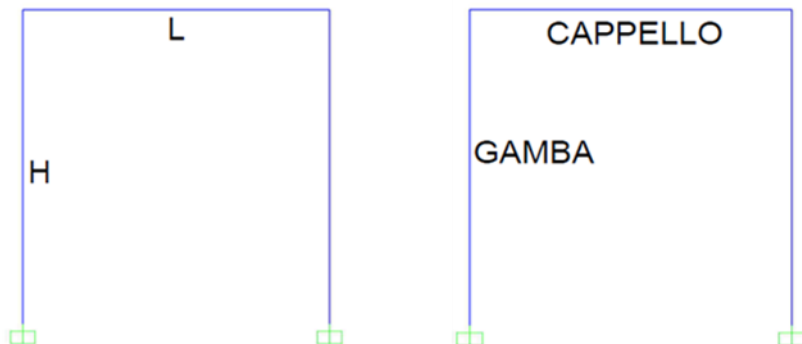
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	4.4
Deflessione gamba (a 2.34m) [cm]	1.4

ANALISI N°17

SCHEMA STATICO

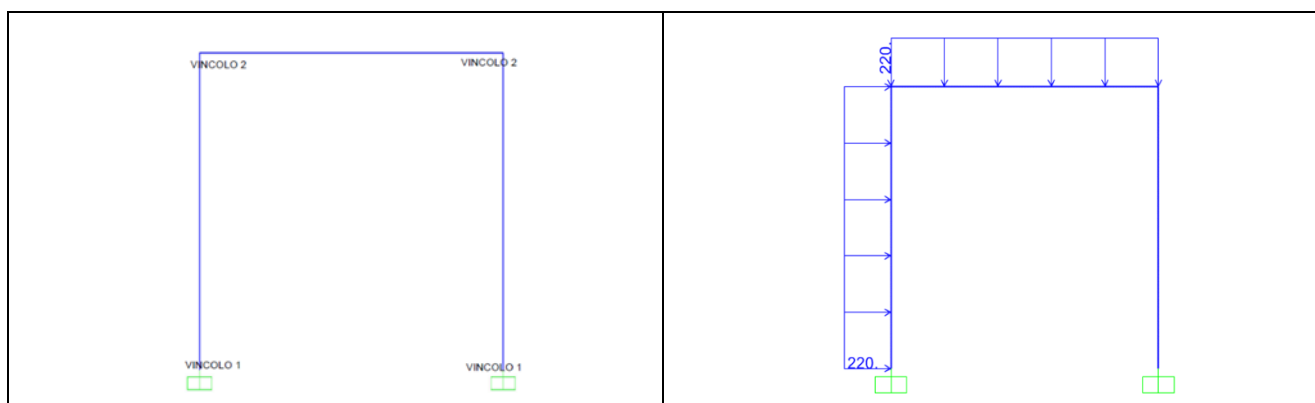
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

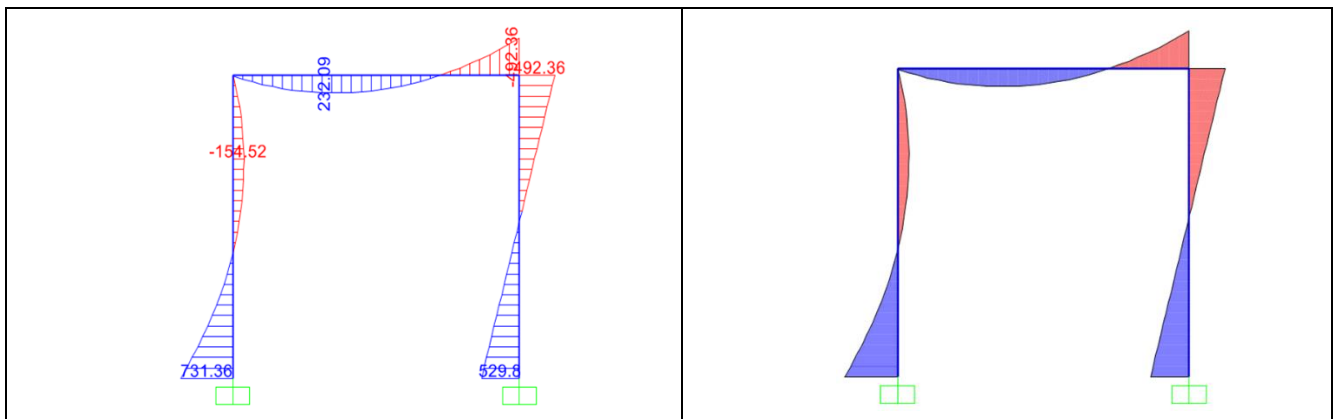
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1: incastro - Vincolo 2 : connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	220

RISULTATI

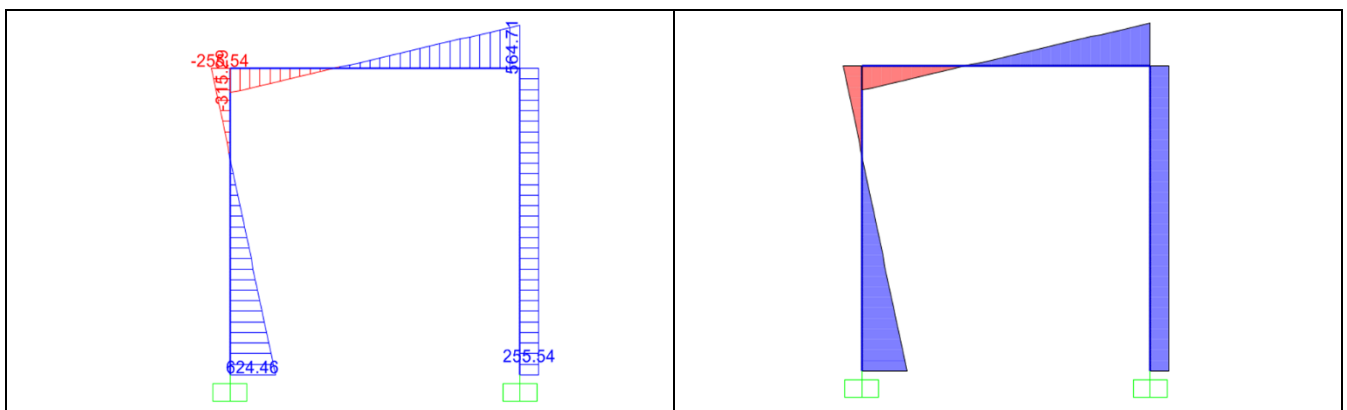
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	233
Estremo destro cappello [kNm]	493
Estremo sinistro cappello [kNm]	0
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	0
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	732
Estremo superiore gamba destra [kNm]	493
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	530

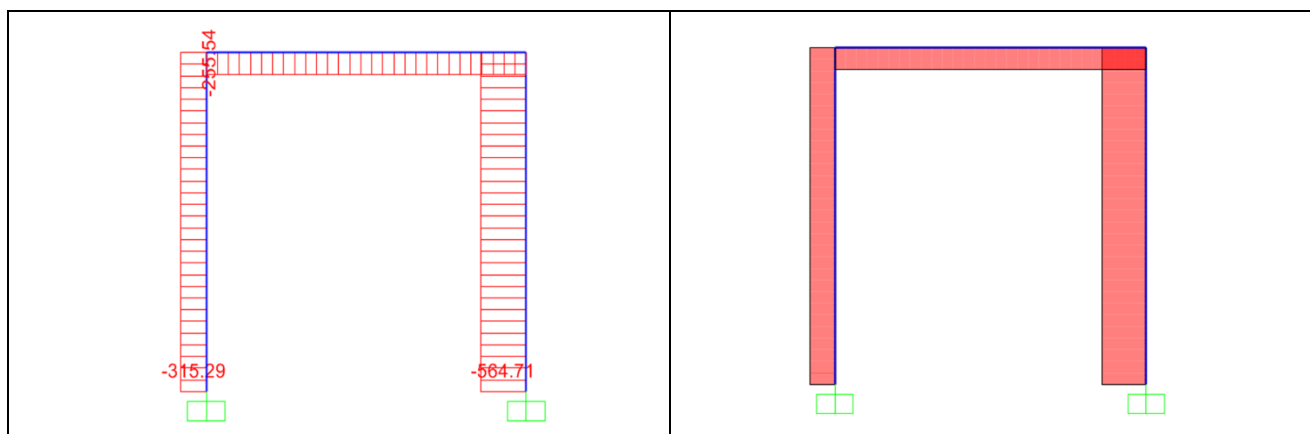
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo destro cappello[kN]	565
Estremi sinistro cappello [kN]	316
Gamba destra (valore costante) [kN]	256
Gamba sinistra estremo superiore [kN]	285.6
Gamba sinistra estremo inferiore [kN]	625

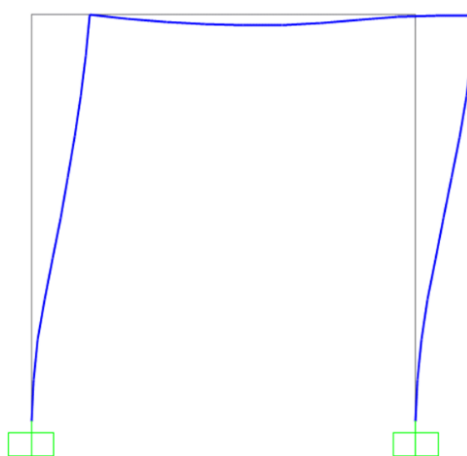
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	256
Gamba destra (valore costante) [kN]	565
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	316

Deformata elastica



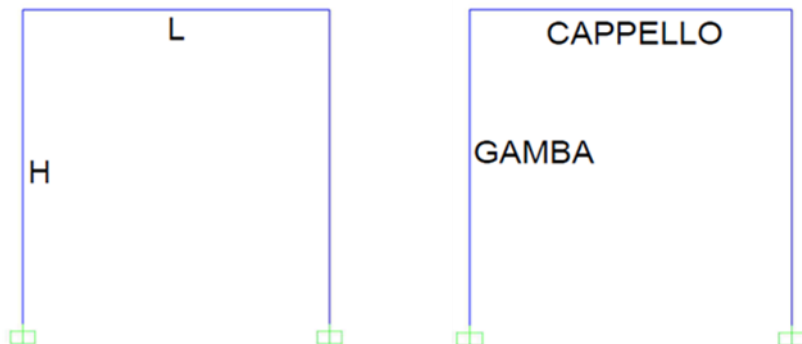
Valori principali di deflessione:

Cappello (a 1.1 m) [cm]	4.5
Deflessione gamba (a 2.34m) [m]	1.05

ANALISI N°18

SCHEMA STATICO

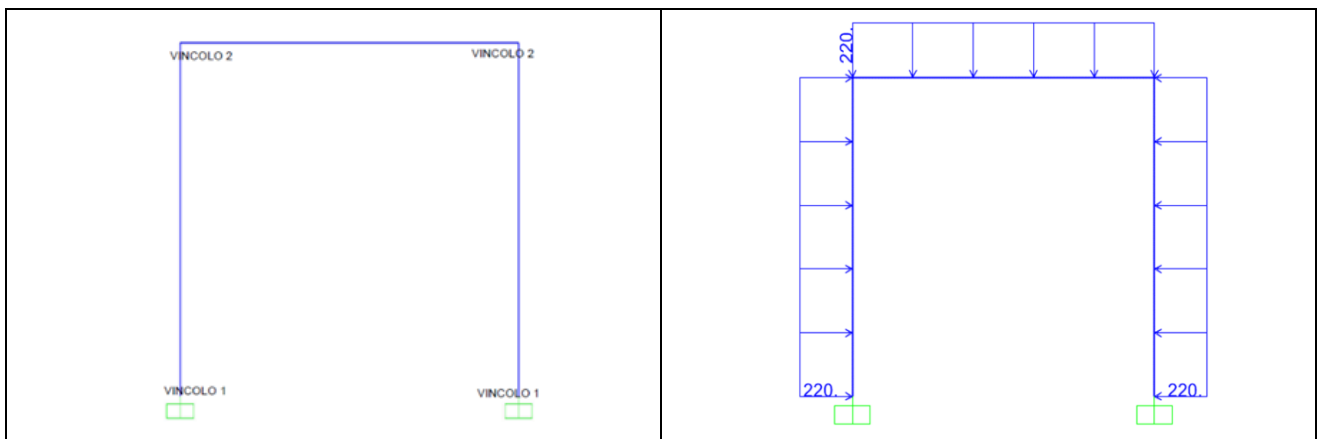
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 360-s235

SCHEMA STATICO

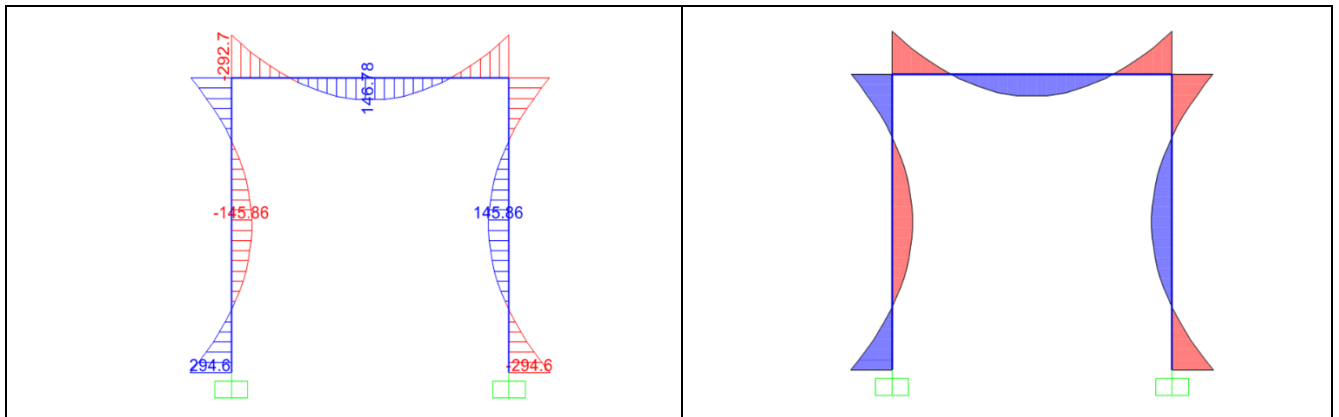
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	220

RISULTATI

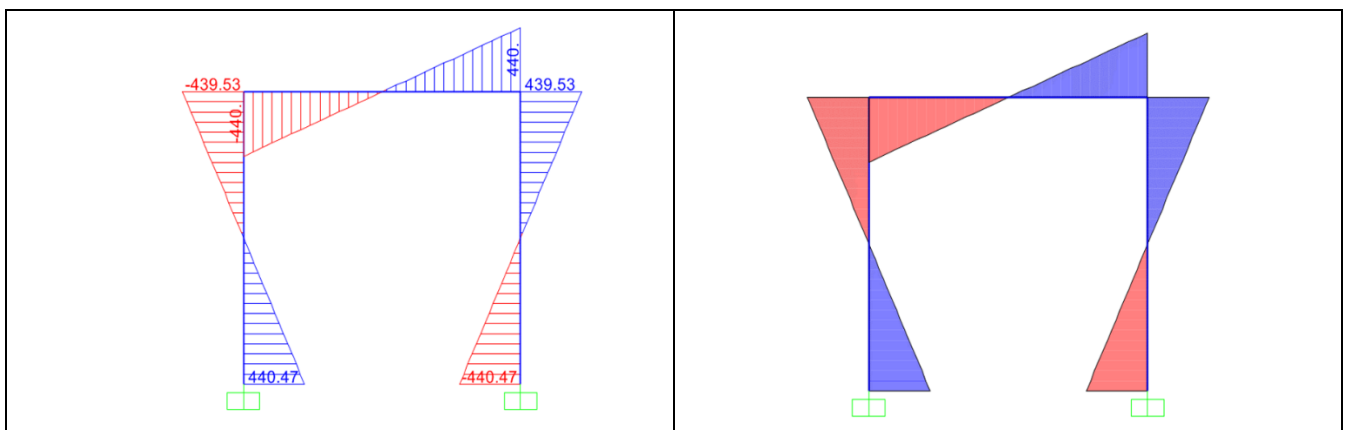
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	147
Estremo destro cappello [kNm]	293
Estremo sinistro cappello [kNm]	293
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	293
Mezzeria gamba sinistra [kNm]	146
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	295
Estremo superiore gamba destra [kNm]	293
Mezzeria gamba destra [kNm]	146
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	295

Diagramma di taglio

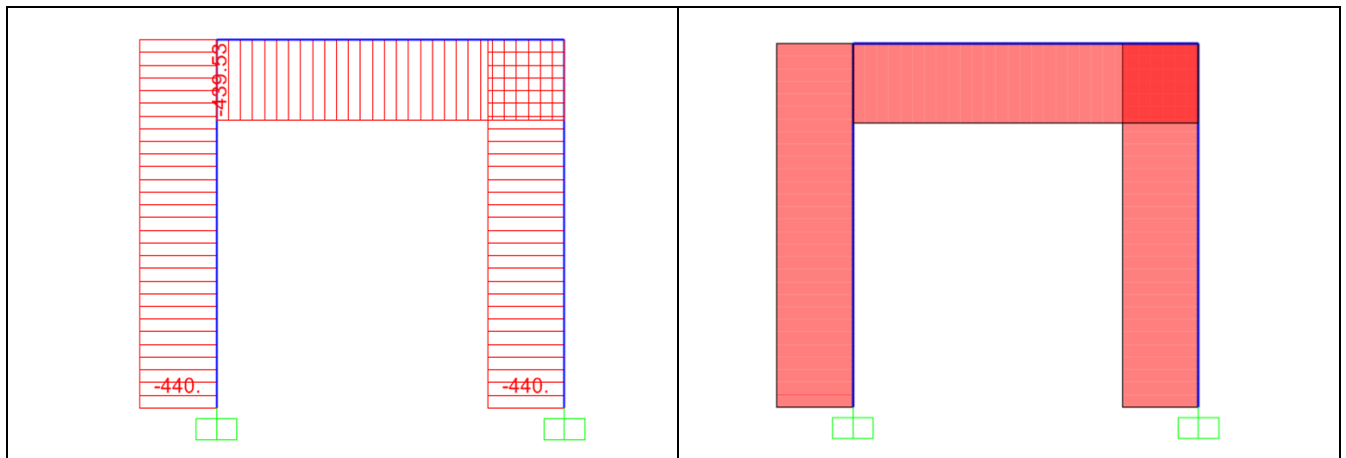


Valori principali di taglio:

Estremo destro cappello[kN]	440
Estremi sinistro cappello [kN]	440
Gamba destra estremo inferiore [kN]	440
Gamba destra estremo superiore [kN]	440

Gamba sinistra estremo superiore [kN]	440
Gamba sinistra estremo inferiore [kN]	440

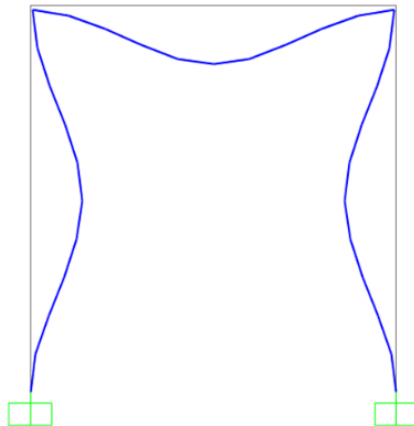
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	440
Gamba destra (valore costante) [kN]	440
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	440

Deformata elastica



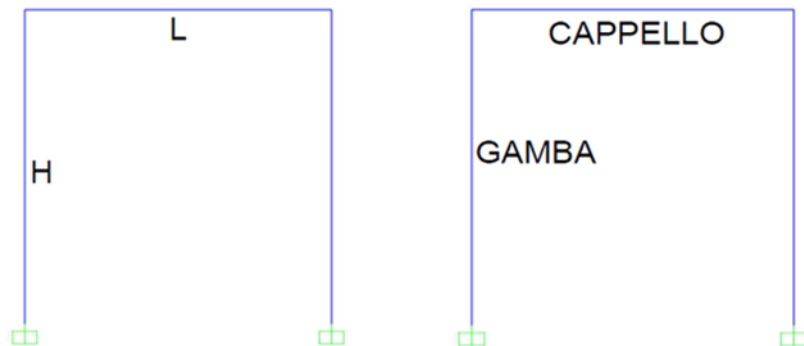
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.9
Mezzeria gambe [cm]	1.8

ANALISI N°19

SCHEMA STATICO

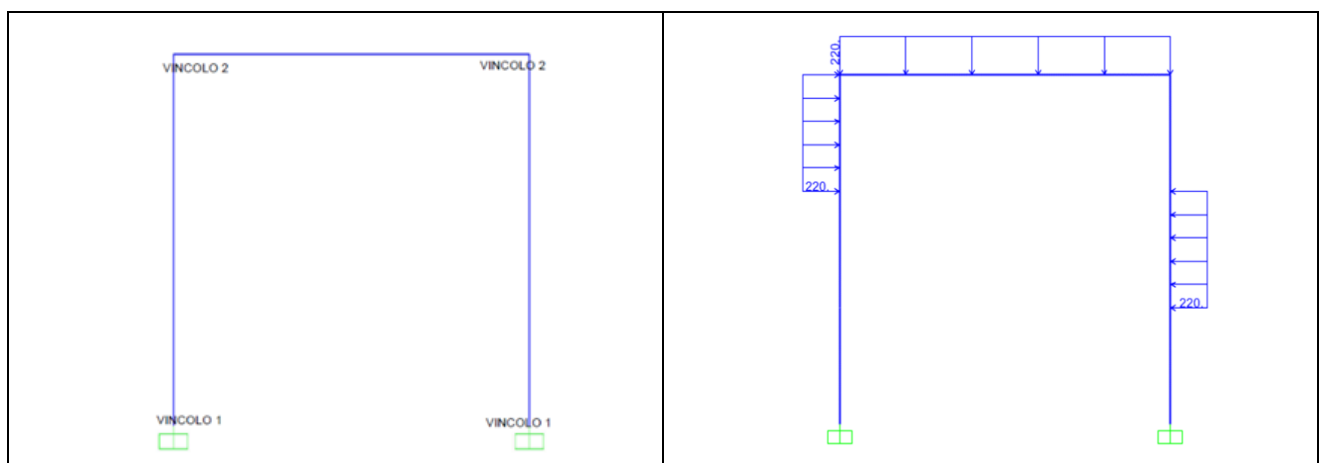
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

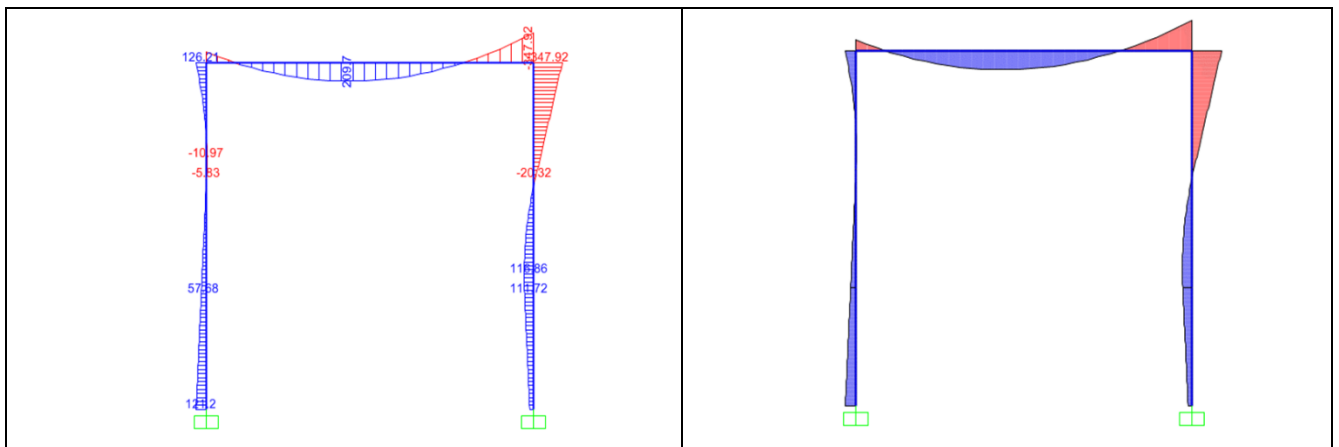
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

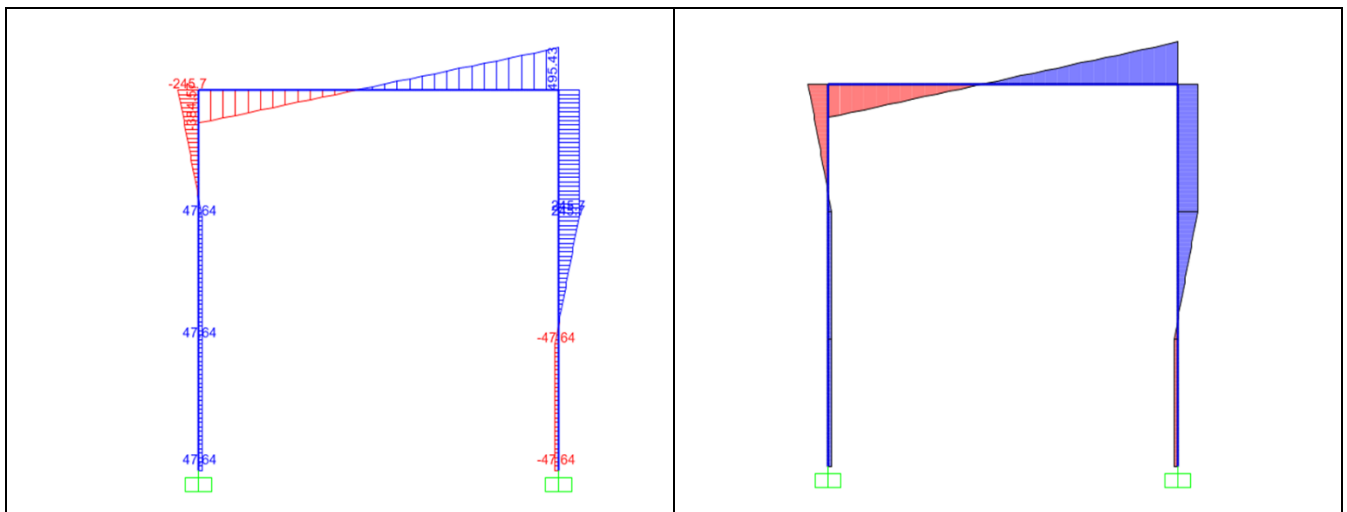
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello (a 1,5 m) [kNm]	210
Estremo destro cappello [kNm]	348
Estremo sinistro cappello [kNm]	126
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	348
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	125
Estremo superiore gamba destra [kNm]	348

Diagramma di taglio

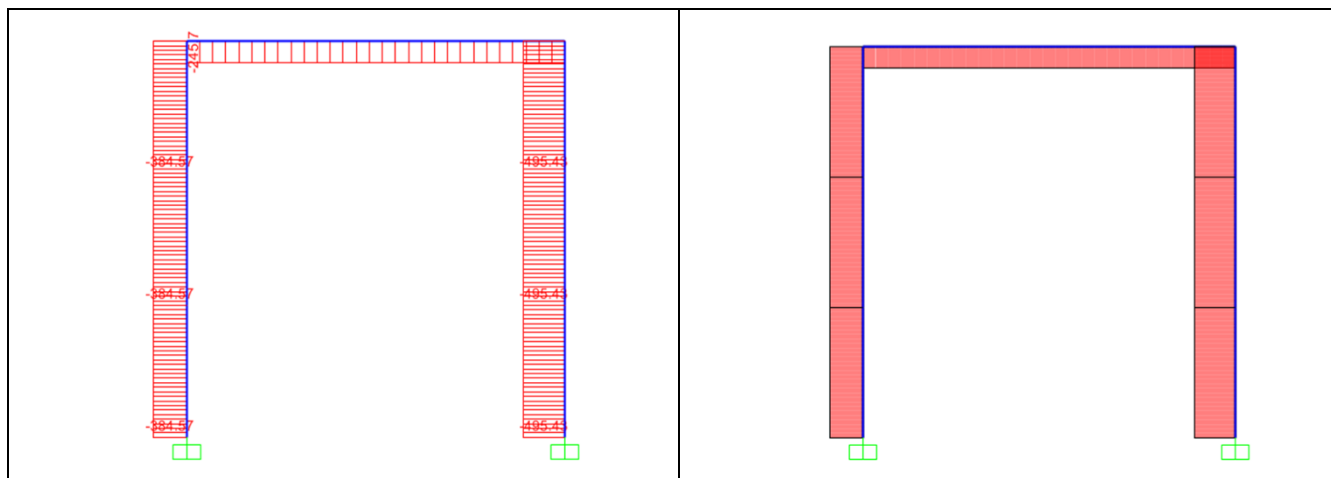


Valori principali di taglio:

Estremo destro cappello[kN]	495
Estremo sinistro cappello [kN]	385
Estremo inferiore gamba destra [kN]	48
Estremo superiore gamba destra [kN]	246

Estremo superiore gamba sinistra [kN]	246
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	48

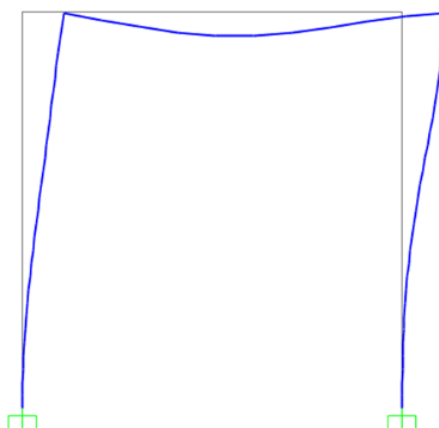
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	246
Gamba destra (valore costante) [kN]	496
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	385

Deformata elastica



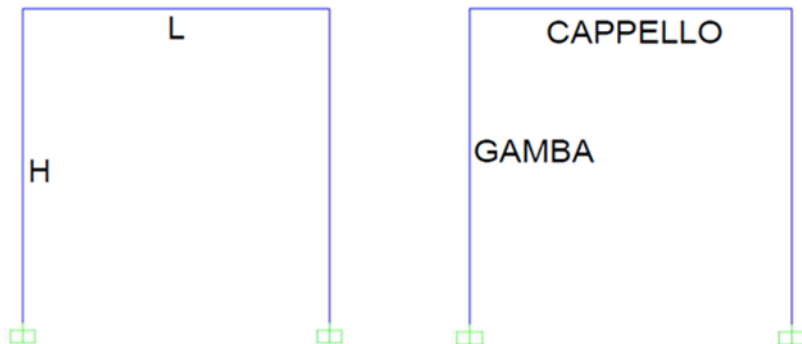
Valori principali di deflessione:

Cappello (a 1.8 m) [cm]	3.3
Deflessione gamba (a 4 m) [cm]	6.3

ANALISI N°20

SCHEMA STATICO

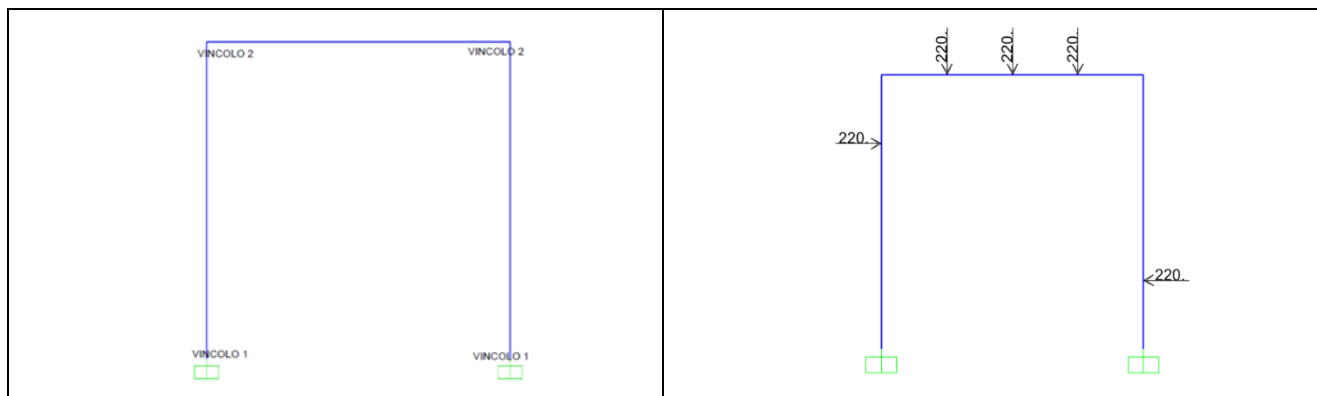
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 360-s275

SCHEMA STATICO

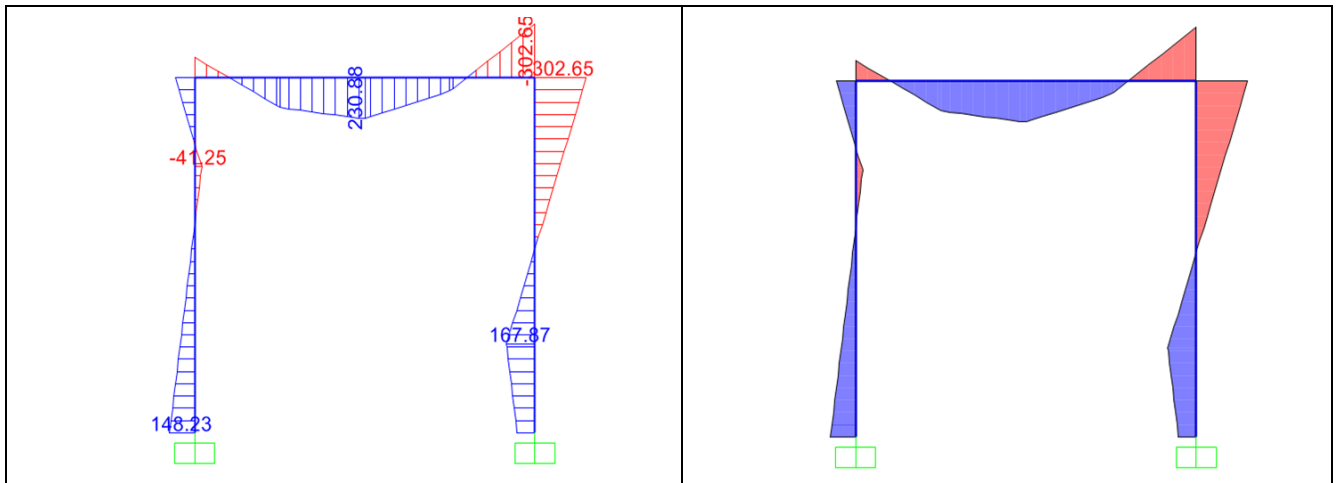
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Puntuale
Valore del carico [kN]	220

RISULTATI

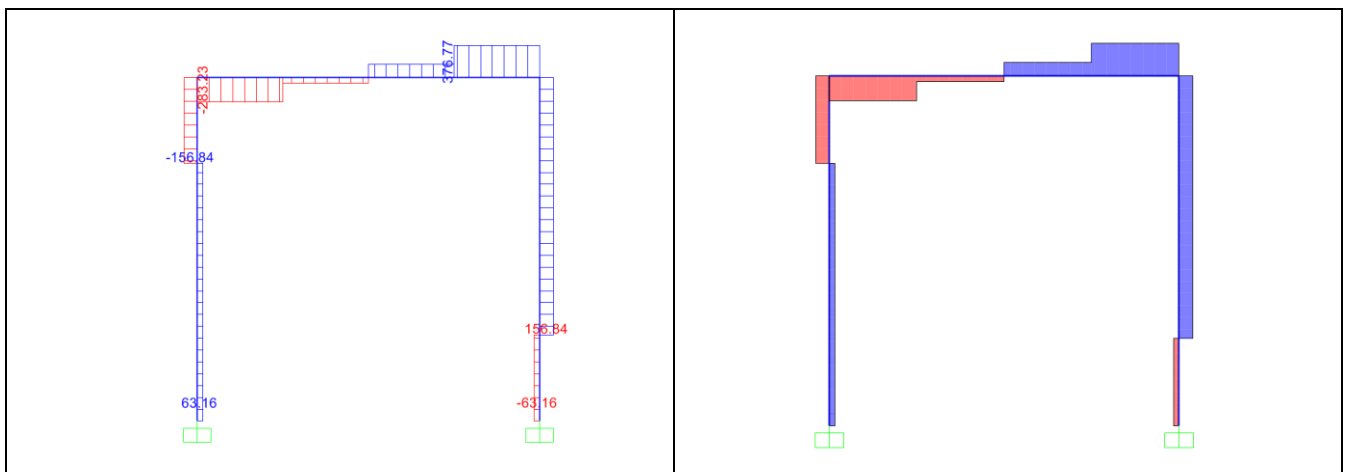
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Valore sotto carico puntuale in mezzeria [kNm]	231
Estremo destro cappello [kNm]	303
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	148
Estremo superiore gamba destra [kNm]	303
Gamba destra a 1 m [kNm]	168

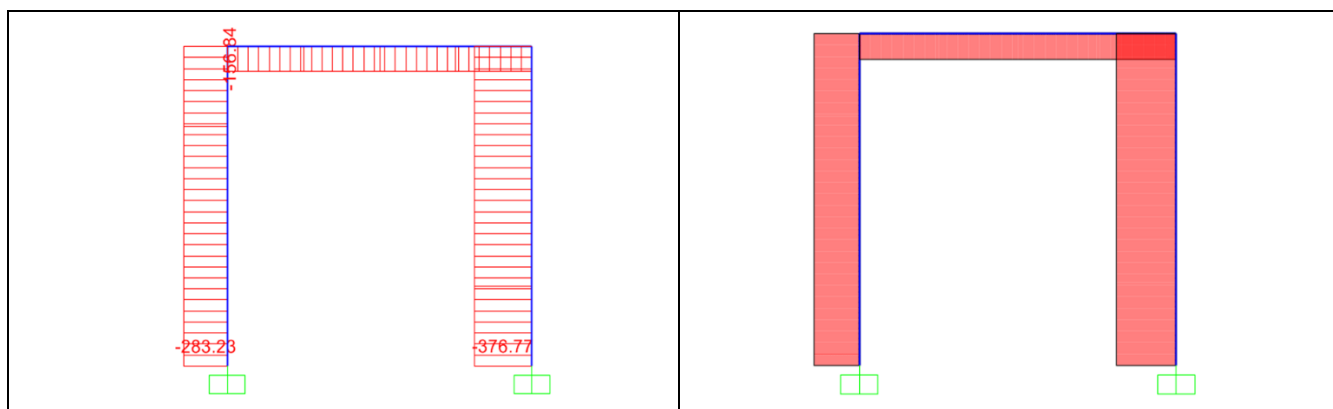
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo destro cappello [kN]	283
Estremo sinistro cappello [kN]	377
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	157
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	63
Estremo superiore gamba destra [kN]	157
Estremo inferiore gamba destra [kN]	63

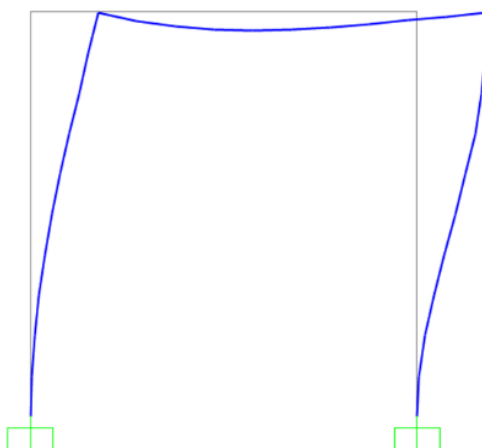
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	157
Gamba destra (valore costante) [kN]	377
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	283

Deformata elastica



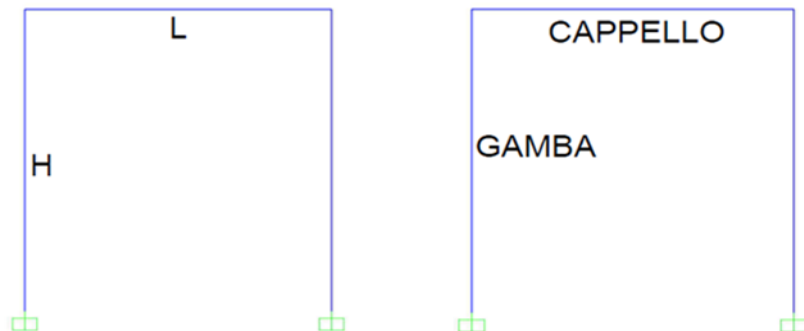
Valori principali di deflessione:

Cappello (a 1.93 m) [cm]	3.7
Spostamento superiore gamba [cm]	7

ANALISI N°21

SCHEMA STATICO

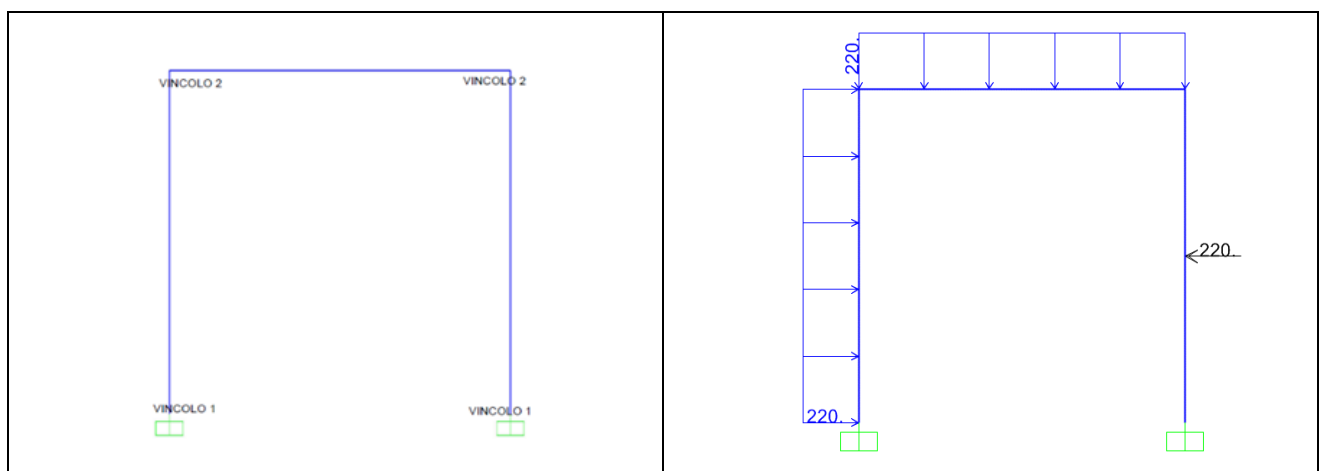
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 180/Fe 360-s235

SCHEMA STATICO

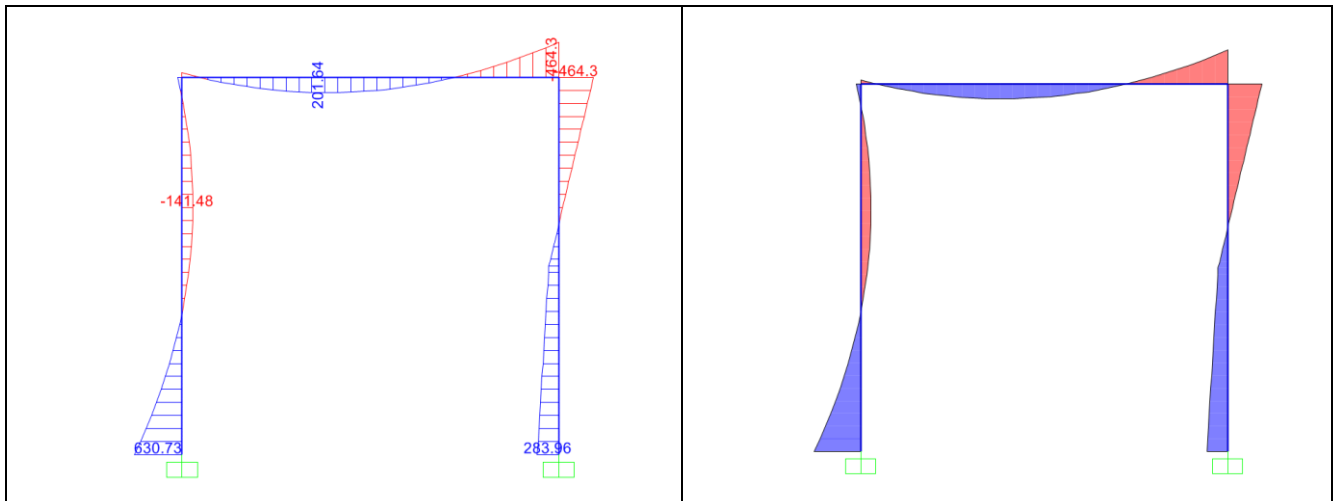
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Puntuale e distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

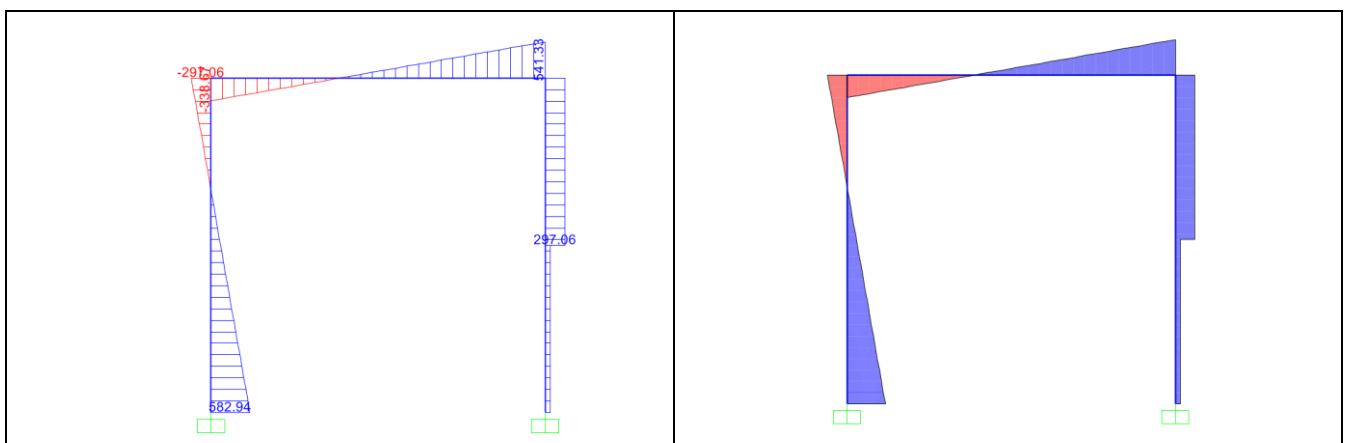
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Estremo destro cappello [kNm]	464
Cappello a 1.7 m [kNm]	202
Gamba sinistra a 2.8 m [kNm]	141
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	630
Estremo superiore gamba destra [kNm]	464
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	284

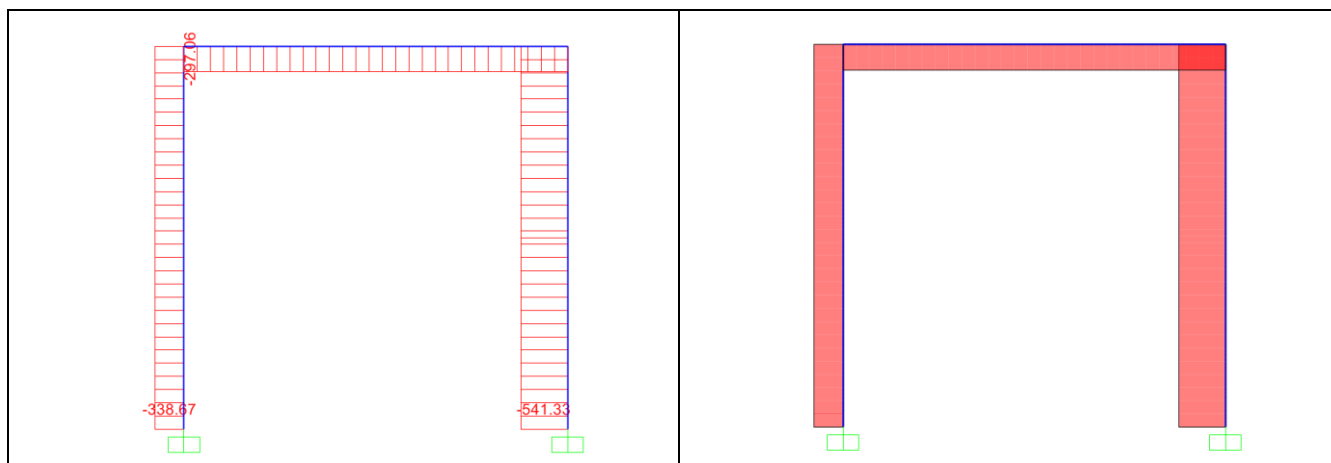
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	339
Estremo destro cappello [kN]	541
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	583
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	298
Valore gamba destra (da 2 a 4 m) [kN]	298

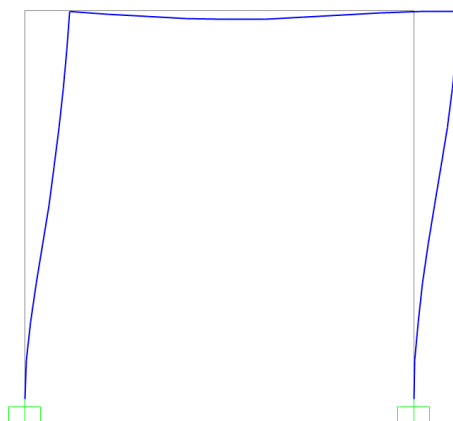
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	298
Gamba destra (valore costante) [kN]	541
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	339

Deformata elastica



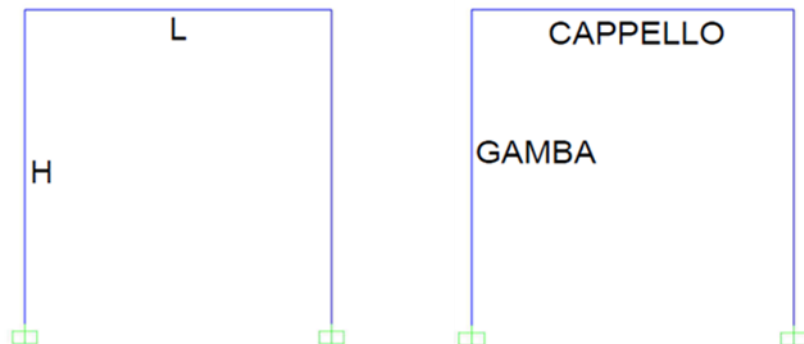
Valori principali di deflessione:

Cappello (a 2 m) [cm]	2.8
Deflessione gamba (a 4 m) [cm]	15

ANALISI N°22

SCHEMA STATICO

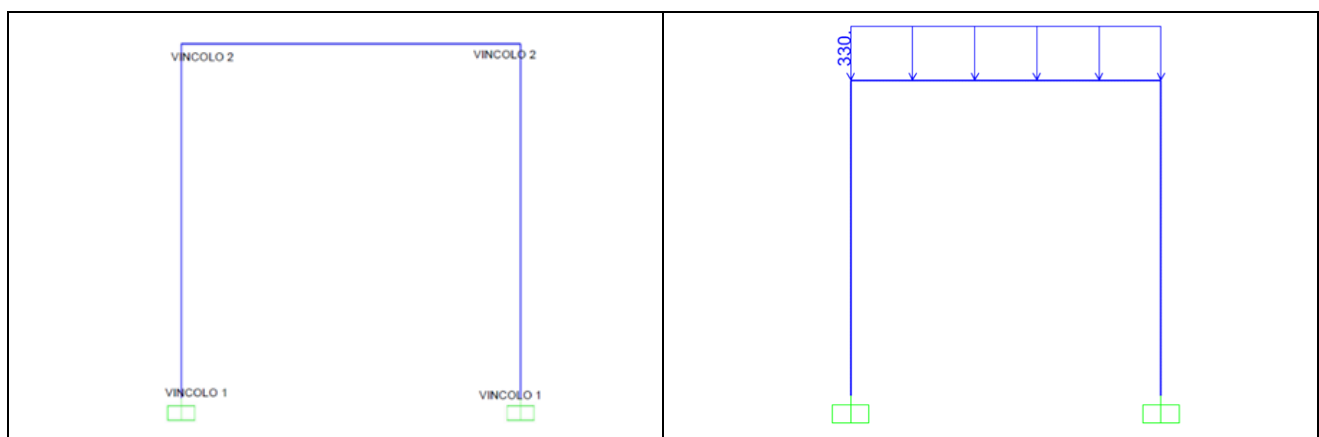
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200 / Fe430-s275

SCHEMA STATICO

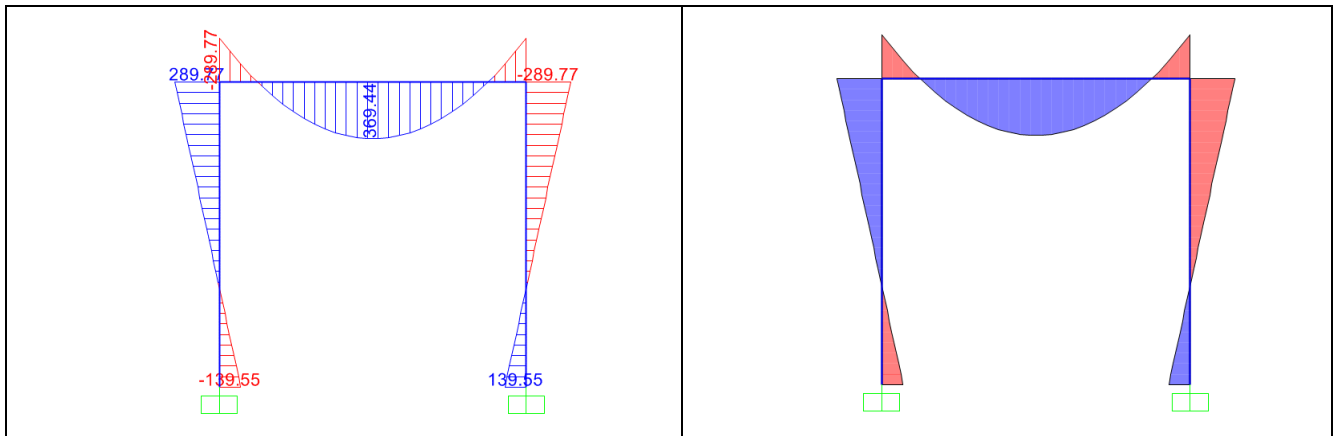
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	330

RISULTATI

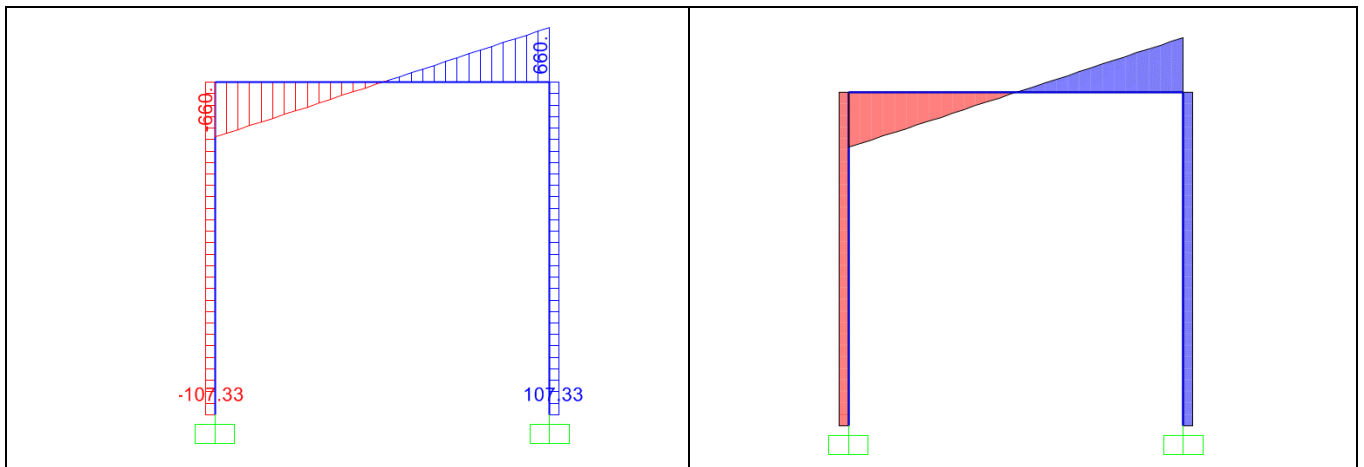
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	369
Estremi cappello [kNm]	290
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	140
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	290
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	140
Estremo superiore gamba destra [kNm]	290

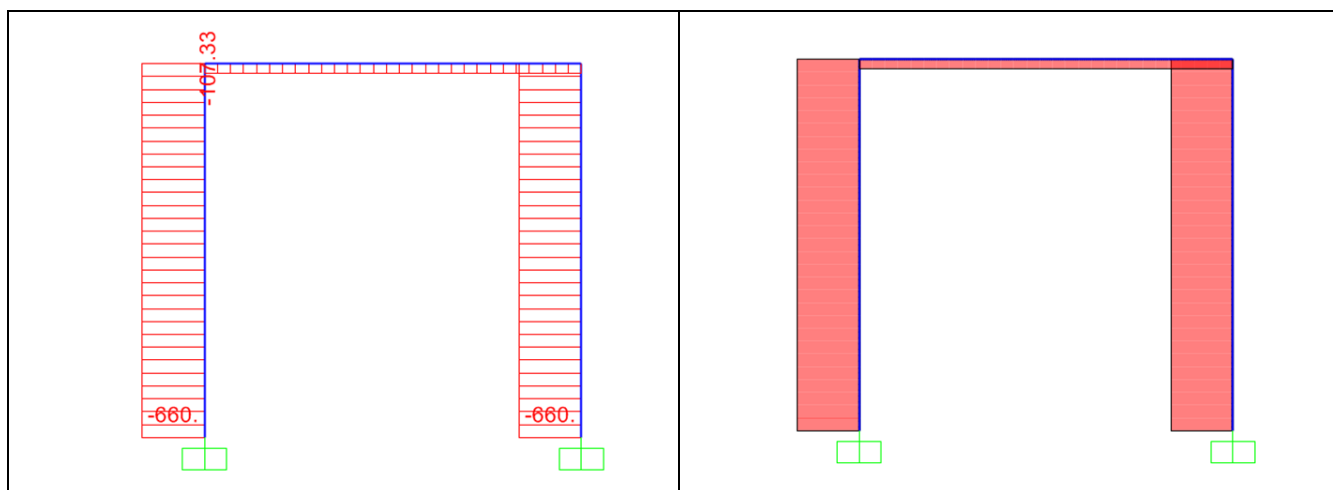
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	660
Estremo destro cappello [kN]	660
Valore costante gamba destra [kN]	108
Valore costante gamba sinistra [kN]	108

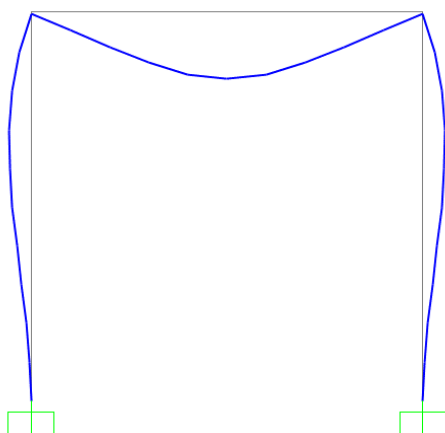
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	108
Gamba destra (valore costante) [kN]	660
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	660

Deformata elastica



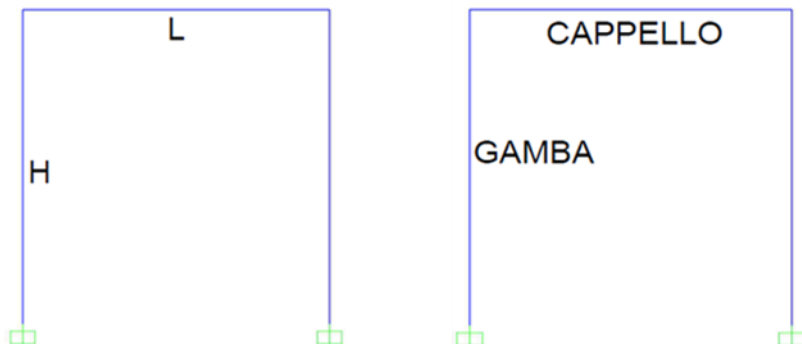
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	6.6
Mezzeria gamba [cm]	2.2

ANALISI N°23

SCHEMA STATICO

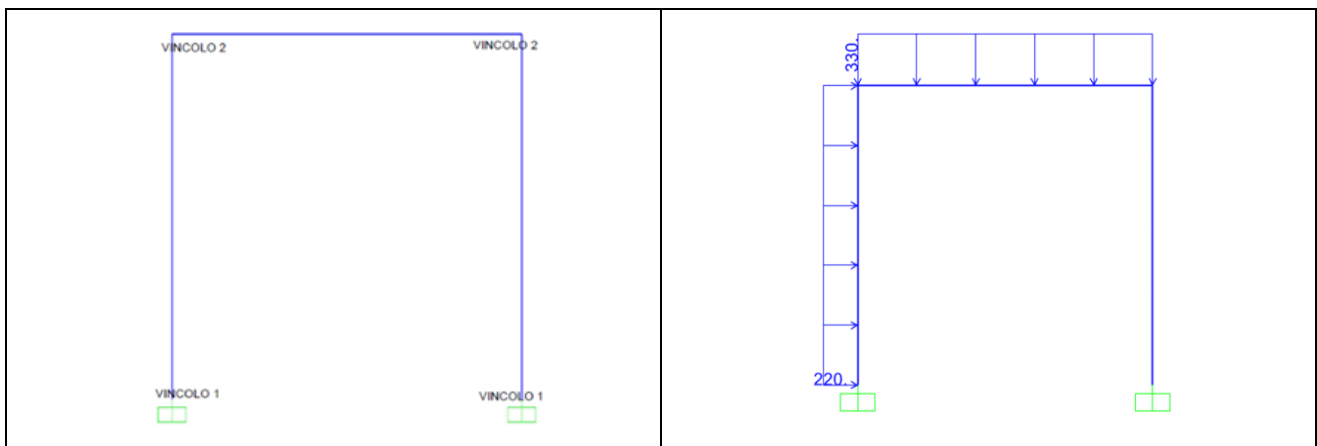
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200 - Fe430/s275

SCHEMA STATICO

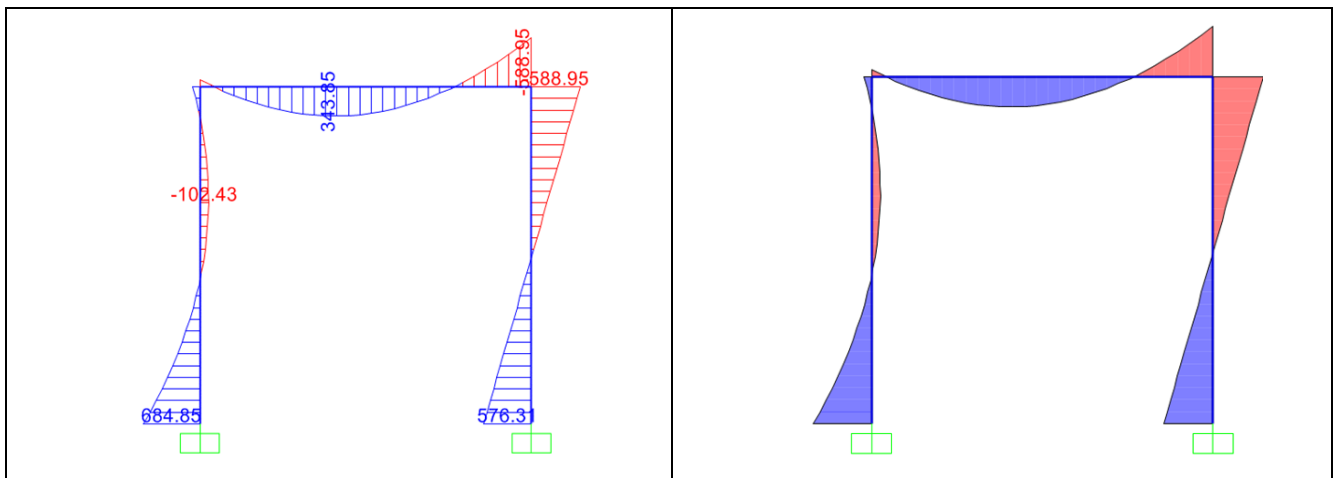
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 appoggio - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	330 e 220

RISULTATI

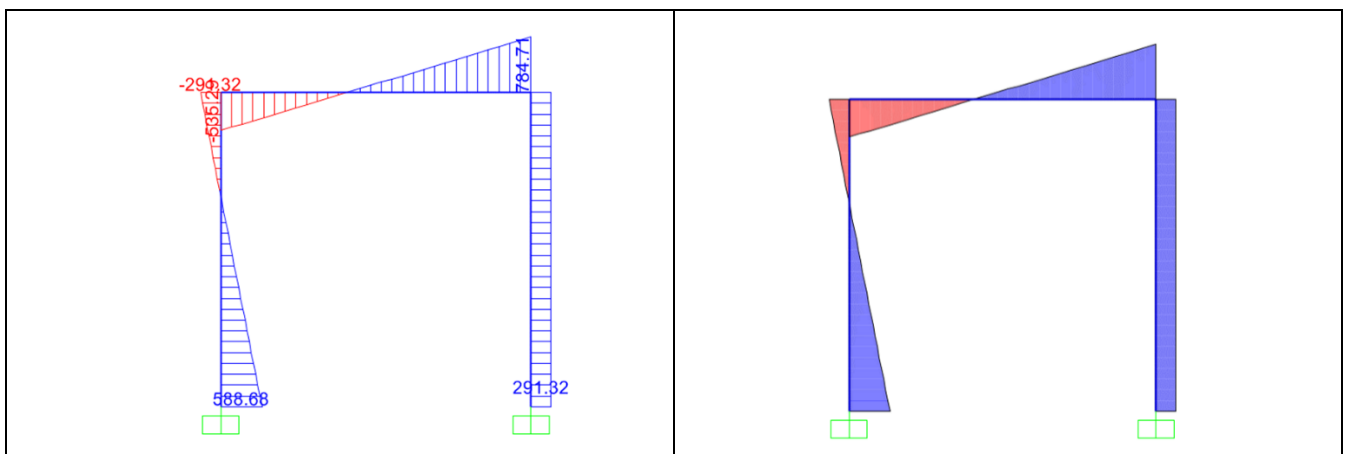
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Valore a 1,7 m del cappello [kNm]	344
Estremo destro cappello [kNm]	589
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	684
Estremo superiore gamba destra [kNm]	589
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	576

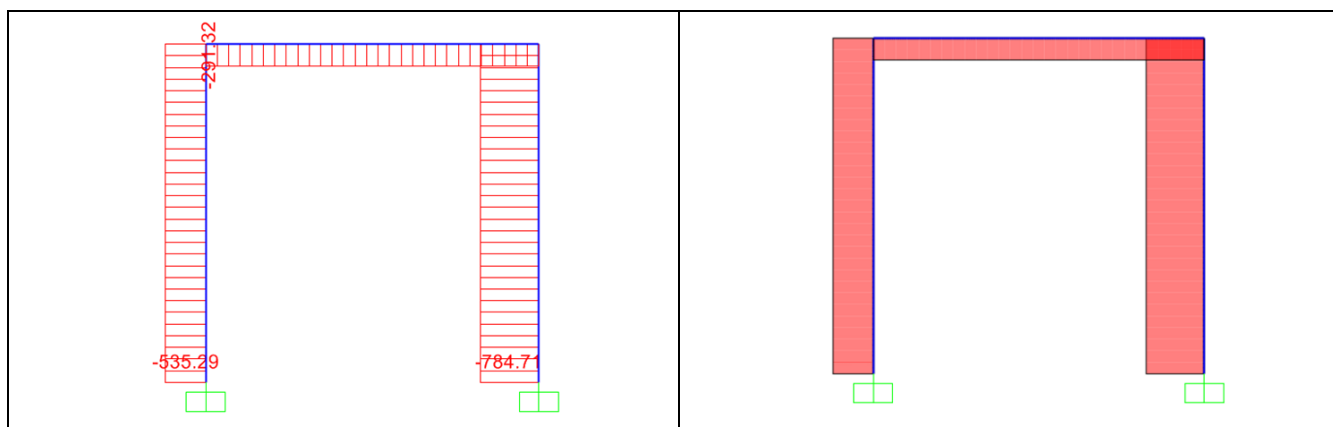
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	535
Estremo destro cappello [kN]	785
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	589
Estremo superiore gamba sinistra [N]	291
Valore costante gamba destra [kN]	291

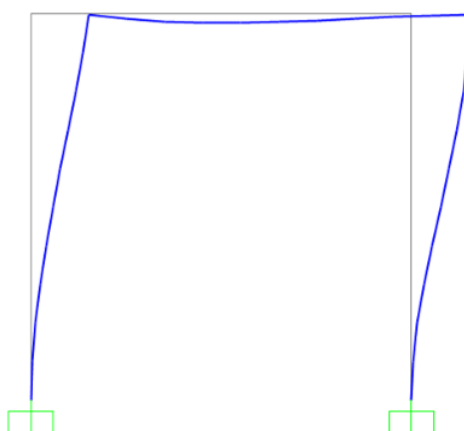
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	291
Gamba destra (valore costante) [kN]	785
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	535

Deformata elastica



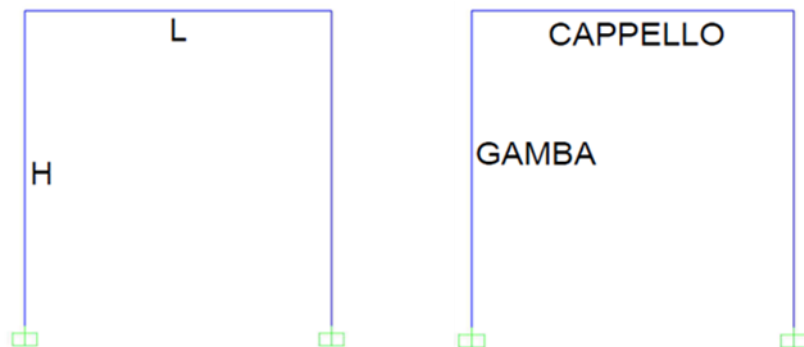
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	5.4
Estremo superiore gamba [cm]	20

ANALISI N°24

SCHEMA STATICO

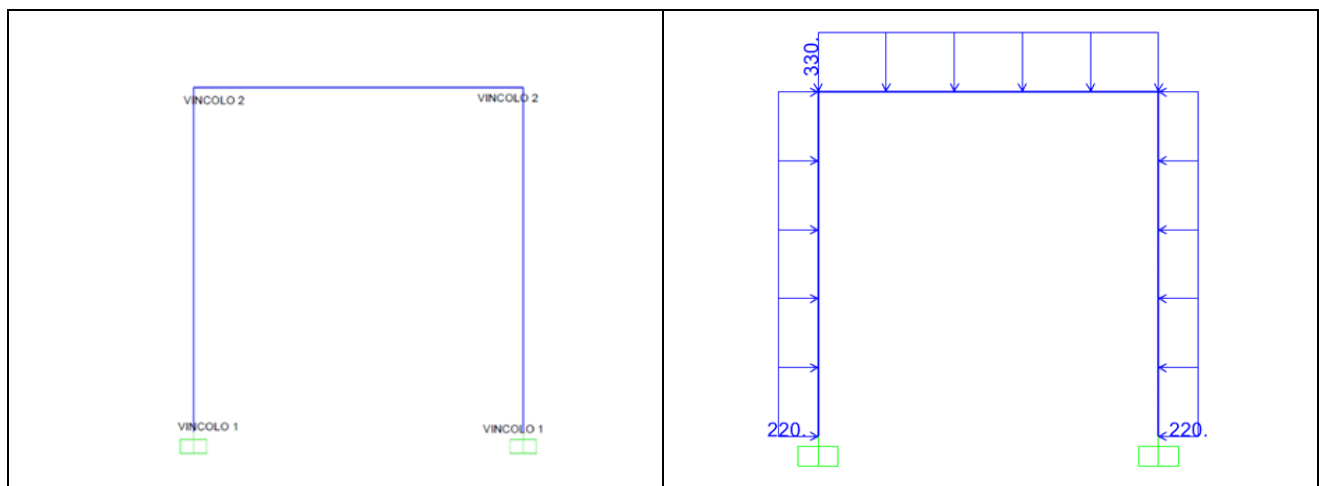
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

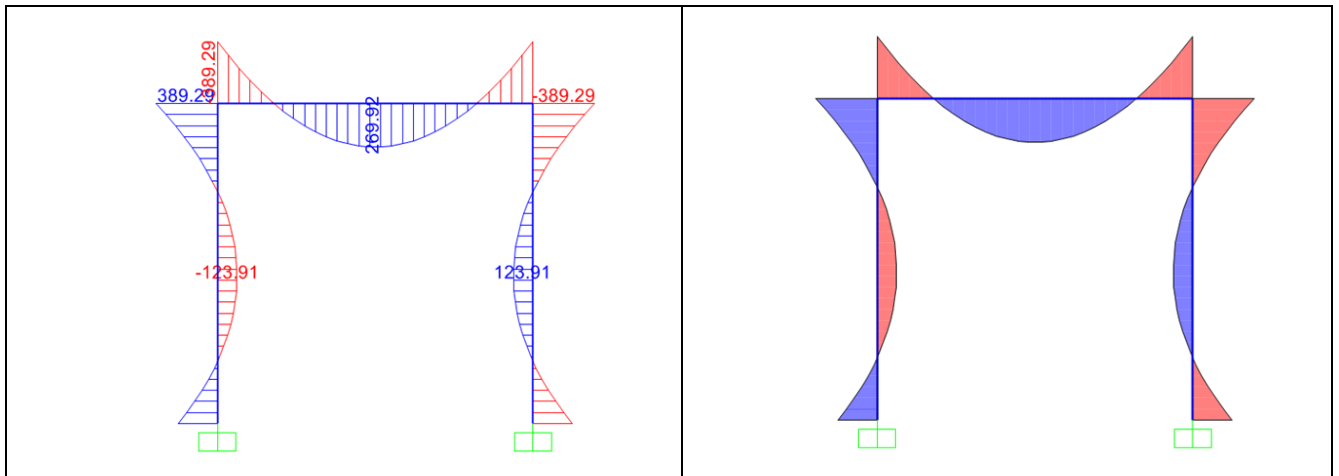
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	330 e 220

RISULTATI

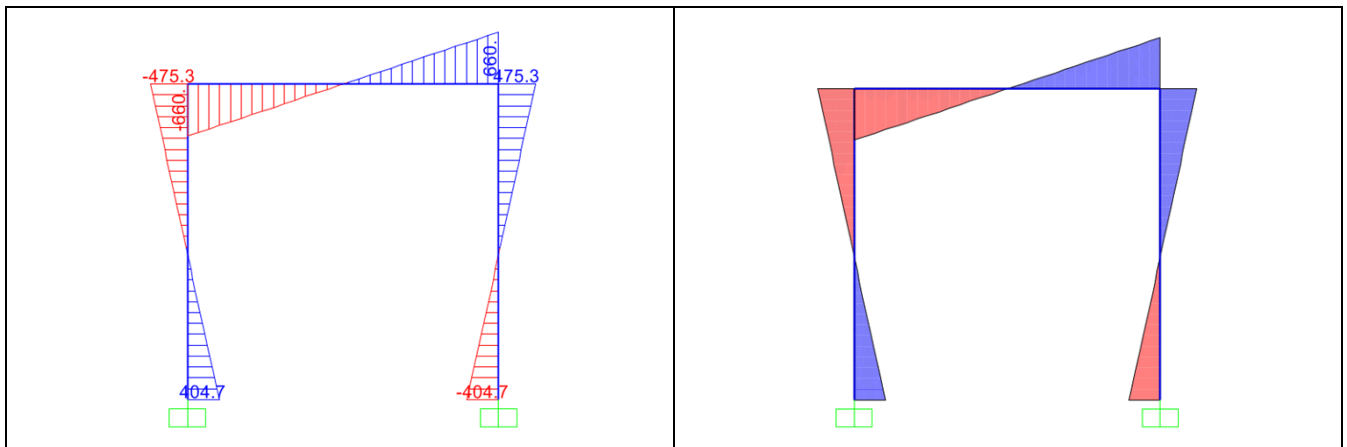
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	270
Estremi cappello [kNm]	389
Valore a 1,5 m gamba sinistra [kNm]	124
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	389
Valore a 1,5 m gamba destra [kNm]	124
Estremo superiore gamba destra [kNm]	389

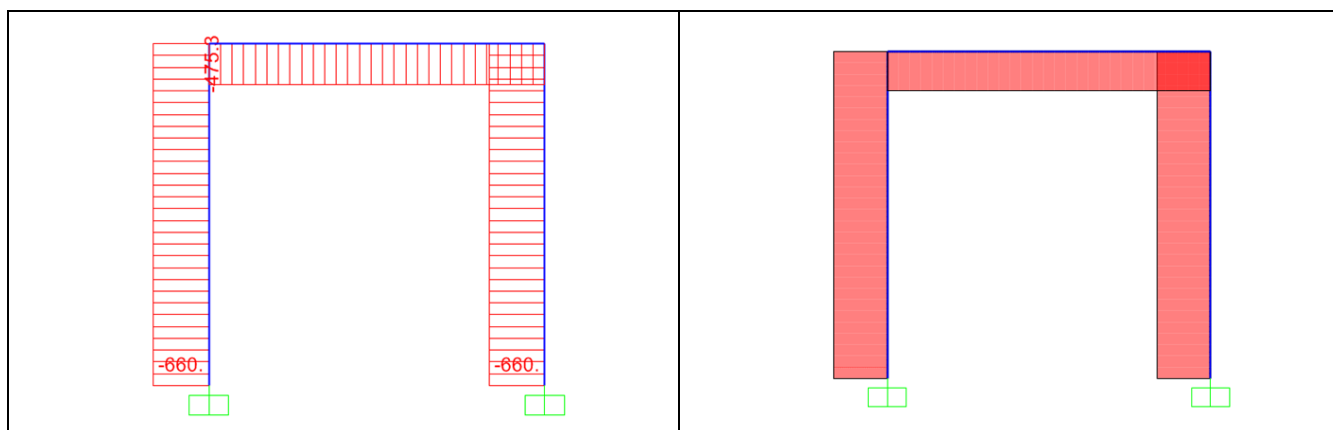
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	660
Estremo destro cappello [kN]	660
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	405
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	475
Estremo inferiore gamba destra [kN]	405
Estremo superiore gamba destra [kN]	475

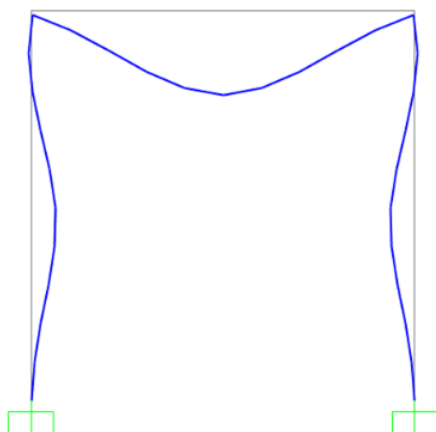
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	475
Gamba destra (valore costante) [kN]	660
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	660

Deformata elastica



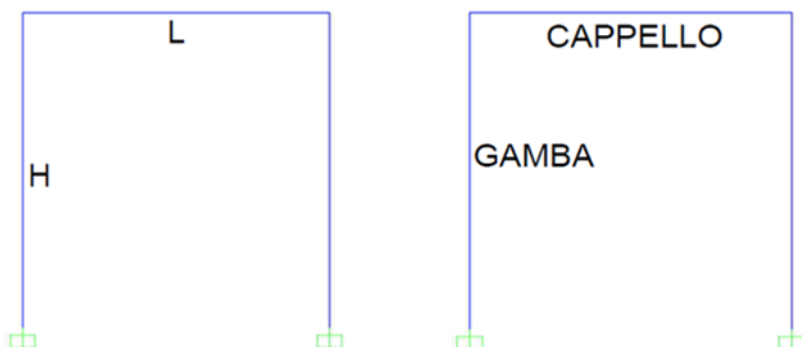
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	4
Mezzeria gamba sinistra [cm]	1.3
Mezzeria gamba destra [cm]	1.3

ANALISI N°25

SCHEMA STATICO

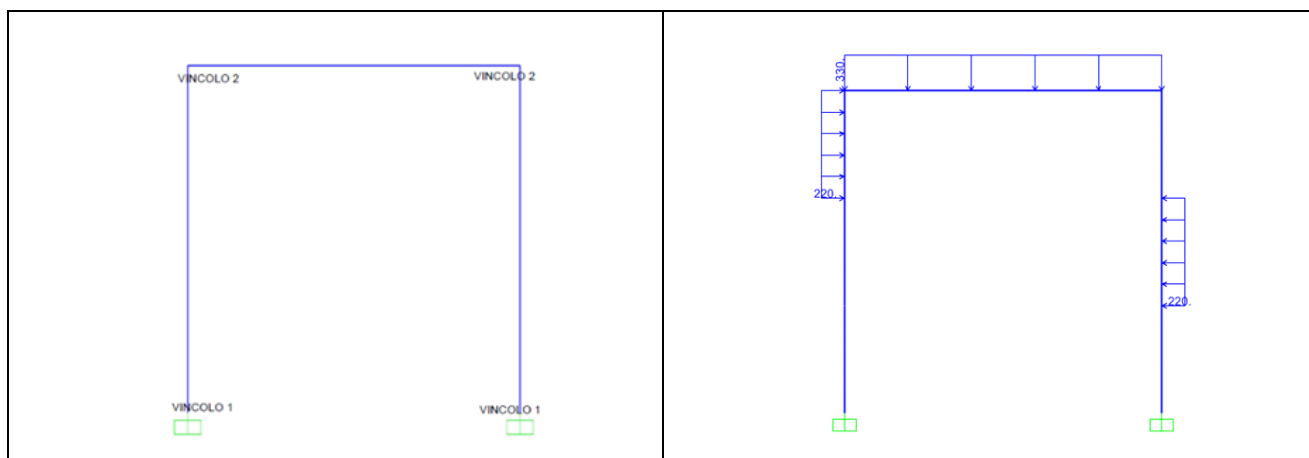
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200/Fe 360-s235

SCHEMA STATICO

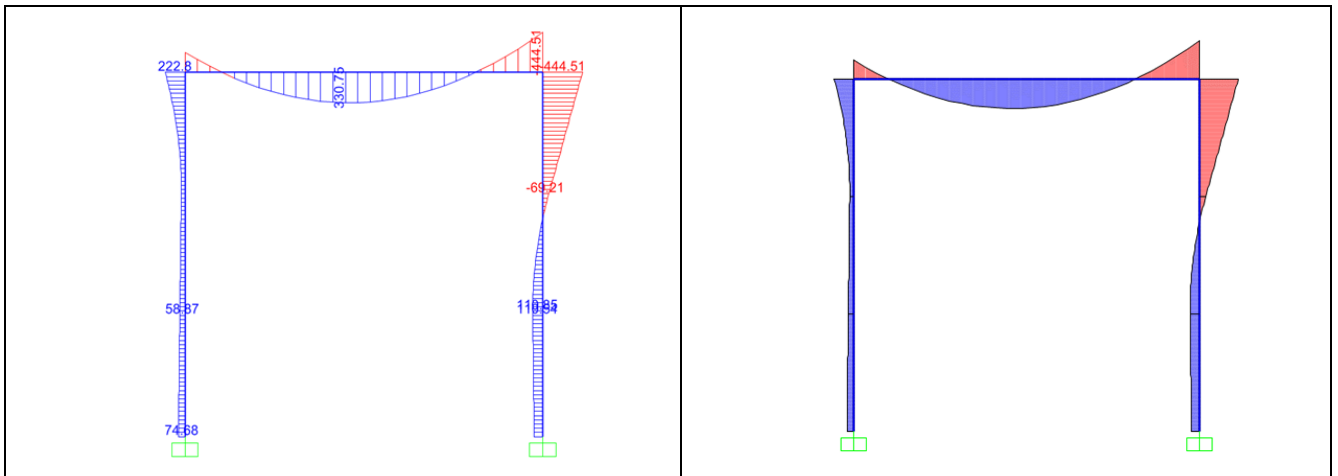
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	330 e 220

RISULTATI

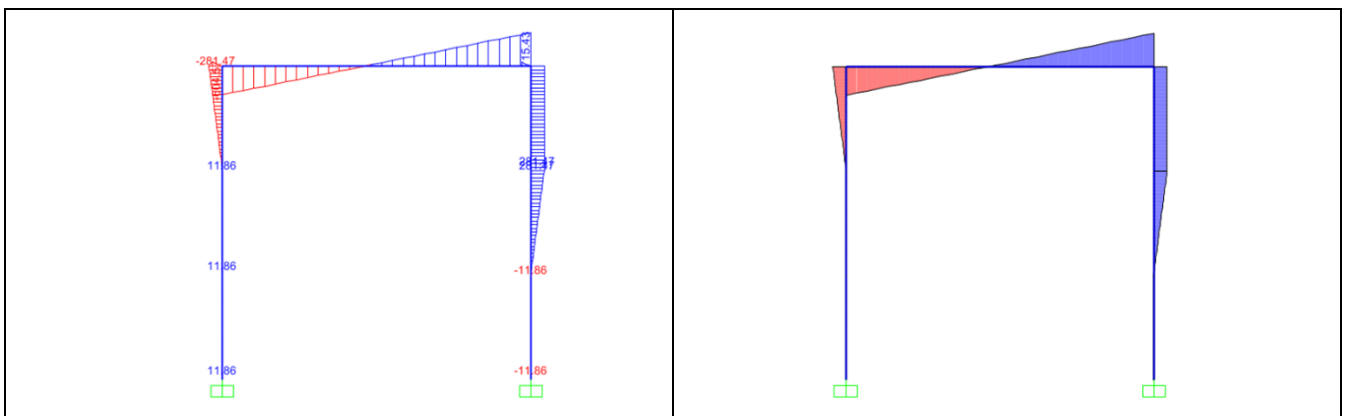
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Valore cappello a 1,66 m [kNm]	331
Estremi destro cappello [kNm]	445
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	223
Valore gamba sinistra a 1.5 m [kNm]	120
Estremo superiore gamba destra [kNm]	445

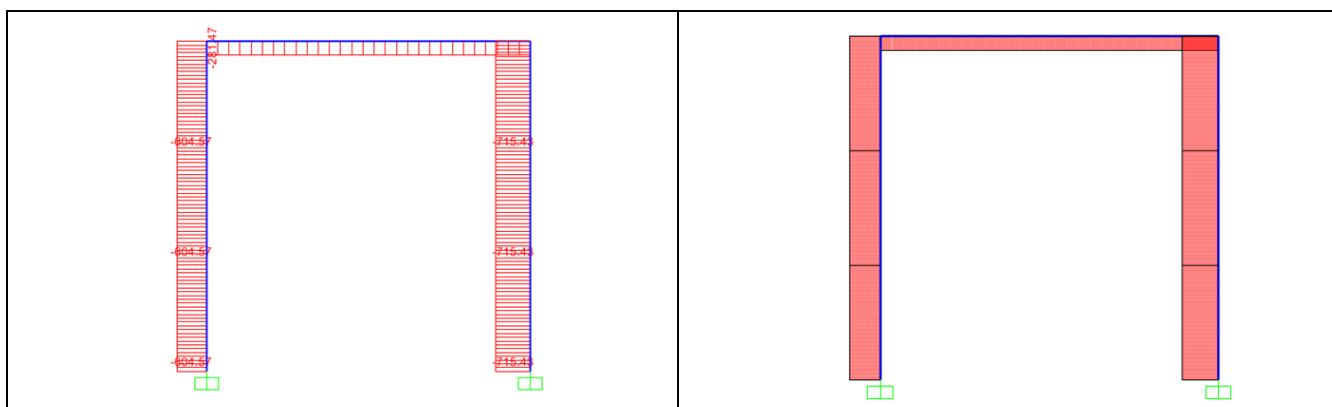
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	605
Estremo destro cappello [kN]	715
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	282
Estremo superiore gamba destra [kN]	282

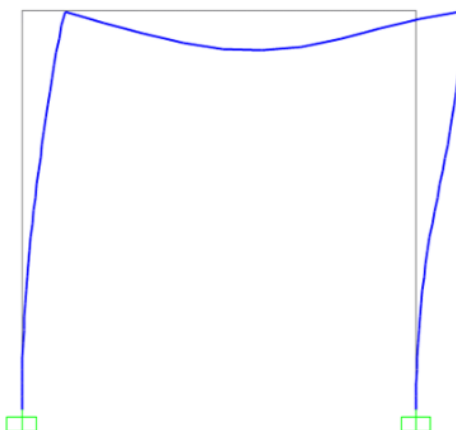
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	282
Gamba destra (valore costante) [kN]	715
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	605

Deformata elastica



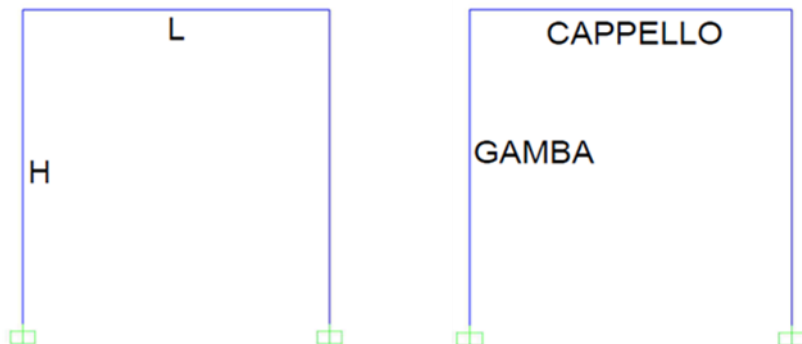
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	5.7
Estremo superiore gamba [cm]	6.3

ANALISI N°26

SCHEMA STATICO

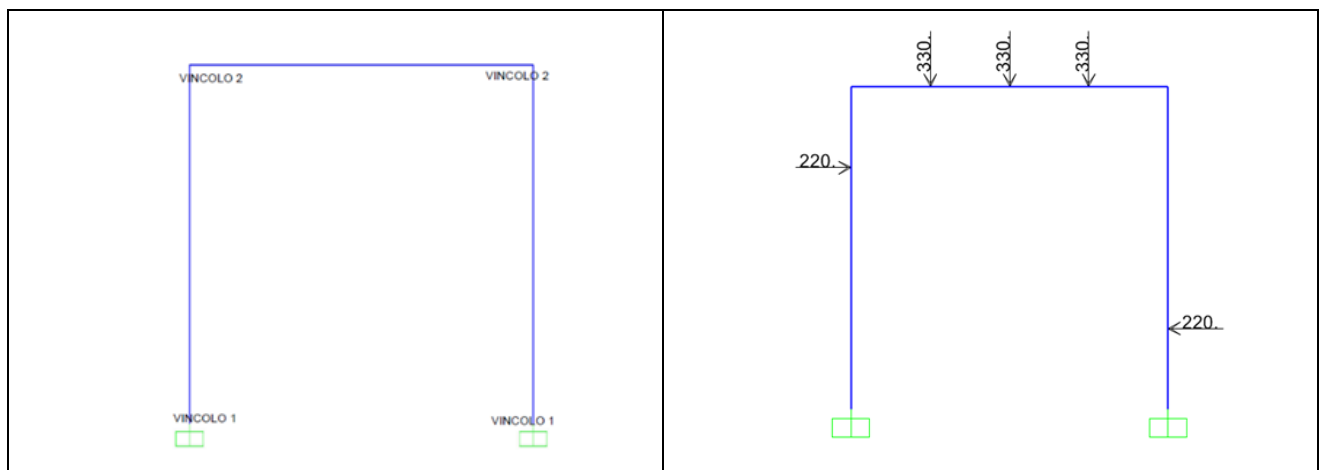
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200/Fe 360-s275

SCHEMA STATICO

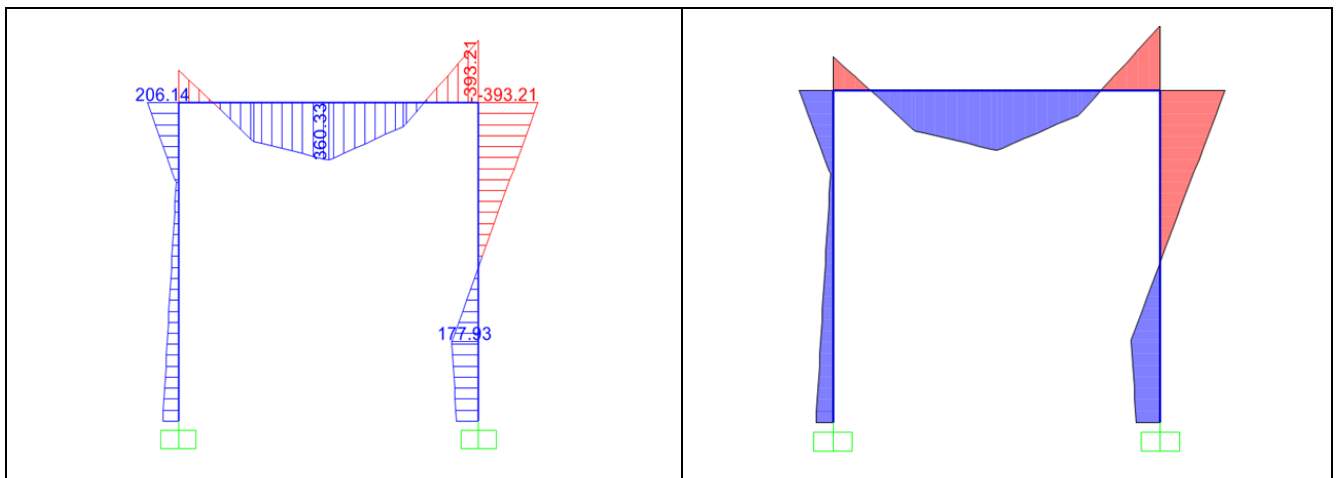
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Puntuale
Valore del carico [kN/m]	330 e 220

RISULTATI

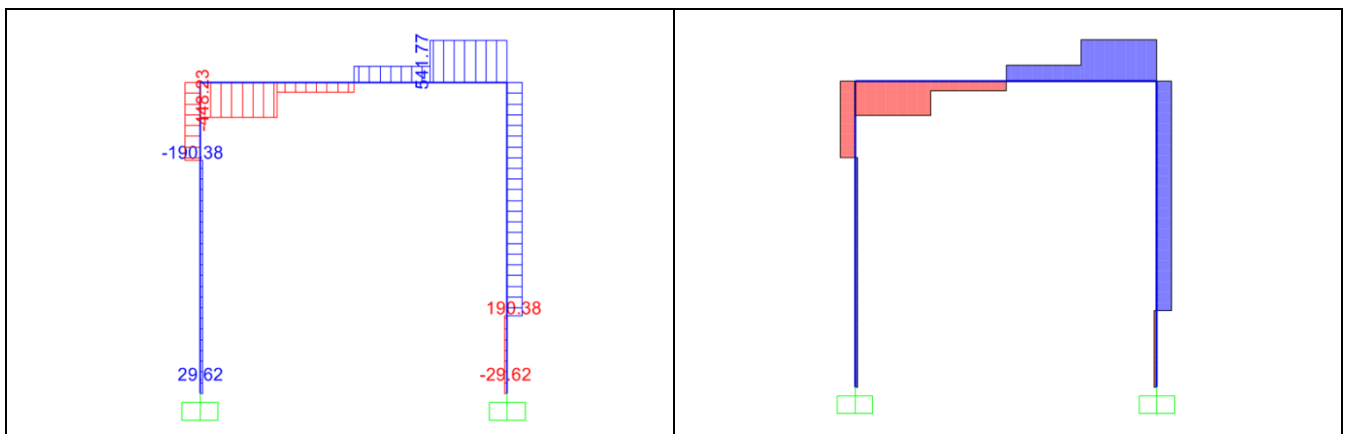
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	360
Estremo destro cappello [kNm]	393
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	206
Valore gamba destra a 1 m [kNm]	178
Estremo superiore gamba destra [kNm]	393

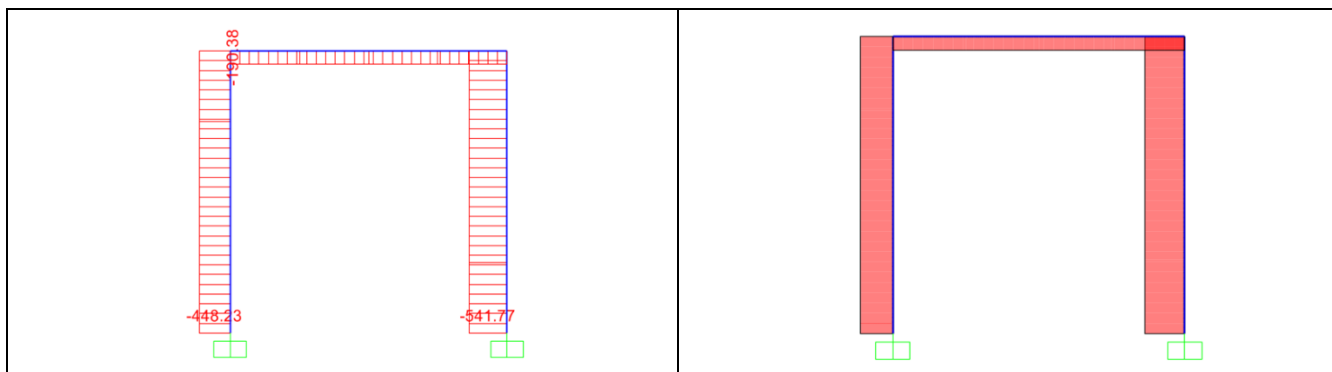
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo destro cappello [kN]	448
Estremo sinistro cappello [kN]	542
Gamba destra [kN]	190
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	190

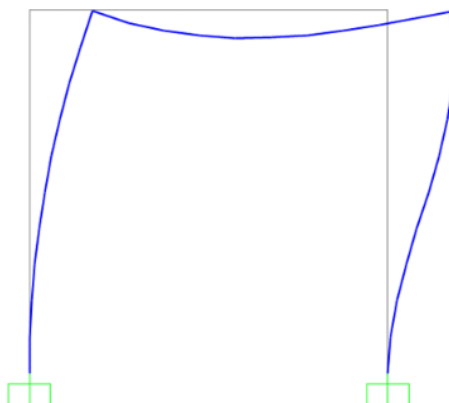
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	190
Gamba destra (valore costante) [kN]	542
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	448

Deformata elastica



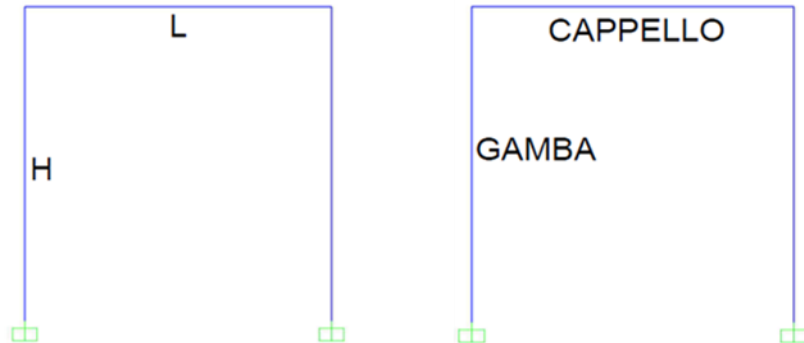
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	5.8
Estremo superiore gambe [cm]	7.4

ANALISI N°27

SCHEMA STATICO

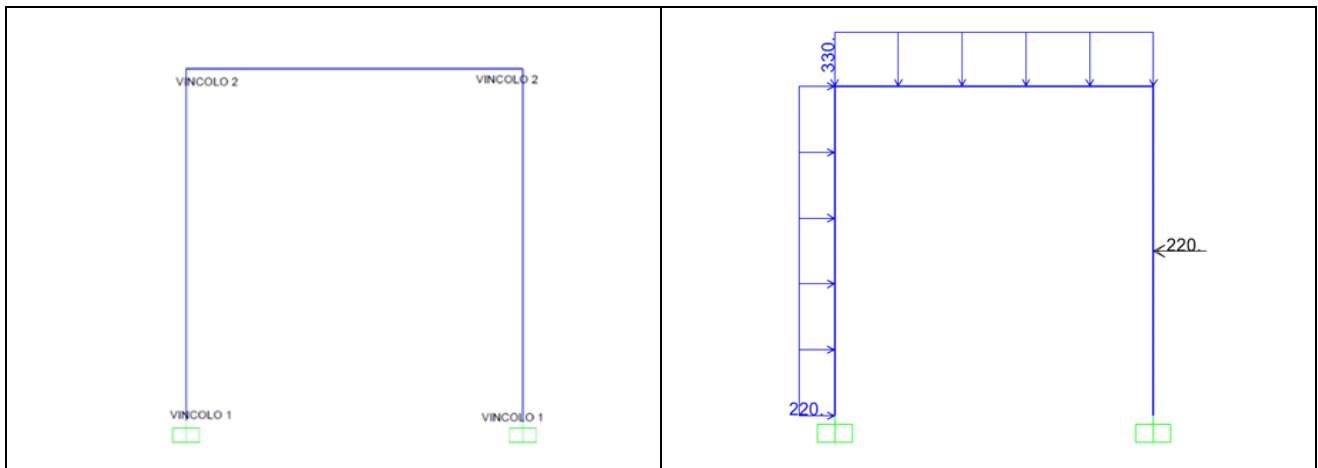
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

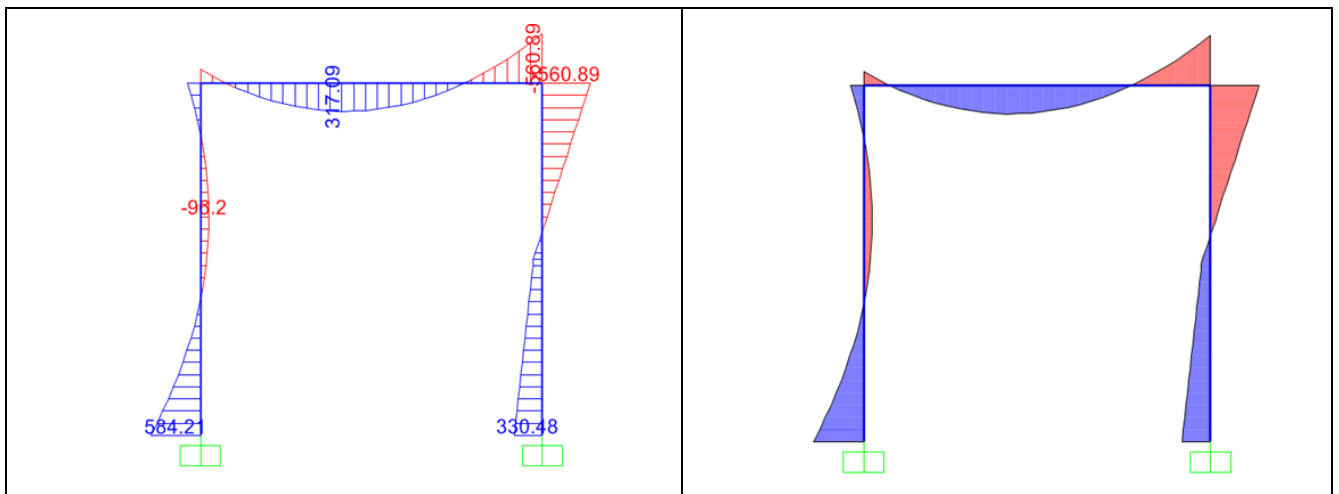
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito e puntuale
Valore del carico [kN/m]	330 e 220

RISULTATI

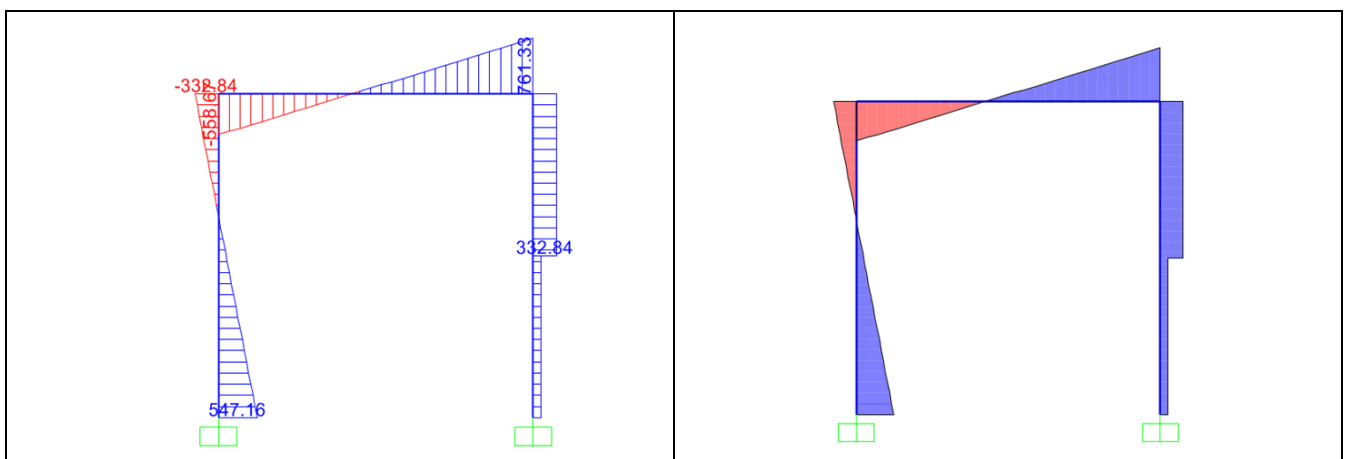
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Valore cappello a 0.9 m [kNm]	317
Estremo destro cappello [kNm]	561
Valore gamba sinistra a 2.70 m [kNm]	96
Estremo superiore gamba destra [kNm]	561
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	584
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	331

Diagramma di taglio

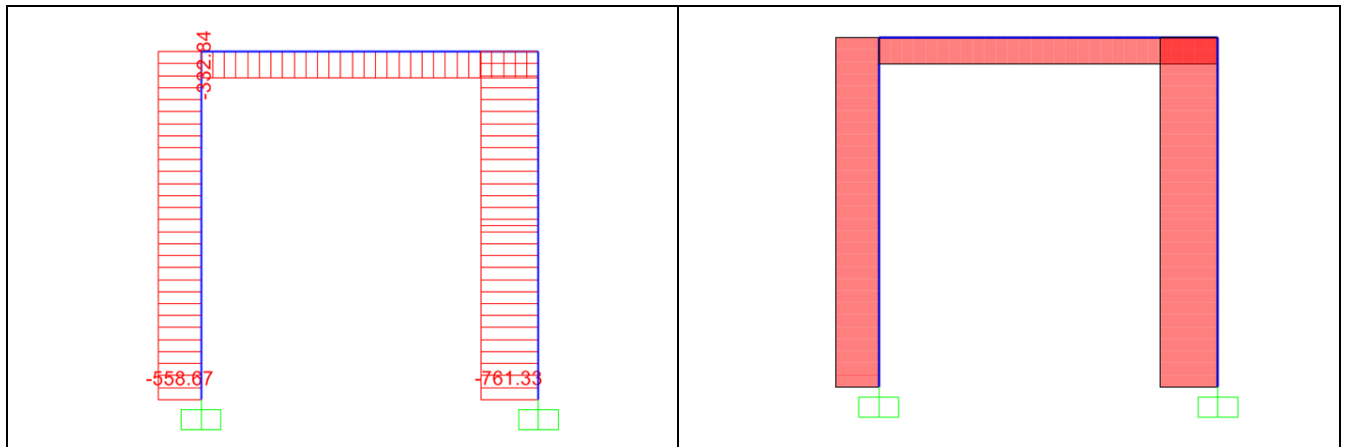


Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	559
Estremo destro cappello [kN]	761
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	333
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	547

Valore superiore gamba destra [kN]	333
------------------------------------	-----

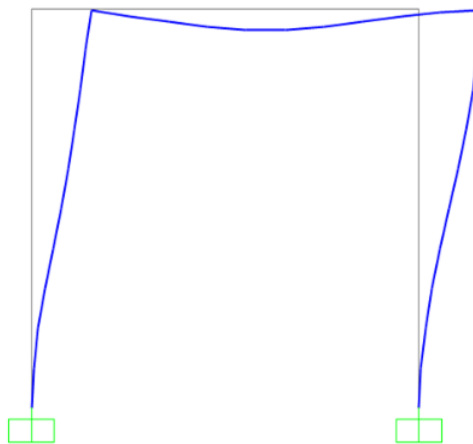
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	333
Gamba destra (valore costante) [kN]	761
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	559

Deformata elastica



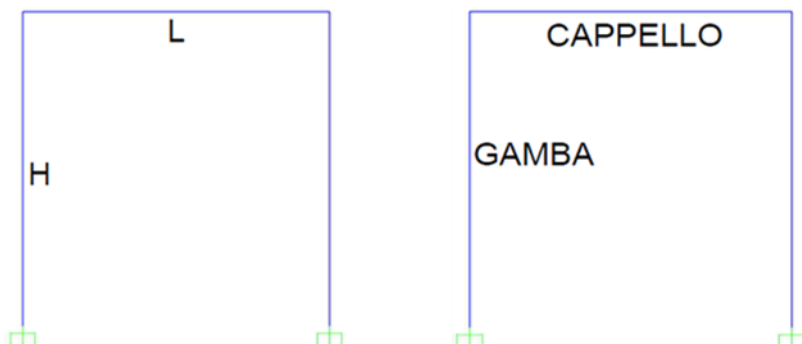
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	5.1
Mezzeria gamba [cm]	15

ANALISI N°28

SCHEMA STATICO

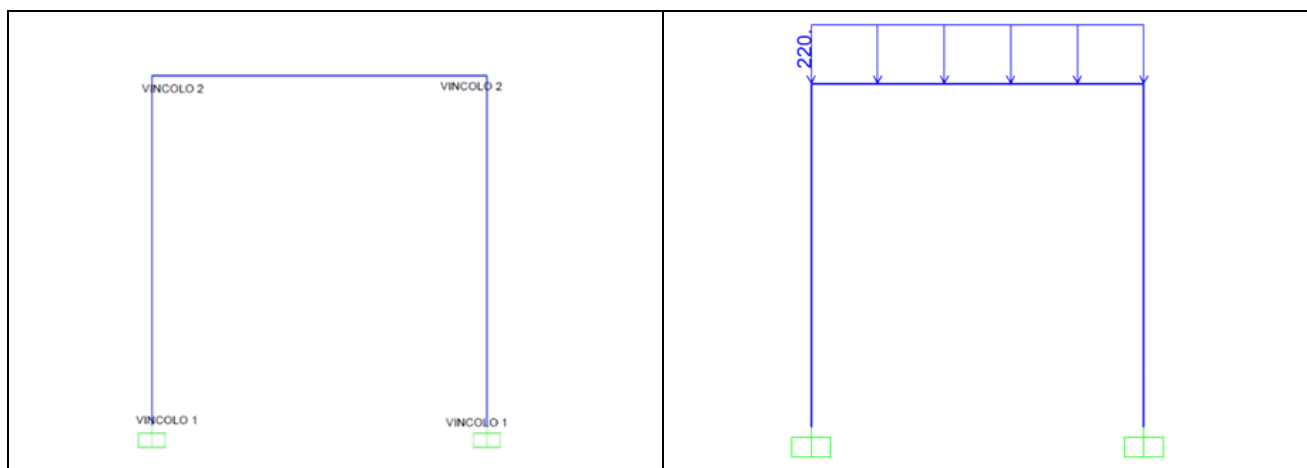
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200/Fe 360-s275

SCHEMA STATICO

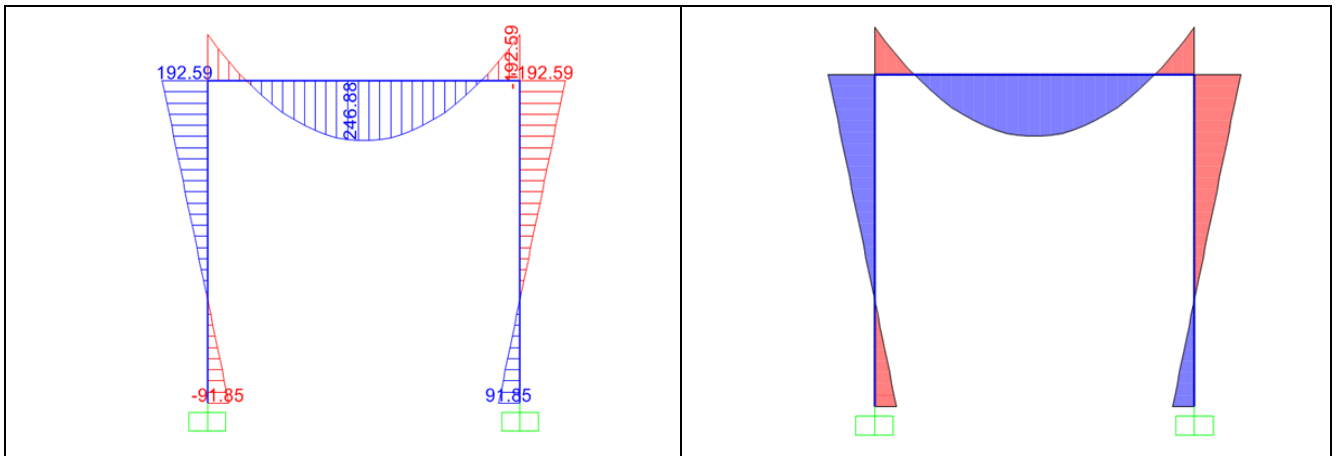
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

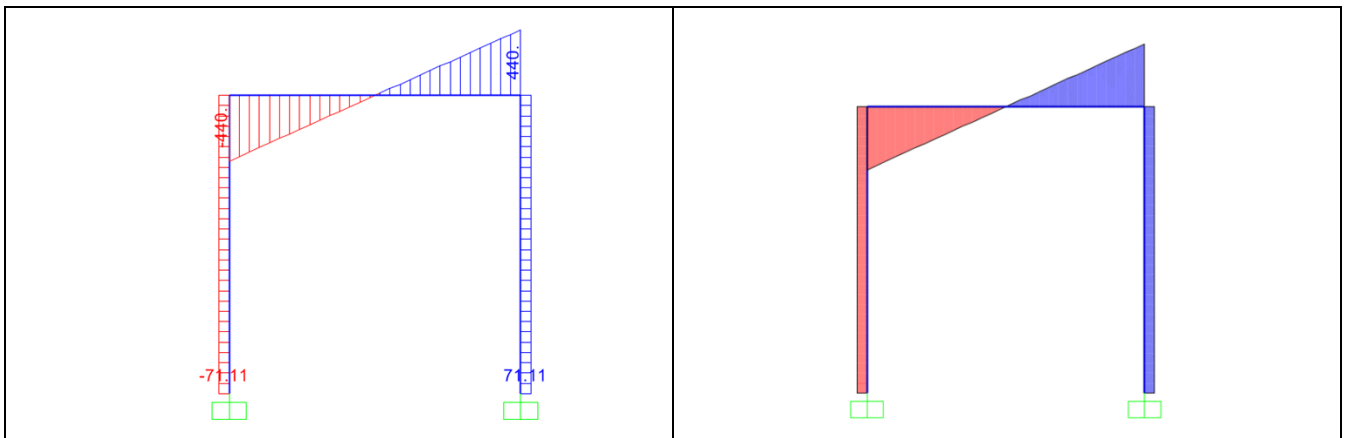
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	247
Estremi cappello [kNm]	193
Estremi superiori gambe [kNm]	193
Estremi inferiori gamba [kN]	92

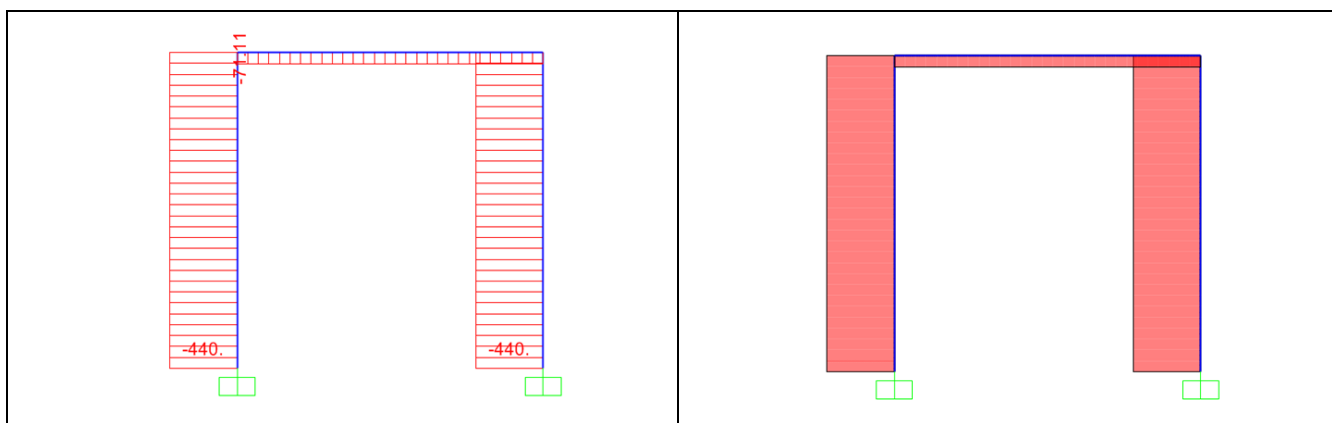
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	440
Estremo destro cappello [kN]	440
Valore costante gamba destra [kN]	71
Valore costante gamba sinistra [kN]	71

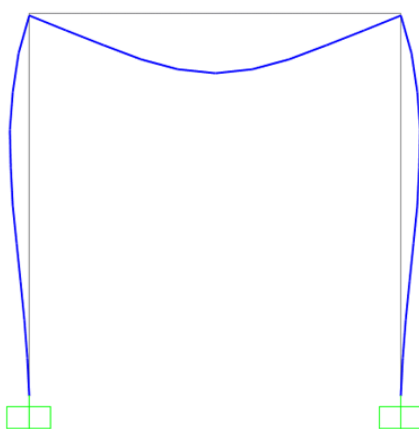
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	71
Gamba destra (valore costante) [kN]	440
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	440

Deformata elastica



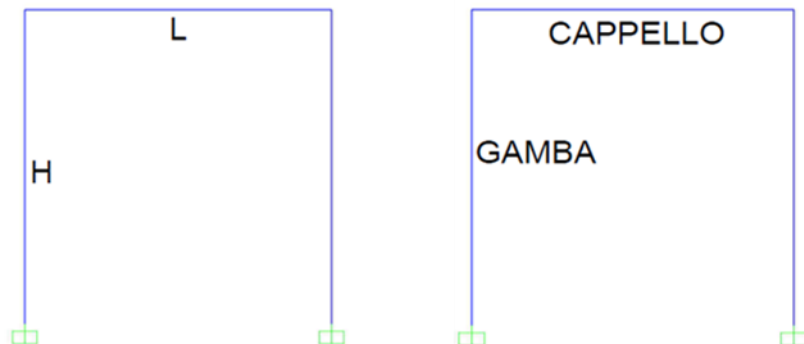
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	3
Mezzeria gamba [cm]	1

ANALISI N°29

SCHEMA STATICO

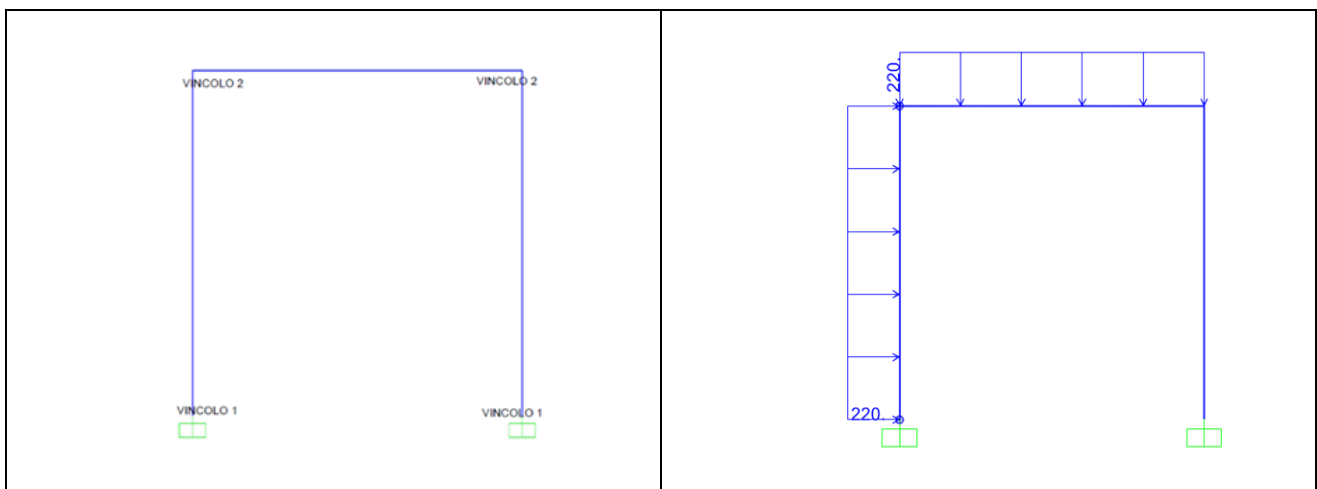
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

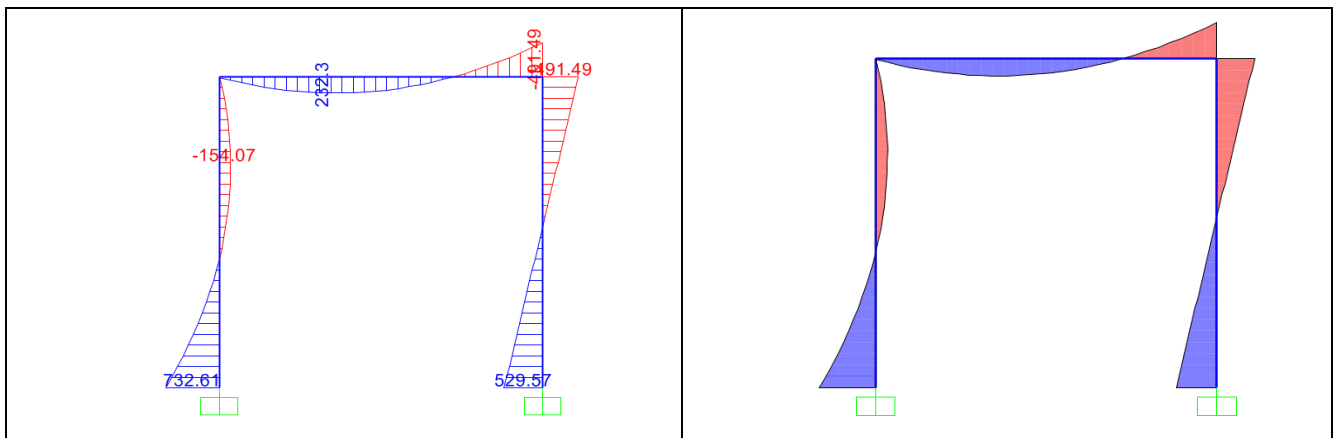
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

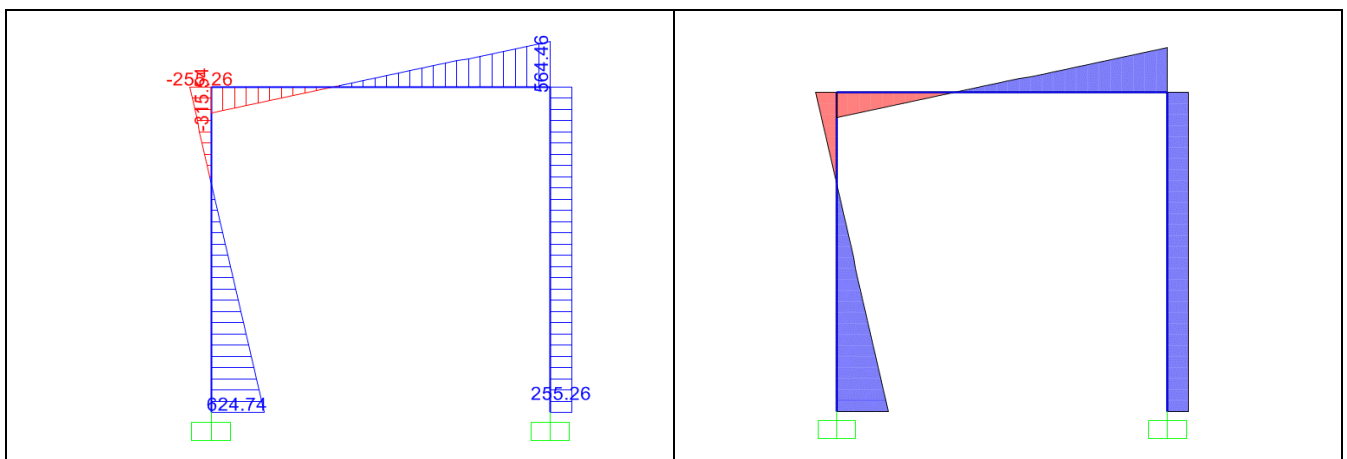
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Estremo destro cappello [kNm]	491
Valore gamba sinistra a 2.8 m [kNm]	154
Estremo gamba inferiore [kNm]	733
Estremo superiore gamba destra [kNm]	491
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	530

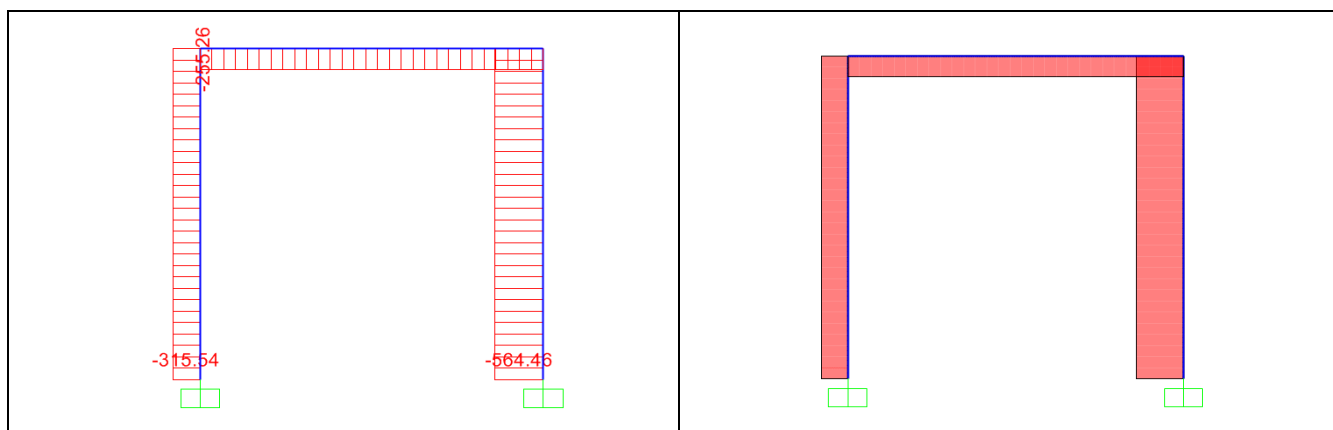
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo destro cappello [kN]	564
Estremo sinistro cappello [kN]	316
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	256
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	625
Valore costante gamba destra [kN]	255

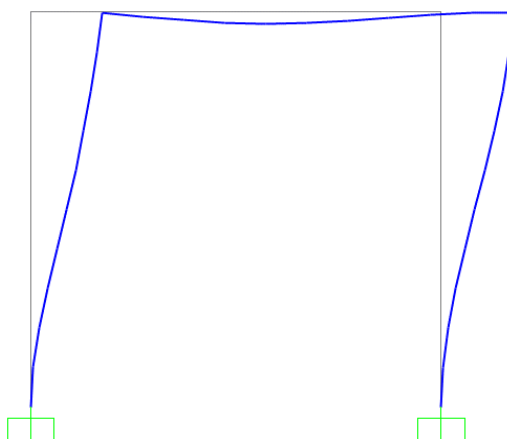
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Valore costante cappello [kN]	255
Valore costante gamba destra [kN]	564
Valore costante gamba sinistra [kN]	316

Deformata elastica



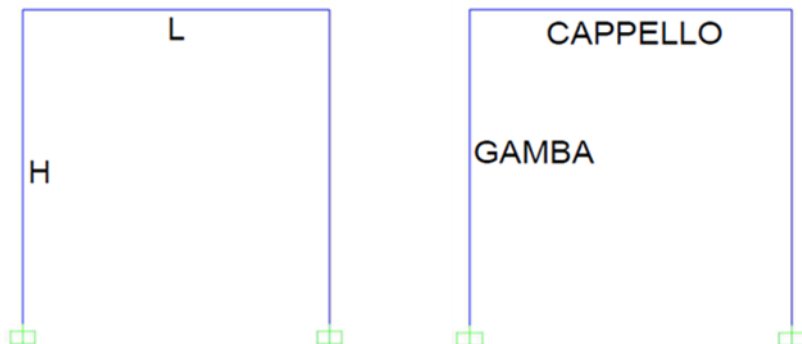
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	2.3
Estremo superiore gambe [cm]	14

ANALISI N°30

SCHEMA STATICO

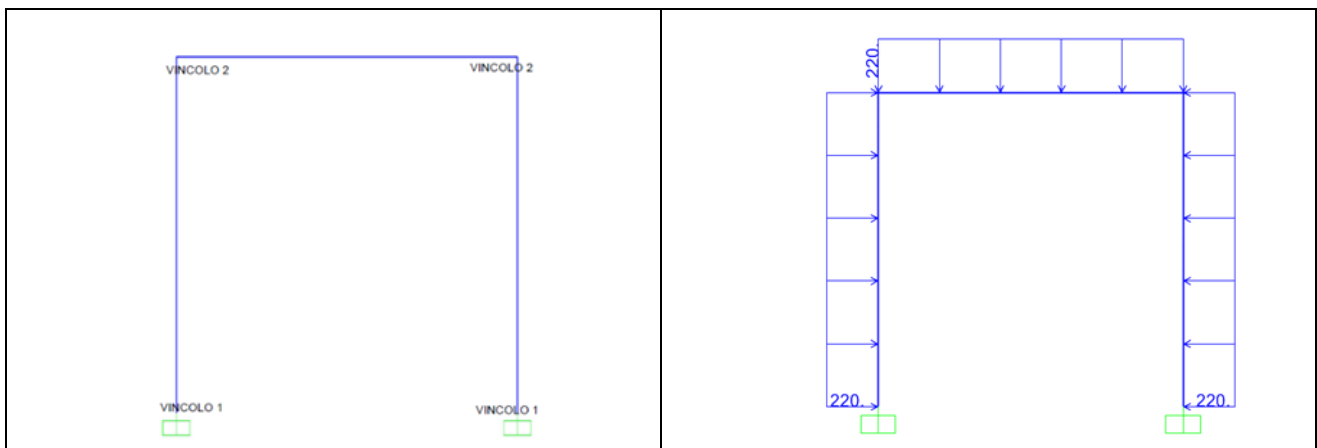
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

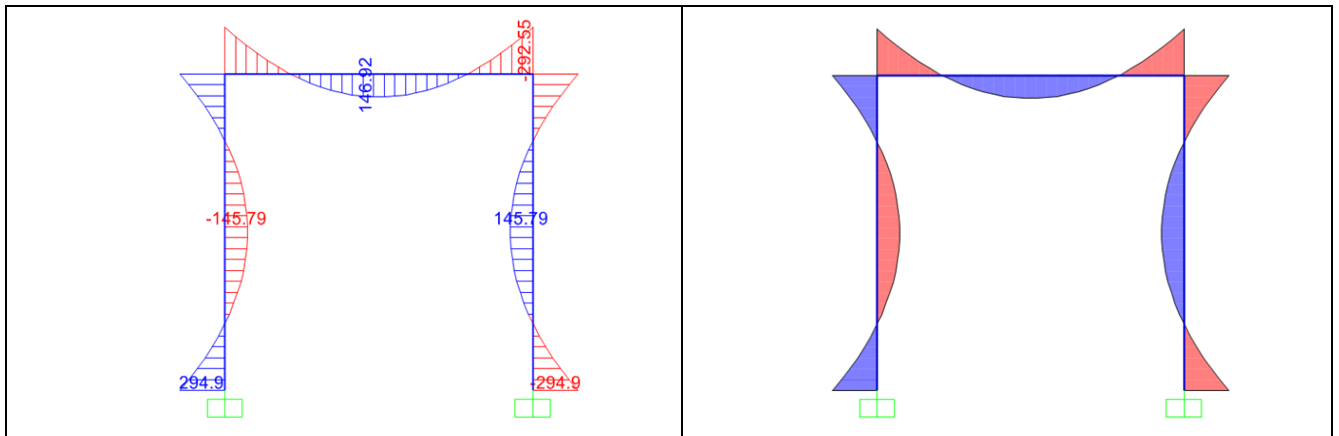
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	220

RISULTATI

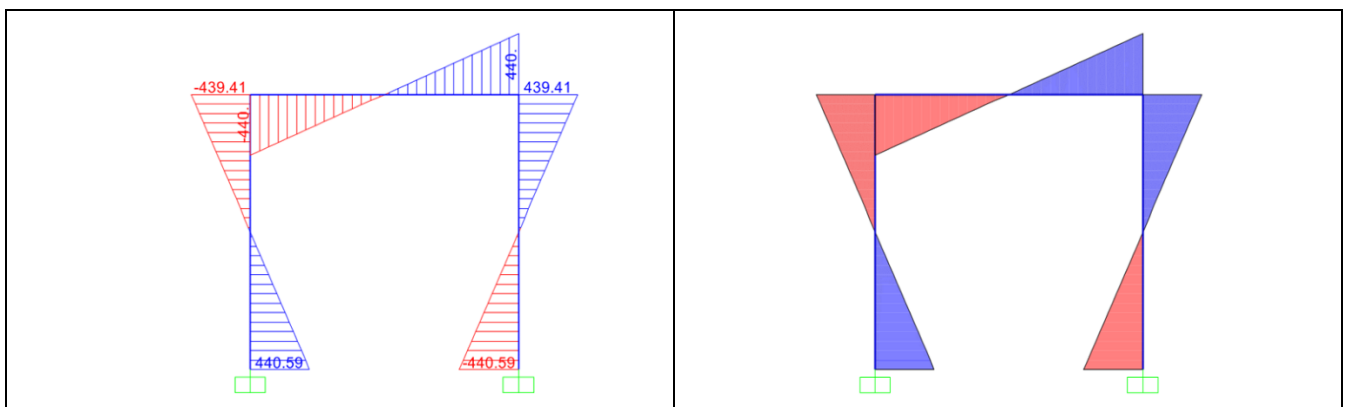
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	147
Estremi cappello [kNm]	293
Mezzeria gambe [kNm]	146
Estremo superiore gambe [kNm]	293
Estremo inferiore gambe [kNm]	295

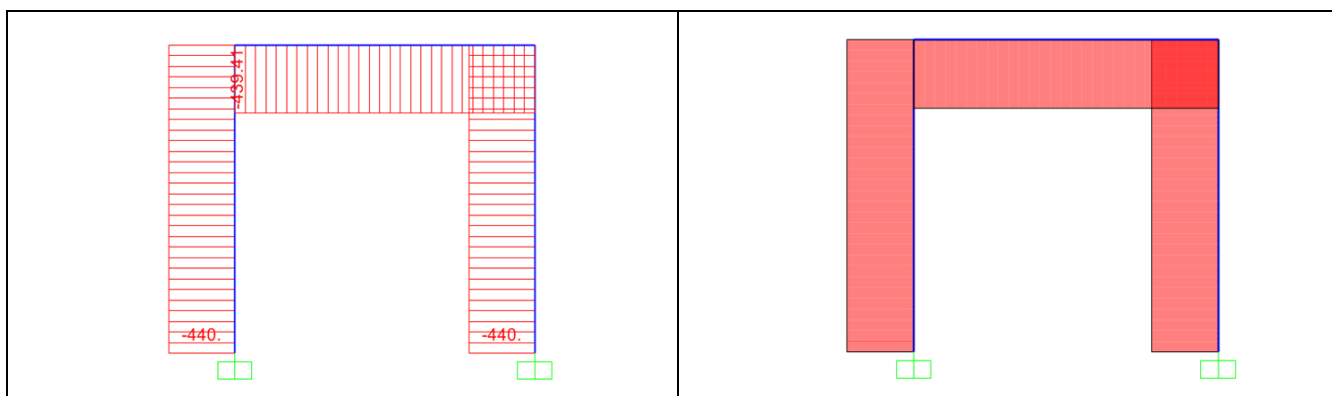
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	440
Estremo destro cappello [kN]	440
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	440
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	441
Estremo superiore gamba destra [kN]	440
Estremo inferiore gamba destra [kN]	441

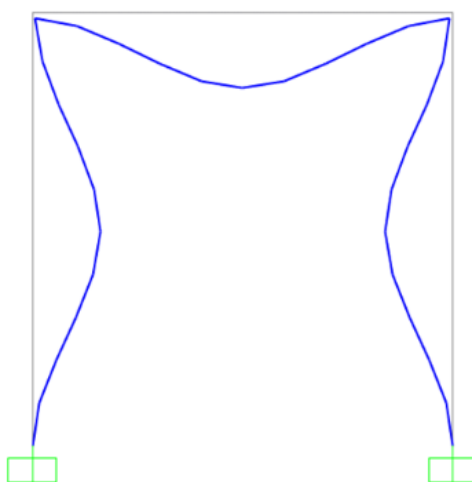
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Valore costante cappello [kN]	440
Valore costante gamba sinistra [kN]	440
Valore costante gamba destra [kN]	440

Deformata elastica



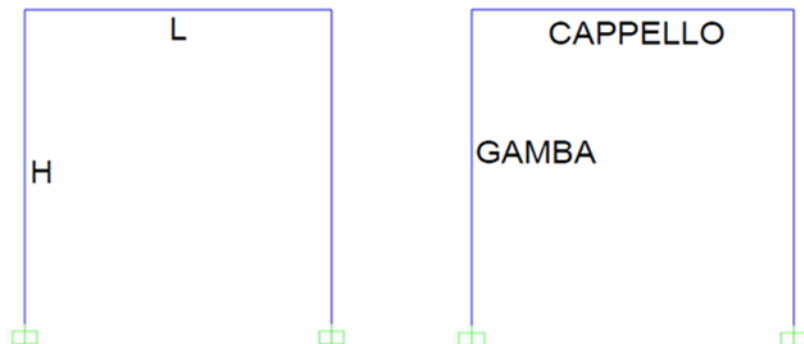
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.2
Mezzeria gambe [cm]	1.2

ANALISI N°31

SCHEMA STATICO

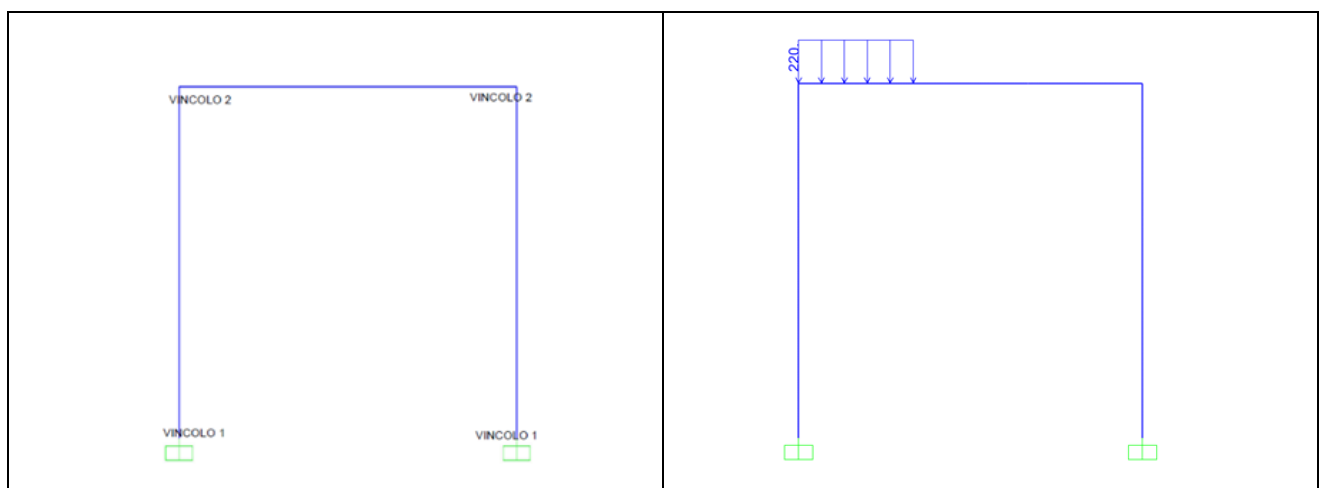
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 200/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

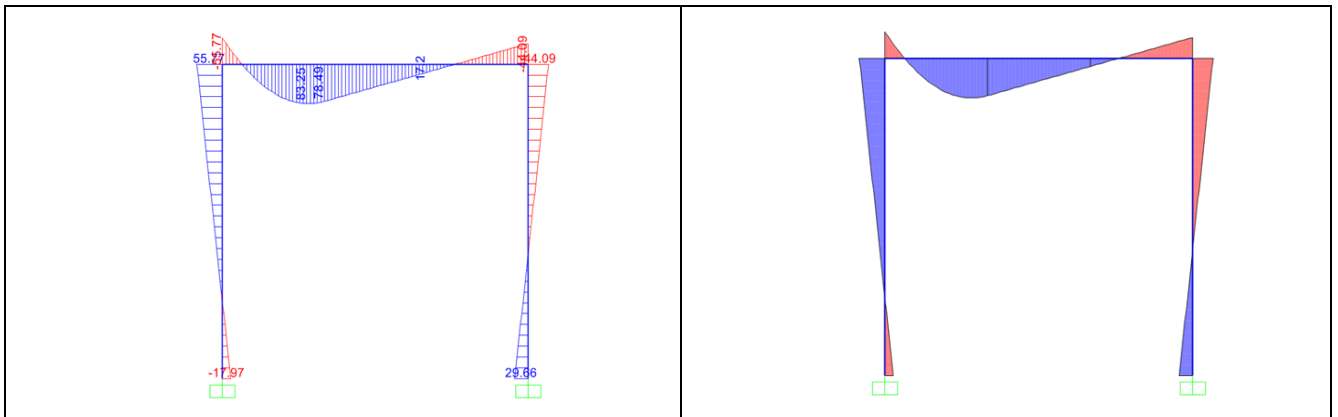
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

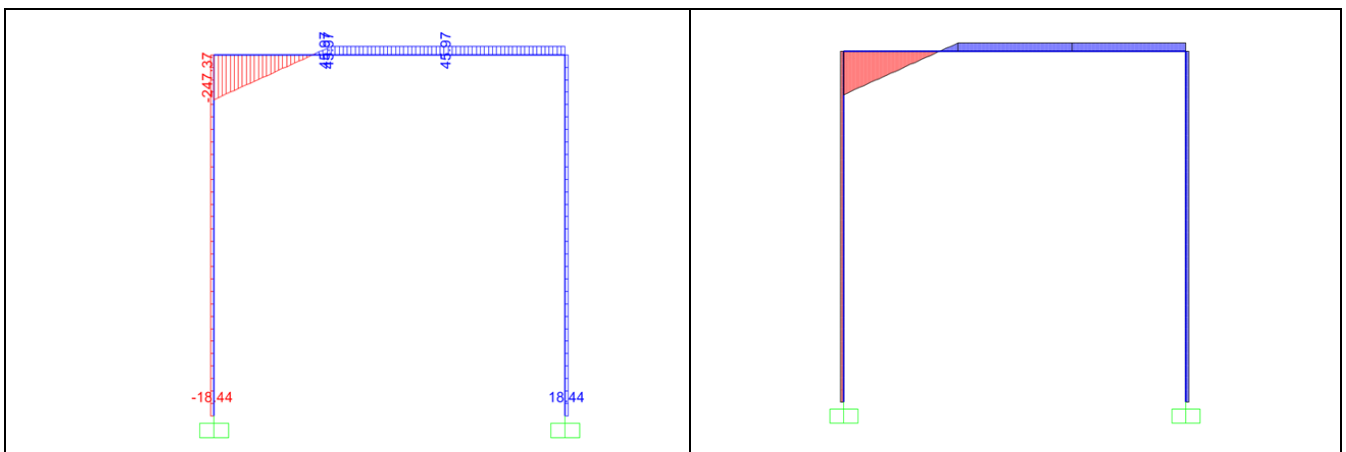
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Valore a 1.3 m [kNm]	83
Estremo destro cappello [kNm]	44
Estremo sinistro cappello [kN]	56
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	18
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	56
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	30
Estremo superiore gamba destra [kNm]	44

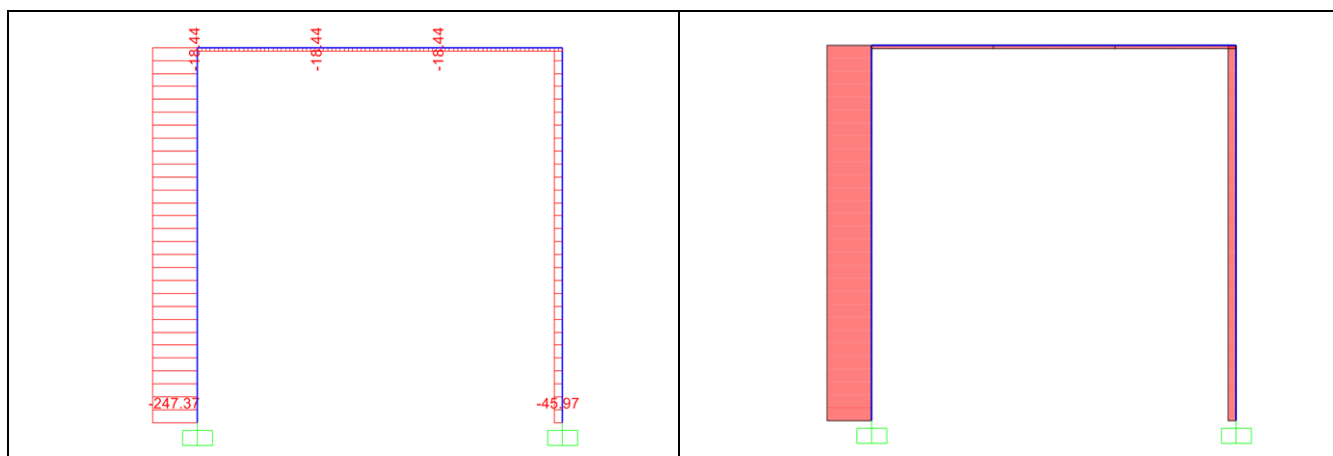
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	247
Estremo destro cappello [kN]	46
Valore costante gamba destra [kN]	18
Valore costante gamba sinistra [kN]	18

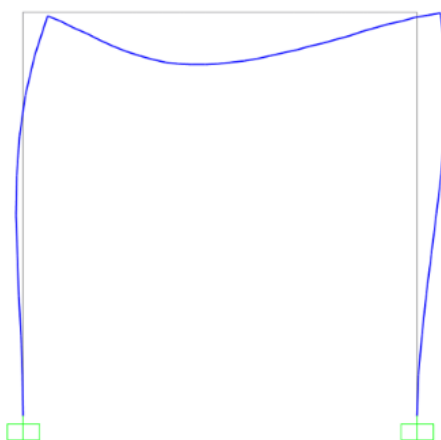
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	18
Gamba destra (valore costante) [kN]	46
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	247

Deformata elastica



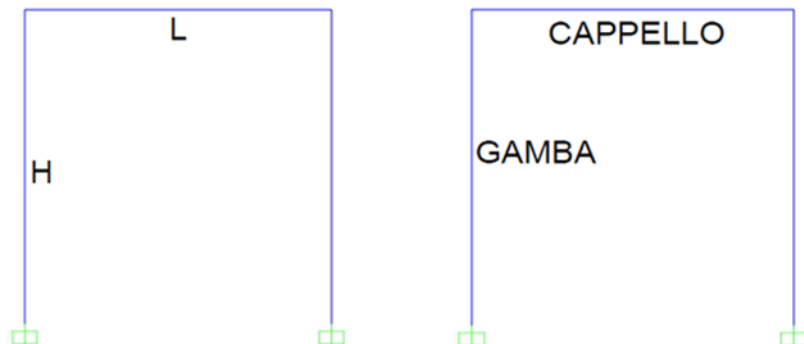
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello 1.1 m [cm]	0.8
Estremo superiore gambe [cm]	0.5

ANALISI N°32

SCHEMA STATICO

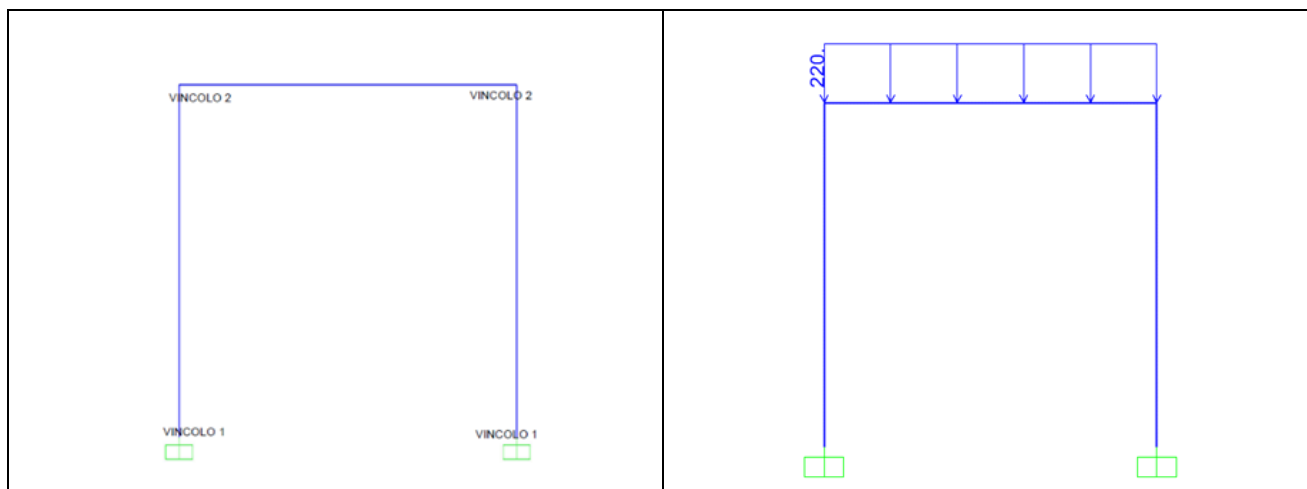
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 240/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

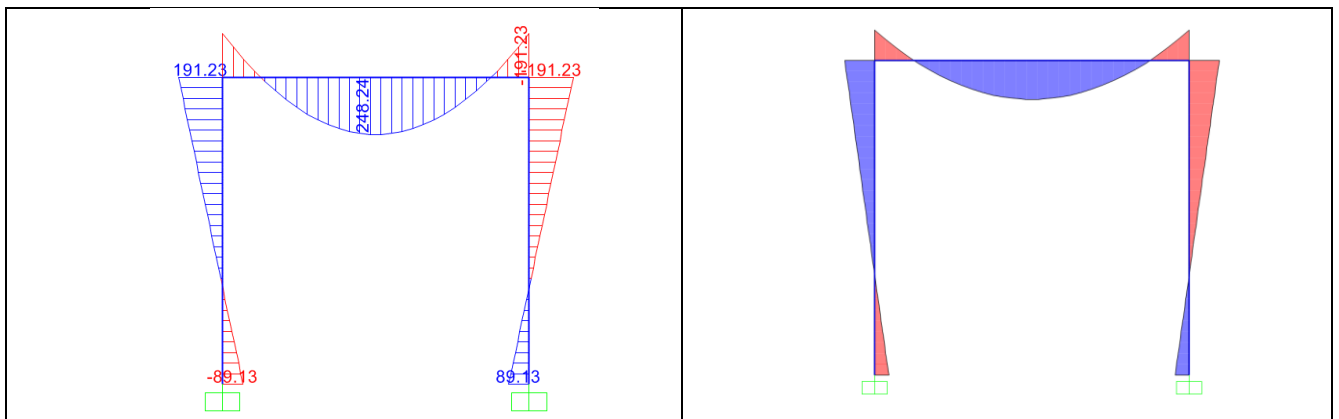
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

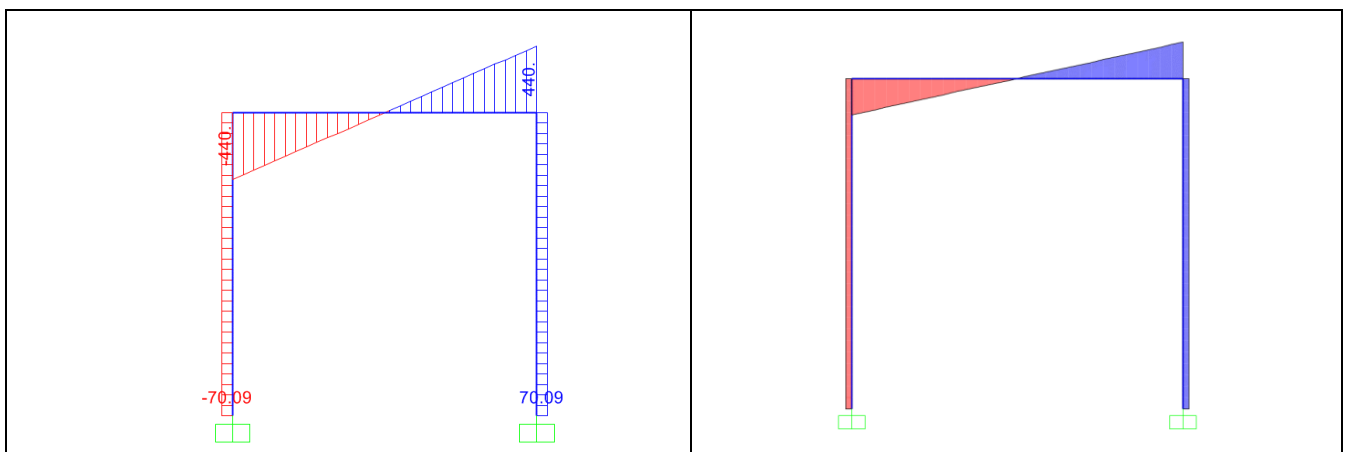
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	248.2
Estremo destro cappello [kNm]	191.2
Estremo sinistro cappello [kN]	191.2
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	89.1
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	191.2
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	89.1
Estremo superiore gamba destra [kNm]	191.2

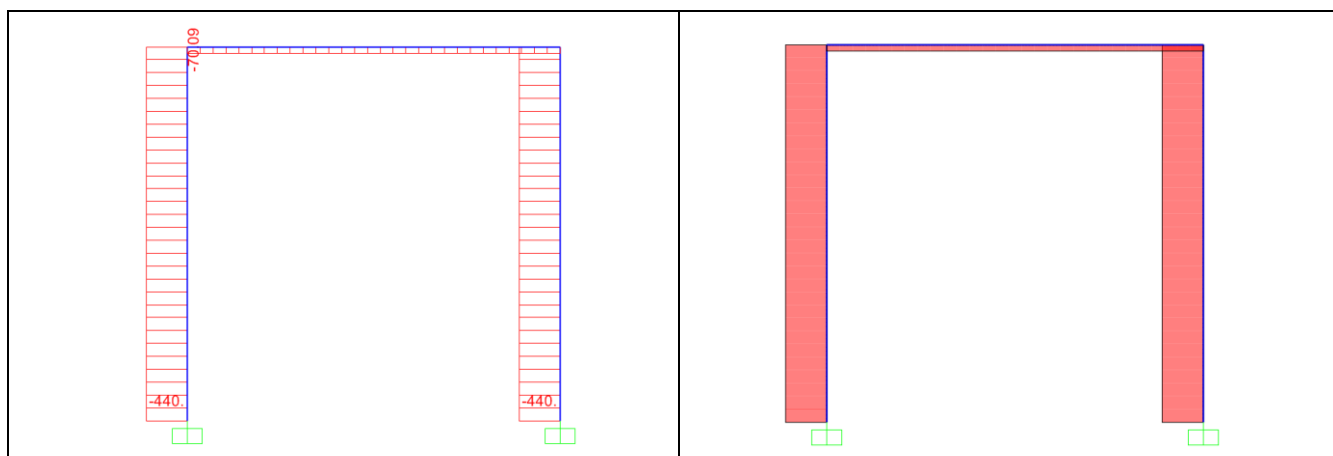
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	440
Estremo destro cappello [kN]	440
Valore costante gamba destra [kN]	70
Valore costante gamba sinistra [kN]	70

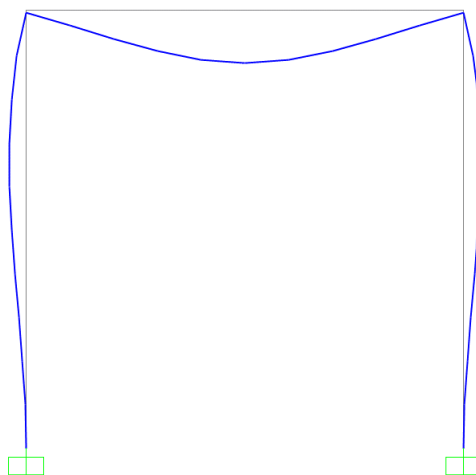
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	70
Gamba destra (valore costante) [kN]	440
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	440

Deformata elastica



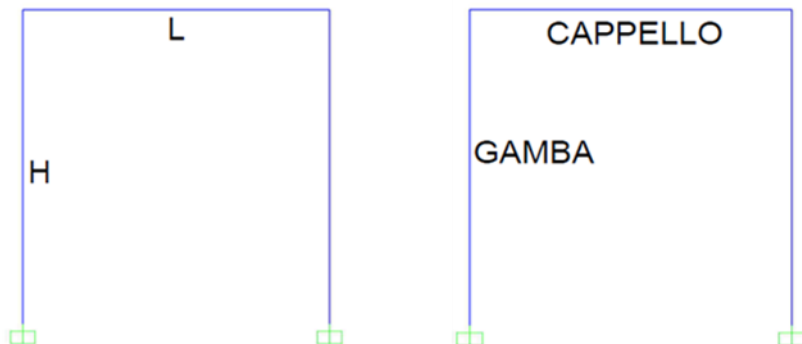
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello 1.1 m [cm]	1.6
Estremo superiore gambe [cm]	0.9

ANALISI N°33

SCHEMA STATICO

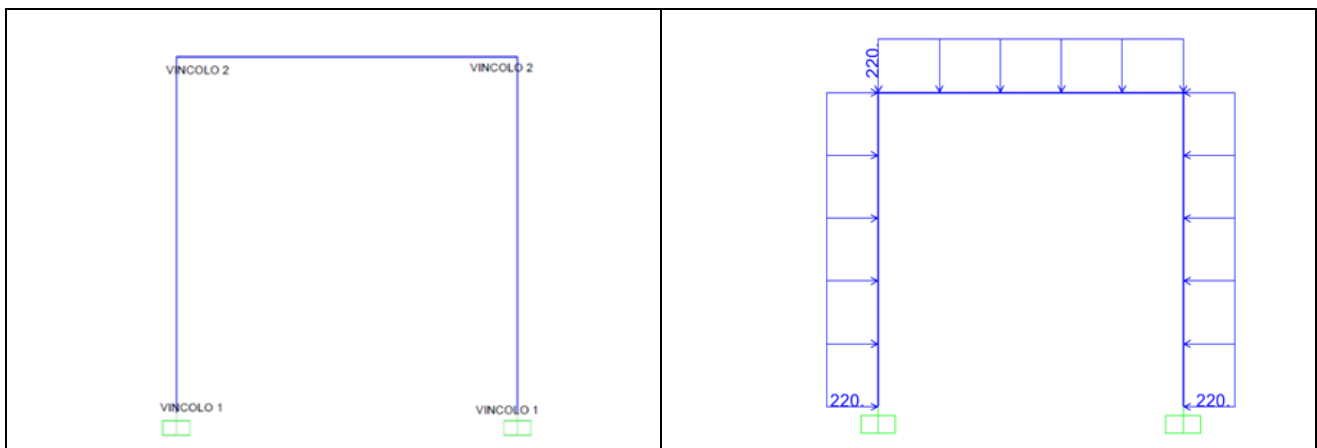
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 240/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

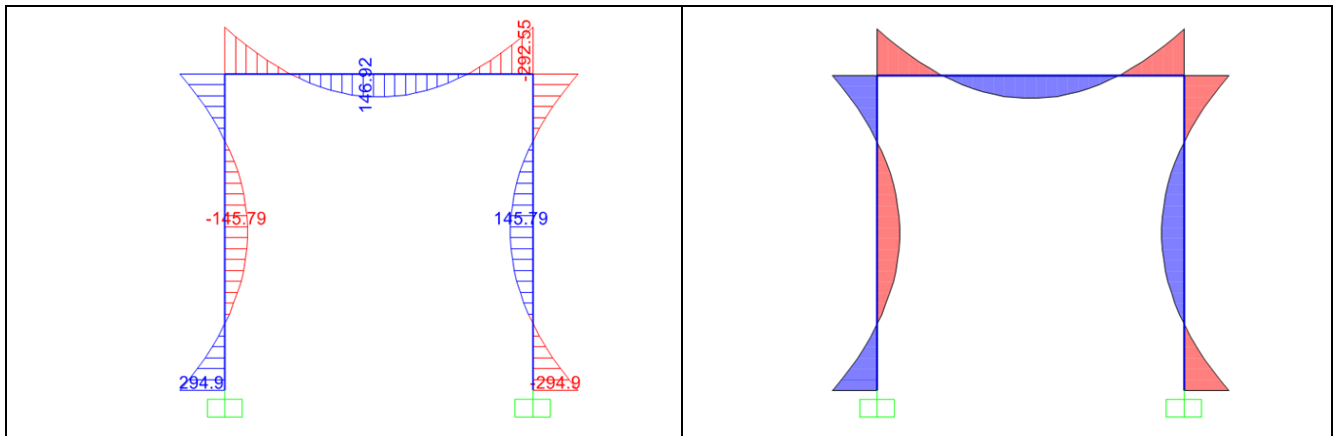
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	220

RISULTATI

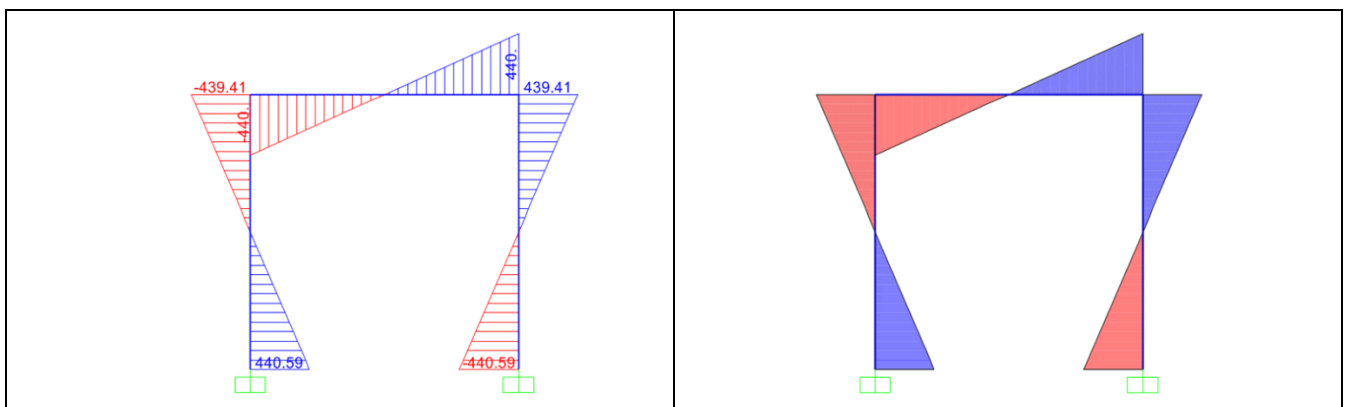
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	147
Estremi cappello [kNm]	293
Mezzeria gambe [kNm]	146
Estremo superiore gambe [kNm]	293
Estremo inferiore gambe [kNm]	295

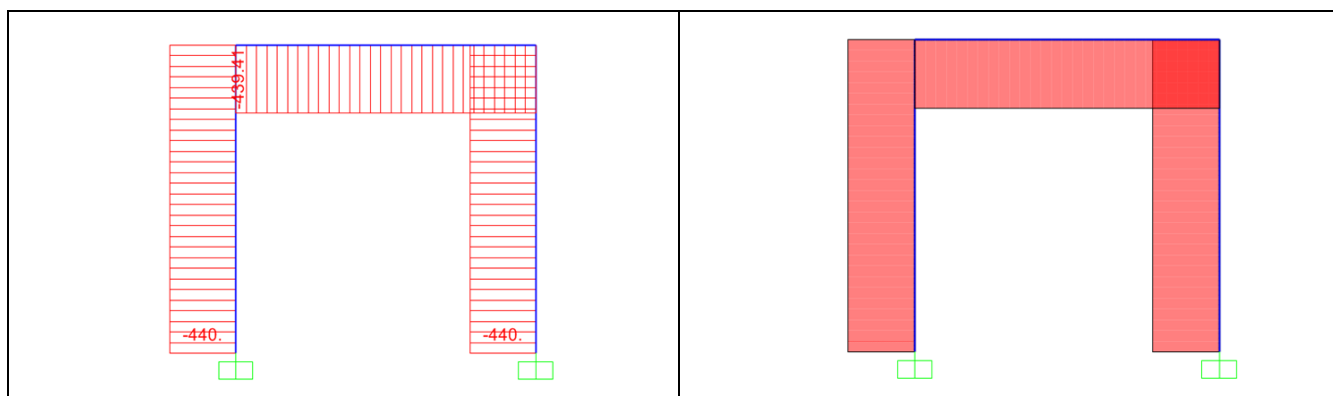
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	440
Estremo destro cappello [kN]	440
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	440
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	441
Estremo superiore gamba destra [kN]	440
Estremo inferiore gamba destra [kN]	441

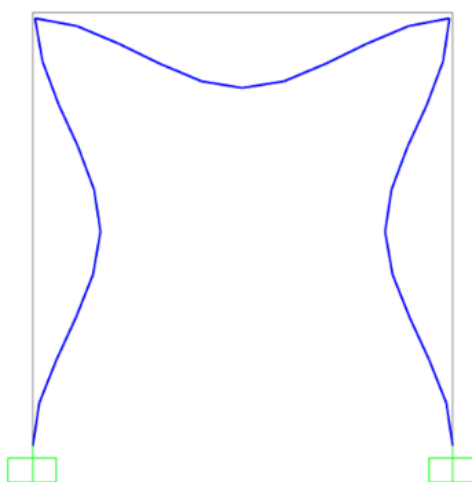
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Valore costante cappello [kN]	440
Valore costante gamba sinistra [kN]	440
Valore costante gamba destra [kN]	440

Deformata elastica



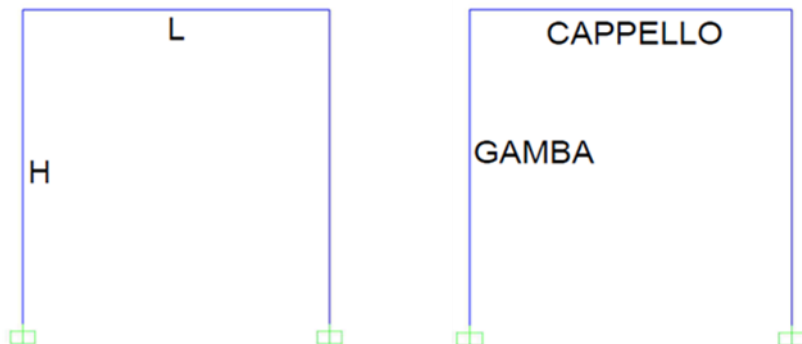
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	0.6
Mezzeria gambe [cm]	0.6

ANALISI N°34

SCHEMA STATICO

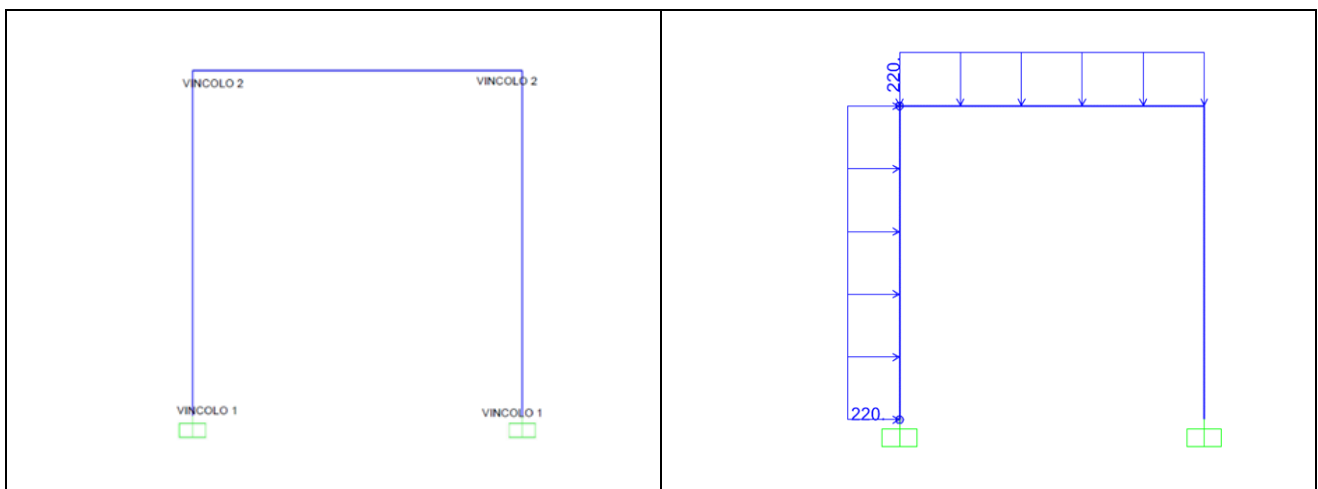
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 240/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

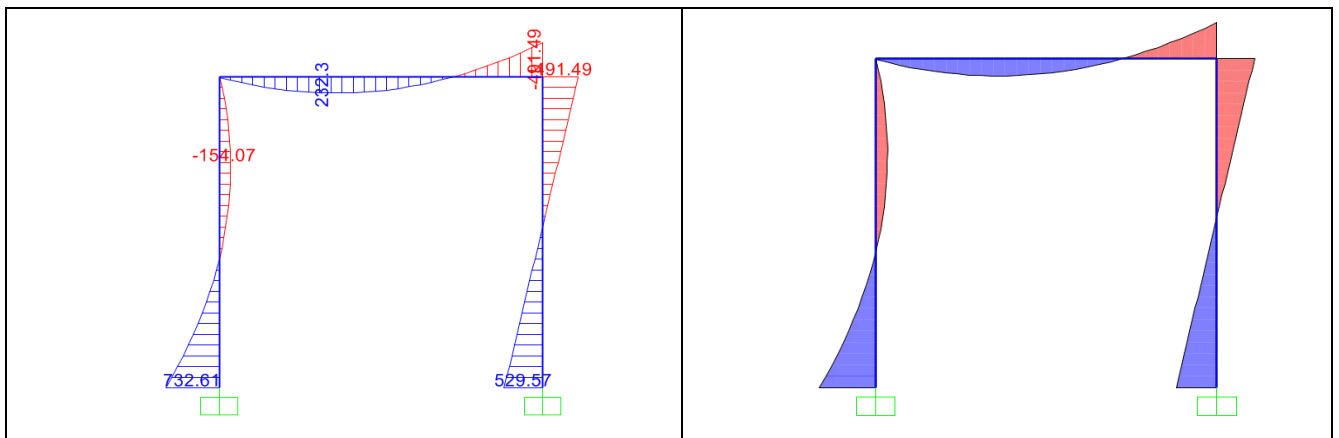
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

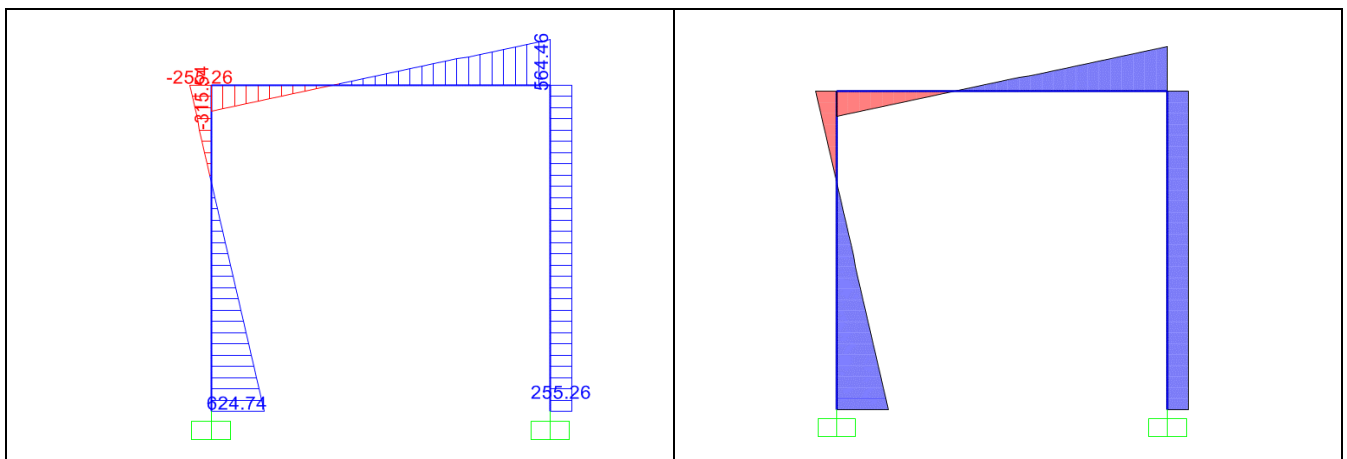
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Estremo destro cappello [kNm]	491
Valore gamba sinistra a 2.8 m [kNm]	154
Estremo gamba inferiore [kNm]	733
Estremo superiore gamba destra [kNm]	491
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	530

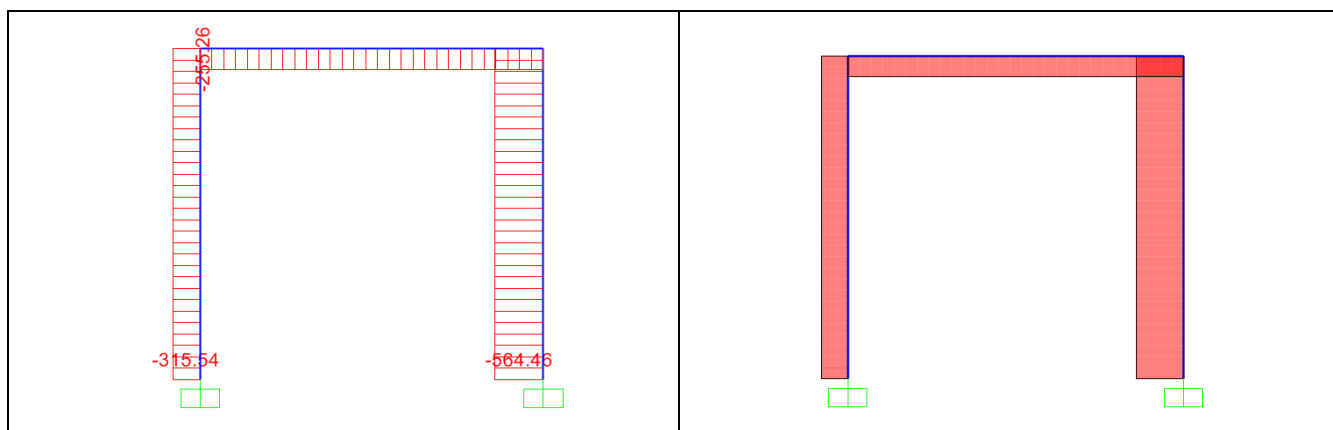
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo destro cappello [kN]	564
Estremo sinistro cappello [kN]	316
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	256
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	625
Valore costante gamba destra [kN]	255

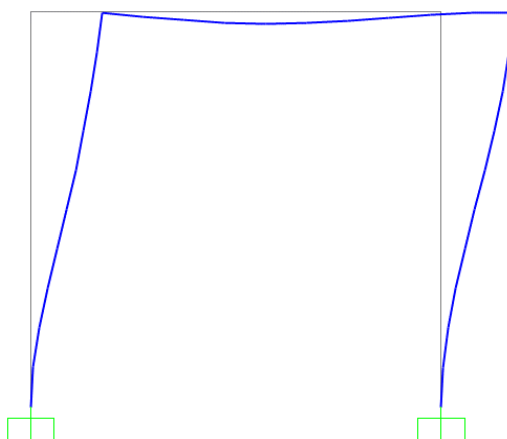
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Valore costante cappello [kN]	255
Valore costante gamba destra [kN]	564
Valore costante gamba sinistra [kN]	316

Deformata elastica



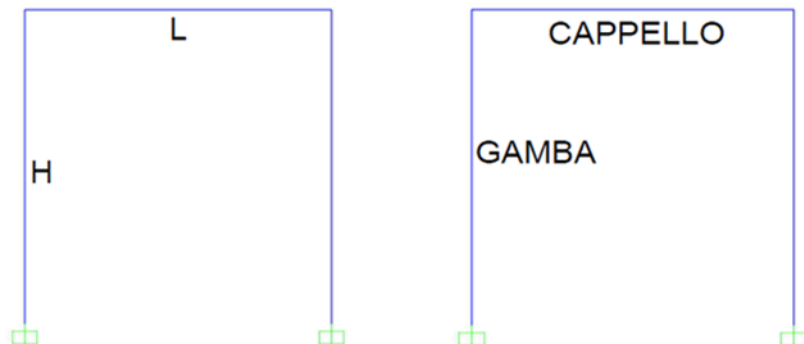
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.2
Estremo superiore gambe [cm]	7

ANALISI N°35

SCHEMA STATICO

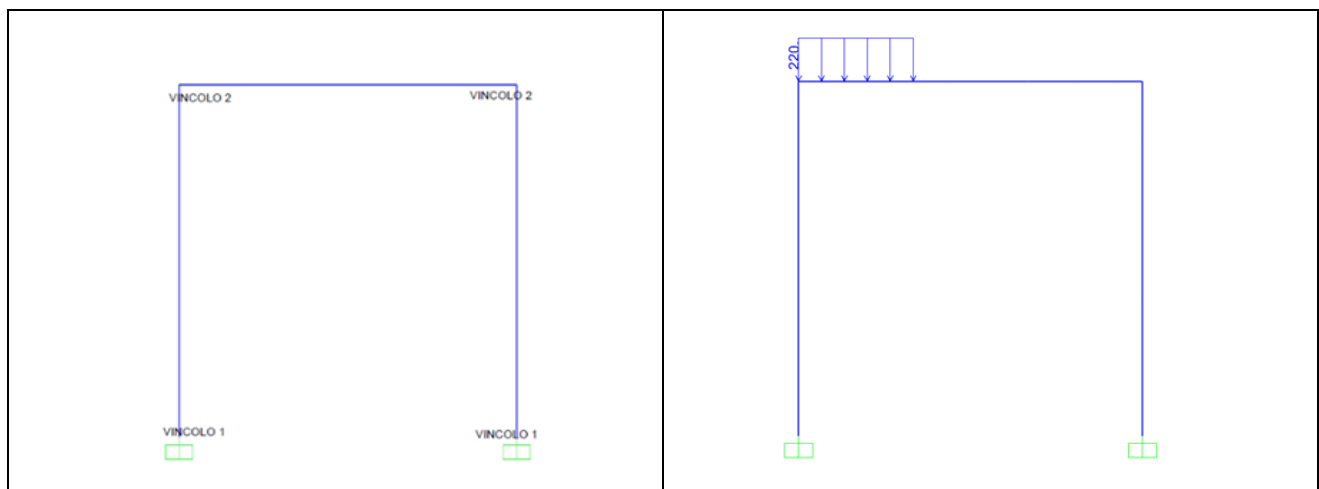
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 240/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

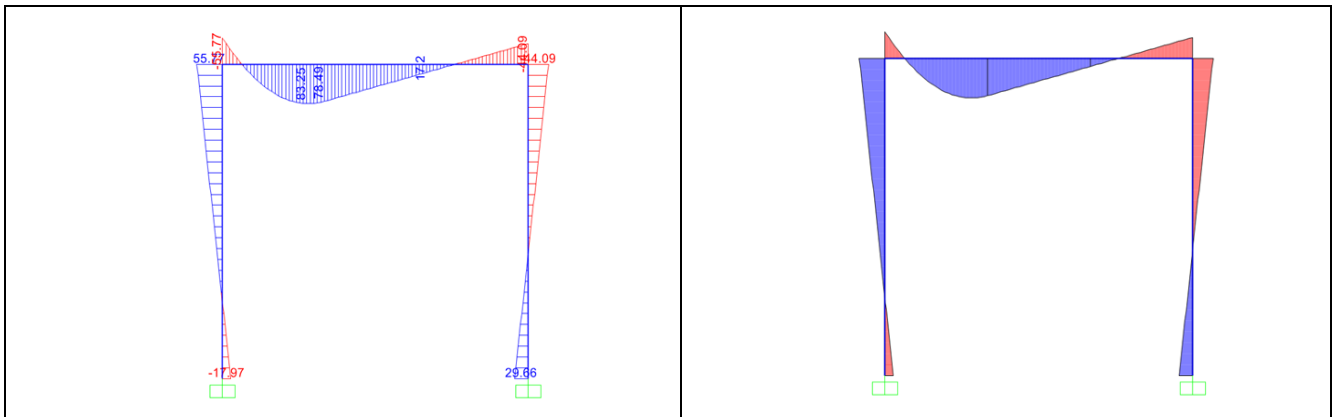
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

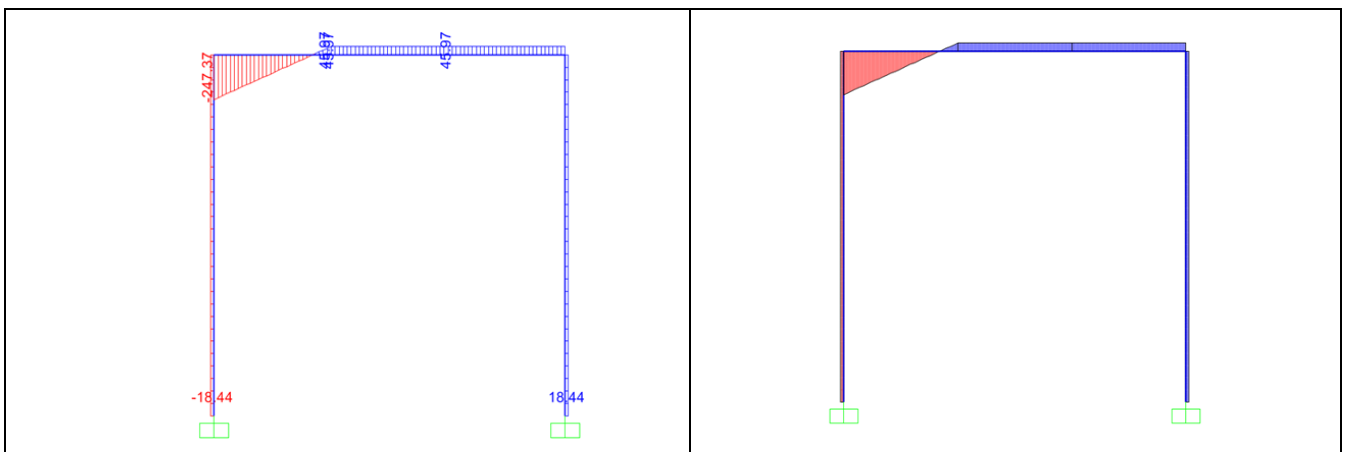
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Valore a 1.3 m [kNm]	83
Estremo destro cappello [kNm]	44
Estremo sinistro cappello [kN]	56
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	18
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	56
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	30
Estremo superiore gamba destra [kNm]	44

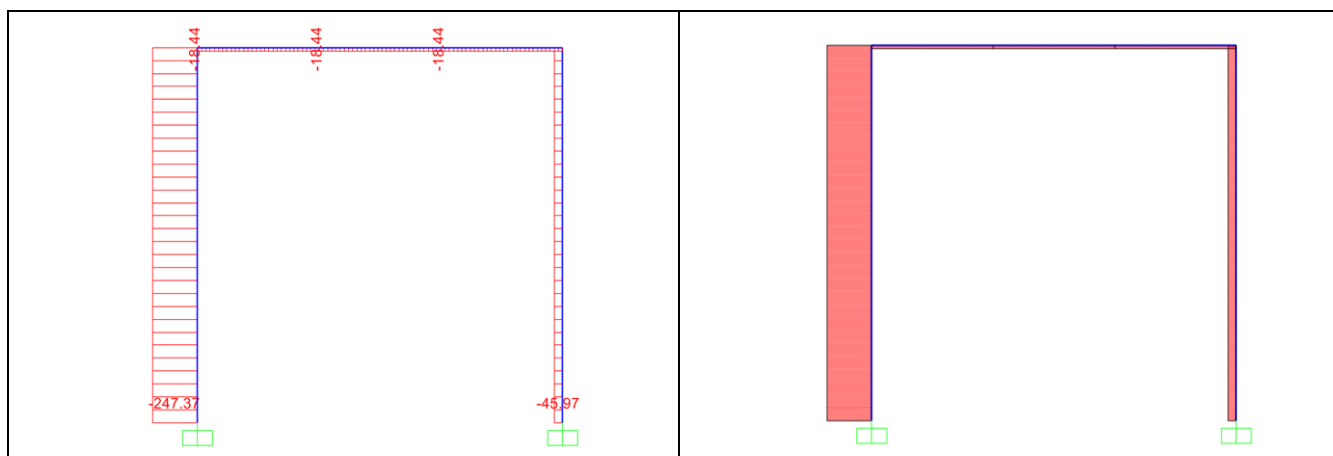
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	247
Estremo destro cappello [kN]	46
Valore costante gamba destra [kN]	18
Valore costante gamba sinistra [kN]	18

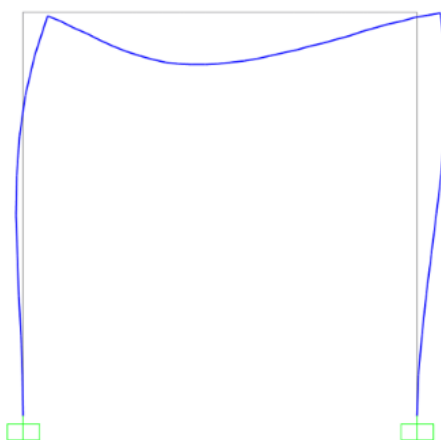
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	18
Gamba destra (valore costante) [kN]	46
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	247

Deformata elastica



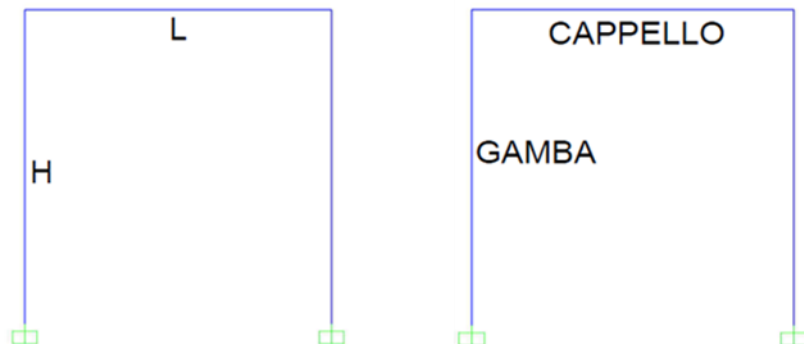
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello 1.1 m [cm]	0.5
Estremo superiore gambe [cm]	0.2

ANALISI N°36

SCHEMA STATICO

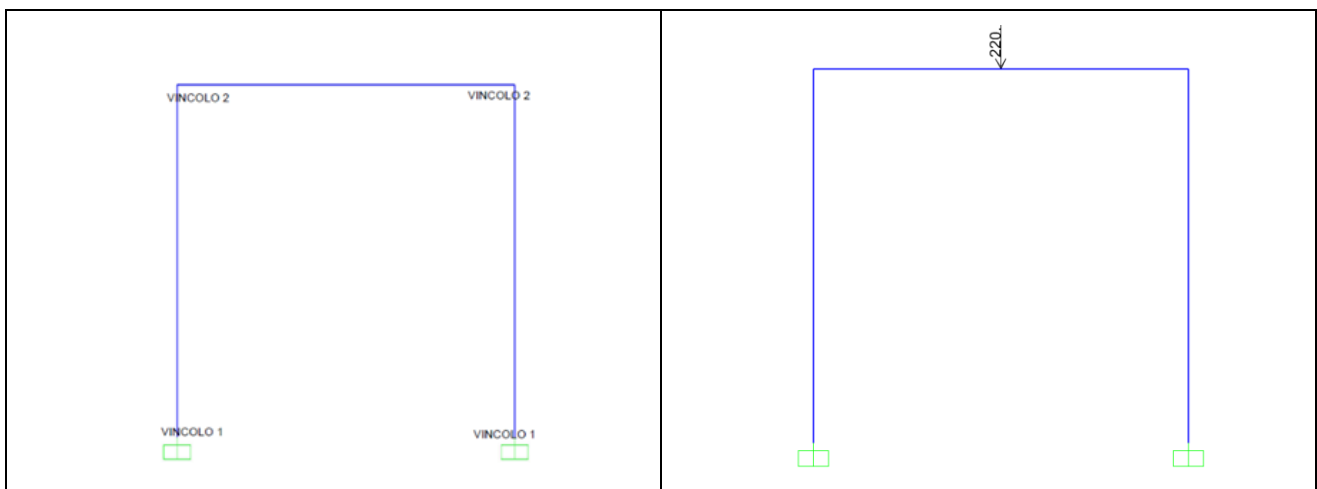
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 240/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

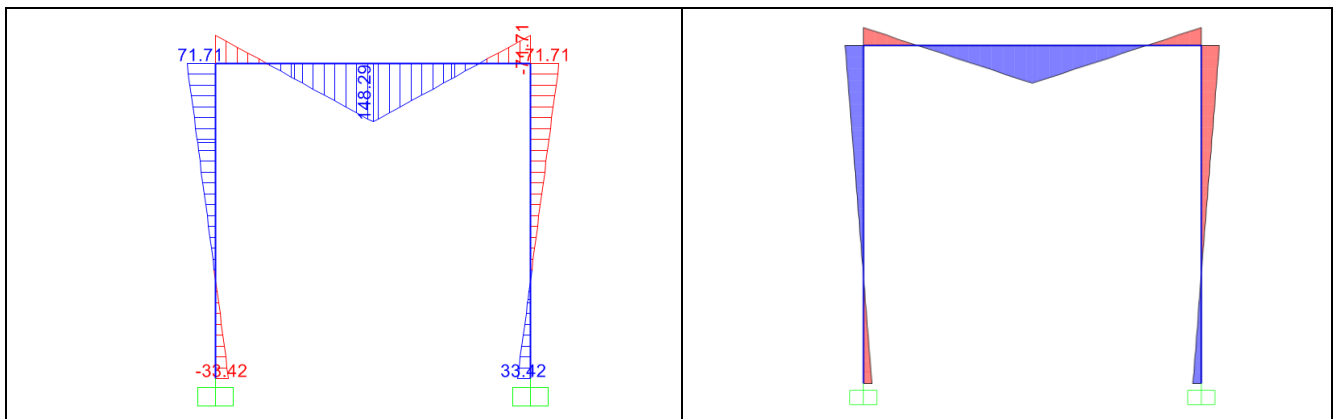
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Concentrato
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

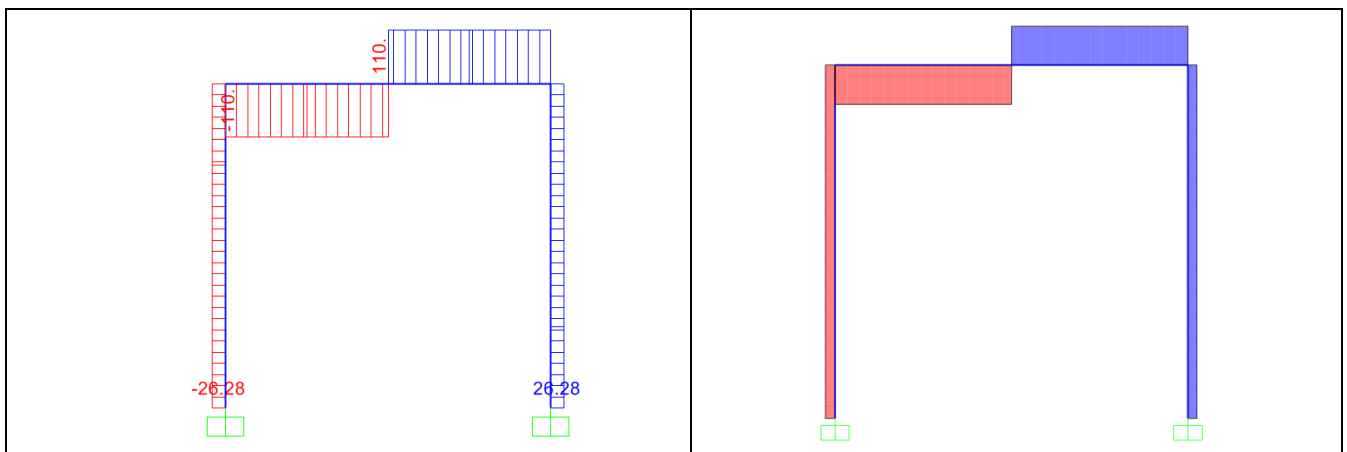
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	148.3
Estremo destro cappello [kNm]	71.7
Estremo sinistro cappello [kN]	71.7
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	33.4
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	71.7
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	33.4
Estremo superiore gamba destra [kNm]	71.7

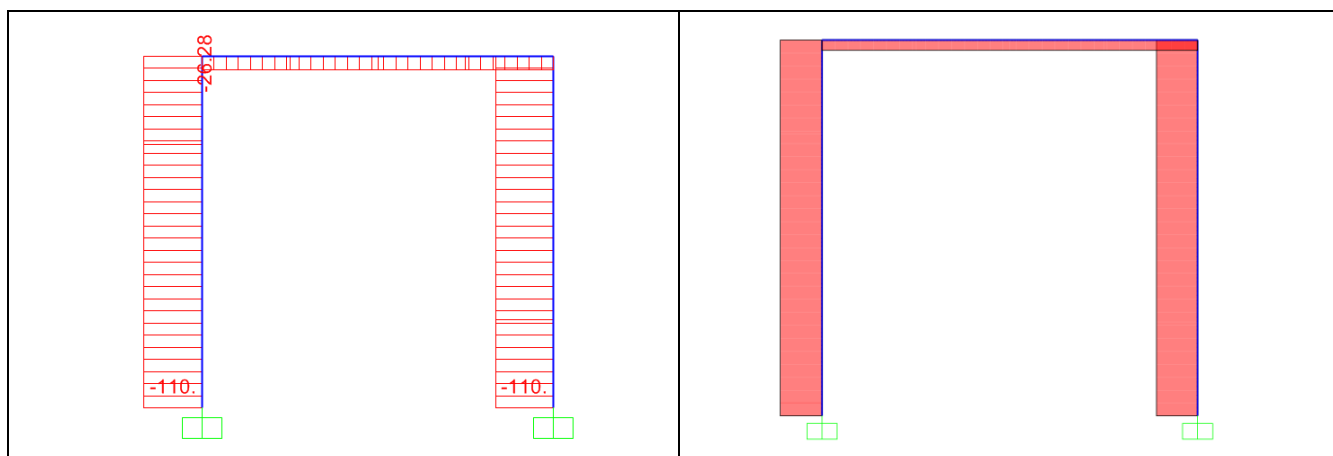
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	110
Estremo destro cappello [kN]	110
Valore costante gamba destra [kN]	26.3
Valore costante gamba sinistra [kN]	26.3

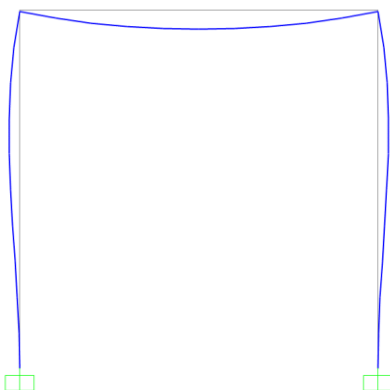
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	26.3
Gamba destra (valore costante) [kN]	110
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	110

Deformata elastica



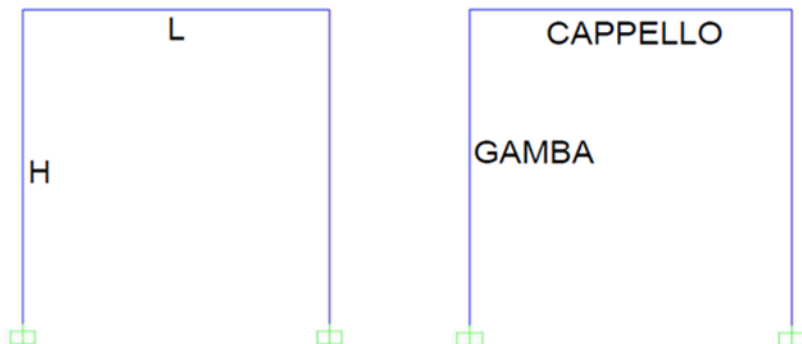
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello 1.1 m [cm]	0.7
Estremo superiore gambe [cm]	0.2

ANALISI N°37

SCHEMA STATICO

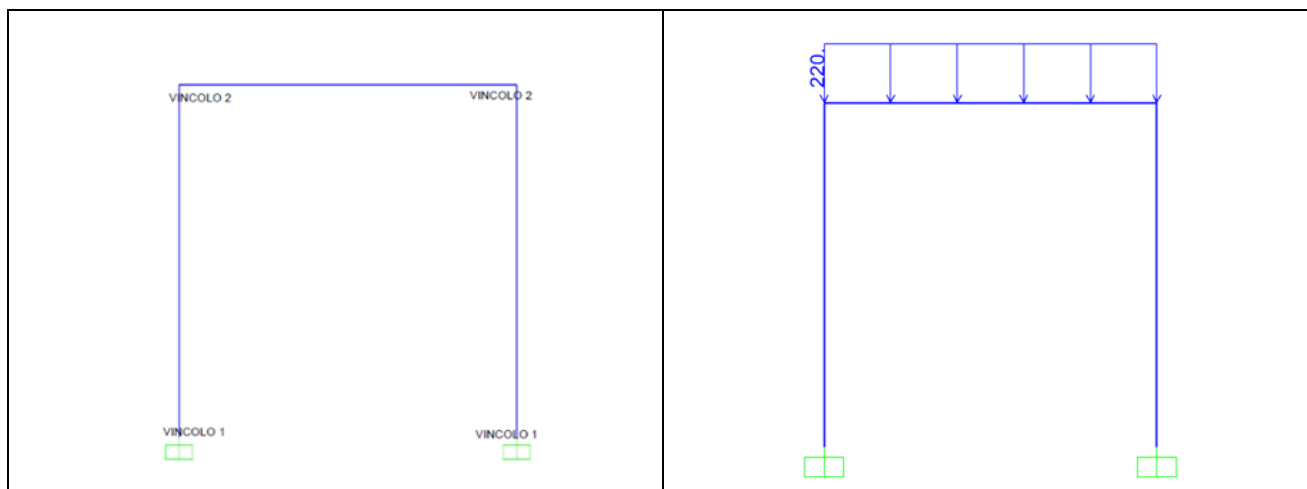
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 260/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

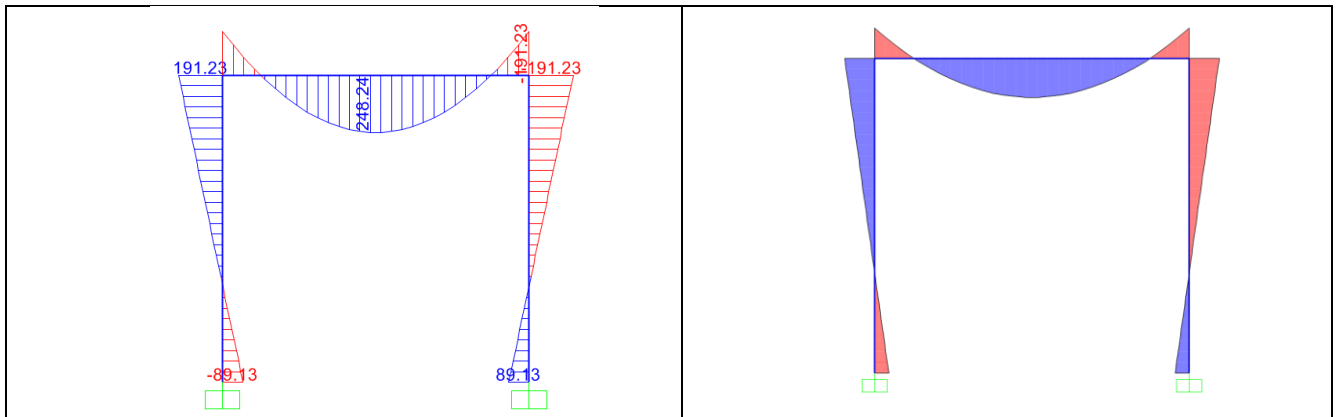
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

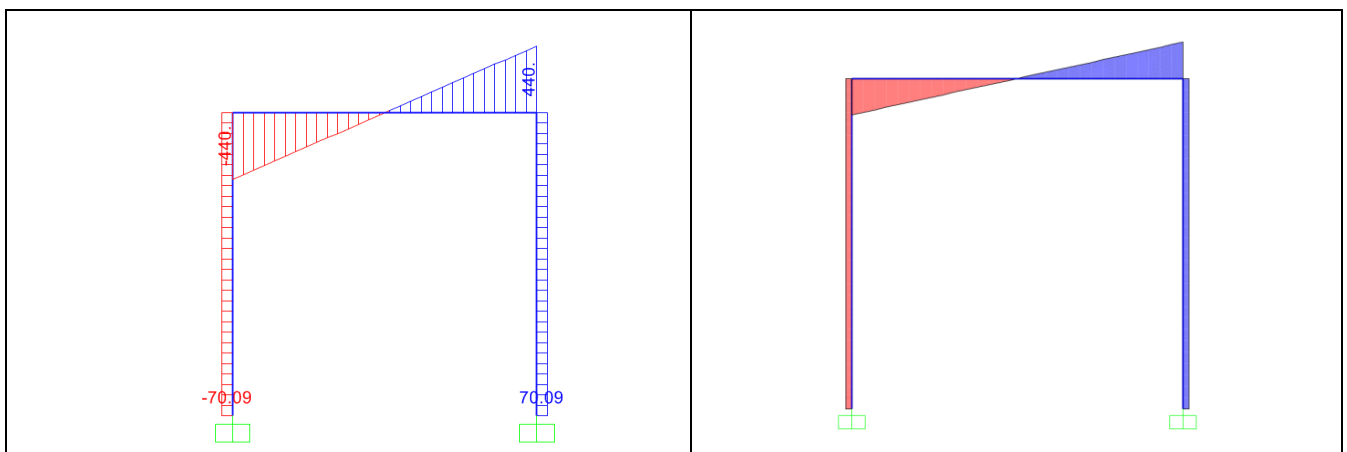
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	248.2
Estremo destro cappello [kNm]	191.2
Estremo sinistro cappello [kN]	191.2
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	89.1
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	191.2
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	89.1
Estremo superiore gamba destra [kNm]	191.2

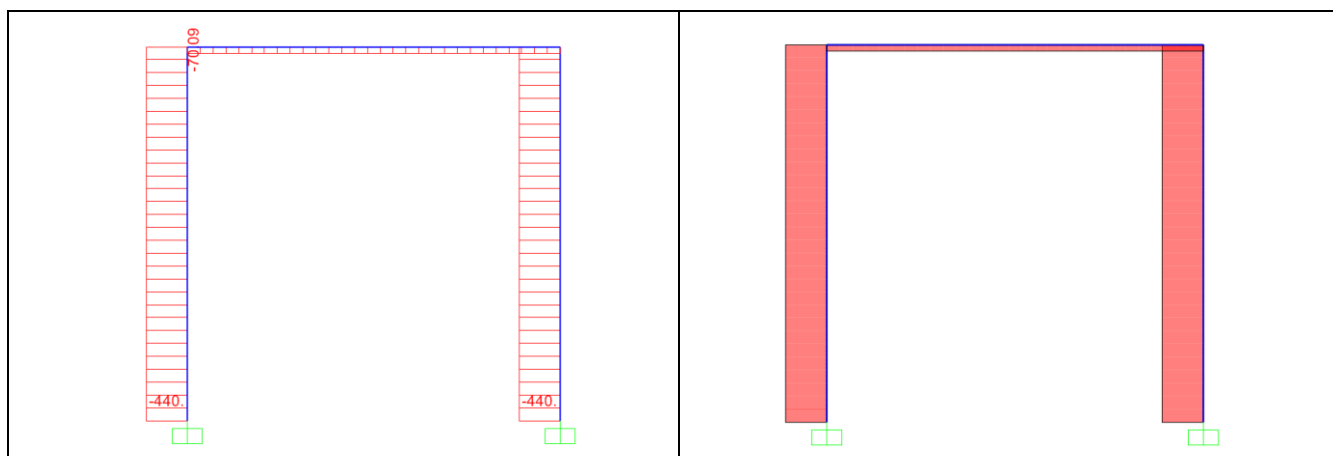
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	440
Estremo destro cappello [kN]	440
Valore costante gamba destra [kN]	70
Valore costante gamba sinistra [kN]	70

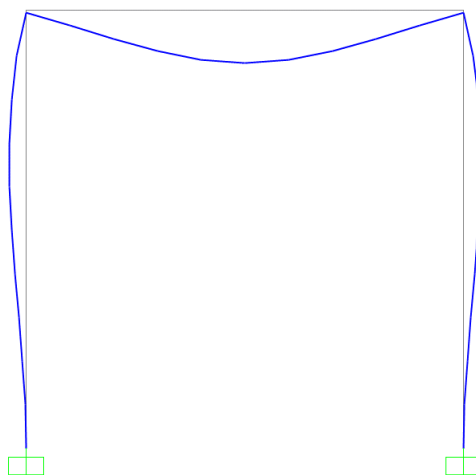
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	70
Gamba destra (valore costante) [kN]	440
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	440

Deformata elastica



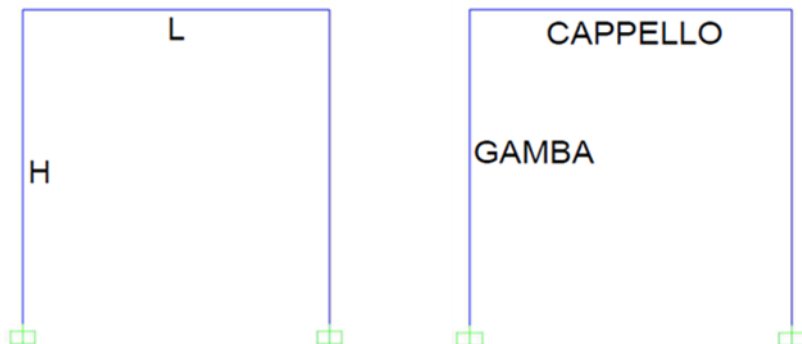
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	1.1
Estremo superiore gambe [cm]	0.4

ANALISI N°38

SCHEMA STATICO

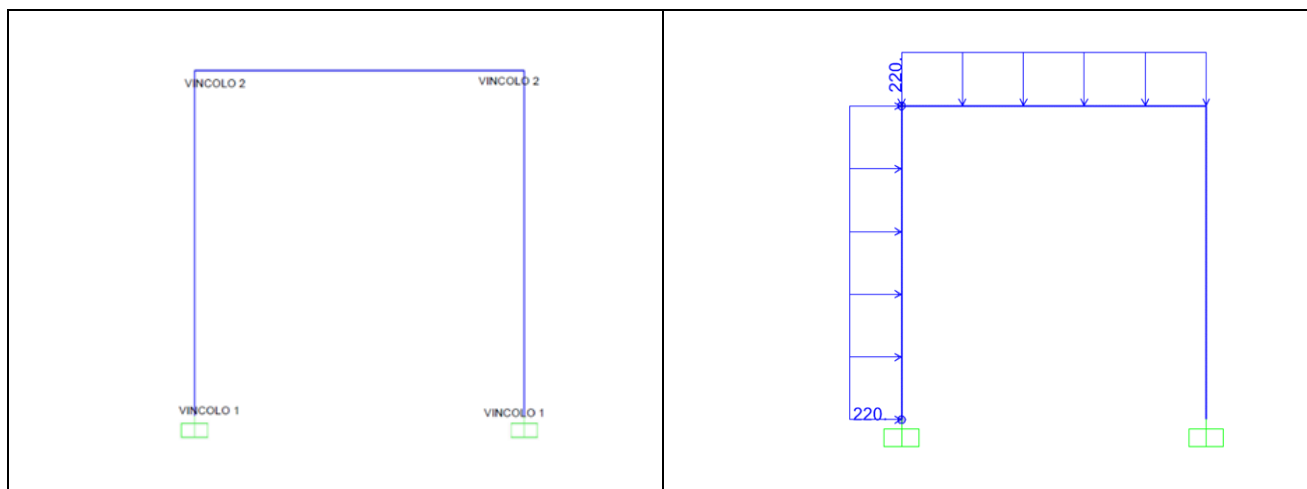
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 240/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

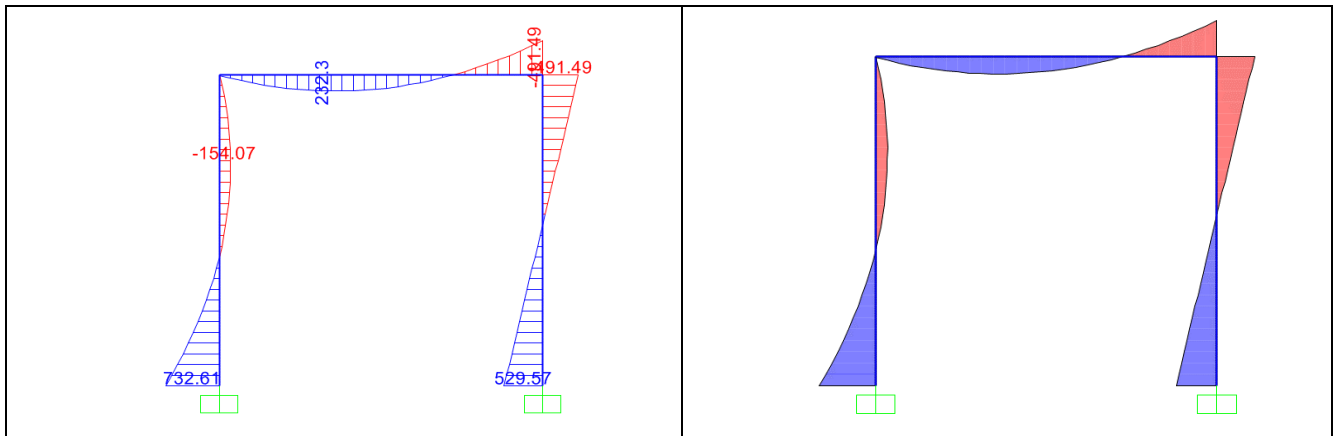
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

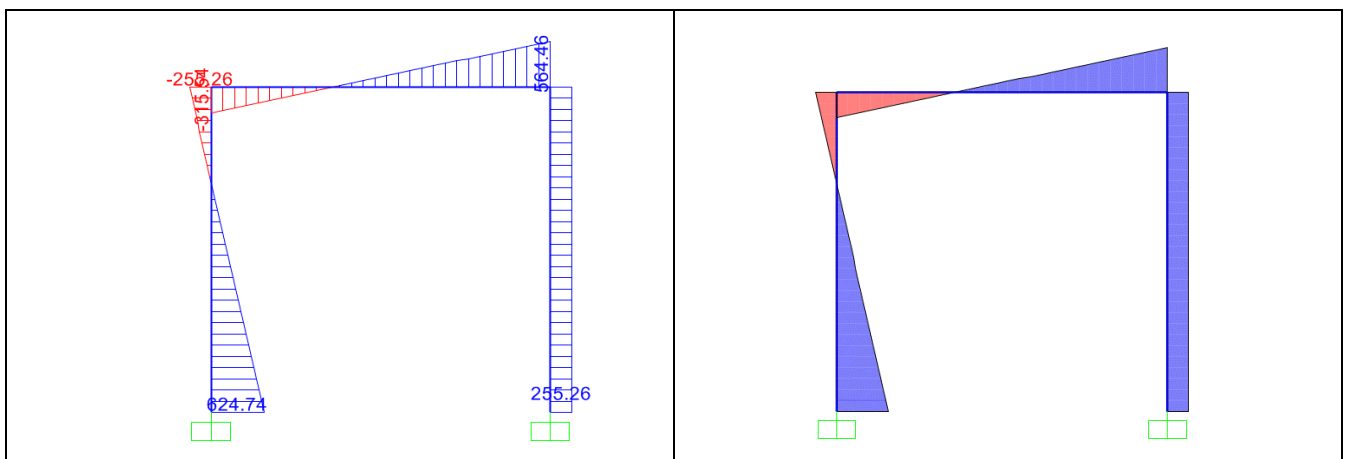
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Estremo destro cappello [kNm]	491
Valore gamba sinistra a 2.8 m [kNm]	154
Estremo gamba inferiore [kNm]	733
Estremo superiore gamba destra [kNm]	491
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	530

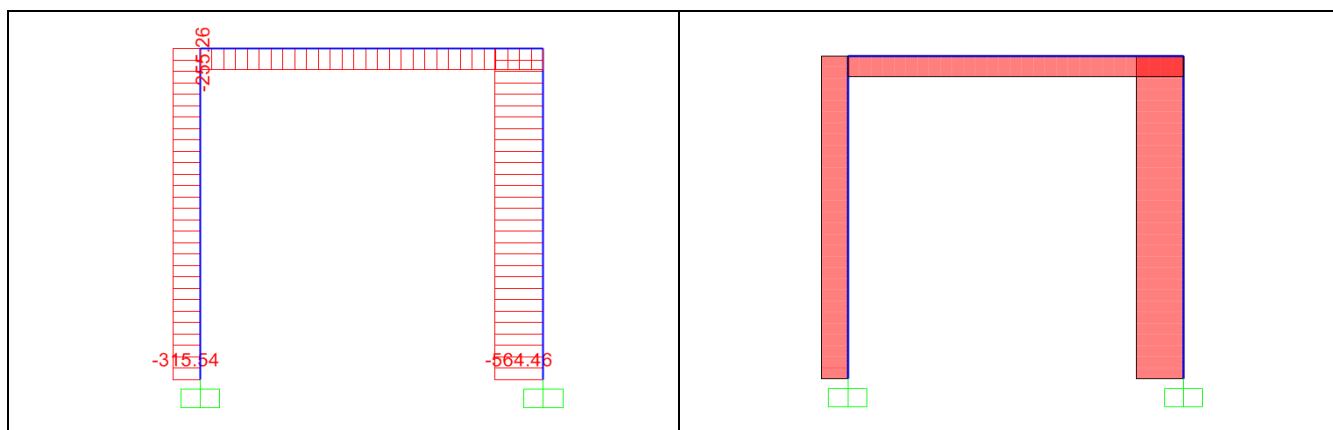
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo destro cappello [kN]	564
Estremo sinistro cappello [kN]	316
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	256
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	625
Valore costante gamba destra [kN]	255

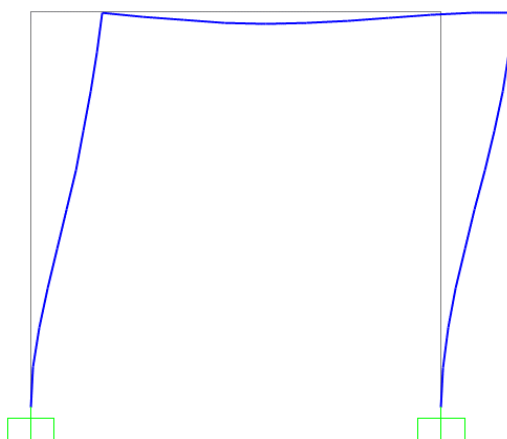
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Valore costante cappello [kN]	255
Valore costante gamba destra [kN]	564
Valore costante gamba sinistra [kN]	316

Deformata elastica



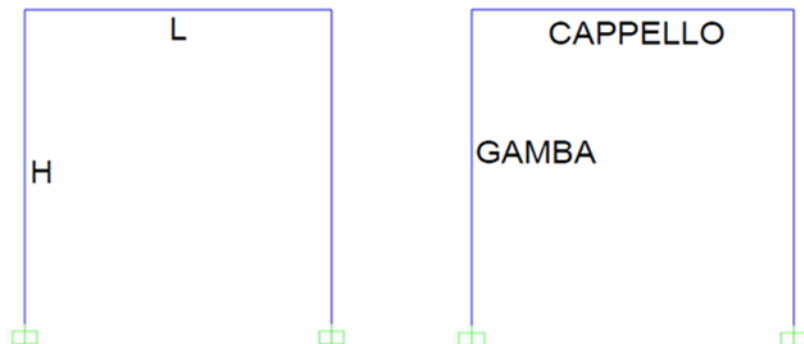
Valori principali di deflessione:

Valore a 1.7 m [cm]	0.9
Estremo superiore gambe [cm]	5.5

ANALISI N°39

SCHEMA STATICO

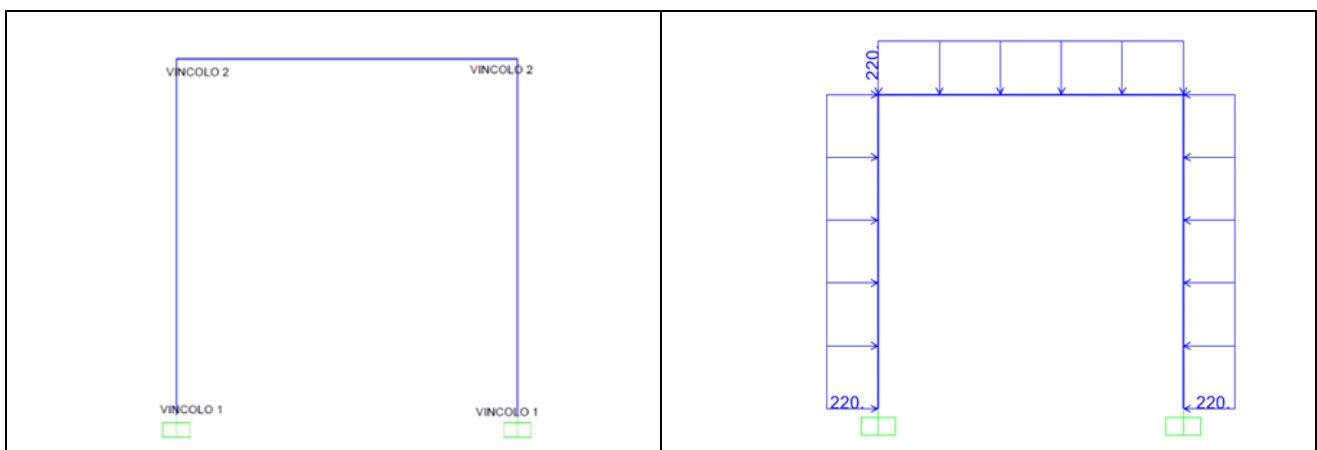
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 260/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

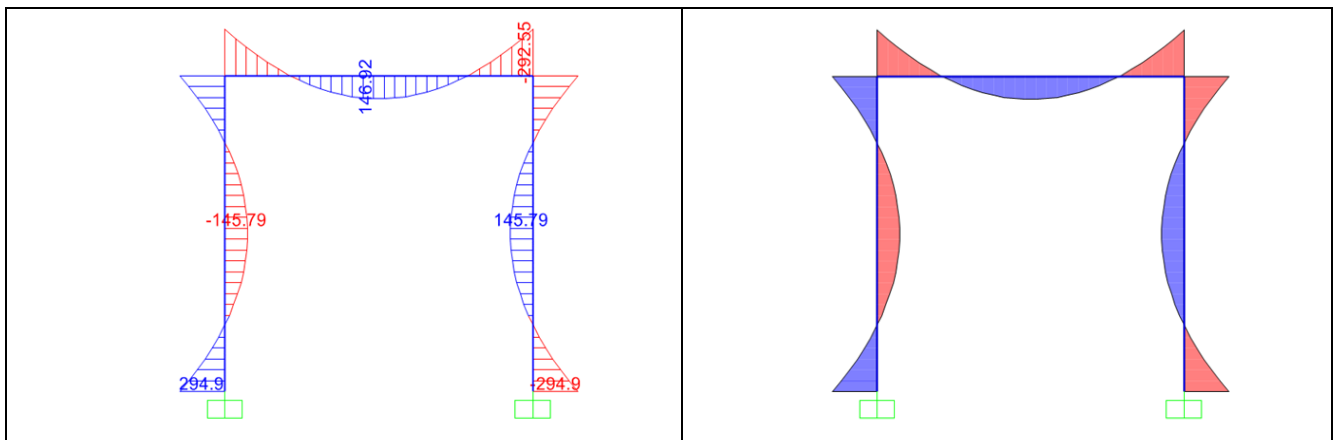
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN]	220

RISULTATI

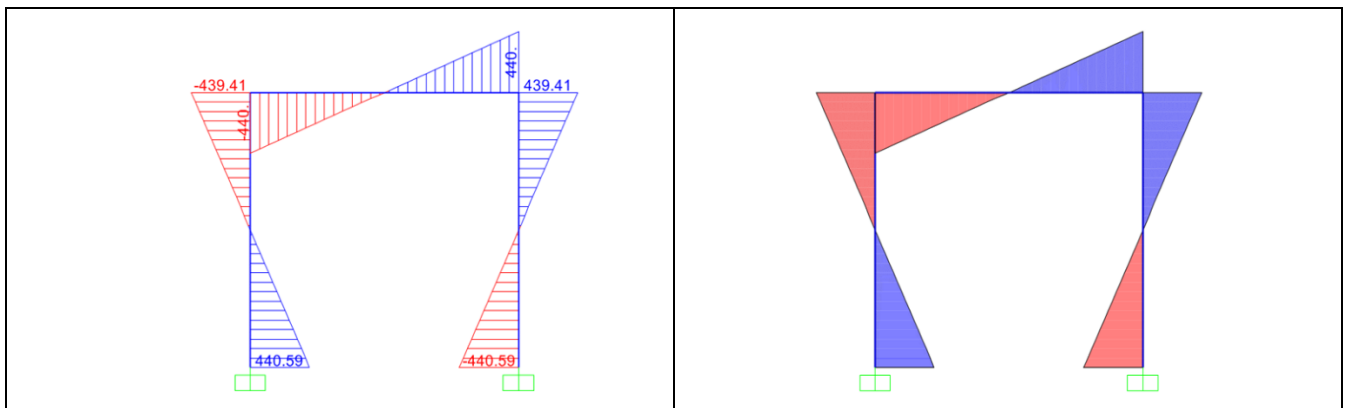
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	147
Estremi cappello [kNm]	293
Mezzeria gambe [kNm]	146
Estremo superiore gambe [kNm]	293
Estremo inferiore gambe [kNm]	295

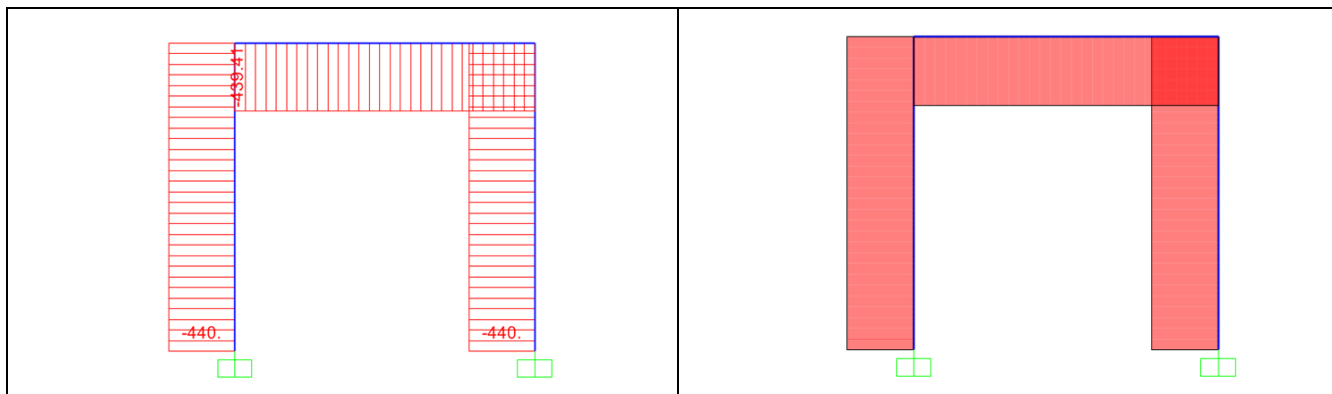
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	440
Estremo destro cappello [kN]	440
Estremo superiore gamba sinistra [kN]	440
Estremo inferiore gamba sinistra [kN]	441
Estremo superiore gamba destra [kN]	440
Estremo inferiore gamba destra [kN]	441

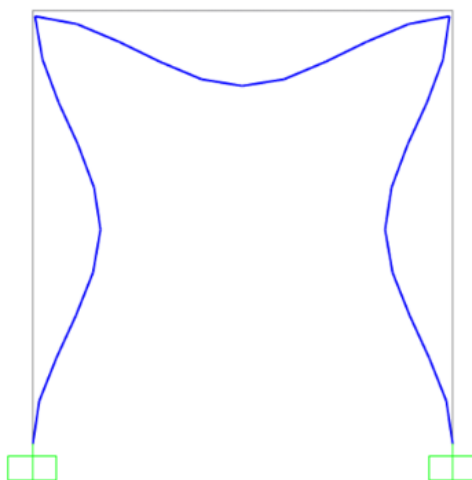
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Valore costante cappello [kN]	440
Valore costante gamba sinistra [kN]	440
Valore costante gamba destra [kN]	440

Deformata elastica



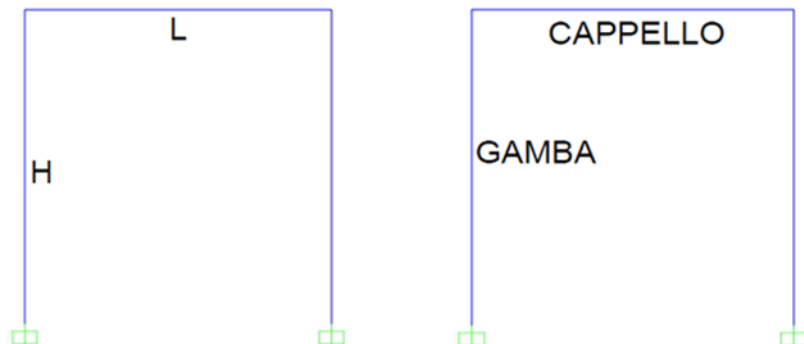
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello [cm]	0.5
Mezzeria gambe [cm]	0.5

ANALISI N°40

SCHEMA STATICO

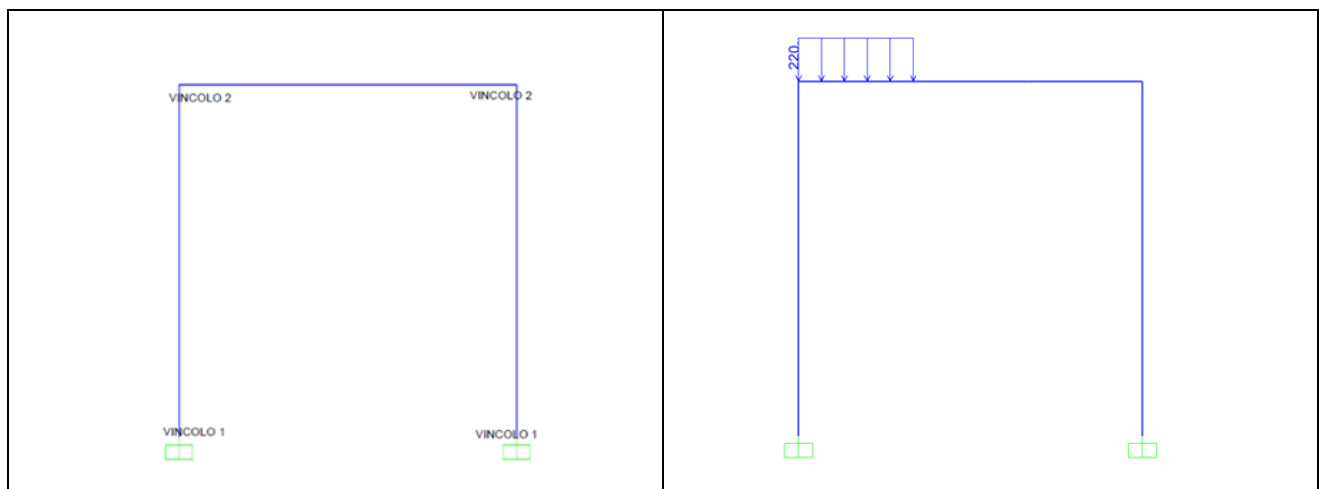
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 260/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

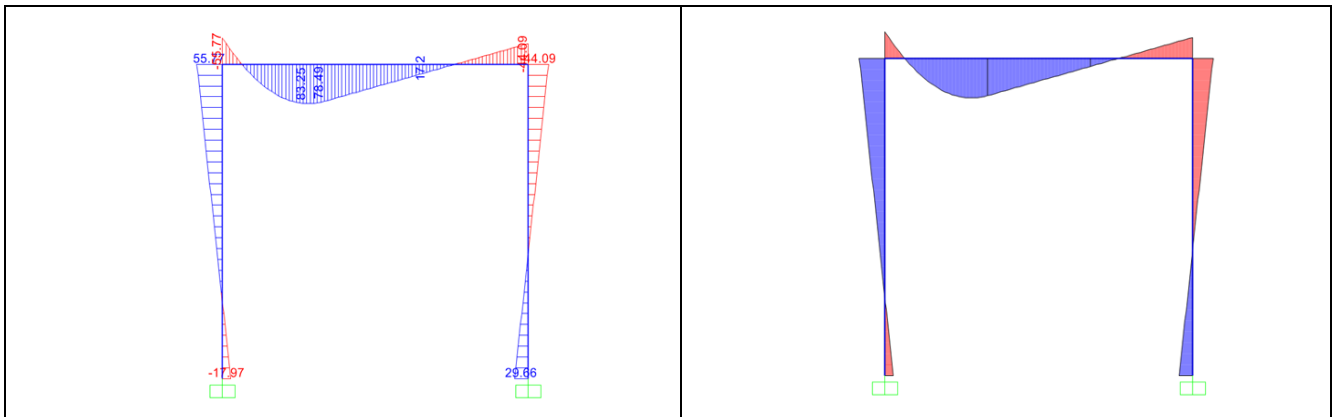
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Distribuito
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

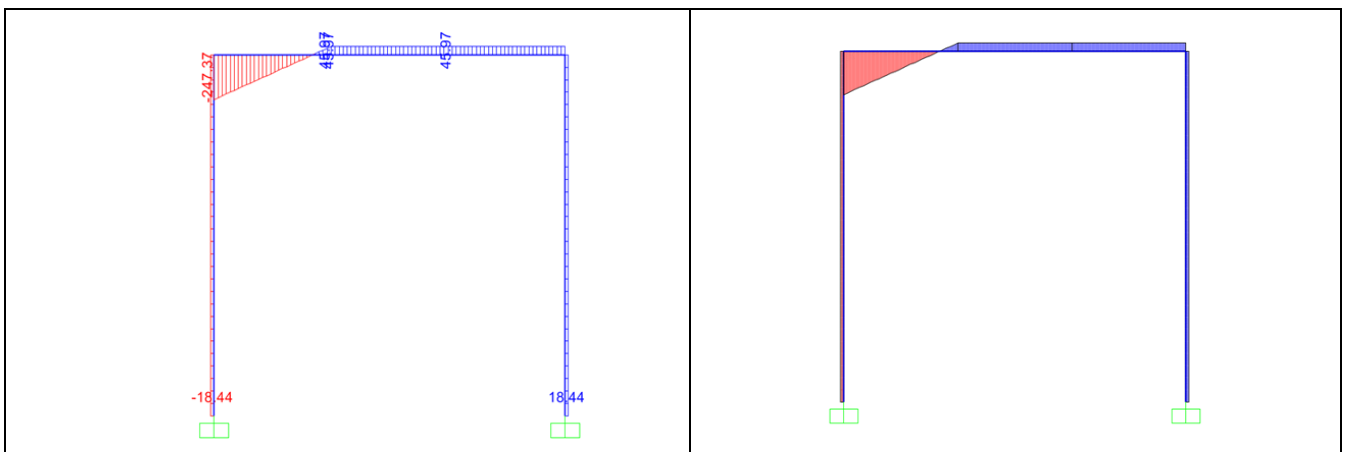
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Valore a 1.3 m [kNm]	83
Estremo destro cappello [kNm]	44
Estremo sinistro cappello [kN]	56
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	18
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	56
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	30
Estremo superiore gamba destra [kNm]	44

Diagramma di taglio

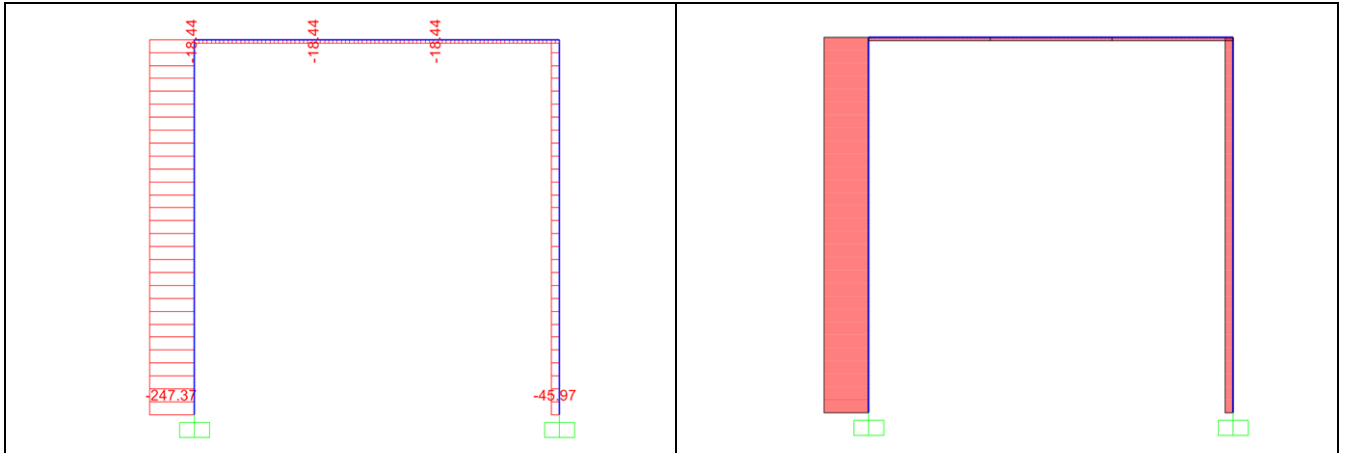


Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	247
Estremo destro cappello [kN]	46
Valore costante gamba destra [kN]	18

Valore costante gamba sinistra [kN]	18
-------------------------------------	----

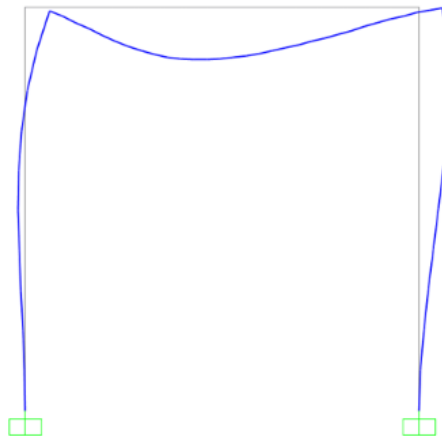
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	18
Gamba destra (valore costante) [kN]	46
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	247

Deformata elastica



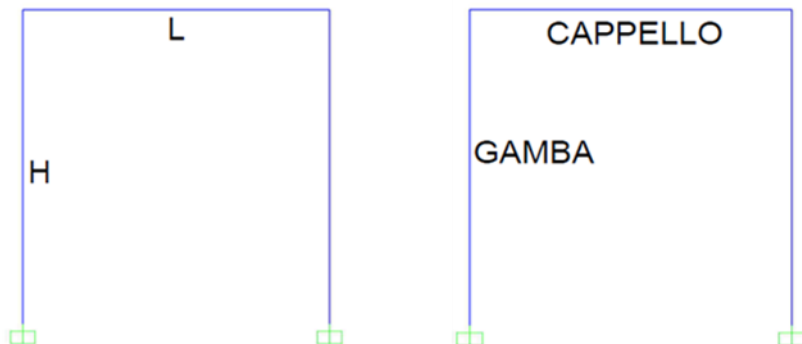
Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello 1.1 m [cm]	0.4
Estremo superiore gambe [cm]	0.2

ANALISI N°41

SCHEMA STATICO

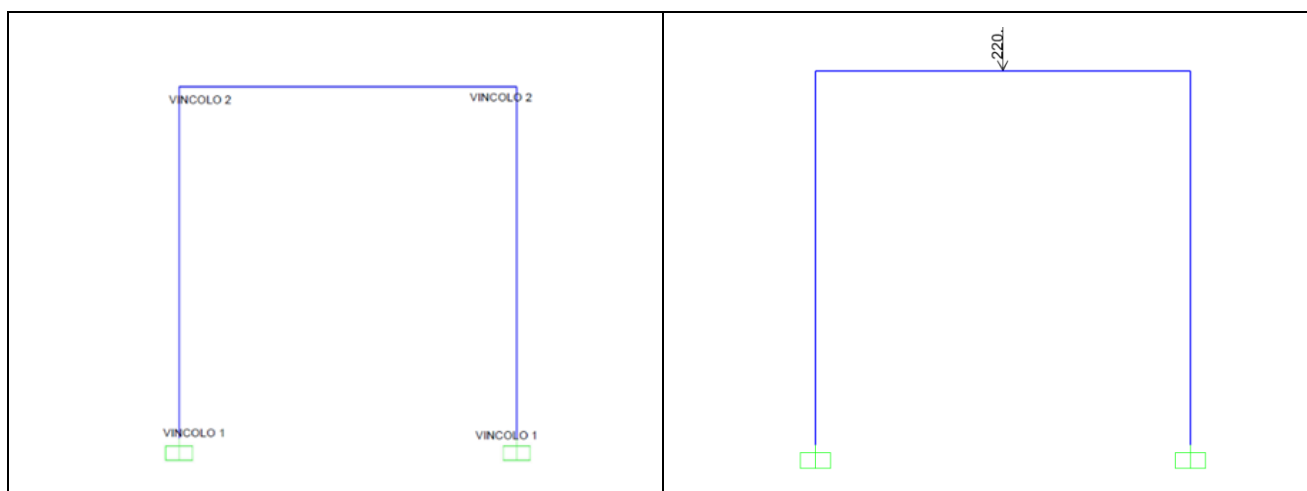
Dati geometrici



L [m]	4
H [m]	4
TIPO PROFILATO	HEB 260/Fe 430-s275

SCHEMA STATICO

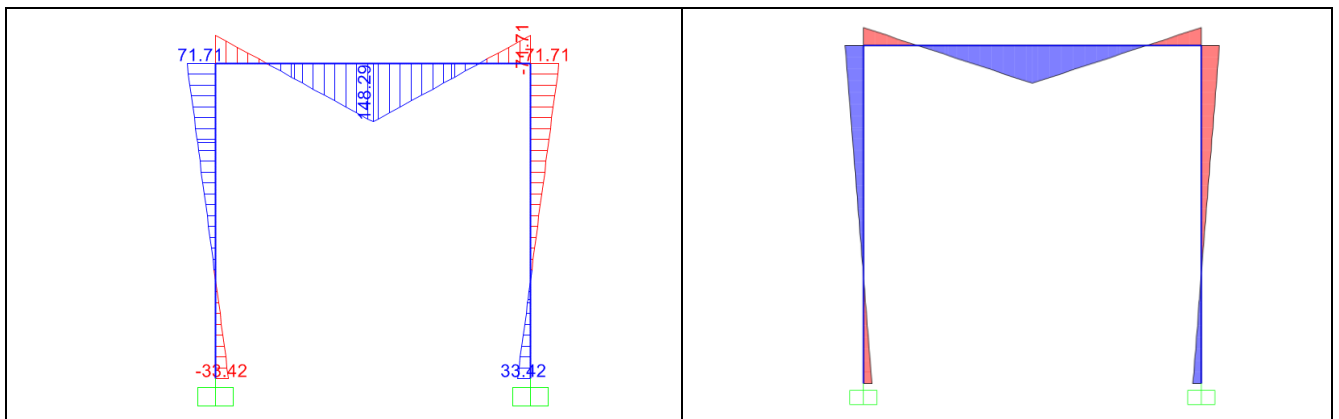
Tipo di vincoli e di carico



Tipo di vincolo	- Vincolo 1 incastro - Vincolo 2 connessione rigida gamba-cappello
Tipo di carico	Concentrato
Valore del carico [kN/m]	220

RISULTATI

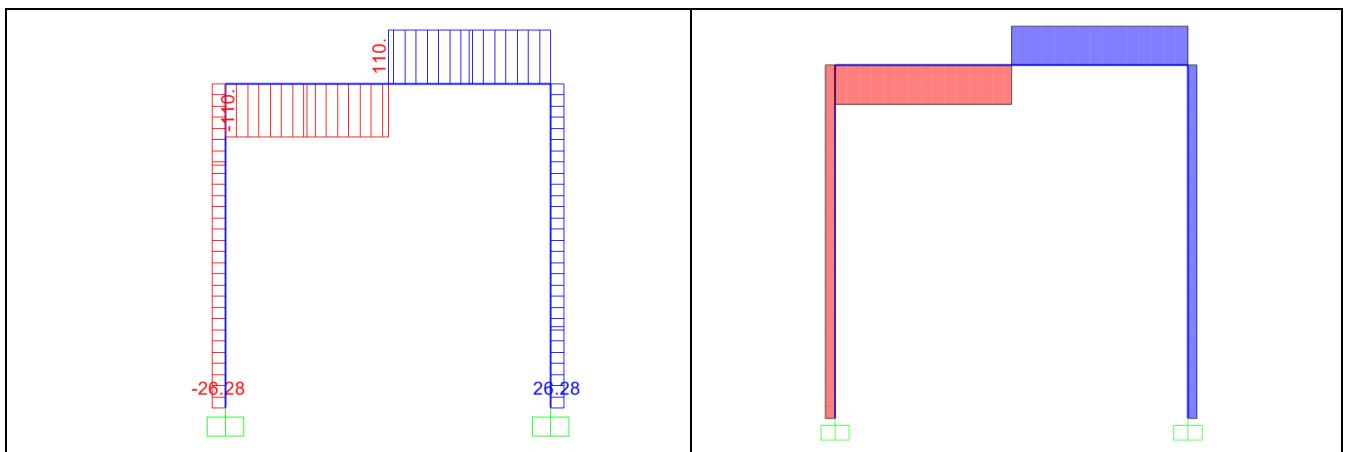
Diagramma di momento



Valori principali di momento:

Mezzeria cappello [kNm]	148.3
Estremo destro cappello [kNm]	71.7
Estremo sinistro cappello [kN]	71.7
Estremo inferiore gamba sinistra [kNm]	33.4
Estremo superiore gamba sinistra [kNm]	71.7
Estremo inferiore gamba destra [kNm]	33.4
Estremo superiore gamba destra [kNm]	71.7

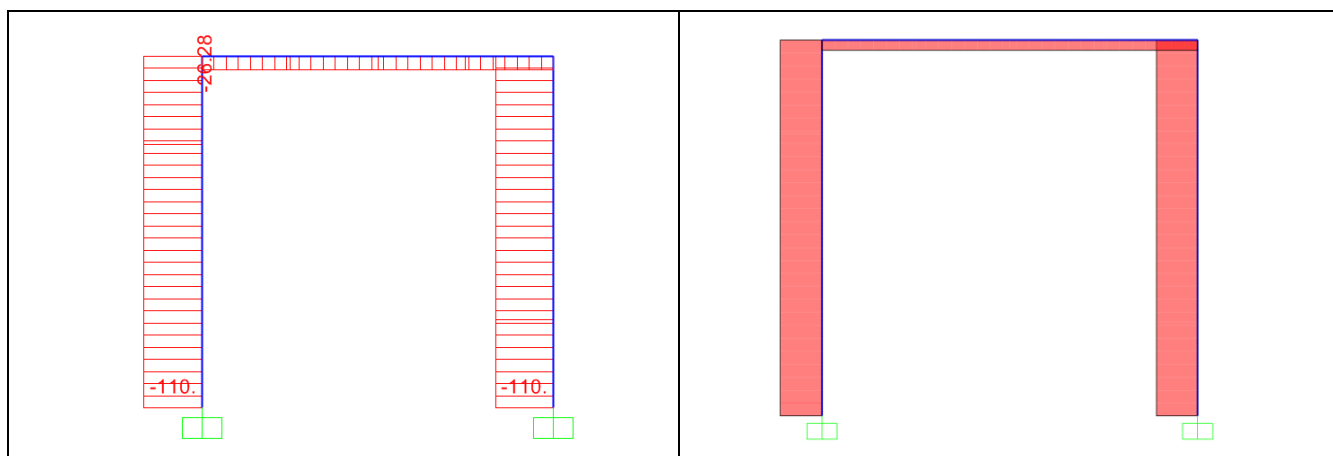
Diagramma di taglio



Valori principali di taglio:

Estremo sinistro cappello [kN]	110
Estremo destro cappello [kN]	110
Valore costante gamba destra [kN]	26.3
Valore costante gamba sinistra [kN]	26.3

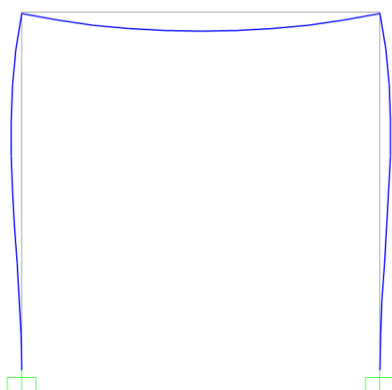
Diagramma di sforzo normale



Valori principali di sforzo normale:

Cappello (valore costante) [kN]	26.3
Gamba destra (valore costante) [kN]	110
Gamba sinistra (valore costante) [kN]	110

Deformata elastica



Valori principali di deflessione:

Mezzeria cappello 1.1 m [cm]	0.5
Estremo superiore gambe [cm]	0.14

RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- D. M. Infrastrutture Trasporti 14 gennaio 2008 (G.U. 4 febbraio 2008 n. 29 - Suppl. Ord.) "Norme tecniche per le Costruzioni".
- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 del Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti (G.U. 26 febbraio 2009 n. 27 – Suppl. Ord.) "Istruzioni per l'applicazione delle 'Norme Tecniche delle Costruzioni' di cui al D.M. 14 gennaio 2008".
- C. Amerio, U. Alasia, M. Pugno – Progettazione Costruzioni Impianti Vol.2B – Sei Editrice
- U. Alasia, M. Pugno – Manuale di costruzioni – Sei Editrice
- Brunetta e Brunetta Engeneering – Manuale SAP 2000,
- Taurino Alessio (2005) – Analisi sperimentale delle ripiene della miniera di Fontane. Tesi di Laurea, Politecnico di Torino, Ingegneria Ambiente e Territorio.
- Bruno Zan (2012) – Predimensionamento delle strutture -I.U.A.V.
- Maurizio Orlando, Lorenzo R.Piscitelli – Soluzione dei compiti del corso di tecnica delle costruzioni – Corso di Laurea CEA – Curricola Ambiente ed Infrastrutture.
- UNI EN 1993-1-1-2005 : Eurocodice 3 – Progettazione delle strutture in acciaio.