



DIREZIONE LAVORI PUBBLICI
 Settore Edilizia Comunale e Scolastica
 Servizio Edilizia Sportiva, Magistratura e Sedi Terraferma

Area : Punta S.Giuliano
 Progetto : CI 14236 - 2.8.1. Rafforzamento azione P.A. - Ambiente e Territorio.
 Aree verdi parco S. Giuliano: Riordino del Polo Nautico ed opere complementari
 R.U.P. : arch. Silvia Loreto *diu alnelo*
 Tavola : Nuovo centro nautico - Relazione di calcolo delle strutture

Elab.:
CDS

Codice	Progetto	Data	Scala
14236	Definitivo	Maggio 2019	-

Progettisti:
 dott.urb. Aldo Menegazzi
 arch. Martina Guermani

Progetto strutture:
 AI Progetti
 Architettura Ingegneria s.c.
 ing. Valentina Corras

Progetto impianti elettrici e termotecnici e speciali:
 TFE Ingegneria srl
 ing. Zeffirino Tommasin

Relazioni specialistiche, rilievi, service grafico, computazioni, capitolati e contratti:
 ing. Filippo Ponchio

ORDINE DEGLI ARCHITETTI
 PIANIFICATORI PAESAGGISTI E CONSERVATORI
 DELLA PROVINCIA DI VENEZIA

SEZIONE **A** ARCHITETTO

 ANDREA BORIN
 N° 2448



1 INDICE

1	Indice	1
2	Premessa	3
3	Descrizione della struttura	4
4	Normative di riferimento	6
5	Caratteristiche dei materiali	7
5.1.1	Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo (B450C)	7
5.1.2	Calcestruzzo strutture gettate in opera (C32/40 XS1)	7
5.1.3	Calcestruzzo strutture prefabbricate (C45/55 XS1)	7
5.1.4	Legno Lamellare GL24h	8
6	Condizioni elementari e combinazioni di carico	8
6.1	<i>Vita nominale</i>	8
6.2	<i>Classe d'uso</i>	8
6.3	<i>Condizioni elementari di carico</i>	8
6.3.1	Pesi propri	8
6.3.2	Pesi Permanenti	9
6.3.3	Azioni variabili	10
6.3.4	Azioni variabili di copertura	11
6.3.5	Neve	11
6.3.6	Vento	11
6.3.7	Azione sismica	12
7	Combinazioni di carico	15
8	Modelli e codici di calcolo	16
9	Analisi sismica	17
10	Dimensionamento e verifiche	21
10.1	<i>Tegoli TT di piano</i>	21
10.2	<i>Travi prefabbricate ad L</i>	22
10.3	<i>Travi prefabbricate a T rovescio</i>	23
10.4	<i>Solaio predalles zona bar</i>	23
10.5	<i>Travi gettate in opera</i>	25
10.6	<i>Pilastrini 50x50</i>	27
10.7	<i>Pilastrini 30x30</i>	29
10.8	<i>Setti scale 1-2-3</i>	30
10.9	<i>Setti bar</i>	31

10.10	solette scale in c.a.....	33
10.11	Copertura lignea.....	34
10.11.1	Catena.....	36
10.11.2	Puntoni.....	37
10.11.3	Monaco.....	38
10.11.4	Saetta.....	39
10.12	Platea di fondazione.....	40
10.13	Scala metallica bar.....	43
11	Verifica al fuoco.....	44
11.1	Strutture in c.a. e c.a.p.....	44
11.2	Strutture lignee.....	44

2 PREMESSA

La presente relazione si riferisce al progetto strutturale di 5 capannoni per le attività sportive nautiche e si inseriscono nel progetto di riordino dell'attuale area del Polo nautico dell'area di San Giuliano.

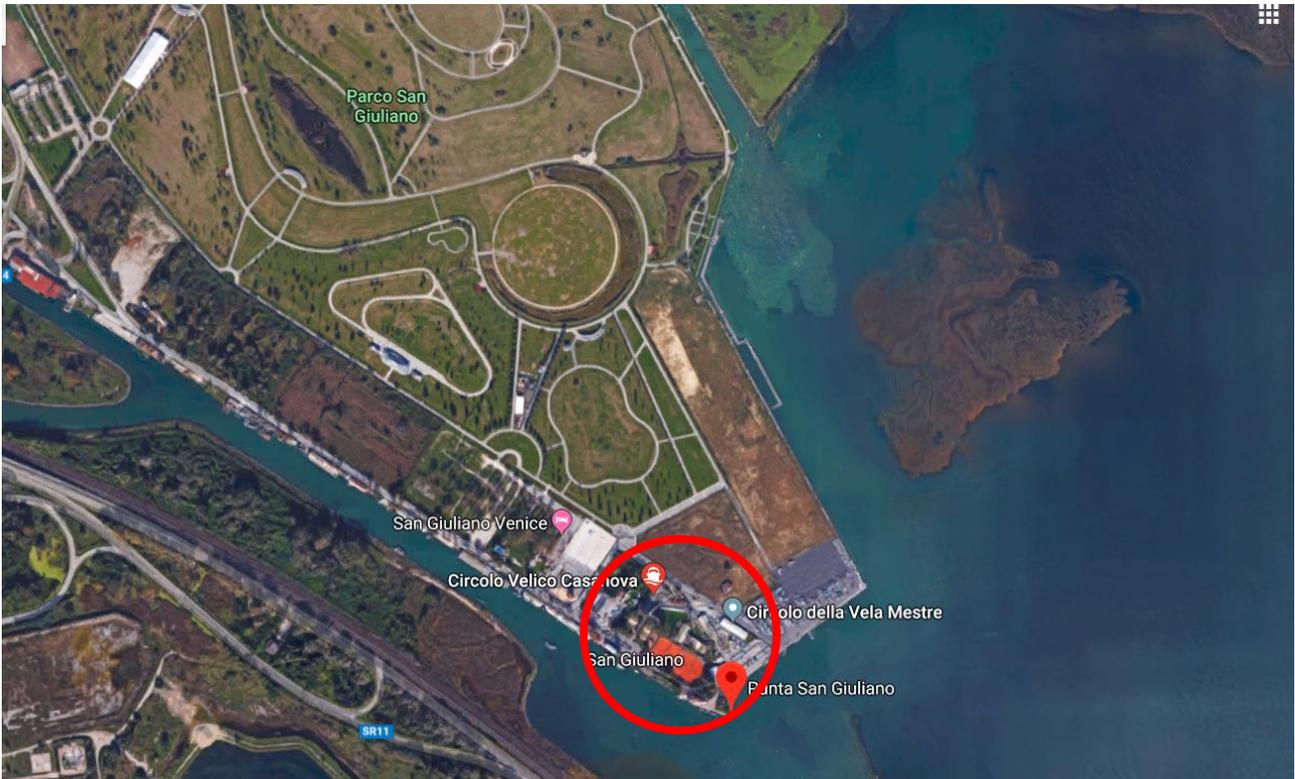
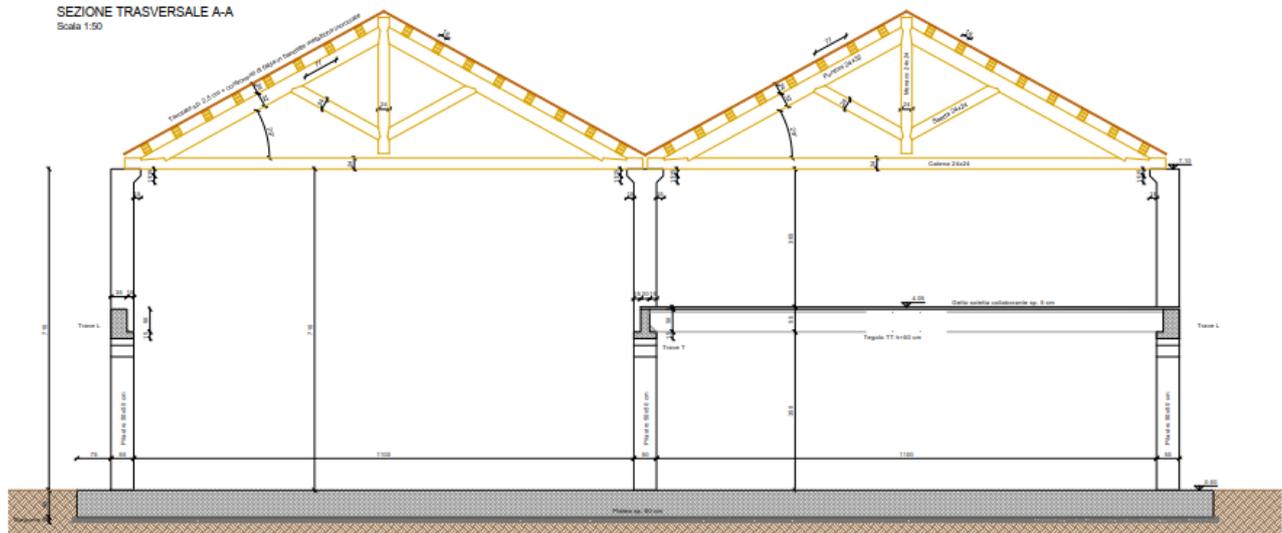


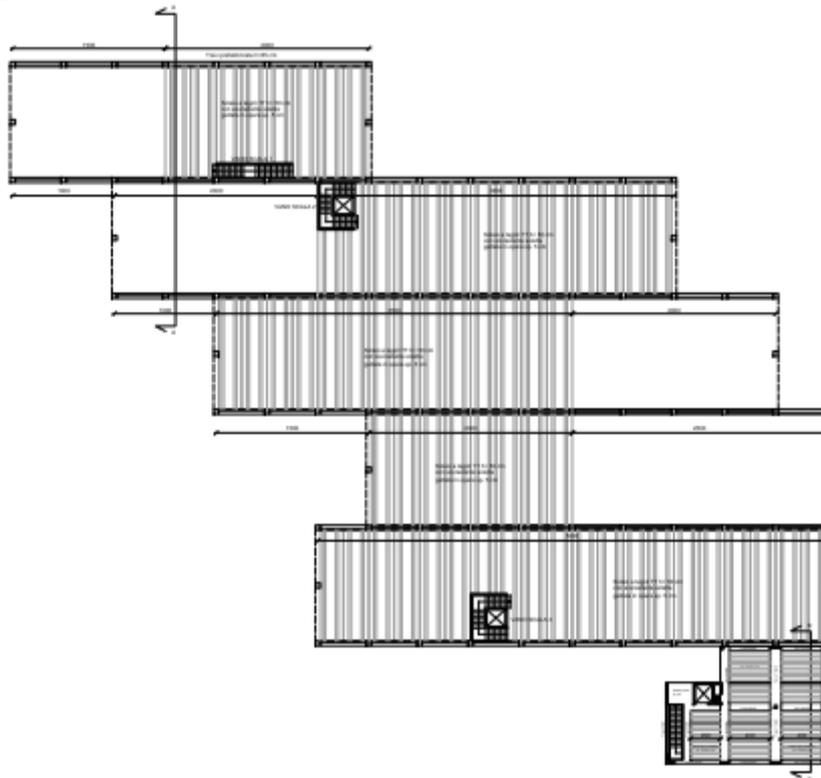
Figura 1 – Area di interesse

3 DESCRIZIONE DELLA STRUTTURA

La struttura portante verticale dell'edificio è costituita da pilastri isostatici prefabbricati in c.a. (sezione 50x50cm), a cui si aggiungono tre vani scala (due dotati di ascensore) in c.a. (sp. 20 cm) che tuttavia sono indipendenti dalla struttura dell'edificio in quanto scollegati tramite giunti. La maglia dei pilastri, modulare e ripetitiva, ha dimensioni di 5x11,5 m (asse).



PIANTA PRIMO SOLAIO
Scala 1:200



Il solaio d'interpiano, a tegoli tipo TT in c.a.p. di altezza 50 cm, posa su travi isostatiche (su due appoggi) a loro volta sostenute da apposite mensole integrate nei pilastri.

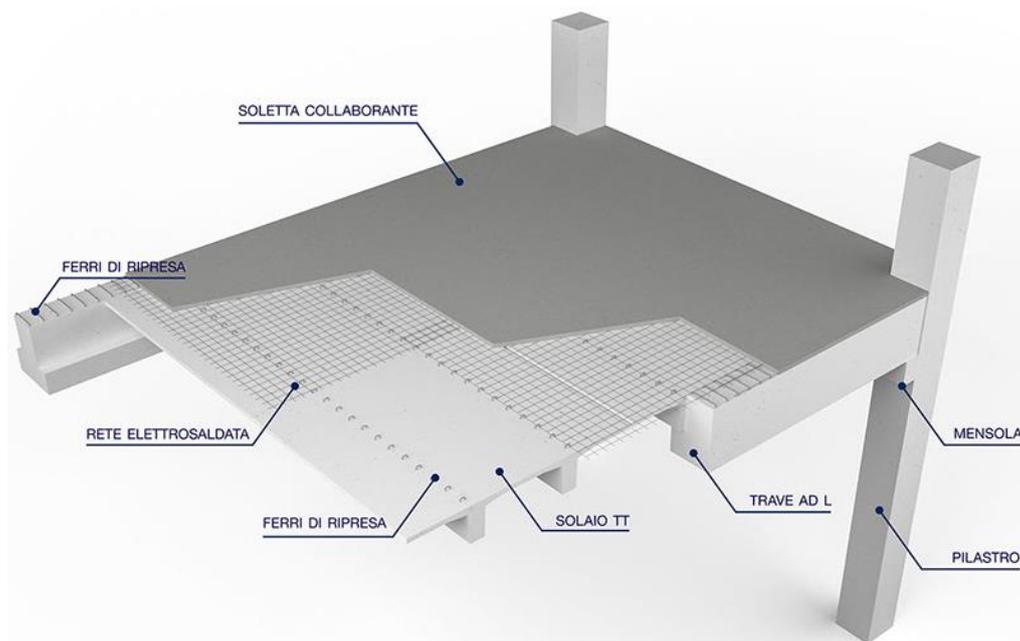


Figura 3 - Schema edificio principale

La copertura lignea presenta capriate in legno lamellare di luce 11,5 m e trzere trasversali di luce 5 m.

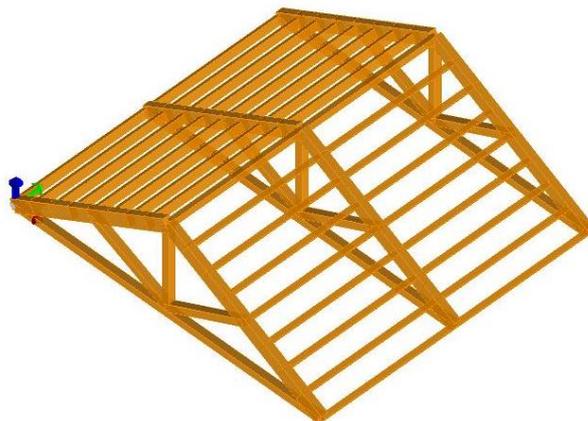
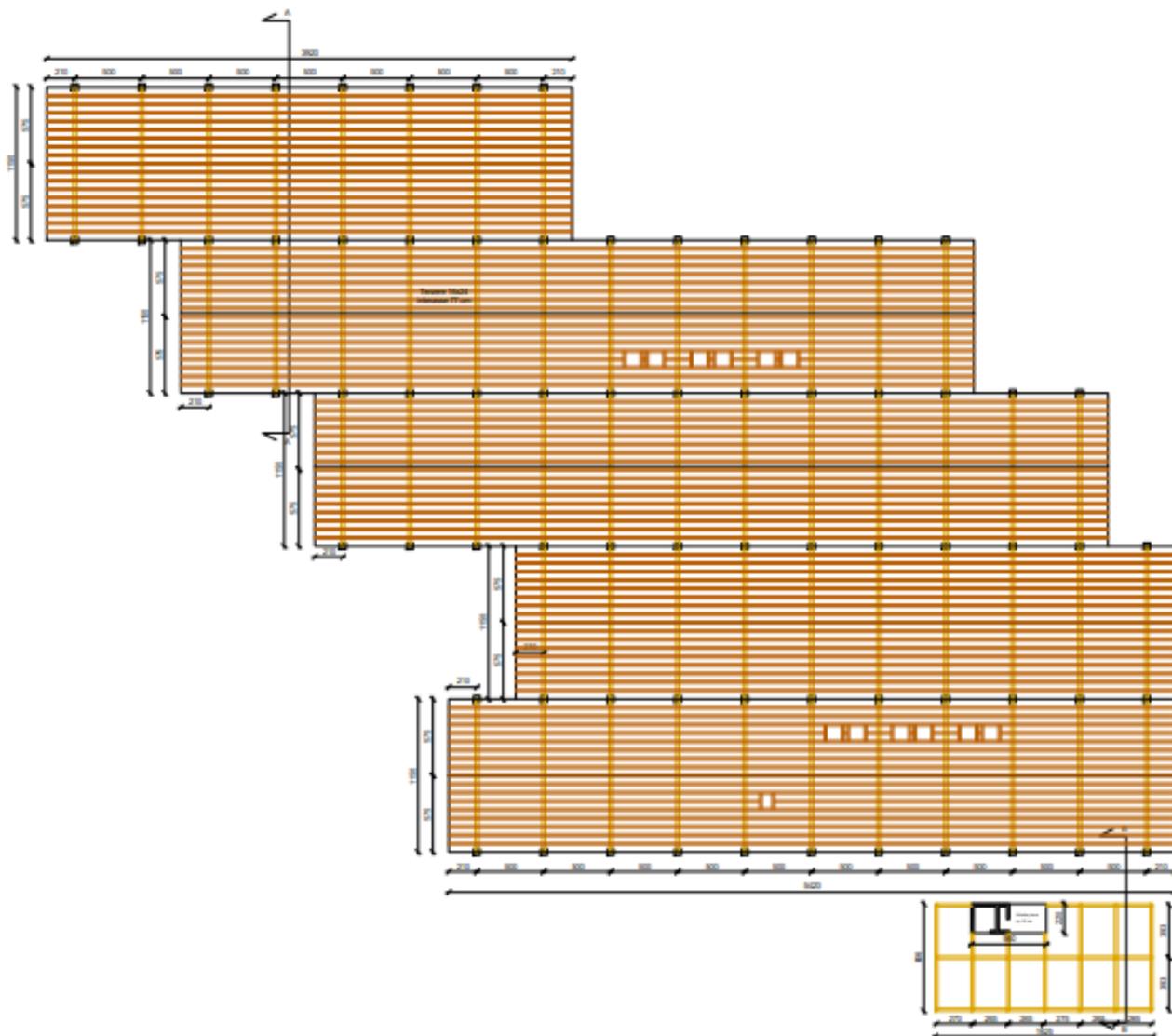


Figura 4 - Schema copertura lignea



E' presente una porzione di edificio adibito a bar, con struttura in c.a. gettata in opera costituita da setti e pilastri, travi e solaio predalles. Al piano primo di tale porzione di edificio è presente una pompeiana scopertata in legno, oltre allo sbarco dell'ascensore.

La struttura risulta quindi estremamente leggera ed in grado di coprire luci considerevoli. La facilità di posa e l'estremo controllo degli elementi prefabbricati rende tale tipologia costruttiva adatta all'ambiente estremamente aggressivo in cui è posizionata.

L'edificio è stato calcolato in modo da poter ampliare in futuro l'estensione del solaio d'interpiano, con il solo posizionamento di nuovi elementi di solaio, senza intervenire con rinforzi sulle strutture verticali.

Le fondazioni sono del tipo a platea dello spessore di 60 cm, ribassate a 45 cm nella zona interna del bar per esigenze architettoniche.

Le verifiche di portanza del terreno e di cedimenti sono riportate nella relazione geotecnica.

4 NORMATIVE DI RIFERIMENTO

I calcoli riportati vengono eseguiti secondo gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni e nel pieno rispetto delle normative vigenti.

La normativa attualmente in vigore in Italia è il Decreto Ministeriale del 17/01/2018 “Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni”. Le azioni sulle strutture sono determinate in base a quanto riportato al §3 del DM 17/01/2018, mentre le verifiche sulle strutture sono svolte in ottemperanza di quanto descritto al §4 del medesimo decreto.

In mancanza di specifiche indicazioni, a integrazione delle presenti norme e per quanto con esse non in contrasto, possono essere utilizzati i documenti di seguito indicati che costituiscono riferimenti di comprovata validità:

I calcoli riportati vengono eseguiti secondo gli usuali metodi della Scienza delle Costruzioni e nel pieno rispetto delle normative vigenti.

- Decreto Ministeriale del 17/01/2018 “Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni»”.
- Circ. n. 7 del 21/01/09: “Istruzioni per l’applicazione dell’«Aggiornamento delle “Norme tecniche per le costruzioni”» di cui al decreto ministeriale 17/01/2018”.

5 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

5.1.1 Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo (B450C)

Tensione caratteristica di snervamento:	f_{yk}	= 450	MPa
Tensione caratteristica di rottura:	f_{tk}	= 540	MPa

5.1.2 Calcestruzzo strutture gettate in opera (C32/40 XS1)

Classe di esposizione:	XS1		
Classe di resistenza:	C32/40		
Massimo rapporto acqua/cemento:	0,60		
Classe di consistenza:	S3		
Dimensione massima aggregato:		25	mm
Copriferro netto minimo:		40	mm
Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	= 40	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f_{ck}	= 32	MPa

5.1.3 Calcestruzzo strutture prefabbricate (C45/55 XS1)

Classe di esposizione:	XS1		
Classe di resistenza:	C45/55		
Massimo rapporto acqua/cemento:	0,60		
Classe di consistenza:	S3		
Dimensione massima aggregato:		25	mm
Copriferro netto minimo:		40	mm
Resistenza caratteristica a compressione cubica	R_{ck}	= 55	MPa
Resistenza caratteristica a compressione cilindrica	f_{ck}	= 45	MPa

5.1.4 Legno Lamellare GL24h

Resistenza alla flessione:	$f_{m,g,k}$	24
Resistenza alla trazione:	$f_{t,0,g,k}$	19,2
Resistenza alla compressione:	$f_{c,0,g,k}$	24
Modulo di elasticità:	$E_{0,g,mean}$	11.500
	$E_{0,g,0.5}$	9.600

6 CONDIZIONI ELEMENTARI E COMBINAZIONI DI CARICO

Il progetto e la verifica degli elementi strutturali seguono il Metodo Semi-Probabilistico agli Stati Limite. Le condizioni elementari di carico vengono cumulate secondo combinazioni di carico tali da risultare le più sfavorevoli ai fini delle singole verifiche, determinando quindi le azioni di calcolo da utilizzare per le verifiche allo Stato Limite Ultimo (SLU) e Stato Limite di Esercizio (SLE).

L'azione sismica viene rappresentata mediante uno spettro di progetto, calcolato con riferimento agli Stati Limite di Salvaguardia della Vita (SLV). Si andranno a svolgere principalmente analisi lineari.

6.1 VITA NOMINALE

In base al §2.4 del DM17/01/18 si stabilisce una vita nominale dell'opera pari a $V_N=50$ anni.

6.2 CLASSE D'USO

Il punto 2.4.2 delle NTC 2018 prevede la suddivisione in 4 classi d'uso dei fabbricati.

- Classe I Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II Costruzioni con normali affollamenti senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti nelle classi III o IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi conseguenze rilevanti;
- Classe III Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti nella classe IV. Ponti e reti viarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso;
- Classe IV Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente.

Ai manufatti in esame viene assegnata Classe d'Uso II ed un corrispondente coefficiente $C_U=1$.

6.3 CONDIZIONI ELEMENTARI DI CARICO

Le condizioni elementari di carico considerate sono: peso proprio, carichi permanenti, carichi accidentali, neve ed azioni sismiche.

Di seguito si riporta l'entità dei carichi assunti secondo quanto descritto dal DM14/01/18.

6.3.1 Pesi propri

Il peso proprio degli elementi strutturali inseriti nei modelli di calcolo è autodeterminato dal programma, in funzione delle dimensioni dell'elemento e dei seguenti pesi specifici del materiale:

calcestruzzo armato	2500 daN/mc
legno lamellare	385 daN/mc

6.3.2 Pesì Permanenti

Carico permanente platea (escluse zone rimessaggio barche)

Si considerala presenza di tramezze e partizioni in cartongesso (con doppia lastra nelle due superfici) per un peso di circa 50 daN/mq ed un'altezza di 320 cm.

Ne deriva una peso lineare di 160 daN/m a cui corrisponde un carico distribuito equivalente di 80 daN/mq (§3.1.3 NTC2018).

descrizione	spessore (cm)	peso specifico (daN/mc)	carico distribuito (daN/mq)
alleggerito	15	600	90
isolante	10	200	20
sabbia cemento	4	2000	80
pavimento	1	3000	30
TRAMEZZE	-	-	80
TOT			300

Carico permanente solaio di interpiano

Si considerala presenza di tramezze e partizioni in cartongesso (con doppia lastra nelle due superfici) per un peso di circa 50 daN/mq ed un'altezza di 270 cm.

Ne deriva una peso lineare di 135 daN/m a cui corrisponde un carico distribuito equivalente di 80 daN/mq (§3.1.3 NTC2018).

descrizione	spessore (cm)	peso specifico (daN/mc)	carico distribuito (daN/mq)
controsoffitto + impianti	-	-	20
isolante	12	83	10
alleggerito	10	600	60
sabbia cemento	5	2000	100
pavimento	1	3000	30
TRAMEZZE	-	-	80
TOT			300

Carico permanente solaio di copertura

descrizione	spessore (cm)	peso specifico (daN/mc)	carico distribuito (daN/mq)
controsoffitto + impianti	-	-	20
tavolato	3	420	12.6
freno vapore	-	-	0.2
lana di roccia	16	90	14.4
guaina impermeabile	0.8	1000	8

camera d'aria	6	-	4
tavolato	2.5	420	10.5
lamiera zinco-titanio	-	-	14.3
pannelli fotovoltaici	-	-	16
TOT			100

Saranno presenti macchine impiantistiche del peso di circa 350 daN a servizio di aree di circa 150 mq (dimensione indicativa macchina: 200x150x50 cm - BxLxH).

6.3.3 Azioni variabili

Carico variabile solaio di interpiano

Categoria C4 secondo Tab. 3.1.II NTC 2018 (ambiente con possibile svolgimento di attività fisiche)

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00
C	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4 Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5 Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

Figura 5 – TAB.3.1.II – Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

- Carico uniformemente distribuito: $q_k = 500 \text{ daN/mq}$
- Carico concentrato: $Q_k = 500 \text{ daN/m}$
- Carico orizzontale: $H_k = 300 \text{ daN/m}$

Al §3.1.4.1 delle NTC 2018 è permessa una riduzione del sovraccarico variabile uniformemente distribuito nel calcolo degli elementi strutturali orizzontali, pari al fattore α_n :

$$- 0,6 \leq 5/7 \psi_0 + 10/A \leq 1$$

Dove $\psi_0 = 0,7$:

<i>Elemento strutturale</i>	<i>A (mq)</i>	α_n	$q = \alpha_n \times q_k \text{ (daN/mq)}$
-----------------------------	---------------	------------	--

<i>Tegolo</i>	2,5 m x 11,5 m = 28,75	0,85	424
<i>Trave bordo</i>	5 m x 11,5 m /2 = 28,75	0,85	424
<i>Trave centrale</i>	5 m x 11,5 m = 60,5	0,67	333

6.3.4 Azioni variabili di copertura

I carichi antropici dipendono dalla destinazione d'uso dell'opera.

Categoria Hsecondo Tab. 3.1. Il NTC 2018 (copertura accessibile per sola manutenzione)

- Carico uniformemente distribuito: $q_k = 50 \text{ daN/mq}$
- Carico concentrato: $Q_k = 120 \text{ daN/m}$
- Carico orizzontale: $H_k = 100 \text{ daN/m}$

6.3.5 Neve

Si fa riferimento a quanto previsto dalla normativa vigente. Il valore del carico provocato dalla neve, per un edificio in zona II è determinato dalla seguente espressione:

$$q_s = \mu_i q_{sk} C_E C_T = 100 \text{ daN/mq}$$

Coefficiente di esposizione al vento

$C_E = 0,9$ (area pianeggiante non ostruita, esposta su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti)

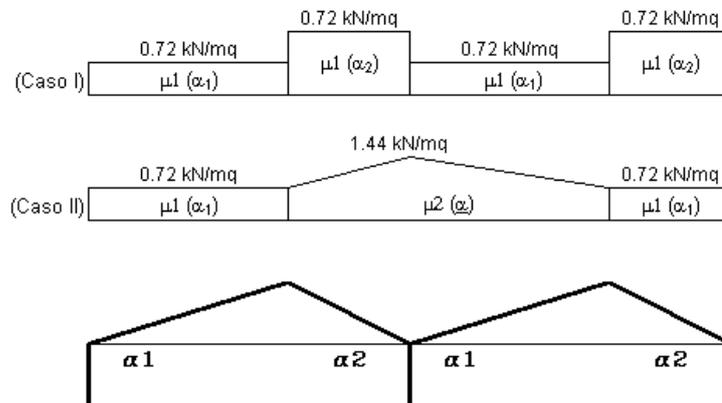
Valore caratteristico del carico al suolo

$$q_{sk} C_E = 90 \text{ daN/mq}$$

Angolo di inclinazione della falda:

$$\alpha_1 = \alpha_2 = 30^\circ \quad \mu_1(\alpha_1) = \mu_1(\alpha_2) = 0,8 \quad Q_1 = 72 \text{ daN/mq}$$

$$\alpha^* = (\alpha_1 + \alpha_2) / 2 = 30^\circ \quad \mu_2(\alpha^*) = 1,6 \quad Q_2^* = 144 \text{ daN/mq}$$



Caso I: Carico da neve depositata in assenza di vento

Caso II: Carico da neve depositata in presenza di vento

Figura 6 - Schema carico neve

6.3.6 Vento

Si fa riferimento a quanto previsto dalla normativa vigente NTC2018.

Zona vento = 1

Velocità base della zona:

$$V_{b,0} = 25 \text{ m/s}$$

Altitudine base della zona:

$$A_0 = 1000 \text{ m}$$

Altitudine del sito:

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

Velocità di riferimento

$$V_b = 25 \text{ m/s} \quad (V_b = V_{b,0} \text{ per } A_s \leq A_0)$$

Periodo di ritorno

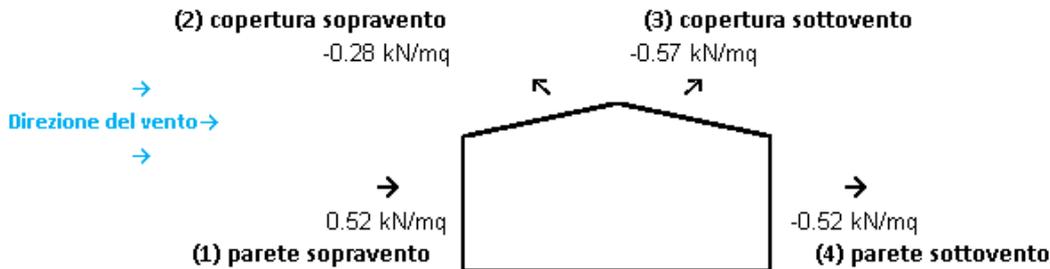
$$T_r = 50 \text{ anni} \quad C_r = 1$$

Velocità riferita al periodo di ritorno di progetto: $V_r = V_b C_r = 25 \text{ m/s}$

Classe di rugosità del terreno:

D (costa)

Categoria esposizione: tipo II (costa) $K_r = 0,19$ - $Z_0 = 0,05$ m - $Z_{min} = 4$ m
 Pressione cinetica di riferimento: $q_b = 39$ daN/mq
 Coefficiente dinamico: $C_d = 1$
 Coefficiente di esposizione topografica: $C_t = 1$



6.3.7 Azione sismica

L'azione sismica viene valutata in base al §3.2 delle NTC18. Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione e costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R . Gli spettri utilizzati per le verifiche sono ricavati attraverso il software messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici "Spettri-NTCver.1.0.3.xls" attraverso le coordinate del sito:

Località: Venezia
 Provincia: Venezia
 Regione: VENETO

Coordinate GPS:
 Latitudine : 45.46700 N
 Longitudine: 12.28200 E
 Terreno tipo C

Per il calcolo della pericolosità sismica si fa riferimento al periodo di riferimento $V_R=50$ anni, calcolato come prodotto della vita nominale dell'edificio, pari a $V_N=50$ anni, ed della classe d'uso II ($C_U=1$), descritte in precedenza. Per le verifiche strutturali si fa riferimento allo Stato Limite di salvaguardia della Vita, che considera una probabilità di superamento dell'azione sismica nel periodo di riferimento V_R pari a $P_{VR}=10\%$.

La tabella "parametri della struttura" di seguito riportata, riassume i parametri adottati nel presente studio:

Parametri della struttura						
Classe d'uso	Coefficiente d'uso	Vita nominale [anni]	Periodo di riferimento [anni]	Tipo di suolo	Categoria topografica	
II	1	50	50	C	T1	

Fissato il periodo di riferimento V_R e la probabilità di superamento P_{VR} associata a ciascuno degli stati limite considerati, si ottiene il periodo di ritorno T_R e i relativi parametri di pericolosità sismica, che dipendono dalla posizione geografica dell'opera.

SL	$P_{VR}[\%]$	T_R [anni]	a_g [g]	F_o	T_C^* [s]
SLO	81%	30	0.029	2.502	0.205
SLD	63%	50	0.035	2.533	0.240
SLV	10%	475	0.076	2.686	0.358

Dove:

a_g : accelerazione orizzontale massima del terreno;

F_o : valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_{C^*} : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Individuati su reticolo di riferimento i parametri di pericolosità sismica si valutano i parametri spettrali, dove:

- S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente $S = S_S \cdot S_T$ (eq.3.2.3 DM2018)
- F_o è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale
- T_B è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante.
- T_C è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a velocità costante.
- T_D è il periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante.

6.3.7.1 Fattore di comportamento

Il valore del fattore di comportamento q da utilizzare per ciascuna direzione della azione sismica, dipende dalla tipologia strutturale, dal suo grado di iperstaticità e dai criteri di progettazione adottati e prende in conto le non linearità di materiale.

Facendo riferimento a quanto indicato al §7.3 dell'NTC2018 si nota come, nei confronti delle azioni sismiche allo SLV, nel caso in esame si considera un fattore di struttura pari a:

$$q = q_0 \cdot kR$$

con $q_0 = 2,5$

e $kR = 0,8$

Tab. 7.3.II – Valori massimi del valore di base q_0 del fattore di comportamento allo SLV per diverse tecniche costruttive ed in funzione della tipologia strutturale e della classe di duttilità CD

Tipologia strutturale	q_0	
	CD "A"	CD "B"
Costruzioni di calcestruzzo (§ 7.4.3.2)		
Strutture a telaio, a pareti accoppiate, miste (v. § 7.4.3.1)	4,5 α_w/α_1	3,0 α_w/α_1
Strutture a pareti non accoppiate (v. § 7.4.3.1)	4,0 α_w/α_1	3,0
Strutture deformabili torsionalmente (v. § 7.4.3.1)	3,0	2,0
Strutture a pendolo inverso (v. § 7.4.3.1)	2,0	1,5
Strutture a pendolo inverso intelaiate monopiano (v. § 7.4.3.1)	3,5	2,5
Costruzioni con struttura prefabbricata (§ 7.4.5.1)		
Strutture a pannelli	4,0 α_w/α_1	3,0
Strutture monolitiche a cella	3,0	2,0
Strutture con pilastri incastrati e orizzontamenti incernierati	3,5	2,5
Costruzioni d'acciaio (§ 7.5.2.2) e composte di acciaio-calcestruzzo (§ 7.6.2.2)		
Strutture intelaiate	5,0 α_w/α_1	4,0
Strutture con controventi eccentrici		
Strutture con controventi concentrici a diagonale tesa attiva	4,0	4,0
Strutture con controventi concentrici a V	2,5	2,0
Strutture a mensola o a pendolo inverso	2,0 α_w/α_1	2,0
Strutture intelaiate con controventi concentrici	4,0 α_w/α_1	4,0
Strutture intelaiate con tamponature in murature	2,0	2,0
Costruzioni di legno (§ 7.7.3)		
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi incollati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni	3,0	2,0
Strutture reticolari iperstatiche con giunti chiodati		
Portali iperstatici con mezzi di unione a gambo cilindrico	4,0	2,5
Pannelli di parete a telaio leggero chiodati con diaframmi chiodati, collegati mediante chiodi, viti e bulloni.	5,0	3,0
Pannelli di tavole incollate a strati incrociati, collegati mediante chiodi, viti, bulloni		2,5
Strutture reticolari con collegamenti a mezzo di chiodi, viti, bulloni o spinotti		

6.3.7.2 Spettri di progetto

I valori dello spettro orizzontale sono calcolati secondo le seguenti espressioni in funzione del periodo proprio "T" della struttura:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Si riportano di seguito e valori ed i grafici degli spettri di progetto.

Parametri e punti dello spettro di risposta orizzontale per lo stato limite SLV

Parametri indipendenti	
STATO LIMITE	
a_g	0,076 g
F_o	2,686
T_B	0,358 s
S_c	1,500
C_D	1,473
S_T	1,000
q	2,000

Parametri dipendenti	
S	1,500
η	0,500
T_B	0,176 s
T_C	0,528 s
T_D	1,904 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$\begin{aligned}
 S &= S_c \cdot S_T && \text{(NTC-08 Eq. 3.2.5)} \\
 \eta &= \sqrt{10/(S+5)} \geq 0,55, \eta = 1/q && \text{(NTC-08 Eq. 3.2.6; §. 3.2.3.5)} \\
 T_B &= T_C / 3 && \text{(NTC-07 Eq. 3.2.8)} \\
 T_C &= C_D \cdot T_B && \text{(NTC-07 Eq. 3.2.7)} \\
 T_D &= 4 \cdot 0 \cdot a_g / g + 1,6 && \text{(NTC-07 Eq. 3.2.9)}
 \end{aligned}$$

Espressioni dello spettro di risposta (NTC-08 Eq. 3.2.4)

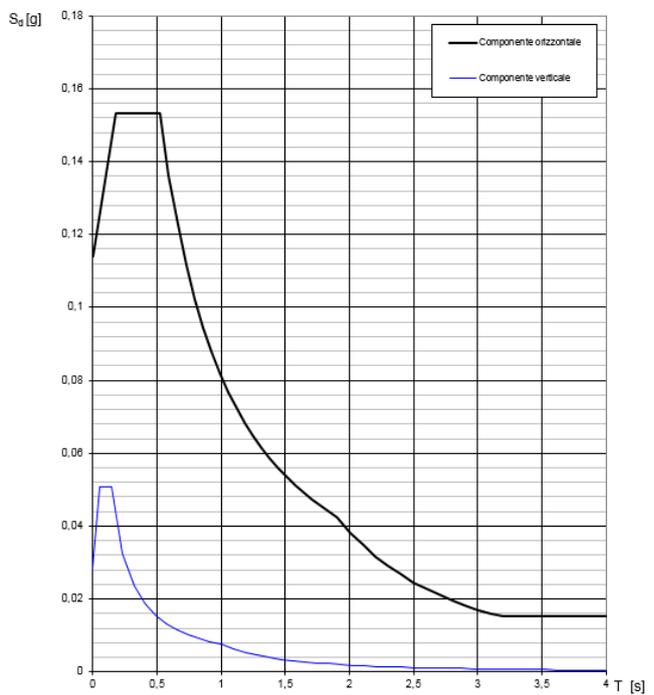
$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_e(T)$ sostituendo η con η_q , dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

T [s]	S _e [g]
0,176	0,114
0,176	0,153
0,528	0,153
0,593	0,136
0,659	0,123
0,724	0,112
0,790	0,102
0,856	0,095
0,921	0,088
0,987	0,082
1,052	0,077
1,118	0,072
1,183	0,068
1,249	0,065
1,314	0,062
1,380	0,059
1,445	0,056
1,511	0,054
1,577	0,051
1,642	0,049
1,708	0,047
1,773	0,046
1,839	0,044
1,904	0,042
2,004	0,038
2,104	0,035
2,204	0,032
2,303	0,029
2,403	0,027
2,503	0,025
2,603	0,023
2,703	0,021
2,802	0,020
2,902	0,018
3,002	0,017
3,102	0,016
3,202	0,015
3,301	0,015
3,401	0,015
3,501	0,015
3,601	0,015
3,701	0,015
3,800	0,015
3,900	0,015
4,000	0,015

Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato limite SLV



7 COMBINAZIONI DI CARICO

Si adottano le combinazioni prescritte dal DM 14/01/2018 espresse al paragrafo 2.5.3:

- Combinazione fondamentale, generalmente impiegata per gli stati limite ultimi (SLU):

$$\gamma_{G1}G1 + \gamma_{G2}G2 + \gamma_P P + \gamma_{Q1}Q_{k1} + \gamma_{Q2}\psi_{02}Q_{k2} + \gamma_{Q3}\psi_{03}Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G1 + G2 + P + Q_{k1} + \psi_{02}Q_{k2} + \psi_{03}Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G1 + G2 + P + \psi_{11}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \psi_{23}Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:

$$G1 + G2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \psi_{23}Q_{k3} + \dots$$
- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2 DM14/01/18):

$$E + G1 + G2 + P + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$
- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali di progetto A_d (v. § 3.6 DM14/01/18):

$$G1 + G2 + P + A_d + \psi_{21}Q_{k1} + \psi_{22}Q_{k2} + \dots$$

dove:

G_k	valore caratteristico delle azioni permanenti
P	valore caratteristico della forza di precompressione
Q_{ik}	valore caratteristico dell'azione variabile i-esima
E	azione sismica con spettro di progetto allo Stato Limite Ultimo
$\gamma_{G1}, \gamma_{G2}, \gamma_{Qi}$	coefficienti parziali di sicurezza (tabella 2.6.I DM 14/01/08)
γ_P	coeff. parziale della precompressione
$\psi_{0j}, \psi_{1j}, \psi_{2j}$	coefficienti di combinazione (tabella 2.5.I DM14/01/08)

Di seguito si riportano le tabelle 2.5.I e 2.6.I. dove sono illustrati i valori dei coefficienti di sicurezza e dei coefficienti di combinazione.

Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	Ψ_{0j}	Ψ_{1j}	Ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I - Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K - Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)	da valutarsi caso per caso		
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

La massa strutturale considerata per le analisi dinamiche viene calcolata considerando la massa degli elementi strutturali modellati ed una massa equivalente ai carichi gravitazionali in combinazione quasi permanente, secondo l'espressione:

$$G_1+G_2+\sum\Psi_{2,i}Q_i$$

8 MODELLI E CODICI DI CALCOLO

I calcoli sono stati eseguiti secondo i metodi della scienza e tecnica delle costruzioni, per i carichi definiti dalle norme in vigore, e seguendo il metodo di verifica della sicurezza agli stati limite.

Il materiale è considerato nel calcolo come elastico lineare (relazione lineare fra tensioni e deformazioni fino a rottura) e con un unico comportamento reologico; le tensioni interne vengono calcolate nell'ipotesi di conservazione delle sezioni piane.

Le analisi sono state svolte con il software di calcolo agli elementi finiti SISMICAD distribuito da "CONCRETE srl".

Un attento esame preliminare della documentazione a corredo del software ha consentito di valutarne l'affidabilità e soprattutto l'idoneità al caso specifico. La documentazione, fornita dal produttore e distributore del software, contiene una esauriente descrizione delle basi teoriche e degli algoritmi impiegati, l'individuazione dei campi d'impiego, nonché casi prova interamente risolti e commentati, corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione.

Per quanto riguarda l'affidabilità si rimanda alla documentazione presente nel sito: <https://www.concrete.it/>

L'analisi strutturale viene condotta con il metodo degli spostamenti per la valutazione dello stato tenso-deformativo indotto da carichi statici; essa viene effettuata con il metodo degli elementi finiti, che si basa sulla schematizzazione della struttura in elementi connessi solo in corrispondenza di un numero prefissato di punti denominati nodi. I nodi sono definiti dalle tre coordinate cartesiane in un sistema di riferimento globale. Le incognite del problema (nell'ambito del metodo degli spostamenti) sono le componenti di spostamento dei nodi riferite al sistema di riferimento globale (traslazioni secondo X, Y, Z, rotazioni attorno X, Y, Z). La soluzione del problema si ottiene con un sistema di equazioni algebriche lineari i cui termini noti sono costituiti dai carichi agenti sulla struttura opportunamente concentrati ai nodi:

$$K \cdot u = F$$

Dove: K = matrice di rigidezza;

u = vettore spostamenti nodali;

F = vettore forze nodali.

Dagli spostamenti ottenuti con la risoluzione del sistema vengono quindi dedotte le sollecitazioni di ogni elemento, riferite ad una terna locale all'elemento stesso.

Il sistema di riferimento utilizzato è costituito da una terna cartesiana destrorsa XYZ. Si assume l'asse Z verticale ed orientato verso l'alto.

Gli elementi utilizzati per la modellazione dello schema statico della struttura sono:

Elementi tipo BEAM

Elementi tipo PLATE

E' stato eseguito un modello globale al fine di valutare gli sforzi sulle fondazioni (modellate con molle elastiche alla Winkler con rigidezza 0,45 daN/cm): in tale modello è stato considerato a favore di sicurezza un fattore di struttura $q=1,6$ (struttura a pendolo inverso non regolare in pianta ed in altezza, cin CDB).

Per il dimensionamento delle elevazioni sono stati eseguiti due modelli di calcolo (capannone e bar) incastrati alla base.

Si riporta di seguito un'immagine del modello di calcolo agli elementi finiti:

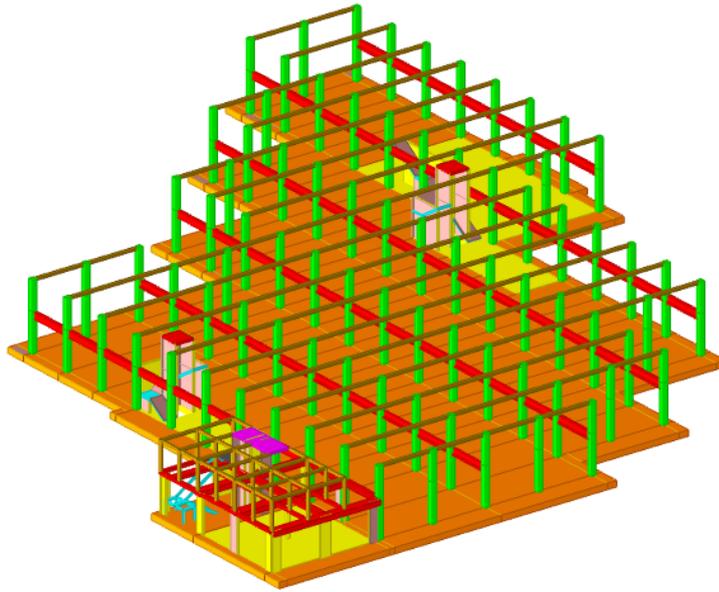


Figura 7 Modello di calcolo

Per valutare il comportamento globale delle strutture in oggetto, soggetta sia ad azioni verticali e orizzontali, si è realizzato un modello agli elementi finiti, attraverso il quale si sono ricavate le sollecitazioni agenti sui diversi elementi e alcune caratteristiche del comportamento dinamico della struttura.

Nel modello numerico di calcolo realizzato sono rappresentati gli elementi strutturali portanti e gli elementi che sono considerati contribuire in termini di rigidezza al comportamento strutturale globale del manufatto tipologico in oggetto.

La raffinatezza dei modelli di calcolo consente di analizzare il comportamento di tutti gli elementi strutturali, considerando l'effettivo contributo alla rigidezza complessiva del sistema fornito da ciascun componente elementare prevedendo la riproduzione fedele delle strutture.

Le caratteristiche fisico-meccaniche dei materiali sono state inserite come dettato dalla normativa vigente e precedentemente descritte.

Nel modello tridimensionale realizzato gli elementi costruttivi dei fabbricati sono schematizzati da elementi finiti di tipo asta (beam a due nodi) e di tipo piastra (shell). Gli elementi asta sono impiegati per la schematizzazione di travi e pilastri soggetti a momenti flettenti, tagli e sforzi assiali. Gli elementi piastra sono utilizzati per simulare setti e solette in c.a..

Quali azioni agenti ai fini della verifica degli elementi strutturali si sono considerati:

- Il peso proprio delle strutture;
- I sovraccarichi permanenti portati (definiti nei paragrafi precedenti);
- Le azioni sismiche orizzontali in direzione X;
- Le azioni sismiche orizzontali in direzione Y;

Il peso proprio delle strutture verticali è calcolato automaticamente dal programma di calcolo.

Il peso proprio dell'impalcato di copertura (descritto in precedenza) è stato introdotto nel modello tramite un elemento carico superficiale.

E' stato considerato un suolo elastico alla Winkler con costante di sottofondo pari a 0.025 daN/mc.

9 ANALISI SISMICA

L'analisi sismica delle strutture è stata condotta svolgendo un'Analisi Statica Lineare con Spettro di Risposta ridotto con fattore $q=2$.

I modi di vibrare ottenuti dal modello di calcolo sono riportati nella seguente tabella; come riportato al paragrafo 7.3.3.1 dell'NTC18 è opportuno considerare tutti i modi con massa partecipante superiore al 5% e comunque un numero di modi la cui massa partecipante sia superiore all'85%.

Modo	Periodo	Massa X	Massa Y	Massa rot. X	Massa rot. Y	Massa sX	Massa sY
1	1,125	0,3%	0,0%	0,0%	0,6%	0,3%	0,0%
2	1,123	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
3	1,120	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
4	0,891	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%
5	0,754	1,0%	0,0%	0,0%	1,3%	1,0%	0,0%
6	0,748	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
7	0,696	78,0%	0,0%	0,0%	94,5%	78,0%	0,0%
8	0,677	0,0%	85,3%	98,5%	0,0%	0,0%	85,3%
9	0,631	1,1%	0,1%	0,1%	1,1%	1,1%	0,1%
10	0,519	0,1%	0,0%	0,0%	0,1%	0,1%	0,0%
11	0,344	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%	0,0%
12	0,275	12,8%	0,0%	0,0%	1,2%	12,8%	0,0%
13	0,160	0,0%	11,7%	0,4%	0,0%	0,0%	11,7%
14	0,112	0,0%	2,7%	0,2%	0,0%	0,0%	2,7%
15	0,110	6,2%	0,0%	0,0%	0,6%	6,2%	0,0%

Si riporta l'output dei principali modi di vibrare:

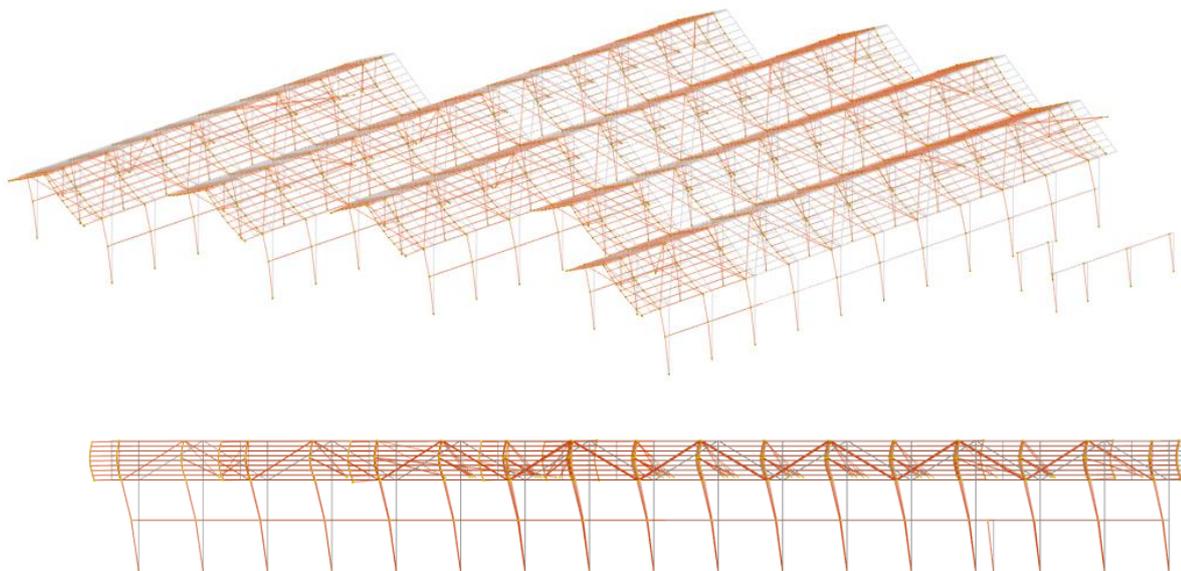
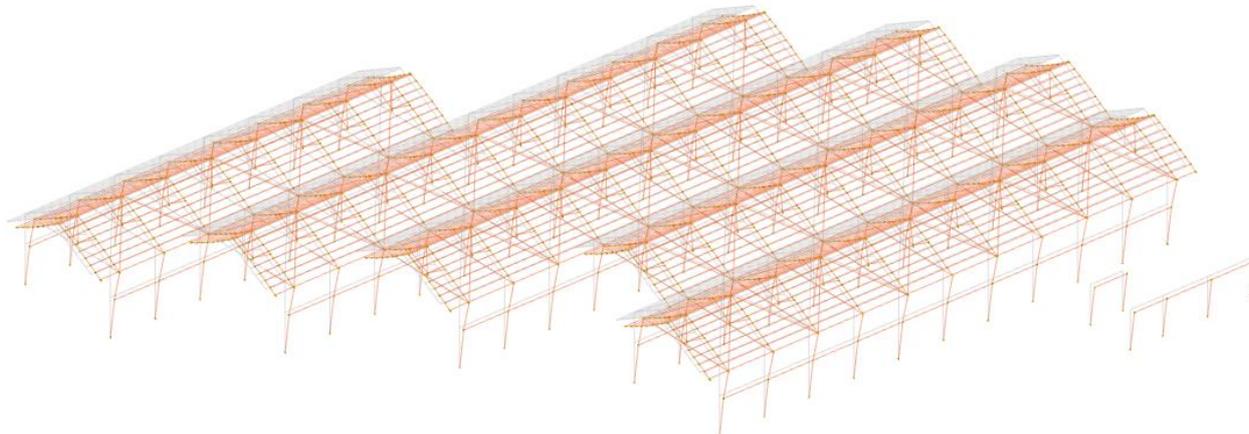


Figura 7 - 7° modo di vibrare dir x



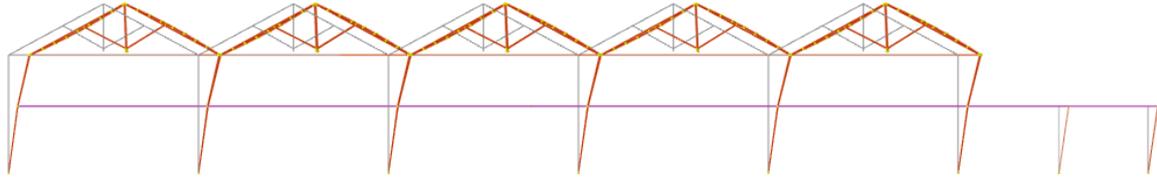


Figura8 - 8° modo di vibrare dir y

Si riporta di seguito la valutazione degli effetti di second'ordine e di deformabilità:

Quota inf.	Quota sup.	Comb.	Carico verticale	Spostamento	Forza orizzontale totale	Altezza del piano	Theta
		N.b.	(kN)	(cm)	(kN)	(cm)	
L1	L2	SLV 1	39612.36	2.489	4224.26	406	0.057
L1	L2	SLV 2	39612.36	2.514	4224.26	406	0.058
L1	L2	SLV 3	39613.2	2.492	4226.52	406	0.058
L1	L2	SLV 4	39613.2	2.508	4226.52	406	0.058
L1	L2	SLV 5	39611.18	2.663	4541.63	406	0.057
L1	L2	SLV 6	39611.18	2.684	4541.63	406	0.058
L1	L2	SLV 7	39613.97	2.677	4543.73	406	0.057
L1	L2	SLV 8	39613.97	2.668	4543.73	406	0.057
L1	L2	SLV 9	39611.01	2.668	4543.73	406	0.057
L1	L2	SLV 10	39611.01	2.677	4543.73	406	0.057
L1	L2	SLV 11	39613.8	2.684	4541.63	406	0.058
L1	L2	SLV 12	39613.8	2.663	4541.63	406	0.057
L1	L2	SLV 13	39611.78	2.508	4226.52	406	0.058
L1	L2	SLV 14	39611.78	2.492	4226.52	406	0.058
L1	L2	SLV 15	39612.62	2.514	4224.26	406	0.058
L1	L2	SLV 16	39612.62	2.489	4224.26	406	0.057
L2	L3	SLV 1	4664.19	3.355	1478.9	310	0.034
L2	L3	SLV 2	4664.19	3.31	1478.9	310	0.034
L2	L3	SLV 3	4665.03	3.334	1494.13	310	0.034
L2	L3	SLV 4	4665.03	3.307	1494.13	310	0.033
L2	L3	SLV 5	4663.01	3.549	1525.99	310	0.035
L2	L3	SLV 6	4663.01	3.507	1525.99	310	0.035
L2	L3	SLV 7	4665.81	3.506	1540.75	310	0.034
L2	L3	SLV 8	4665.81	3.526	1540.75	310	0.034
L2	L3	SLV 9	4662.84	3.526	1540.75	310	0.034
L2	L3	SLV 10	4662.84	3.506	1540.75	310	0.034
L2	L3	SLV 11	4665.64	3.507	1525.99	310	0.035
L2	L3	SLV 12	4665.64	3.549	1525.99	310	0.035
L2	L3	SLV 13	4663.62	3.307	1494.13	310	0.033
L2	L3	SLV 14	4663.62	3.334	1494.13	310	0.034
L2	L3	SLV 15	4664.46	3.31	1478.9	310	0.034
L2	L3	SLV 16	4664.46	3.355	1478.9	310	0.034

Figura 9 – Valutazione effetti di second'ordine

La valutazione degli effetti del second'ordine (secondo p.to 7.3.3 NTC 2018) permettono di escludere l'analisi P-Delta:

$$\Theta = P dEr / (V h) < 0,1$$

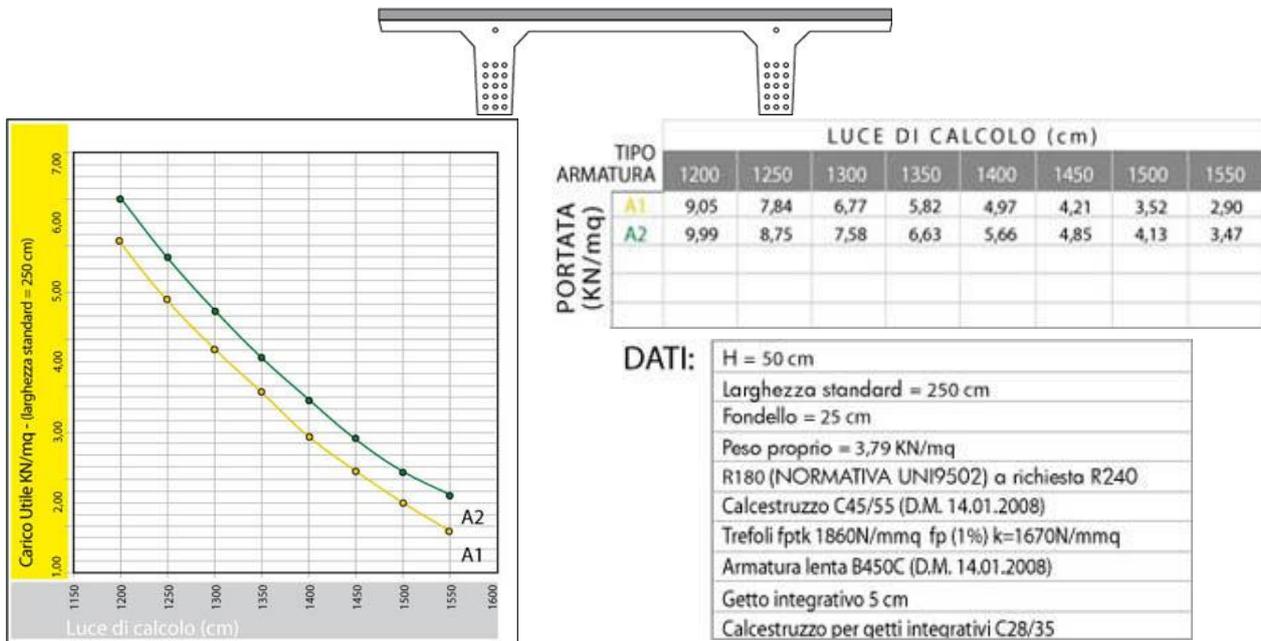
Come riportato in tabella infatti il parametro Theta è sempre < 0.1.

10 DIMENSIONAMENTO E VERIFICHE

Le presenti verifiche sono state condotte in accordo con il DM 17/01/2018 per azioni naturali agli Stati limite Ultimi (SLU) e sismiche agli Stati limite di Salvaguardia della Vita (SLV).

10.1 TEGOLI TT DI PIANO

Si riporta di seguito la verifica di predimensionamento tabellare del tegolo tipo TT a sostegno del piano primo.



Ne deriva che, per luci di 11,5 m e carico variabile di (0,05 m x 2500 daN/mq + 300 daN/mq + 424 daN/mq) 849 daN/mq, il tegolo H=50 cm con soletta superiore collaborante di 5 cm risulta correttamente dimensionato. A tale tegolo corrisponde un peso proprio di 379 daN/mq.

Si riporta, per ulteriore conferma del corretto dimensionamento, la verifica SLU del tegolo, ipotizzando di installare 20 trecce da 21,21 mm in acciaio armonico in ciascuna delle due anime:

Verifica C.A. S.L.U. - File: - □ ×

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo:

N° strati barre **4** Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	250	10
2	50	45

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3.39	3
2	3.39	8
3	8.04	40
4	8.04	50

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Armatura Precompressione
 N° strati cavi **1** Zoom

N°	As [cm²]	d [cm]	σ_{sp} [MPa]
1	8.484	45	1400

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

N_{Ed} kN
 M_{xEd} kNm
 M_{yEd} kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN yN

Tipo rottura
 Lato calcestruzzo - Cavo snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. **100**
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Materials
 B450C C45/55
 ϵ_{su} **67.5** ‰ ϵ_{c2} **2** ‰
 f_{yd} **391.3** N/mm² ϵ_{cu} **3.5** ‰
 E_s **200'000** N/mm² f_{cd} **25.5** ‰
 E_s/E_c **15** f_{cc}/f_{cd} **0.8** ?
 ϵ_{syd} **1.957** ‰ $\sigma_{c,adm}$ **16**
 $\sigma_{s,adm}$ **255** N/mm² τ_{co} **0.9333**
 τ_{cl} **2.543**

M_{xRd} **800.7** kN m
 σ_c **-25.5** N/mm²
 σ_s **391.3** N/mm²
 ϵ_c **3.5** ‰
 ϵ_s **43.88** ‰
 d **50** cm
 x **3.693** x/d **0.07387**
 δ **0.7**

Trefolo

 ϵ_{su} **67.5** ‰
 f_{yd} **1'409** N/mm²
 E_s/E_c **6**
 ϵ_{syd} **7.045** ‰
 $\sigma_{s,adm}$ **1'080** N/mm²
 σ_{sp} **1'409** N/mm²
 ϵ_{sp} **46.14** ‰ compressa predef.

Precompresso

Le verifiche sono soddisfatte: $M_{ed} = 720 \text{ kNm} < M_{Rd} = 800.7 \text{ kNm}$

Tale calcolazione è da intendersi mirata alla verifica della fattibilità in termini di sezione: in fase costruttiva tali elementi saranno dimensionati a cura del prefabbricatore incaricato della fornitura.

10.2 TRAVI PREFABBRICATE AD L

Tale trave sarà prefabbricata e precompressa, al solo fine di valutarne la fattibilità si riporta la verifica slu della sezione nell'ipotesi di armatura lenta costituita da 5Ø20:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Tegolo

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo:

N° strati barre **1** Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	35	50
2	50	15

N°	As [cm²]	d [cm]
1	15.71	60

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N° rett. **100**
 Calcola MRd Dominio M-N
 L₀ cm Col. modello

Materials
 B450C C45/55
 ϵ_{su} **67.5** ‰ ϵ_{c2} **2** ‰
 f_{yd} **391.3** N/mm² ϵ_{cu} **3.5** ‰
 E_s **200'000** N/mm² f_{cd} **25.5** ‰
 E_s/E_c **15** f_{cc}/f_{cd} **0.8** ?
 ϵ_{syd} **1.957** ‰ $\sigma_{c,adm}$ **16**
 $\sigma_{s,adm}$ **255** N/mm² τ_{co} **0.9333**
 τ_{cl} **2.543**

M_{xRd} **347.1** kN m
 σ_c **-25.5** N/mm²
 σ_s **391.3** N/mm²
 ϵ_c **3.5** ‰
 ϵ_s **21.21** ‰
 d **60** cm
 x **8.5** x/d **0.1417**
 δ **0.7**

Precompresso

Le verifiche sono soddisfatte: $M_{ed} = 340 \text{ kNm} < M_{Rd} = 340.8 \text{ kNm}$

Tale calcolo è da intendersi mirata alla verifica della fattibilità in termini di sezione: in fase costruttiva tali elementi saranno dimensionati a cura del prefabbricatore incaricato della fornitura.

10.3 TRAVI PREFABBRICATE A T ROVESCIO

Tale trave sarà prefabbricata e precompressa, al solo fine di valutarne la fattibilità si riporta la verifica SLU della sezione nell'ipotesi di armatura lenta costituita da 21Ø12 (armatura di frettaggio e confezionamento) + 40 trecce da 21,21 mm:

Verifica C.A. S.L.U. - File: Trave L

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° strati barre: 7 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	20	50
2	50	15

N°	As [cm²]	d [cm]
1	3.39	5
2	2.26	15
3	2.26	25
4	2.26	35
5	2.26	45
6	5.65	55
7	5.65	60

Armatura Precompressione

N° strati cavi: 1 Zoom

N°	As [cm²]	d [cm]	σ_{sp} [MPa]
1	8.484	57.5	1400

Sollecitazioni

S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
 M_{xEd} 630 kNm
 M_{yEd} 0 kNm

Materiali

B450C C45/55

ϵ_{su} 67.5 ‰ ϵ_{c2} 2 ‰
 f_{yd} 391.3 N/mm² ϵ_{cu} 3.5 ‰
 E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5 N/mm²
 E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8
 ϵ_{syd} 1.957 ‰ $\sigma_{c,adm}$ 16 N/mm²
 $\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm² τ_{co} 0.9333
 τ_{c1} 2.543

Metodo di calcolo

S.L.U.+ S.L.U.- Metodo n

Tipo flessione

Retta Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

o 0 cm Col. modello

Precompresso

Tipi di rottura

Lato calcestruzzo - Cavo snervato

M_{xRd} 729.2 kNm

σ_c -25.5 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 2.59 ‰
d 60 cm
x 34.48 x/d 0.5747
 δ 1

Armatura Precompressione

Trefolo

Trefolo

ϵ_{su} 67.5 ‰
 f_{yd} 1'409 N/mm²
 E_s/E_c 6
 ϵ_{syd} 7.045 ‰
 $\sigma_{s,adm}$ 1'080 N/mm²

σ_{sp} 1'409 N/mm²
 ϵ_{sp} 9.337 ‰ compresa predef.

Le verifiche sono soddisfatte: $M_{ed} = 630 \text{ kNm} < M_{Rd} = 729.2 \text{ kNm}$

Tale calcolo è da intendersi mirata alla verifica della fattibilità in termini di sezione: in fase costruttiva tali elementi saranno dimensionati a cura del prefabbricatore incaricato della fornitura.

10.4 SOLAIO PREDALLES ZONA BAR

Si riporta di seguito la verifica del solaio della porzione di edificio ad un solo piano fuori terra.

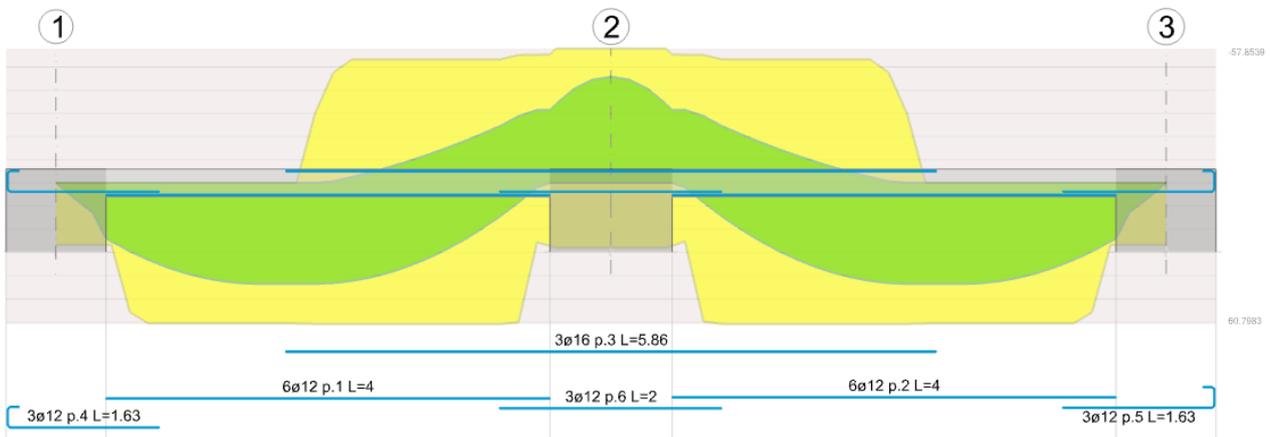
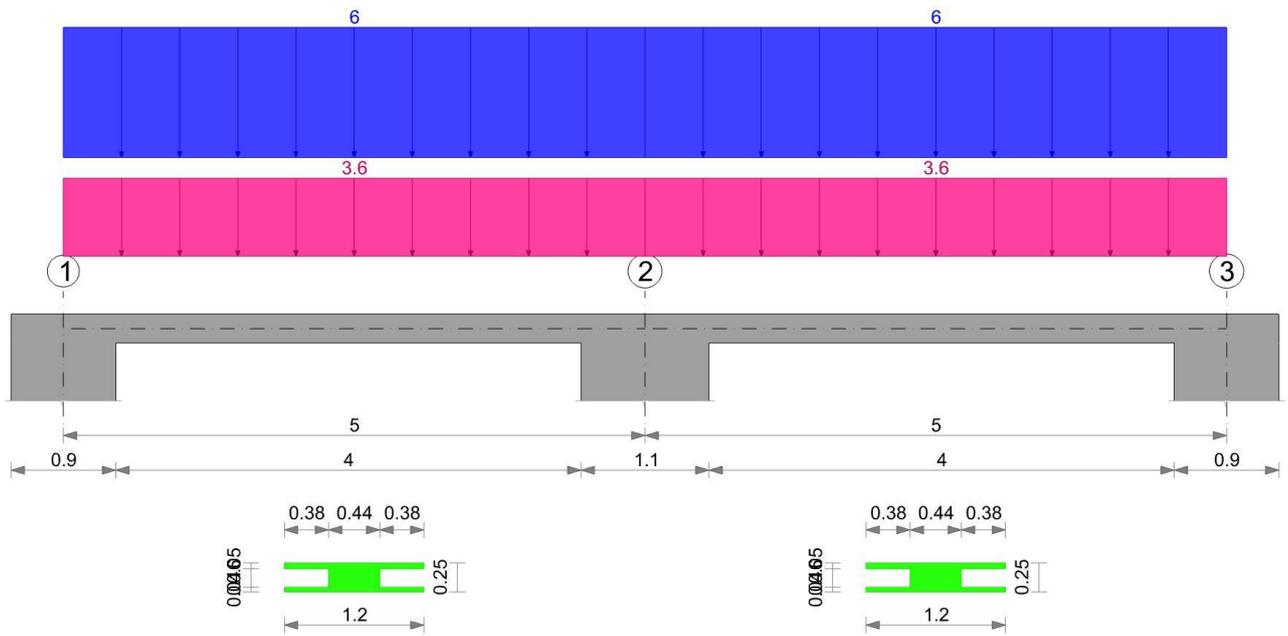


Diagramma verifica stato limite ultimo flessione

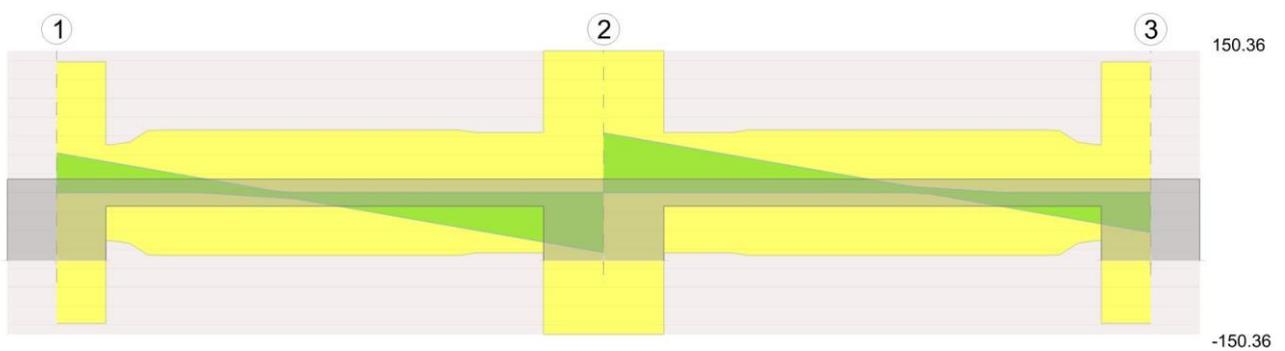


Diagramma verifica stato limite ultimo taglio

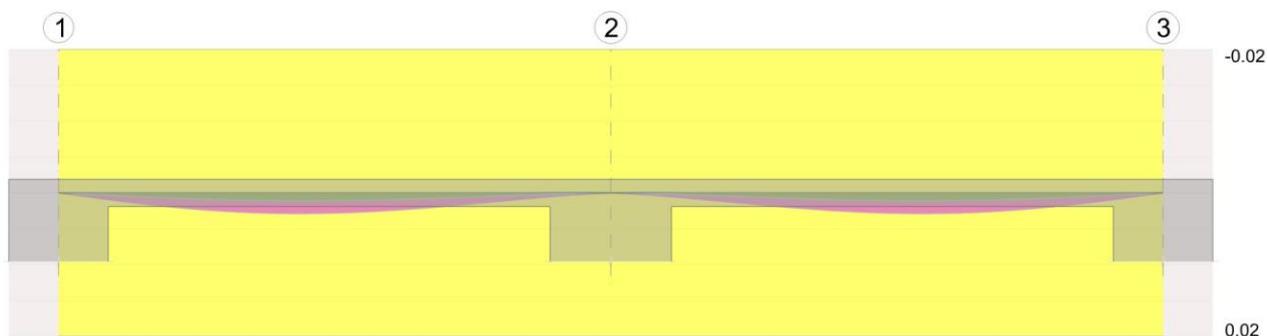


Diagramma verifica stato limite esercizio quasi permanente freccia

10.5 TRAVI GETTATE IN OPERA

La porzione di edificio ad un piano fuori terra e solaio predalles presenta travi e pilastri gettati in opera, a differenza della rimanente porzione di edificio che ha pilastrie e travi prefabbricati.

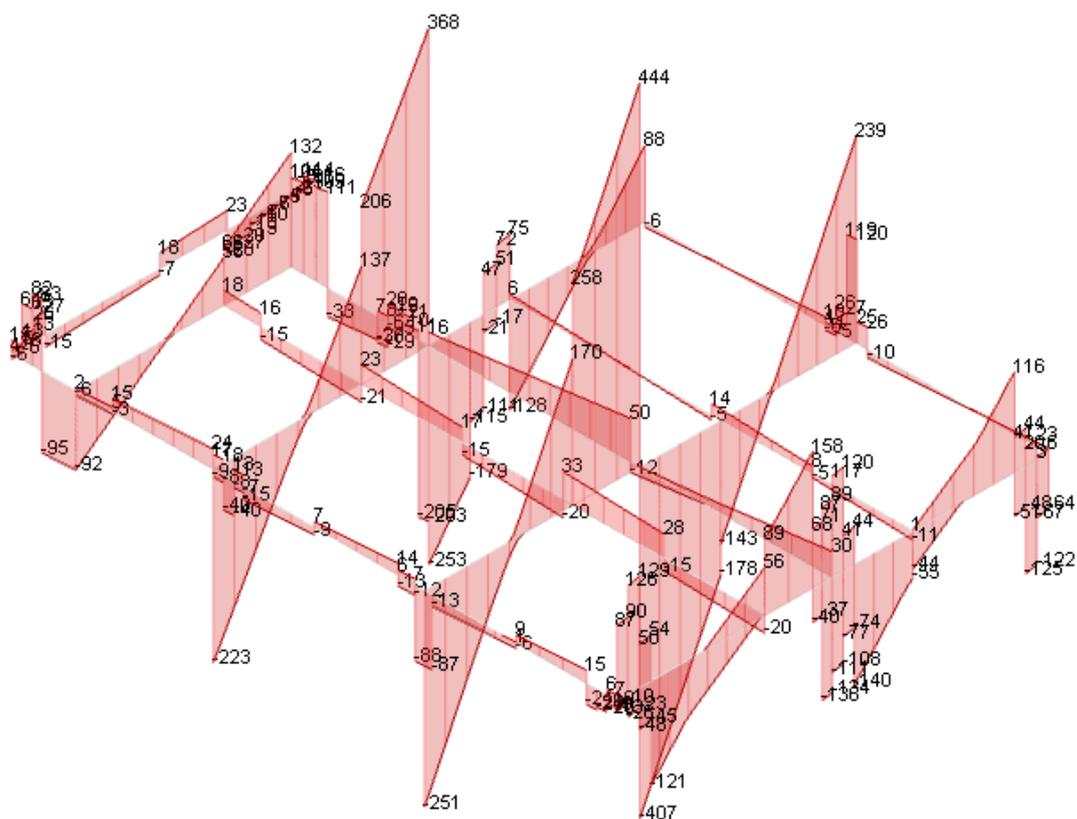


Figura 2 - Involuppo taglio (kN)

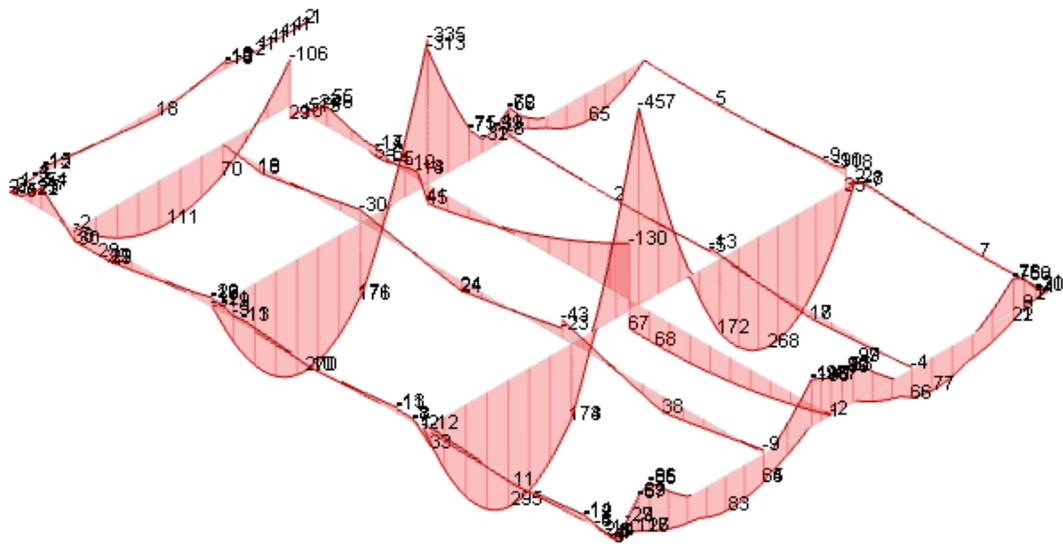
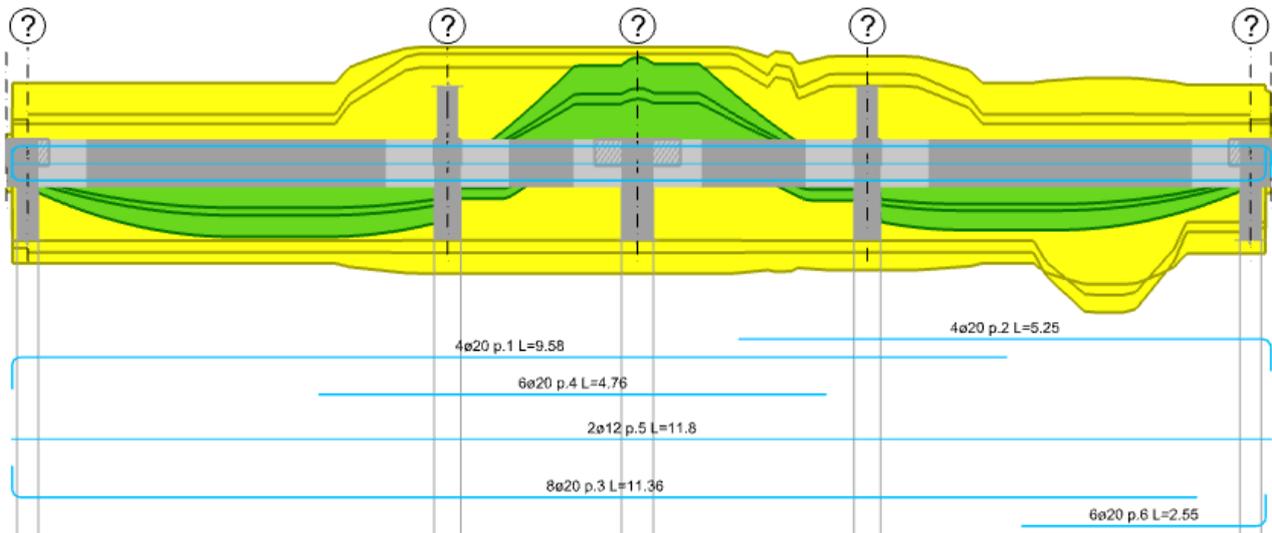


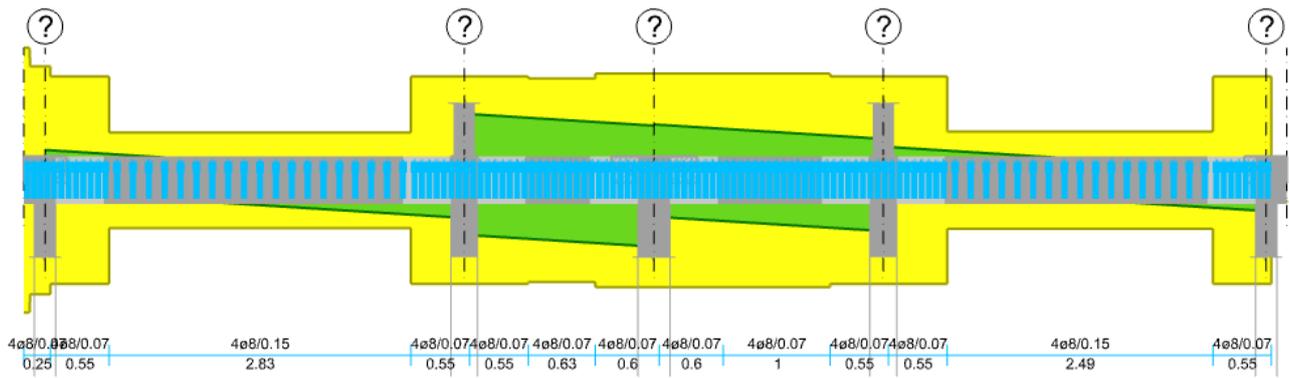
Figura 3 - Involuppo momento (kNm)

Si riportano di seguito le verifiche degli elementi più sollecitati.

Verifica flessionale trave 110x45:



Verifica a taglio trave 110x45:



10.6 PILASTRI 50X50

Di seguito si riportano gli involuppi SLU-SLV delle sollecitazioni agenti sui pilastri prefabbricati.

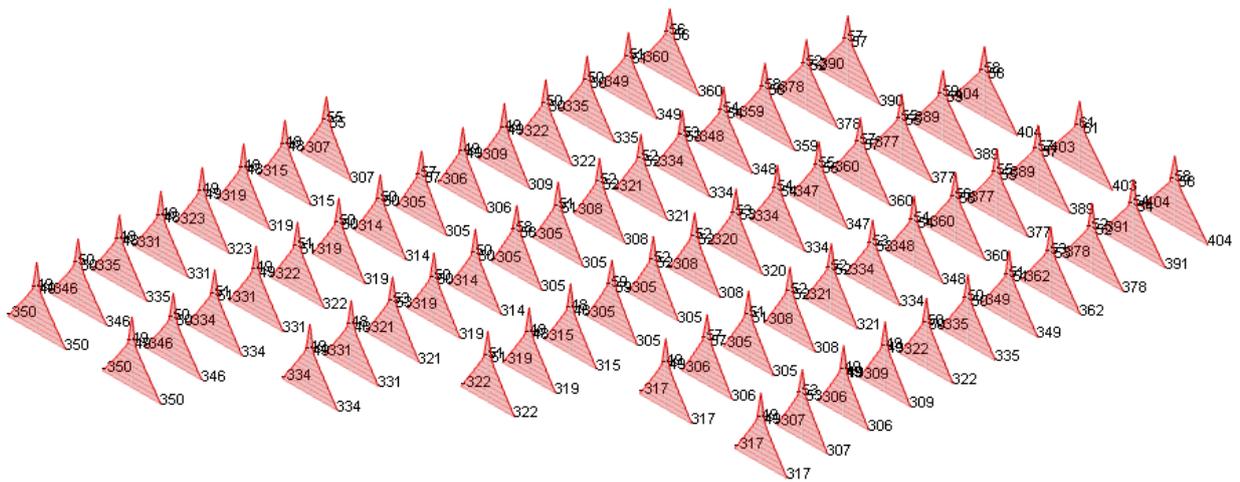


Figura 4 - Involuppo M_x (u.m. kNm)



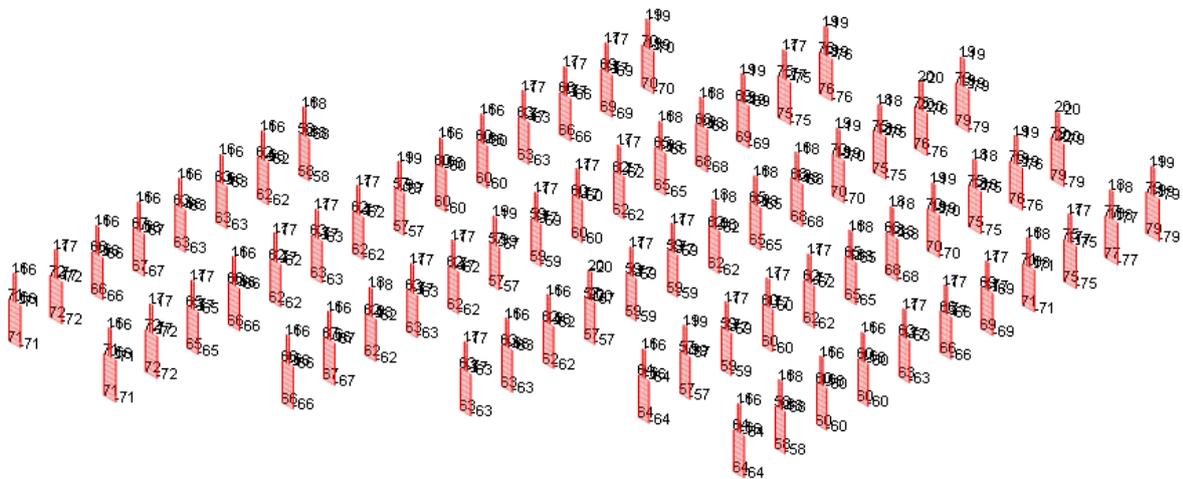


Figura 8 - Involupto Vy (u.m. kN)

Si ipotizza un'armatura di 5Ø24 per lato.

Verifica C.A. S.L.U. - File: - □ - X

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° Vertici: 4 Zoom N° barre: 16 Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	25	25	1	4.524	-21.5	21.5
2	-25	25	2	4.524	-10.75	21.5
3	-25	-25	3	4.524	0	21.5
4	25	-25	4	4.524	10.75	21.5
			5	4.524	21.5	21.5
			6	4.524	-21.5	10.75

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 0 kN
M_{xEd} 404 0 kNm
M_{yEd} 390 0

Materiali: B450C C45/55

ε_{su} 67.5 ‰ ε_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm² ε_{cu} 3.5
E_s 200'000 N/mm² f_{cd} 25.5
E_s/E_c 15 f_{cc}/f_{cd} 0.8 ?
ε_{syd} 1.957 ‰ σ_{c,adm} 16
σ_{c,adm} 255 N/mm² τ_{co} 0.9333
τ_{c1} 2.543

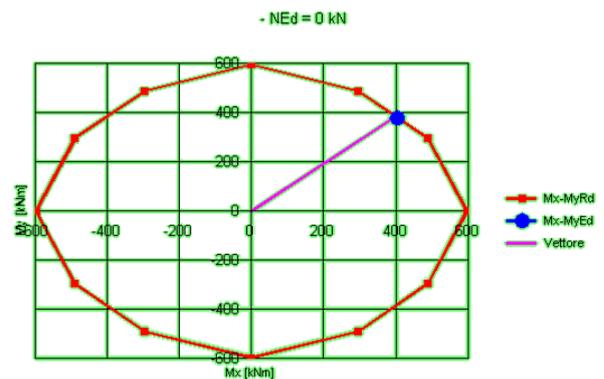
P.to applicazione N: Centro Baricentro cls
Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura: Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

M_{xRd} 409.4 kNm
M_{yRd} 394.8 kNm
σ_c -25.5 N/mm²
σ_s 391.3 N/mm²
ε_c 3.5 ‰
ε_s 5.948 ‰
d 65.75 cm
x 24.36 x/d 0.3704
δ 0.903

Tipo Sezione: Rettan.re Trapezi
a T Circolare
Rettangoli Coord.

Metodo di calcolo: S.L.U. S.L.U. Metodo n
Tipo flessione: Retta Deviata
N° rett. 100
Calcola MRd Dominio Mx-My
angolo asse neutro θ° 316
 Precompresso



Le verifiche sono soddisfatte.

Tale calcolazione è da intendersi mirata alla verifica della fattibilità in termini di sezione: in fase costruttiva tali elementi saranno dimensionati a cura del prefabbricatore incaricato della fornitura.

10.7 PILASTRI 30X30

Trattasi dei 2 pilastri gettati in opera della porzione di edificio ad un piano fuori terra (zona bar): essi sono stati modellati come bielle, pertanto resistenti alle sole azioni verticali.

Verifica C.A. S.L.U. - File: - □ ×

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008 ?

Titolo: _____

N° Vertici Zoom N° barre Zoom

N°	x [cm]	y [cm]	N°	As [cm²]	x [cm]	y [cm]
1	15	15	1	2.011	-10.5	10.5
2	-15	15	2	2.011	10.5	10.5
3	-15	-15	3	2.011	-10.5	-10.5
4	15	-15	4	2.011	10.5	-10.5

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni
 S.L.U. Metodo n

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord. [cm] xN yN

Metodo di calcolo
 S.L.U. S.L.U.
 Metodo n

Materiali

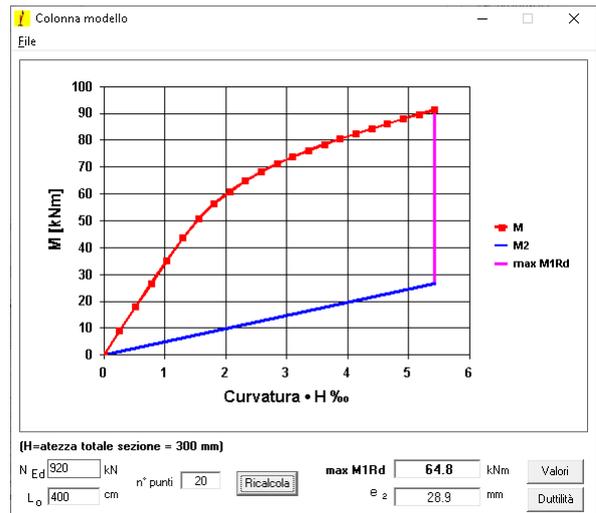
B450C	32/40
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s/E_c 200.000	f_{cd} 18.13
ϵ_{syd} 1.957 ‰	f_{cc}/f_{cd} 0.8
$C_{s,adm}$ 255 N/mm²	$C_{c,adm}$ 12.25
	τ_{co} 0.7333
	τ_{c1} 2.114

σ_c -9.014 N/mm²

ϵ_s -0.676 ‰

Verifica N° iterazioni:

Precompresso



Pur non avendo funzione di resistenza alle forze orizzontali, essi saranno comunque armati e staffati secondo quanto prescritto dal capitolo 7 delle NTC 2018.

10.8 SETTI SCALE 1-2-3

Tali setti, di spessore 20 cm, sono scollegati dalla struttura del capannone da un giunto di 5 cm; ove i tegoli posano sul muro, vi è interposto un foglio di neprene che impedisce il trasferimento di sforzo orizzontale. Si armano con $\varnothing 10/20$ orizzontali e $\varnothing 14/20$ verticali.

- Verifica con comportamento non dissipativo (q=qnd)
- Le condizioni sismiche sono state moltiplicate per i rispettivi rapporti qslv/qnd
- fcd=188.1
- fctd=14.5
- fyd=3913
- Hcr=161.3
- Quota=1
- Quota inizio dissipazione=0
- Spessore=20
- Larghezza=750
- 🛠️ % Armatura verticale in zona critica sinistra=1.642 > 1 %
- 🛠️ % Armatura verticale in zona critica destra=1.642 > 1 %
- 🛠️ % Armatura orizzontale=0.393 > 0.2 %
- 🛠️ % Armatura verticale=1.088 > 0.2 %

[-]	SLU
[-]	<ul style="list-style-type: none">  Verifica a pressoflessione deviata <ul style="list-style-type: none"> Md, fuori piano = 883.2 Md, nel piano = -1850324.2 Nd = -103905.7 Sollecitazioni elastiche c.s. = 27.87246 combinazione = 84  Verifica compressione del diagonale <ul style="list-style-type: none"> Cotg = 1 Epsilon = 1 Nsd = -103905.72 VEd = Vsd * Epsilon = -5384.79 combinazione = 84 Resistenza bielle = 585181.06 VEd < Resistenza bielle  Verifica trazione del diagonale <ul style="list-style-type: none"> ro, barre, orizz. = 0.00393 ro, barre, vert. = 0.01088 Md, fuori piano = -883.17 Md, nel piano = -1850324.15 Cotg = 1 Nsd = -103905.72 Epsilon = 1 VEd = Vsd * Epsilon = -5384.79 combinazione = 84 VRd (4.1.23) = 48023.44 VRsd = 184443.92 VRd = 184443.92 VEd < VRd
[-]	SLV
[-]	<ul style="list-style-type: none">  Verifica a pressoflessione deviata <ul style="list-style-type: none"> Md, fuori piano = 10611 Md, nel piano = -18495924.4 Nd = -6859.2 Sollecitazioni elastiche c.s. = 7.83989 combinazione = 6  Verifica compressione del diagonale <ul style="list-style-type: none"> Cotg = 1 Epsilon = 1 Nsd = -6875.93 VEd = Vsd * Epsilon = -69379.41 combinazione = 5 Resistenza bielle = 565775.1 VEd < Resistenza bielle  Verifica trazione del diagonale <ul style="list-style-type: none"> ro, barre, orizz. = 0.00393 ro, barre, vert. = 0.01088 Md, fuori piano = -10592.87 Md, nel piano = -18493748.37 Cotg = 1 Nsd = -6875.93 Epsilon = 1 VEd = Vsd * Epsilon = -69379.41 combinazione = 5 VRd (4.1.23) = 57112.55 VRsd = 184443.92 VRd = 184443.92 VEd < VRd

10.9 SETTI BAR

Tali setti, di spessore 20 cm, sono armati con Ø10/20 orizzontali e Ø14/20 verticali.

Verifica con comportamento non dissipativo ($q=q_{nd}$)

Le condizioni sismiche sono state moltiplicate per i rispettivi rapporti q_{slv}/q_{nd}

$f_{cd}=188.1$

$f_{ctd}=14.5$

$f_{yd}=3913$

$H_{cr}=141.8$

Quota=1

Quota inizio dissipazione=0

Spessore=20

Larghezza=110

 % Armatura verticale in zona critica sinistra=2.053 > 1 %

 % Armatura verticale in zona critica destra=2.053 > 1 %

 % Armatura orizzontale=0.393 > 0.2 %

 % Armatura verticale=1.259 > 0.2 %

SLU

 Verifica a pressoflessione deviata

$M_{d, fuori piano} = 0.1$

$M_{d, nel piano} = -1200980.2$

$N_{d} = -67695.8$

Sollecitazioni elastiche

c.s. = 5.13401 combinazione = 83

 Verifica compressione del diagonale

$Cotg = 1$

$Epsilon = 1$

$N_{sd} = -45541.21$

$VE_{d} = V_{sd} * Epsilon = 2731.16$ combinazione = 47

Resistenza bielle = 91886.81

$VE_{d} < Resistenza\ bielle$

 Verifica trazione del diagonale

$ro_{barre, orizz.} = 0.00393$

$ro_{barre, vert.} = 0.01259$

$M_{d, fuori piano} = 0.02$

$M_{d, nel piano} = 102086.86$

$Cotg = 1$

$N_{sd} = -45541.21$

$Epsilon = 1$

$VE_{d} = V_{sd} * Epsilon = 2731.16$ combinazione = 47

$VR_{d} (4.1.23) = 13523.81$

$VR_{sd} = 27051.75$

$VR_{d} = 27051.75$

$VE_{d} < VR_{d}$

SLV
Verifica a pressoflessione deviata
Md, fuori piano = 9.9
Md, nel piano = -3574797.6
Nd = -39698.2
Sollecitazioni elastiche
c.s. = 1.46355 combinazione = 16
Verifica compressione del diagonale
Cotg = 1
Epsilon = 1
Nsd = -39548.7
VEd = Vsd * Epsilon = 9628.03 combinazione = 3
Resistenza bielle = 90688.31
VEd < Resistenza bielle
Verifica trazione del diagonale
ro, barre, orizz. = 0.00393
ro, barre, vert. = 0.01259
Md, fuori piano = -13.49
Md, nel piano = 2939230.89
Cotg = 1
Nsd = -39548.7
Epsilon = 1
VEd = Vsd * Epsilon = 9628.03 combinazione = 3
VRd (4.1.23) = 15386.57
VRsd = 27051.75
VRd = 27051.75
VEd < VRd

10.10 SOLETTE SCALE IN C.A.

Le solette delle scale hanno spessore si 20 cm.

Il caso peggiore si ha per la soletta del vano scala 2, che ha una luce inclinata di 4,1 m ed una larghezza di 120 cm.

$g_1 = 500 \text{ daN/mq}$

$g_2 = 200 \text{ daN/mq}$

$q = 500 \text{ daN/mq}$

$M_{slu} = 35,7 \text{ kNm}$

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: NTC 2008

Titolo : _____

N* strati barre 2 Zoom

N*	b [cm]	h [cm]	N*	As [cm²]	d [cm]
1	100	20	1	5.65	5.9
			2	5.65	14.1

Tipo Sezione
 Rettan.re Trapezi
 a T Circolare
 Rettangoli Coord.

Sollecitazioni S.L.U. Metodo n

N_{Ed} 0 kN
M_{xEd} 0 kNm
M_{yEd} 0 kNm

P.to applicazione N
 Centro Baricentro cls
 Coord.[cm] xN 0 yN 0

Tipo rottura
Lato calcestruzzo - Acciaio snervato

Metodo di calcolo
 S.L.U.+ S.L.U.-
 Metodo n

Tipo flessione
 Retta Deviata

N* rett. 100
Calcola MRd Dominio M-N
L_o 0 cm Col. modello
 Precompresso

Materiali

B450C	32/40
ϵ_{su} 67.5 ‰	ϵ_{c2} 2 ‰
f_{yd} 391.3 N/mm²	ϵ_{cu} 3.5 ‰
E_s 200'000 N/mm²	f_{cd} 18.13
E_s / E_c 15	f_{cc} / f_{cd} 0.8
ϵ_{syd} 1.957 ‰	$\sigma_{c,adm}$ 12.25
$\sigma_{s,adm}$ 255 N/mm²	τ_{co} 0.7333
	τ_{c1} 2.114

M_{xRd} 38.67 kNm

σ_c -18.13 N/mm²
 σ_s 391.3 N/mm²
 ϵ_c 3.5 ‰
 ϵ_s 12.89 ‰
d 14.1 cm
x 3.01 x/d 0.2135
 δ 0.7069

10.11 COPERTURA LIGNEA

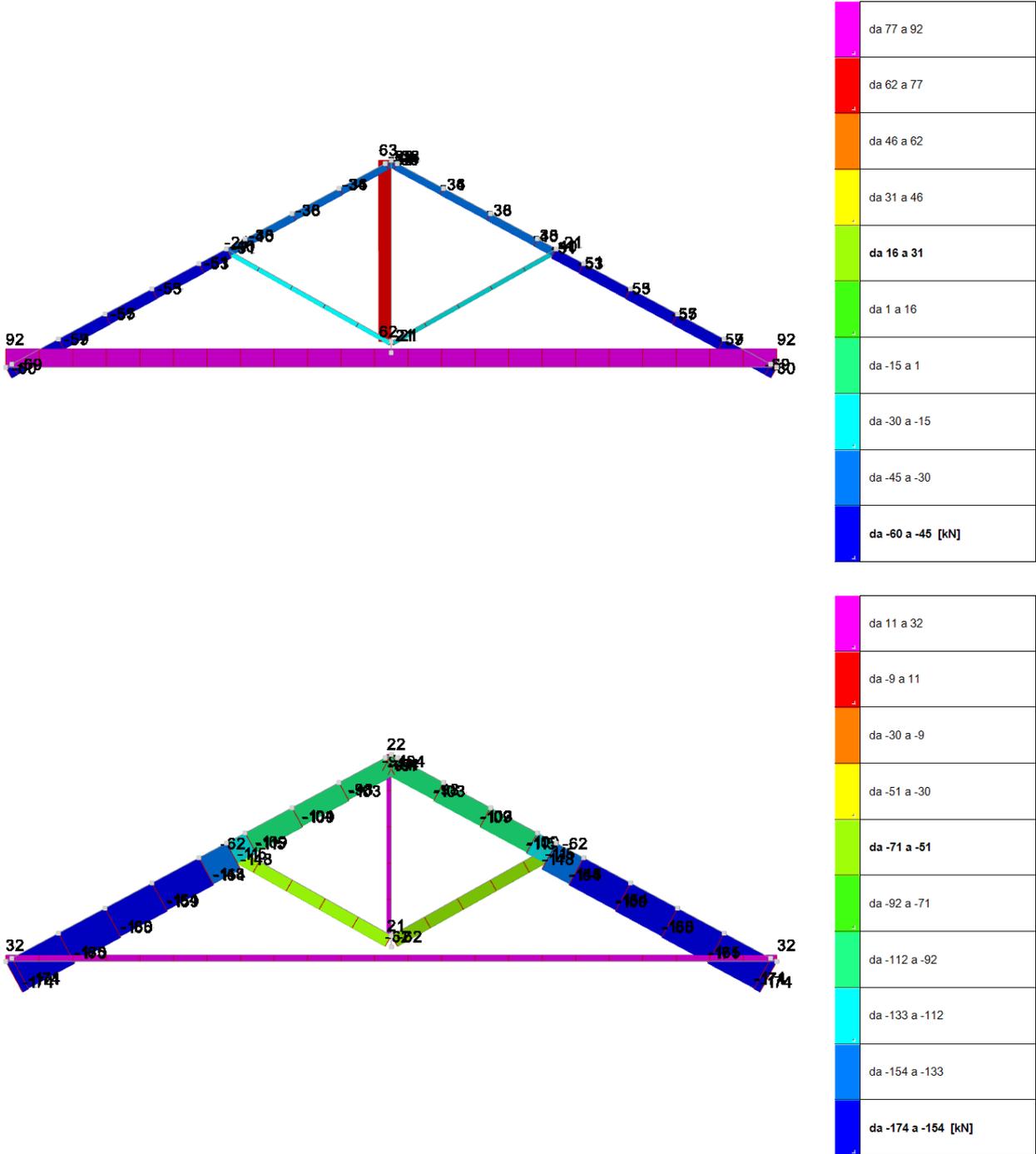
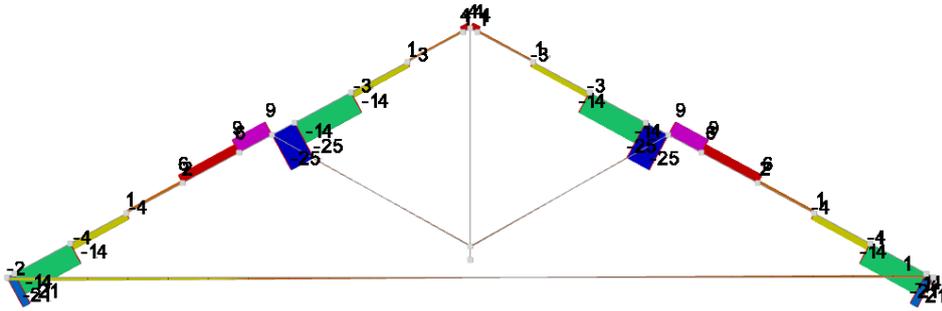
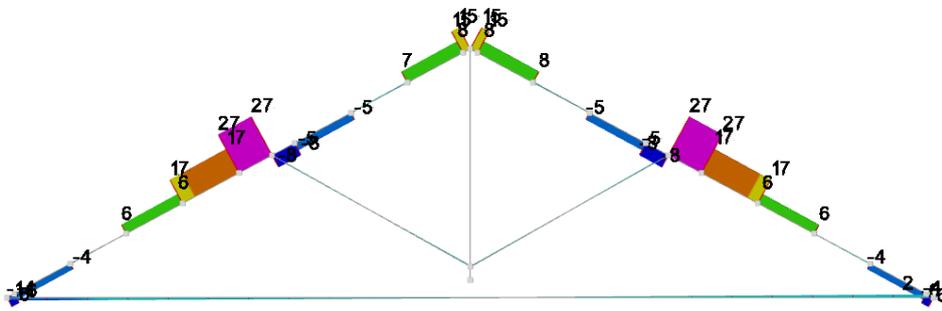


Figura 9 - Involuppi sforzo normale (u.m. kN)



da 24 a 27
da 20 a 24
da 17 a 20
da 13 a 17
da 9 a 13
da 6 a 9
da 2 a 6
da -1 a 2
da -5 a -1
da -8 a -5 [kN]
da 6 a 9
da 2 a 6
da -1 a 2
da -4 a -1
da -8 a -4
da -11 a -8
da -15 a -11
da -18 a -15
da -21 a -18
da -25 a -21 [kN]

Figura 10 - Involupi sforzo di taglio (u.m. kN)

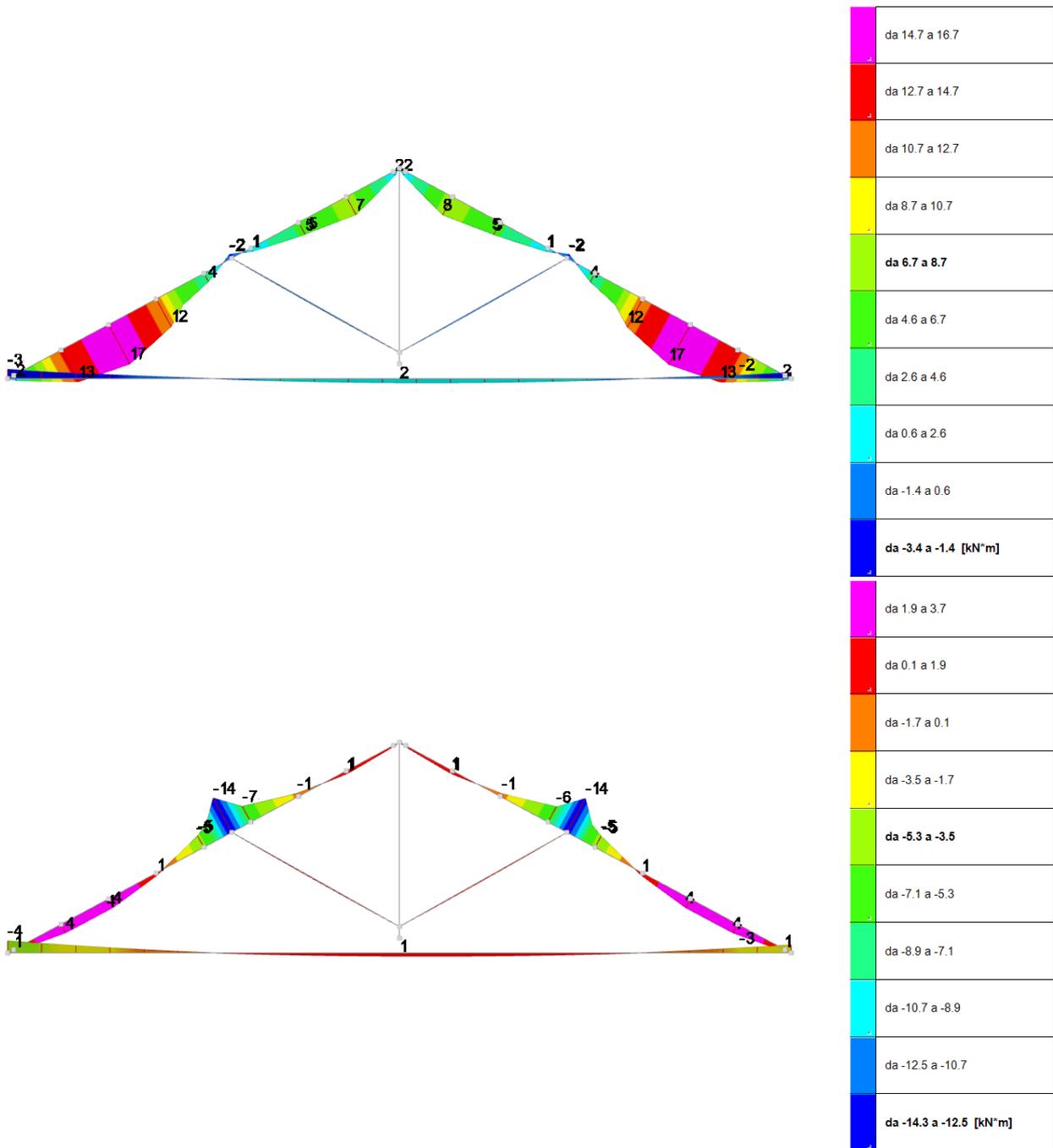


Figura 11 - Involupi momento flettente (u.m. kNm)

10.11.1 Catena

Sezione: 24x24

Classe di servizio: 2

Tensoflessione

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.1.7

$K_{mod} = 0,60$

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$

$K_h = 1,096$ (formula 11.7.2)

$St_{0,d}/ft_{0,d} + Sm_{y,d}/fm_{y,d} + Km^*(Sm_{z,d}/fm_{z,d}) \leq 1$

$St_{0,d}/ft_{0,d} + Km^*(Sm_{y,d}/fm_{y,d}) + Sm_{z,d}/fm_{z,d} \leq 1$

$941/8707 + 1927/10884 + 0.7^*0/10884 = 0.29 \leq 1$ [4.4.6a]

Taglio

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.1.9

$K_{mod} = 0,60$

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$

$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$

$\sqrt{0^2 + 75^2} = 75 \leq 1448$

$k_{cr} = 0.67$

Verifica della stabilita laterale torsionale

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.2.1

$f_{m,k} = 240$

$K_{mod} = 0,60$

$\gamma = 1,45$

$f_{m,d} = K_{mod} * f_{m,k} / \gamma = 109$

Lunghezza efficace $l_{ef,y} = \beta_{TY} * L = 805,0$

$E_{0,5\%} = 96000$

$G_{0,5\%} = 5400$

$\sigma_{m,crit} = \pi * \sqrt{E_{0,5\%} * J_y * G_{0,5\%} * J_t} / (W_x * l_{ef,y}) = 1297,2$

$W_x = 2304,0$

$J_t = 40919,0$

Snellezza relativa per la flessione (formula 6.30)

$L_{rel} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = 0,43$

$L_{rel} \leq 0.75 \rightarrow K_{crit} = 1$

$S_{m,d} \leq K_{crit} * f_{m,d}$

$1928 \leq 1 * 10884$

10.11.2 Puntoni

Sezione: 24x32

Classe di servizio: 2

Taglio

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.1.9

$K_{mod} = 0,80$

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$

$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$

$\sqrt{0^2 + 793^2} = 793 \leq 1931$

$k_{cr} = 0.67$

Pressoflessione

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.1.8

$K_{mod} = 0,80$

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$

$K_h = 1,065$ (formula 11.7.2)

$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + S_{m,y,d}/f_{m,y,d} + K_m * (S_{m,z,d}/f_{m,z,d}) \leq 1$

$(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + K_m * (S_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + S_{m,z,d}/f_{m,z,d} \leq 1$

$(1930/13241)^2 + 3500/14100 + 0.7^2/14100 = 0.27 \leq 1$ [4.4.7a]

Verifica di colonna soggetta a pressoflessione

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.2.2

$f_{c,0,k} = 240$

$f_{m,k} = 240$

$K_{mod} = 0,80$

Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$
 $f_{c,0,d} = K_{mod} * f_{c,0,k} / \gamma = 132,4$
 $f_{m,d} = K * K_{mod} * f_{m,k} / \gamma = 141,0$
 $K = 1,06$
 $l_{eff,x}$ (per sbandamento attorno all'asse x della sezione) = $\beta_X * L = 32,7$
 $l_{eff,y}$ (per sbandamento attorno all'asse y della sezione) = $\beta_Y * L = 32,7$
 Snellezza $l_{r,x} = L_{r,x} / \sqrt{J_x / Area} = 3,5$
 Snellezza $l_{r,y} = L_{r,y} / \sqrt{J_y / Area} = 4,7$
 $E_{0,5\%} = 96000$
 $\sigma_{crit,x} = \pi^2 * E_{0,5\%} / (l_{r,x}^2) = 75761,7$
 $\sigma_{crit,y} = \pi^2 * E_{0,5\%} / (l_{r,y}^2) = 42616,0$
 Snellezza relativa $l_{rel,x} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{crit,x}} = 0,06$
 Snellezza relativa $l_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{crit,y}} = 0,08$
 $\beta_c = 0,10$
 $\lambda_{rel,x} < 0,3$
 $K_{cx} = 1$
 $\lambda_{rel,y} < 0,3$
 $K_{cy} = 1$
 $\sigma_{c,0,d} / (f_{c,0,d} * K_{c,z}) + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} + K_m * (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) \leq 1$
 $\sigma_{c,0,d} / (f_{c,0,d} * K_{c,y}) + K_m * (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} \leq 1$
 $1930 / (1 * 13241) + 3500 / 14100 + 0,7^2 / 14100 = 0,39 \leq 1$

Verifica della stabilita laterale torsionale

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.2.1
 $f_{c,0,k} = 240$
 $f_{m,k} = 240$
 $K_{mod} = 0,80$
 $\gamma = 1,45$
 $f_{m,d} = K_{mod} * f_{m,k} / \gamma = 141$
 Lunghezza efficace $l_{ef,y} = \beta_Y * L = 32,7$
 $E_{0,5\%} = 96000$
 $G_{0,5\%} = 5400$
 $\sigma_{m,crit} = \pi * \sqrt{E_{0,5\%} * J_y * G_{0,5\%} * J_t} / (W_x * l_{ef,y}) = 28625,0$
 $W_x = 4096,0$
 $J_t = 77783,0$
 Snellezza relativa per la flessione (formula 6.30)
 $l_{rel} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = 0,09$
 $l_{rel} \leq 0,75 \rightarrow K_{crit} = 1$
 Snellezza relativa $l_{rel,x} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{crit,x}} = 0,06$
 Snellezza relativa $l_{rel,y} = \sqrt{f_{c,0,k} / \sigma_{crit,y}} = 0,08$
 $\lambda_{rel,x} < 0,3$
 $K_{cx} = 1$
 $\lambda_{rel,y} < 0,3$
 $K_{cy} = 1$
 $(\sigma_{m,d} / K_{crit} * f_{m,d})^2 + \sigma_{c,0,d} / K_{c,z} * f_{c,0,d} \leq 1$
 $0,2074 \leq 1$

10.11.3 Monaco

Sezione: 24x24
 Classe di servizio: 2

Tensoflessione

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.1.7

$K_{mod} = 0,80$
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$
 $K_h = 1,096$ (formula 11.7.2)
 $\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + K_{m^*}(\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) \leq 1$
 $\sigma_{t,0,d}/f_{t,0,d} + K_{m^*}(\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} \leq 1$
 $1089/11610 + 0.7 \cdot 0/14512 + 1/14512 = 0.09 \leq 1$ [4.4.6b]

Taglio

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.1.9
 $K_{mod} = 1,10$
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$
 $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$
 $\sqrt{8^2 + 0^2} = 8 \leq 2655$
 $k_{cr} = 0.67$

10.11.4 Sietta

Sezione: 24x24
Classe di servizio: 2

Taglio

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.1.9
 $K_{mod} = 0,60$
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$
 $\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$
 $\sqrt{0^2 + 15^2} = 15 \leq 1448$
 $k_{cr} = 0.67$

Pressoflessione

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.1.8
 $K_{mod} = 0,60$
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$
 $K_h = 1,096$ (formula 11.7.2)
 $(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + \sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d} + K_{m^*}(\sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d}) \leq 1$
 $(\sigma_{c,0,d}/f_{c,0,d})^2 + K_{m^*}(\sigma_{m,y,d}/f_{m,y,d}) + \sigma_{m,z,d}/f_{m,z,d} \leq 1$
 $(628/9931)^2 + 119/10884 + 0.7 \cdot 0/10884 = 0.01 \leq 1$ [4.4.7a]

Verifica per compressione parallela alla fibratura

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.1.3
 $K_{mod} = 0,80$
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$
 $K_h = 1,096$ (formula 11.7.2)
 $\sigma_{c,0,d} \leq f_{c,0,d}$
 $|-1079| \leq 13241$

Verifica di colonna soggetta a pressoflessione

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.2.2
 $f_{c,0,k} = 240$
 $f_{m,k} = 240$
 $K_{mod} = 0,80$
Coefficiente parziale di sicurezza del materiale $\gamma = 1,45$
 $f_{c,0,d} = K_{mod} \cdot f_{c,0,k} / \gamma = 132,4$
 $f_{m,d} = K \cdot K_{mod} \cdot f_{m,k} / \gamma = 145,1$
 $K = 1,10$

$l_{eff,x}$ (per sbandamento attorno all'asse x della sezione) = $\beta_X * L = 282,5$
 $l_{eff,y}$ (per sbandamento attorno all'asse y della sezione) = $\beta_Y * L = 282,5$
 Snellezza $l_x = L_x / \sqrt{J_x / Area} = 40,8$
 Snellezza $l_y = L_y / \sqrt{J_y / Area} = 40,8$
 $E_{0,5\%} = 96000$
 $\sigma_{crit,x} = \pi^2 * E_{0,5\%} / (l_x^2) = 569,9$
 $\sigma_{crit,y} = \pi^2 * E_{0,5\%} / (l_y^2) = 569,9$
 Snellezza relativa $l_{rel,x} = \sqrt{F_{c,0,k} / \sigma_{crit,x}} = 0,65$
 Snellezza relativa $l_{rel,y} = \sqrt{F_{c,0,k} / \sigma_{crit,y}} = 0,65$
 $\beta_c = 0,10$
 $K_x = 0,5 * (1 + \beta_c * (l_{rel,x} - 0,3) + l_{rel,x}^2) = 0,73$
 $K_{cx} = 1 / (K_x + \sqrt{K_x^2 - l_{rel,x}^2}) = 0,95$
 $K_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (l_{rel,y} - 0,3) + l_{rel,y}^2) = 0,73$
 $K_{cy} = 1 / (K_y + \sqrt{K_y^2 - l_{rel,y}^2}) = 0,95$
 $\sigma_{c,0,d} / (f_{c,0,d} * K_{c,z}) + \sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d} + K_m * (\sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d}) \leq 1$
 $\sigma_{c,0,d} / (f_{c,0,d} * K_{c,y}) + K_m * (\sigma_{m,z,d} / f_{m,z,d}) + \sigma_{m,y,d} / f_{m,y,d} \leq 1$
 $1075 / (0,95 * 13241) + 119 / 14512 + 0,7 * 0 / 14512 = 0,09 \leq 1$

Verifica della stabilita laterale torsionale

D.M. 17-01-18 Paragrafo 4.4.8.2.1

$f_{c,0,k} = 240$

$f_{m,k} = 240$

$K_{mod} = 0,80$

$\gamma = 1,45$

$f_{m,d} = K_{mod} * f_{m,k} / \gamma = 145$

Lunghezza efficace $l_{ef,y} = \beta_Y * L = 282,5$

$E_{0,5\%} = 96000$

$G_{0,5\%} = 5400$

$\sigma_{m,crit} = \pi * \sqrt{E_{0,5\%} * J_y * G_{0,5\%} * J_t} / (W_x * l_{ef,y}) = 3696,4$

$W_x = 2304,0$

$J_t = 40919,0$

Snellezza relativa per la flessione (formula 6.30)

$l_{rel} = \sqrt{f_{m,k} / \sigma_{m,crit}} = 0,25$

$l_{rel} \leq 0,75 \rightarrow K_{crit} = 1$

Snellezza relativa $l_{rel,x} = \sqrt{F_{c,0,k} / \sigma_{crit,x}} = 0,65$

Snellezza relativa $l_{rel,y} = \sqrt{F_{c,0,k} / \sigma_{crit,y}} = 0,65$

$K_x = 0,5 * (1 + \beta_c * (l_{rel,x} - 0,3) + l_{rel,x}^2) = 0,73$

$K_{cx} = 1 / (K_x + \sqrt{K_x^2 - l_{rel,x}^2}) = 0,95$

$K_y = 0,5 * (1 + \beta_c * (l_{rel,y} - 0,3) + l_{rel,y}^2) = 0,73$

$K_{cy} = 1 / (K_y + \sqrt{K_y^2 - l_{rel,y}^2}) = 0,95$

$(\sigma_{m,d} / K_{crit} * f_{m,d})^2 + \sigma_{c,0,d} / K_{c,z} * f_{c,0,d} \leq 1$

$0,0862 \leq 1$

10.12 PLATEA DI FONDAZIONE

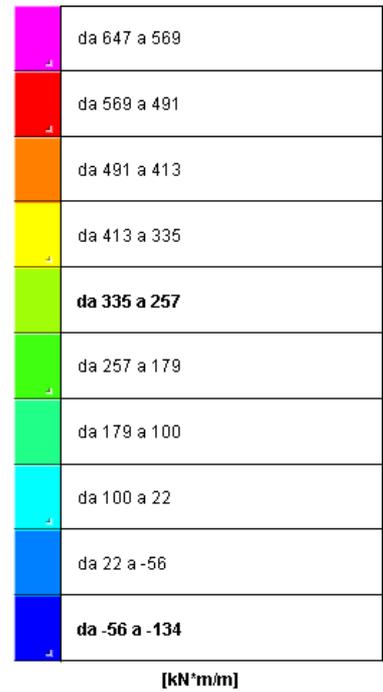
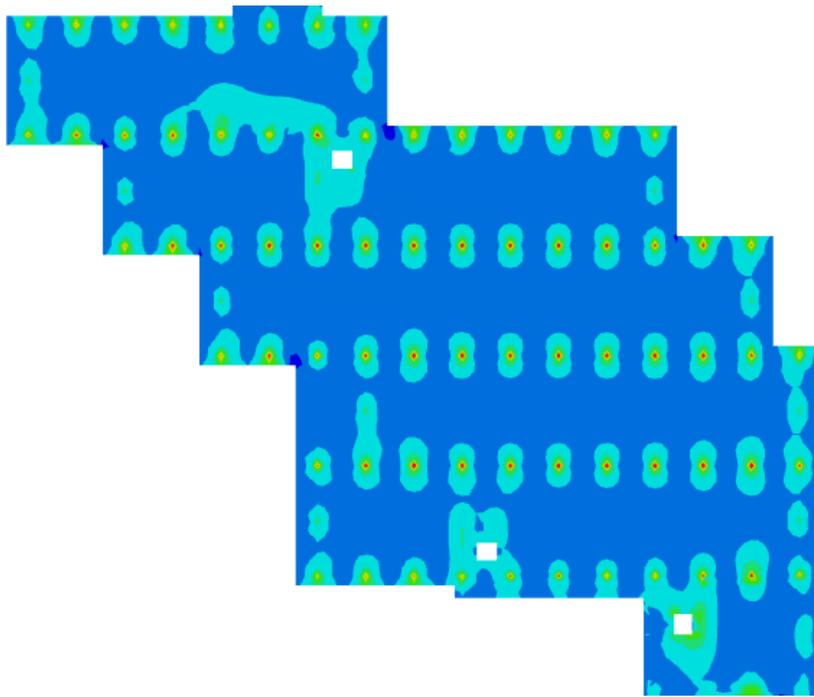


Figura 12 - Massimo momento Mx

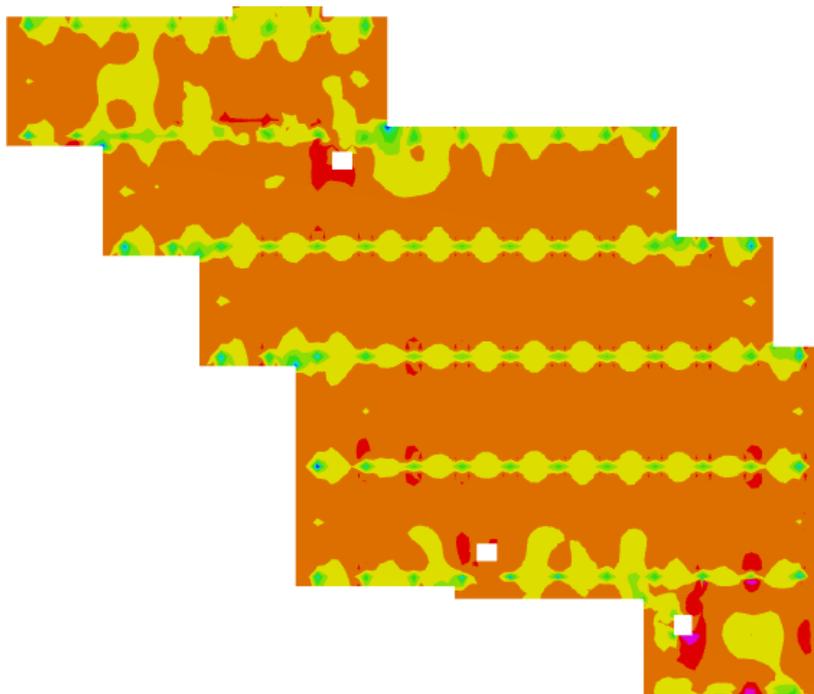


Figura 13 - Minimo momento Mx

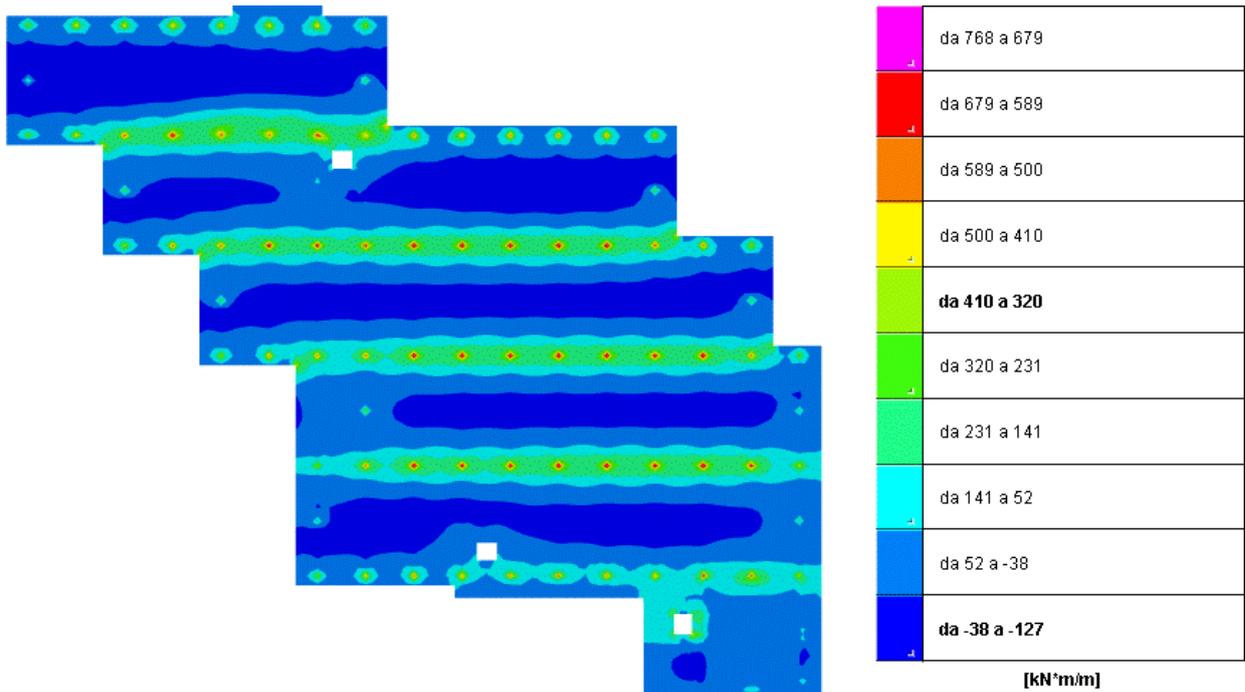


Figura 14 - Massimo momento My

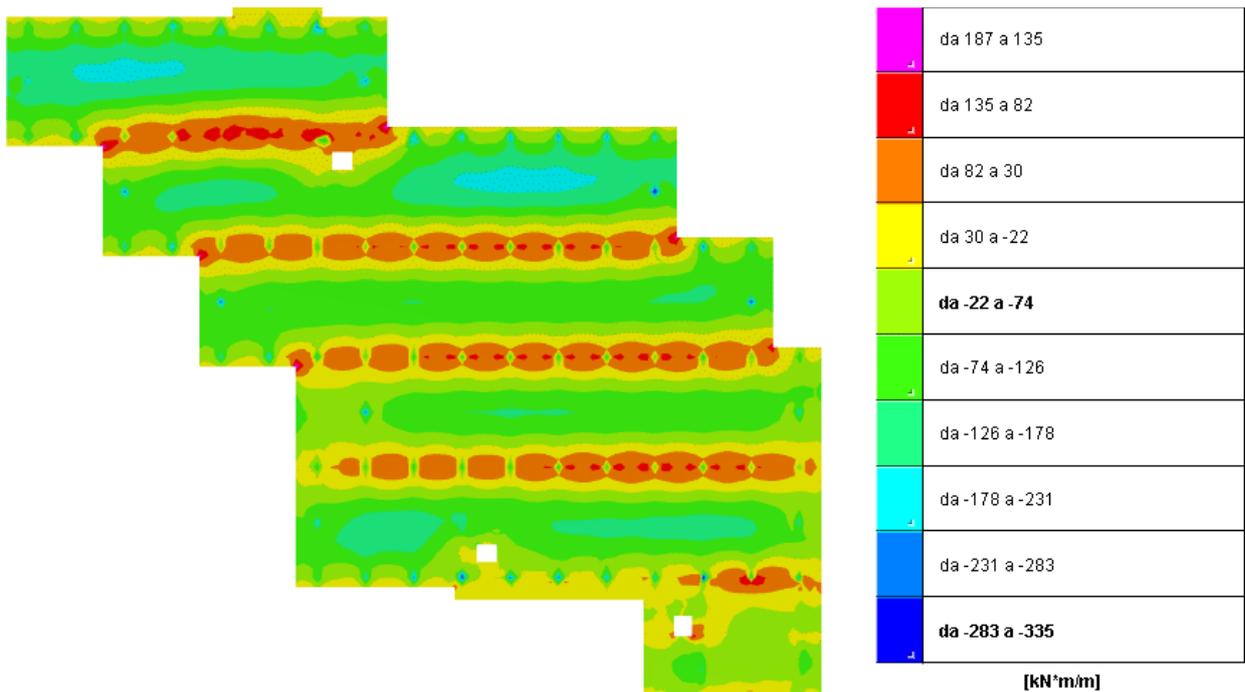
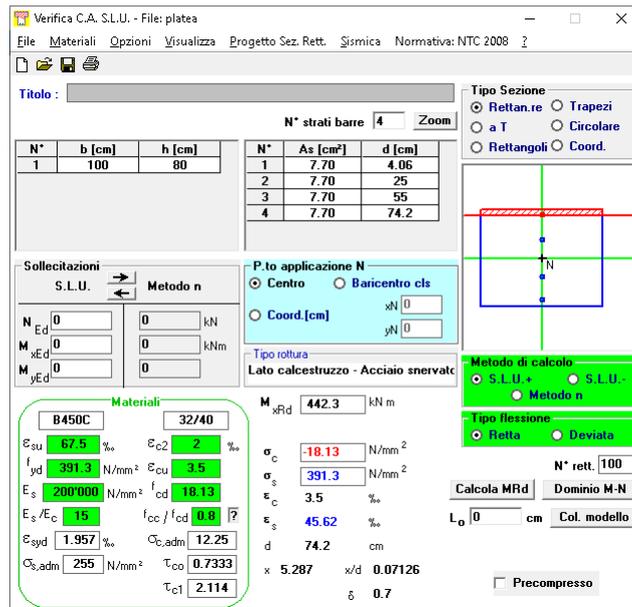


Figura 15 - Minimo momento My

Il momento masso in modulo è pari a 768 kNm/m: trattasi tuttavia di picco numerico localizzato al di sotto del pilastro; escludendo i picchi numerici deriva che il massimo momento è pari a 430 kNm/m in corrispondenza dei pilastri, e 190 kNm in campata.

Si arma la platea con Ø14/20x20 su 4 strati (incidenza circa 65 kg/mq):

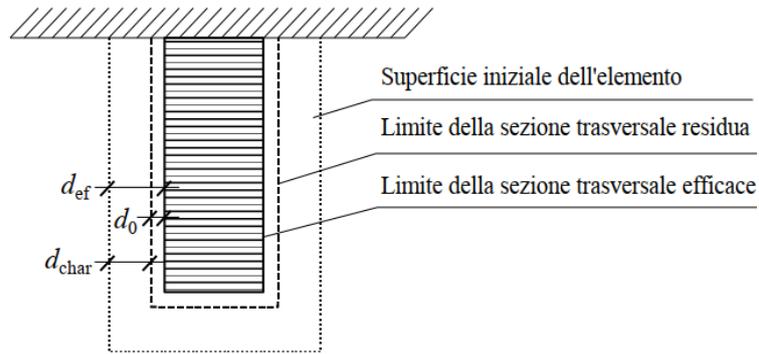


Localmente l'armatura sarà infittita con Ø14/20 aggiuntivi.

Si riporta di seguito la verifica a punzonamento ed a taglio:

Ved=	1438000	[N]
My=	469000	[Nm]
Mz=	452000	[Nm]
Dimensione Pilastro y = By	0.5	[m]
Dimensione Pilastro z = Bz	0.5	[m]
spessore piastre= s =	0.6	[m]
copriferro medio =c=	0.066	[m]
d=s-c=	0.534	[m]
ey=Mz/Ved=	0.314325452	[m]
ez=My/Ved=	0.326147427	[m]
fck=	32	[N/mm ²]
[Fe B450C] fyk=	450	[N/mm ²]
γc=	1.5	
by = 4d+By=	2.636	[m]
bz = 4d+Bz=	2.636	[m]
$\beta = 1 + 1,8((ey/bz)^2 + (ez/by)^2)^{1/2}$	1.309304911	
u0=2·By + 2·Bz=	2	[m]
v0Ed = β·Ved/(u0·d)=	1.763	[N/mm ²]
fcd = 0,85·fck/γc=	18.13	[N/mm ²]
Vrd,max = 0,5·0,5·fcd =	4.533	[N/mm ²]
v0Ed/Vrd,max =	0.39	verificato

10.13 SCALA METALLICA BAR



Coefficiente parziale per il materiale in caso di incendio:

$$\gamma_{M,fi} = 1$$

$$k_{fi} = 1.15$$

Velocità di carbonatazione convenzionale

$$\beta_n = 0.7 \text{ mm/min}$$

Tempo di esposizione al fuoco

$$t = 60 \text{ minuti}$$

Profondità di carbonatazione convenzionale

$$d_{char,n} = 4.2 \text{ cm}$$

$$d_0 = 7 \text{ mm}$$

$$k_0 = 1$$

$$d_{ef} = 4.9 \text{ cm}$$

Sezione 24x24: sezione 14.2 x 14.2

Sezione 24x32: sezione 14.2 x 22.2

E' stato verificato che le sollecitazione nella combinazione di calcolo SLE quasi permanente siano compatibili con le sezioni ridotte.