



PROVINCIA AUTONOMA DI TRENTO
AGENZIA PROVINCIALE OPERE PUBBLICHE
SERVIZIO OPERE CIVILI



Funded by the
European Union
NextGenerationEU



COMUNE DI PALU' DEL FERSINA GAMOA' VA PALAI EN BERSNTOL

PROGETTO:

PNRR M1C3 - INVESTIMENTO 2.1 "ATTIVITA' DEI BORGHI" - Linea di azione A
"Progetti Pilota per la rigenerazione culturale, sociale ed economica dei Borghi a rischio di abbandono e abbandonati"
INTERVENTO 12 - PUNTO INFO E BAR FROTTE

FASE:

PROGETTO ESECUTIVO STRUTTURE

E.R.322.01

RELAZIONE TECNICO ILLUSTRATIVA DELLE STRUTTURE

DATA: GENNAIO 2025
AGGIORNAMENTO: REV 0

COORDINAMENTO GRUPPO DI PROGETTAZIONE
Direzione Lavori Pubblici e Patrimonio

COORDINAMENTO DELLA SICUREZZA
arch. Giovanni Modena

VERIFICHE ED APPLICAZIONE
CRITERI DNSH E CAM
arch. Giovanni Modena

PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA
arch. Giovanni Modena

GEOLOGO
dott. geol. Paolo Passardi

CALCOLI STATICI
dott. ing. Franco Decaminada

INDICE

1. GENERALITA'	3
2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3 MATERIALI	10
4 CARICHI ELEMENTARI	11
5 CLASSIFICAZIONE 1090 PER LE STRUTTURE METALLICHE	21
6 MODELLAZIONE NUMERICA	22

1 GENERALITA'

1.1 PREMESSA

Il presente documento viene predisposto nell'ambito del Progetto PNRR M1C3 - investimento 2.1 - linea d'azione A - l'Intervento 12, inerente la realizzazione di un punto informazioni e di un bar in area "Frotten",

Il documento riguarda la progettazione esecutiva delle opere strutturali , che fa seguito al progetto di fattibilità tecnico economica, approvato dagli organi competenti

1.2 MOTIVAZIONI DELL'INTERVENTO

Il progetto intende costruire un percorso di sviluppo in grado di innestare un efficace processo di rigenerazione , finalizzato a contrastare i fenomeni di progressiva marginalizzazione che hanno interessato Palù del Fersina negli ultimi decenni, a partire dalla valorizzazione di quello che è il principale attributo identitario del borgo, ovvero l'essere minoranza linguistica.

Questa specificità, che costituisce l'essenza di valore da rigenerare, sarà la base sulla quale costruire un percorso di sviluppo dai tratti fortemente innovativi, pur in continuità con la storia del borgo, capace di declinare la matrice identitaria mochena nelle sue molteplici componenti espressive.

1.3 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

L'intervento in Progetto può scomporsi principalmente nei seguenti ambiti:

- Edificio 1
- Edificio 2
- Sistemazioni esterne
-

Si riportano nelle immagini seguenti i foto inserimenti estratti dalla relazione generale di progetto.



Si tratta di due corpi di fabbrica distinti interconnessi da una serie di rampe di scale controterra realizzate in calcestruzzo armato. Nei paragrafi successivi vengono descritti singolarmente gli edifici 1 e 2.

1.3.1 Edificio 1

Si prevede la realizzazione di un nuovo edificio nell'area ricompresa all'interno del tornante tracciato dalla S.P.135, da destinare a punto di ristoro per la consumazione di pasti veloci tipici ed alla somministrazione di bevande, a servizio del locale turismo itinerante. Il lotto è attualmente costituito da un prato in pendenza, non urbanizzato.



Figura 1 Fotoinserimento edificio 1

Il nuovo fabbricato è caratterizzato da una superficie complessiva di circa 160 m², con uno sviluppo in altezza di un solo livello e copertura di tipo piano. Per mitigare l'impatto dell'opera è prevista la realizzazione di un "tetto verde", in modo che una volta inerbito con essenze selvatiche si integri con la vegetazione del pendio circostante.

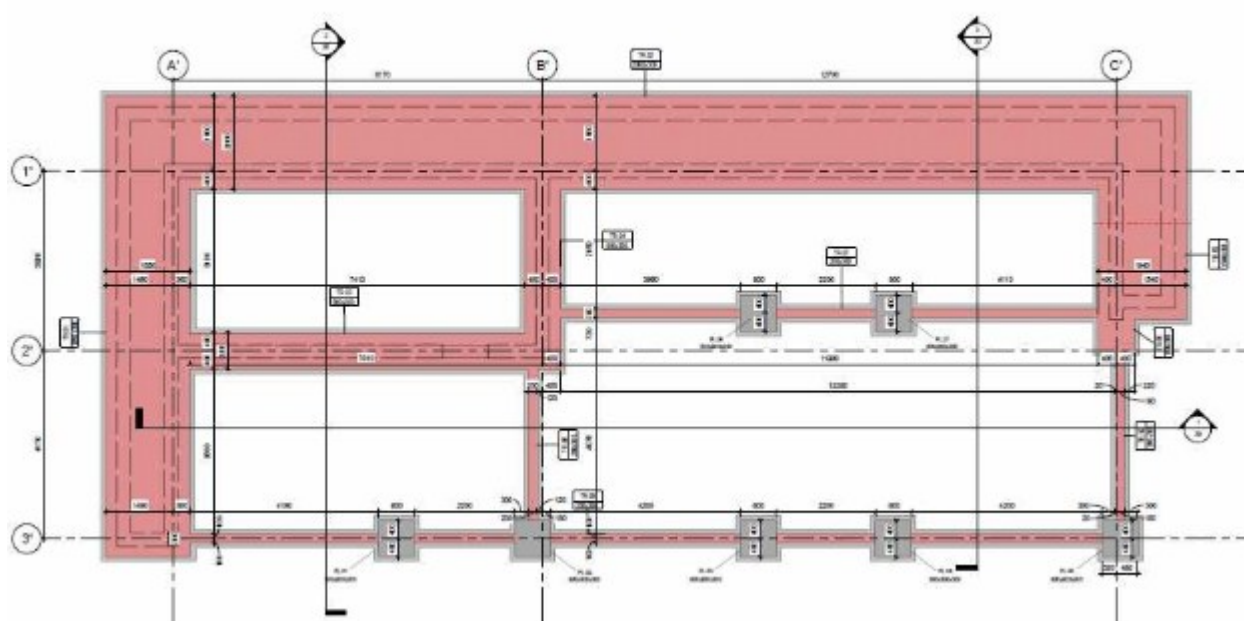
Si prevede la realizzazione di scavi di sbancamento per la creazione del piano di imposta dell'edificio, il cui fronte sarà retto da un muro di sostegno in c.a. che fungerà, nella configurazione definitiva, da intercapedine fra il nuovo volume edilizio ed il terreno.

Sotto il profilo strutturale si prevedono fondazioni e setti in cemento armato, ma anche elementi verticali in carpenteria metallica, mentre la copertura sarà retta principalmente da travature lignee e tavolato strutturale. I grandi sbalzi di copertura dei locali verso valle saranno sostenuti da travi in acciaio laminato.

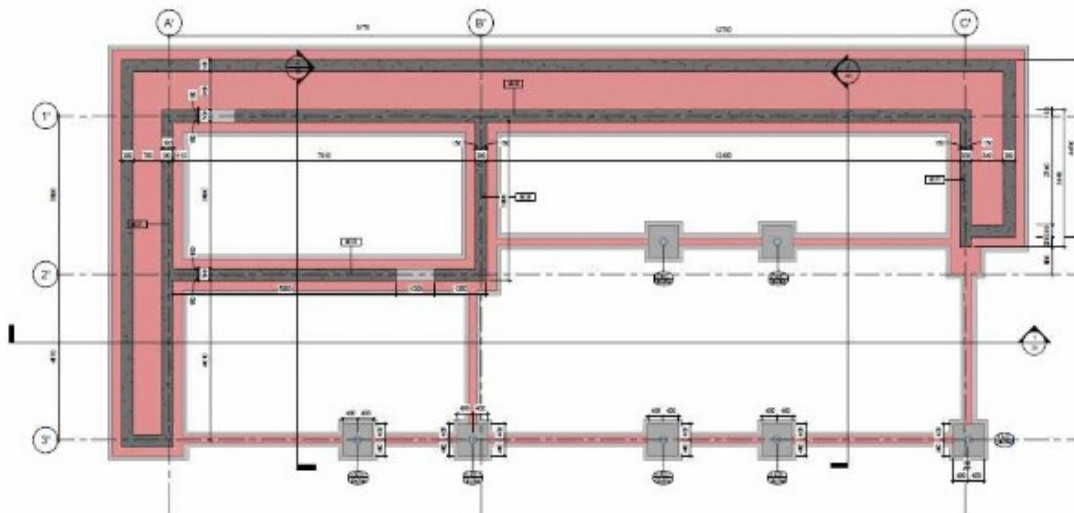
Nelle immagini seguenti si riportano gli estratti delle tavole strutturali in cui vengono rappresentate la pianta delle fondazioni (Figura 2), la pianta del piano terra (Figura 3), in cui sono visibili la disposizione dei pilastri e dei setti, e la pianta della copertura (Figura 4), in cui si evidenzia il posizionamento delle strutture orizzontali in legno e acciaio.

PIANTA FONDAZIONI

Scala 1:50

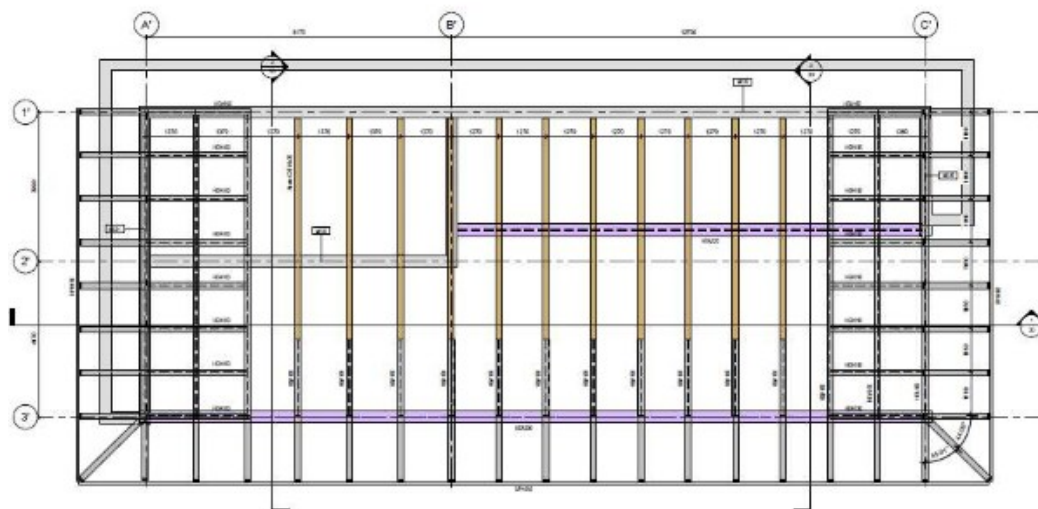


PIANTA PIANO TERRA



PIANTA COPERTURA

Scala 1:50



1.3.2 Edificio 2

Si prevede la realizzazione di un ulteriore edificio nel piazzale asfaltato già presente nell'area, da ubicare a valle del muro di sostegno esistente, in posizione marginale (angolo sud-est) e da destinare principalmente a punto informazioni.



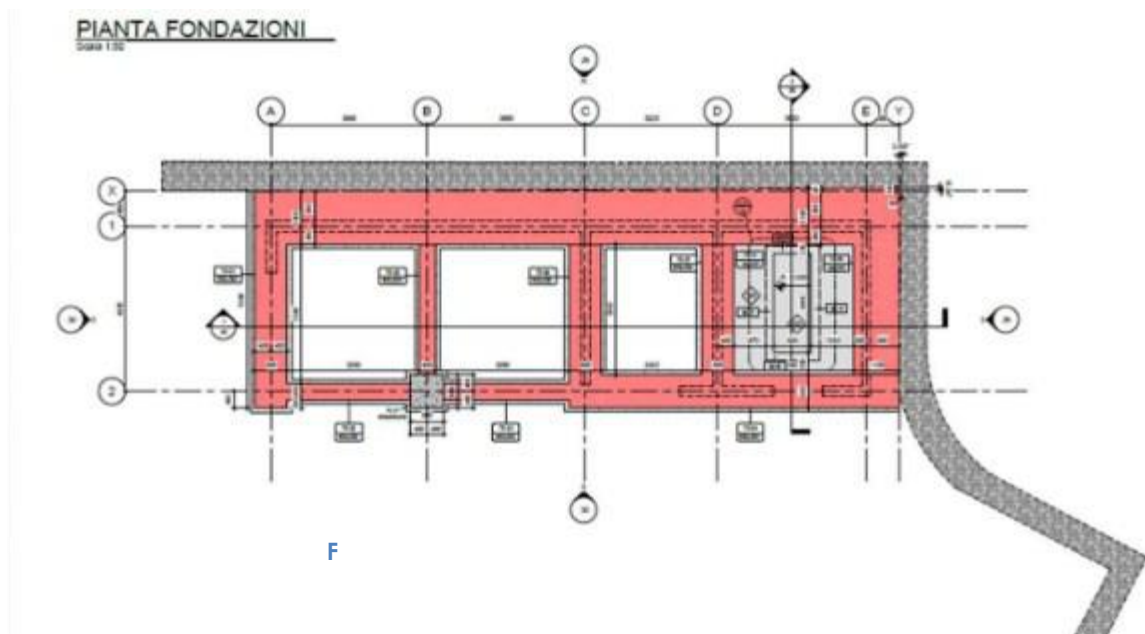
Figura 5 Fotoinserimento edificio 2

Il nuovo fabbricato adotta le medesime caratteristiche tipologiche generali del precedente, ma su una superficie complessiva di circa 50m², mentre lo sviluppo in altezza è sempre di un unico livello, con copertura piana.

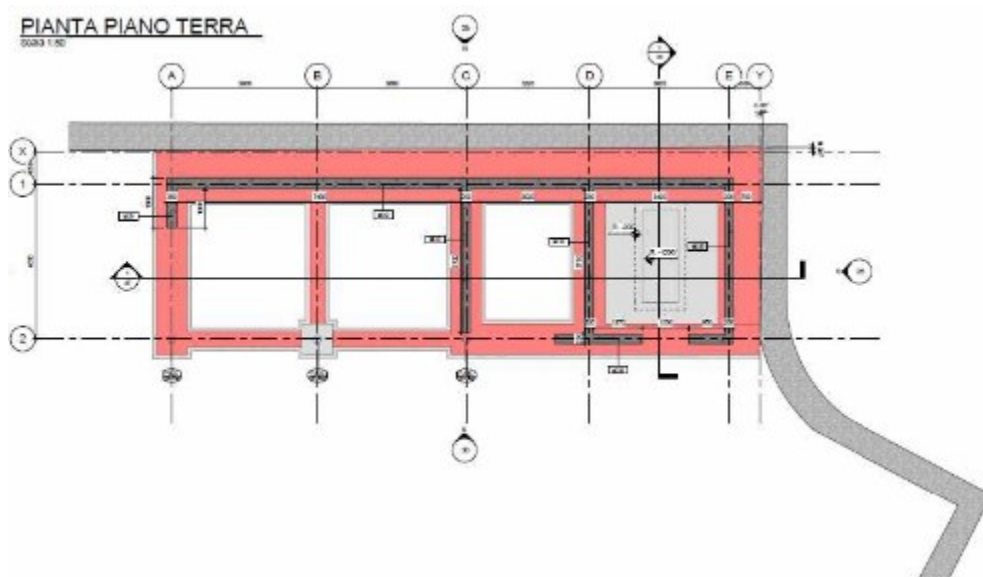
Per contrastare l'estesa pavimentazione stradale dell'area di parcheggio, è prevista ancora la realizzazione di un "tetto verde", raccordato alla rampa esistente, sulla gran parte del quale troveranno tuttavia ubicazione i pannelli fotovoltaici necessari per l'integrazione del fabbisogno energetico delle nuove strutture anche da fonti rinnovabili.

La destinazione interna prevede nella sostanza la creazione di n.3 locali: il primo, dotato di ampie vetrature, da destinarsi a punto informazioni e spazio polifunzionale, quello centrale, avente vocazione di locale di servizio alla mobilità ciclo-pedonale turistica (manutenzione/assistenza biciclette, ciaspole ecc...), mentre all'estremità sud è individuata una cabina tecnica nella disponibilità dell'Ente gestore della rete elettrica (Media Tensione – Bassa Tensione).

Nelle immagini seguenti si riportano gli estratti delle tavole strutturali in cui vengono rappresentate la pianta delle fondazioni (Figura 6), la pianta del piano terra (Figura 7), in cui sono visibili la disposizione dei pilastri e dei setti, e la pianta della copertura (Figura 8), in cui si evidenzia il posizionamento delle strutture orizzontali in legno



igura 6 Pianta fondazioni - Edificio 2



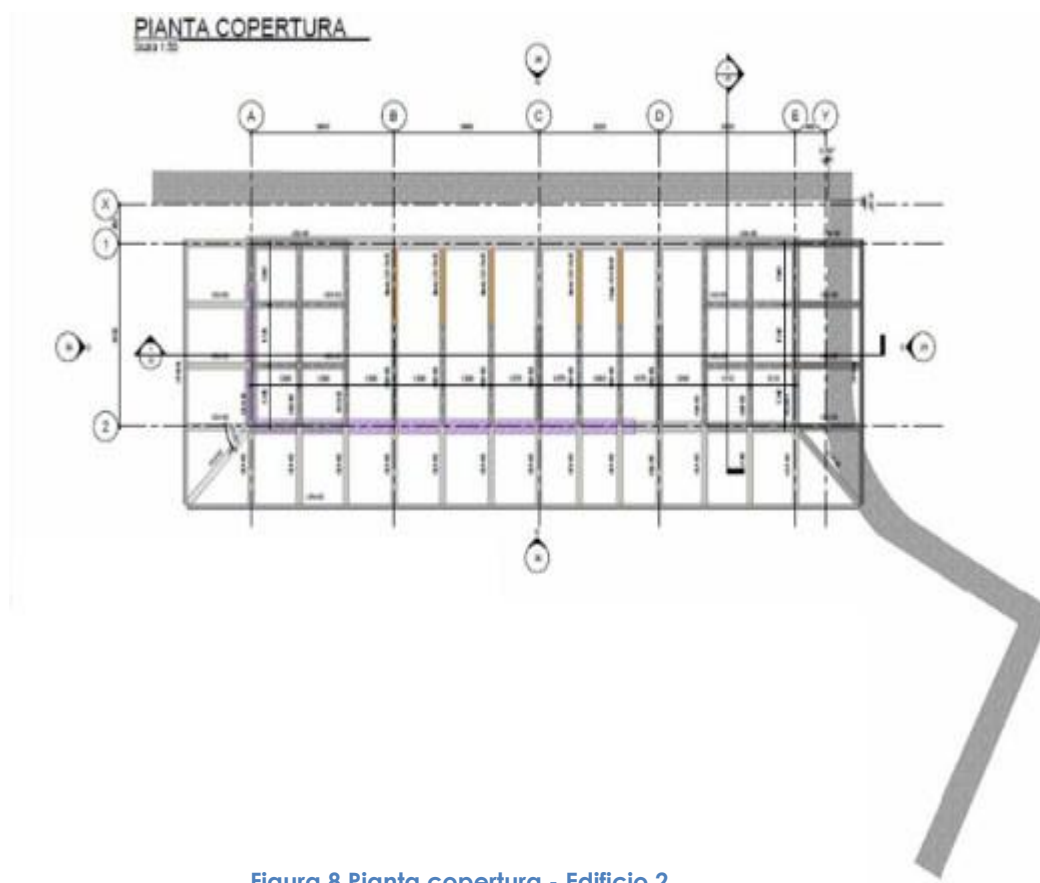


Figura 8 Pianta copertura - Edificio 2

2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

L'intero compendio della progettazione strutturale si basa sui principi fondamentali contenuti nel D.M. 17.01.2018 – “Norme tecniche per le costruzioni”. Le prestazioni e i requisiti di sicurezza relativi alle strutture sono stati pertanto valutati in relazione al complesso degli stati limite che verosimilmente possono verificarsi nel corso della vita utile di progetto degli edifici. Per quanto attiene l'assegnazione dei carichi di progetto e le modalità di combinazione delle azioni e di conduzione delle verifiche agli stati limite ultimi e d'esercizio, si assumono come riferimento normativo principale i codici normativi riconosciuti a livello internazionale, gli EUROCODICI e le norme di calcolo nazionali contenute nel D.M. 17.01.2018.

Si riporta di seguito un elenco completo del corpo normativo cui si riferisce il progetto.

2.1 LEGGI, DECRETI E CIRCOLARI

- D.M. Infrastrutture e Trasporti del 17 Gennaio 2018 - *“Norme Tecniche per le costruzioni”*
- Circolare 21 gennaio 2019, n.617: *Istruzioni per l'applicazione delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018*
- L. 5.11.1971, n° 1086 – *“Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.*

3 MATERIALI

Si prescrive l'utilizzo dei seguenti materiali:

Acciaio S275J0

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	275	MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	430	MPa
Modulo elastico	$E =$	210	GPa
Coefficiente di Poisson	$\nu =$	0.3	

Acciaio S355J0

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yk} =$	355	MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tk} =$	510	MPa
Modulo elastico	$E =$	210	GPa
Coefficiente di Poisson	$\nu =$	0.3	
Coefficiente di espansione termica lineare	$\alpha =$	12×10^{-6}	$^{\circ}\text{C}^{-1}$
Densità	$\rho =$	7850	kg/m^3

Bulloneria classe 8.8

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yb} =$	649	MPa
Tensione caratteristica di rottura	$f_{tb} =$	800	MPa

Bulloneria classe 10.9

Tensione caratteristica di snervamento	$f_{yb} =$	900	MPa
--	------------	-----	-----

Calcestruzzo per strutture in genere

Classificazione secondo norma UNI-EN 206-1:

Classe di resistenza del calcestruzzo	C 30/37
Classe di abbassamento al cono (slump)	S3 /S4
Dimensione massima dell'inerte	$D_{\max} = 30 \text{ mm}$
Classe di esposizione	XC3
Resistenza cubica caratteristica a 28 gg	$R_{ck} \geq 37 \text{ MPa}$
Resistenza cilindrica caratteristica a 28 gg	$f_{ck} \geq 30 \text{ MPa}$

Acciaio per armatura delle strutture in calcestruzzo

Barre ad aderenza migliorata in acciaio tipo B 450 C:

Tensione caratteristica di snervamento f_{yk}	450 MPa
Tensione caratteristica a rottura f_{tk}	540 MPa
Modulo elastico E	206 GPa

Legno per travi C24 e GL24h

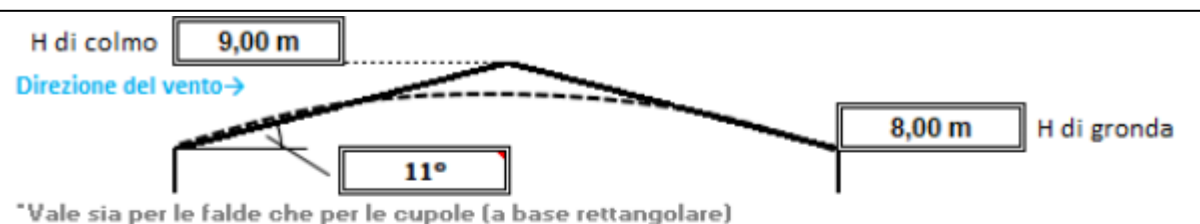
Tabella A-5 - Classi di resistenza per legno lamellare di conifera omogeneo (EN14080)								
		GL20h	GL22h	GL24h	GL26h	GL28h	GL30h	GL32h
Resistenze [MPa]								
Flessione	$f_{m,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Trazione parallela	$f_{t,0,k}$	16	17.6	19.2	20.8	22.3	24	25.6
Trazione perpendicolare	$f_{t,90,k}$				0.5			
Compressione parallela	$f_{c,0,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Compressione perpendicolare	$f_{c,90,k}$				2.5			
Taglio	$f_{v,k}$				3.5			
Rolling shear	f_{rk}				1.2			
Rigidezze [MPa]								
Modulo di elasticità parallelo medio	$E_{0,mean}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
Modulo di elasticità parallelo 5-percentile	$E_{0,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
Modulo di elasticità perpendicolare medio	$E_{90,mean}$				300			
Modulo di elasticità perpendicolare 5-percentile	$E_{90,05}$				250			
Modulo di taglio medio	G_{mean}				650			
Modulo di taglio 5-percentile	G_{05}				540			
Modulo di taglio rotolamento medio	$G_{r,mean}$				65			
Modulo di taglio rotolamento 5-percentile	$G_{r,05}$				54			
Massa volumica (kg/m ³)								
Massa volumica caratteristica	ρ_k	340	370	385	405	425	430	440
Massa volumica media	ρ_{mean}	370	410	420	445	460	480	490

Tabella A-1- Classi di resistenza secondo EN 338, per legno di conifere e di pioppo													
Valori di resistenza modulo elastico e massa volumica	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50	
Resistenze [MPa]													
Flessione	$f_{m,k}$	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Trazione parallela alla fibratura	$f_{t,0,k}$	7.2	8.5	10	11.5	13	14.5	16.5	19	22.5	26	30	33.5
Trazione perpendicolare alla fibratura	$f_{t,90,k}$	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4	0.4
Compressione parallela alla fibratura	$f_{c,0,k}$	16	17	18	19	20	21	22	24	25	27	29	30
Compressione perpendicolare alla fibratura	$f_{c,90,k}$	2.0	2.2	2.2	2.3	2.4	2.5	2.6	2.7	2.7	2.8	2.9	3.0
Taglio	$f_{v,k}$	3.0	3.2	3.4	3.6	3.8	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0	4.0
Modulo elastico [GPa]													
Modulo elastico medio parallelo alle fibre	$E_{0,mean}$	7	8	9	9.5	10	11	11.5	12	13	14	15	16
Modulo elastico caratteristico parallelo alle fibre	$E_{0,k}$	4.7	5.4	6.0	6.4	6.7	7.4	7.7	8.0	8.7	9.4	10.0	10.7
Modulo elastico medio perpendicolare alle fibre	$E_{90,mean}$	0.23	0.27	0.30	0.32	0.33	0.37	0.38	0.40	0.43	0.47	0.50	0.53
Modulo di taglio medio	G_{mean}	0.44	0.50	0.56	0.59	0.63	0.69	0.72	0.75	0.81	0.88	0.94	1.00
Massa volumica [kg/m ³]													
Massa volumica caratteristica	ρ_k	290	310	320	330	340	350	360	380	390	400	410	430
Massa volumica media	ρ_m	350	370	380	390	410	420	430	460	470	480	490	520

4 CARICHI ELEMENTARI

4.1 Carico del vento

AZIONE DEL VENTO PAR. 3.3 NTC18	
DEFINIZIONE DEI DATI	
zona:	
1) Valle d'Aosta, Piemonte, Lombardia, Trentino Alto Adige, Veneto, Friuli Venezia Giulia (con l'eccezione della provincia di Trieste)	
	
Classe di rugosità del terreno:	
C) Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni,...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D. Aree prive di ostacoli o con al più rari ostacoli isolati.	
L'assegnazione della classe di rugosità non dipende dalla conformazione orografica e topografica del terreno. Affinchè una costruzione possa dirsi ubicata in classe A o B è necessario che la situazione che contraddistingue la classe permanga intorno alla costruzione per non meno di 1 km e comunque non meno di 20 volte l'altezza della costruzione. Laddove sussistano dubbi sulla scelta della classe di rugosità, a meno di analisi dettagliate, verrà assegnata la classe più sfavorevole.	
Nelle fasce entro i 40km dalla costa delle zone 1,2,3,4,5 e 6 la categoria di esposizione è indipendente dall'altitudine del sito.	
a_s (altitudine sul livello del mare della costruzione):	1395 [m]
Distanza dalla costa	200 [km]
T_R (Tempo di ritorno):	50 [anni]
Categoria di esposizione	IV



CALCOLO VELOCITA' DI RIFERIMENTO DEL VENTO §3.3.2.

Zona	$v_{b,0}$ [m/s]	a_0 [m]	k_s	C_a
1	25	1000	0,4	1,158

$$v_b = v_{b,0} \cdot c_a$$

$c_a = 1$ per $a_s \leq a_0$
 $c_a = 1 + k_s (a_s/a_0 - 1)$ per $a_0 < a_s \leq 1500$ m

v_b (velocità base di riferimento) 28,95 m/s

$$v_r = v_b \cdot c_r$$

c_r coefficiente di ritorno 1,00
 v_r (velocità di riferimento) 28,97 m/s

PRESSIONE CINETICA DI RIFERIMENTO §3.3.6.

q_r (pressione cinetica di riferimento [N/mq])
 $q_r = 1/2 \cdot \rho \cdot v_r^2$ ($\rho = 1,25$ kg/m³)
Pressione cinetica di riferimento q_r 524,58 [N/m²]

CALCOLO DEI COEFFICIENTI

Coefficiente dinamico [§3.3.8]

c_d

Esso può essere assunto cautelativamente pari ad 1 nelle costruzioni di tipologia ricorrente, quali gli edifici di forma regolare non eccedenti 80 m di altezza ed i capannoni industriali, oppure può essere determinato mediante analisi specifiche o facendo riferimento a dati di comprovata affidabilità.

Zo na	$v_{b,0}$	a_0	k_s	a_s	TR	v_b	c_r	v_r
1	25 m/s	100 0 m	0.4 0	136 0 m	50 anni	28. 60 m/s	1.0 00	28. 60 m/s

Pressione cinetica di riferimento, $q_r = \rho V_r^2 / 2 = 51 \text{ daN/mq}$

dove: ρ è la densità dell'aria (assunta convenzionalmente costante = 1,25 kg/mc)

Esposizione: Cat. IV - Entroterra oltre 750 m di altitudine

Da cui i parametri della tabella 3.3.II delle NTC

Kr	z0	z min
0.22	0.30 m	8 m

Classe di rugosità del terreno: C (NTC - Tab. 3.3.III)

Aree con ostacoli diffusi (alberi, case, muri, recinzioni...); aree con rugosità non riconducibile alle classi A, B, D

L'azione del vento sulle costruzioni è determinata dai seguenti parametri:

Cp: coefficiente di pressione;

Cd: coefficiente dinamico;

Ct: coefficiente di topografia;

Ce: coefficiente di esposizione (funzione di z, z0 e Ct);

z: altezza sul suolo.

Cp	Cd	Ct	Ce	z
1.00	1.00	1.00	1.63	4.00 m

Pressione del vento

$p = q_r C_e C_p C_d = 84 \text{ daN/mq}$

Il coefficiente cp, qui posto pari a 1, varia in funzione della zona di applicazione del carico vento e viene determinato sulla base delle indicazioni all'interno della CNR DT-207

4.2 Carico della neve

AZIONE DELLA NEVE PAR. 3.4 NTC18

1.DEFINIZIONE DEI DATI

Il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota $a_s \leq 1500$ m s.l.m., non dovrà essere assunto minore di quello indicato in tabella, cui corrispondono valori associati ad un periodo di ritorno pari a 50 anni. Per altitudini $a_s \geq 1500$ m s.l.m. si dovrà fare riferimento a valori statistici locali utilizzando comunque valori non inferiori a quelli previsti per 1500m

1.1 a_s (altitudine sul livello del mare): [m]

1.2 zona:

Zona I - Alpina

Aosta, Belluno, Bergamo, Biella, Bolzano, Brescia, Como, Cuneo, Lecco, Pordenone, Sondrio, Torino, Trento, Udine, Verbano-Cusio-Ossola, Vercelli, Vicenza

$q_{sk} = 1,50 \text{ kN/m}^2$

$a_s \leq 200 \text{ m}$

$q_{sk} = 1,39 [1+(a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2$

$a_s > 200 \text{ m}$

4 CARICO NEVE SULLA COPERTURA E COMBINAZIONI DI CARICO

q_s (carico neve sulla copertura [N/m²]) = $\mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$

μ_i (coefficiente di forma)

q_{sk} (valore caratteristico della neve al suolo [kN/m²])

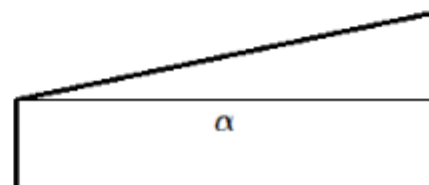
C_E (coefficiente di esposizione)

C_t (coefficiente termico)

4.1 Combinazione per il caso di copertura ad una falda

Inclinazione falda

5,21 kN/mq



4.3 Azione sismica

Sono stati considerati gli effetti prodotti dalle azioni sismiche utilizzando il file “Spettri” messo a disposizione dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici per il calcolo della pericolosità sismica del sito in esame.

Relativamente alla scelta dei parametri vita nominale V_N (NTC 2018 punto 2.4.1.), intesa come “il numero di anni per i quali la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è usata per lo scopo per il quale è destinata” e la classe d’uso C_u , parametro connesso alle conseguenze di un’interruzione di operatività o di un eventuale collasso, la vita nominale della struttura in esame è stata assunta pari a $V_N \geq 50$ anni, e la classe d’uso pari alla classe III, “costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi”, anche in relazione alle indicazioni della Provincia Autonoma di Trento.

Si riportano in seguito gli spettri elastici su roccia affiorante utilizzati per la successiva definizione degli spettri di progetto che saranno evidenziati nelle specifiche sezioni inerenti le verifiche sismiche.

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

☒ Ricerca per coordinate

LONGITUDINE
11.36952

LATITUDINE
46.13001

☐ Ricerca per comune

REGIONE
Trentino-Alto Adig

PROVINCIA

COMUNE

Elaborazioni grafiche

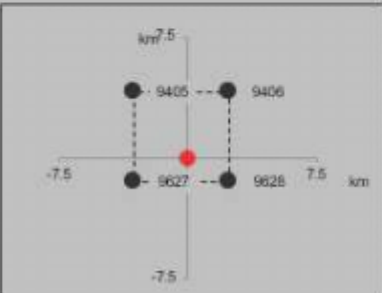
Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito



Reticolo di riferimento



Controllo sul reticolo:
☒ Sito esterno al reticolo
☐ Interpolazione su 3 nodi
☐ Interpolazione corretta

Interpolazione
superficie rigata

La “Ricerca per comune” utilizza le coordinate ISTAT del comune per identificare il sito. Si sottolinea che all’interno del territorio comunale le azioni sismiche possono essere significativamente diverse da quelle poi individuate e si consiglia, quindi, la “Ricerca per coordinate”.

INTRO

FASE 1

FASE 2

FASE 3

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N [info](#)

Coefficiente d'uso della costruzione - C_U [info](#)

Valori di progetto

Periodo di riferimento per la costruzione (in anni) - V_R [info](#)

Periodi di ritorno per la definizione dell'azione sismica (in anni) - T_R [info](#)

Stati limite di esercizio - SLE	SLO - $P_{VR} = 81\%$	60
	SLD - $P_{VR} = 63\%$	101
Stati limite ultimi - SLU	SLV - $P_{VR} = 10\%$	949
	SLC - $P_{VR} = 5\%$	1950

Elaborazioni

- Grafici parametri azione [I](#)
- Grafici spettri di risposta [I](#)
- Tabella parametri azione [I](#)

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

--- Strategia per costruzioni ordinarie

— Strategia scelta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

FASE 3. DETERMINAZIONE DELL'AZIONE DI PROGETTO

Stato Limite

Stato Limite considerato SLV [info](#)

Risposta sismica locale

Categoria di sottosuolo B info	$S_B =$ 1.200 info	$C_C =$ 1.344 info
Categoria topografica T2 info	$h/H =$ 1.000 info	$S_T =$ 1.200 info

(Inquinata sito, Altezza rilievo topografico)

Compon. orizzontale

☒ Spettro di progetto elastico (SLE) Smorzamento ξ (%) $\eta_1 =$ [info](#)

☐ Spettro di progetto inelastico (SLU) Fattore q_s Regol. in altezza no [info](#)

Compon. verticale

Spettro di progetto Fattore q $\eta_1 =$ [info](#)

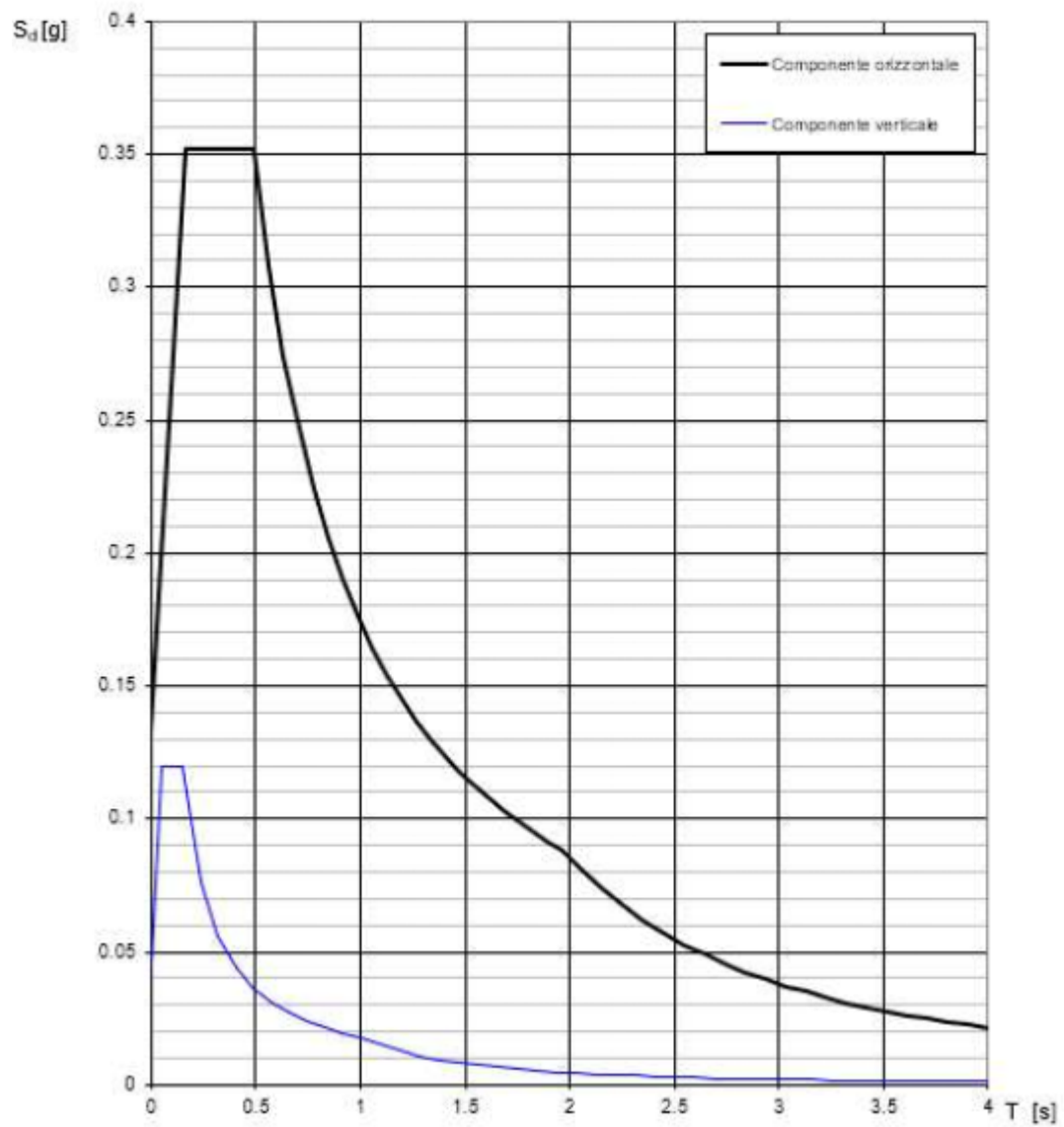
Elaborazioni

- Grafici spettri di risposta [I](#)
- Parametri e punti spettri di risposta [I](#)

Spettri di risposta

INTRO
FASE 1
FASE 2
FASE 3

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



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

Parametri indipendenti

STATO LIMITE	SLV
a_g	0.091 g
F_o	2.678
T_o	0.367 s
S_a	1.200
C_c	1.344
S_T	1.200
q	1.000

Parametri dipendenti

S	1.440
η	1.000
T_B	0.164 s
T_C	0.493 s
T_D	1.965 s

Espressioni dei parametri dipendenti

$$S = S_a \cdot S_T \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.5})$$

$$\eta = \sqrt{10/(5+\xi)} \geq 0,55; \quad \eta = 1/q \quad (\text{NTC-08 Eq. 3.2.6; § 3.2.3.5})$$

$$T_B = T_o / 3 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.8})$$

$$T_C = C_c \cdot T_o \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.7})$$

$$T_D = 4,0 \cdot a_g / g + 1,6 \quad (\text{NTC-07 Eq. 3.2.9})$$

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

$$0 \leq T < T_B \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_c(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)$$

Lo spettro di progetto $S_d(T)$ per le verifiche agli Stati Limite Ultimi è ottenuto dalle espressioni dello spettro elastico $S_c(T)$ sostituendo η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura. (NTC-08 § 3.2.3.5)

Punti dello spettro di risposta

	T [s]	Se [g]
	0.000	0.132
$T_B \leftarrow$	0.164	0.352
$T_C \leftarrow$	0.493	0.352
	0.563	0.308
	0.633	0.274
	0.704	0.247
	0.774	0.224
	0.844	0.206
	0.914	0.190
	0.984	0.177
	1.054	0.165
	1.124	0.155
	1.194	0.145
	1.264	0.137
	1.334	0.130
	1.405	0.124
	1.475	0.118
	1.545	0.112
	1.615	0.108
	1.685	0.103
	1.755	0.099
	1.825	0.095
	1.895	0.092
$T_D \leftarrow$	1.965	0.088
	2.062	0.080
	2.159	0.073
	2.256	0.067
	2.353	0.062
	2.450	0.057
	2.547	0.053
	2.644	0.049
	2.740	0.045
	2.837	0.042
	2.934	0.040
	3.031	0.037
	3.128	0.035
	3.225	0.033
	3.322	0.031
	3.419	0.029
	3.516	0.028
	3.612	0.026
	3.709	0.025
	3.806	0.024
	3.903	0.022
	4.000	0.021

4.4 Carichi Variabili

Dal momento che per entrambi gli edifici, in linea generale, il massetto controterra sarà realizzato tramite ausilio di getto su vespaio areato, i carichi a questo livello verranno direttamente trasmessi al terreno data l'assenza di un platea di fondazione.

Tale situazione non è valida nel locale tecnico dell'edificio 2, dove si sceglie di adoperare un carico variabile pari a 5 kN/m^2 .

In alternativa, sulla copertura, oltre al carico neve e vento, si prevede la presenza di un carico per sola manutenzione.

Come da normativa, si considerano 0.5 kN/m^2

4.5 Carichi permanenti delle strutture

Si analizzano i carichi elementari (permanenti portati) per le varie situazioni presenti. Nell'analisi dei carichi di seguito non viene specificato il peso proprio strutturale in quanto determinato tramite densità dei materiali adottati nella realizzazione del modello di calcolo:

- 1) Calcestruzzo: 25 kN/m^3
- 2) Acciaio: 78 kN/m^3
- 3) Legno: $4,5\text{ kN/m}^3$

4.5.1 Copertura

Data la presenza di una finitura in tetto verde e il resto degli elementi architettonici che costituiscono la stratigrafia di copertura il carico permanente portato è pari a $3,0\text{ kN/m}^2$ (edificio 2) ovvero 5.00 kN/m^2 per l'edificio 1, ove è prevista la posa di 30-35 cm di terra vegetale.

Si dovrà evitare di sovraccaricare il tetto dell'edificio 2 con terra o altri elementi pesanti, ricorrendo a materiali leggeri appositamente pensati per queste situazioni e compatibili con i carichi di progetto.

Anche lo spessore del terreno vegetale sulla copertura dell'edificio 1 dovrà rispettare i limiti qui previsti.

5 CLASSIFICAZIONE 1090 PER LE STRUTTURE METALLICHE

La classe di esecuzione per le strutture in acciaio viene determinata secondo la norma EN 1090, in funzione della classe di conseguenza, della categoria di servizio e della categoria di fabbricazione.

Nella UNI EN 1990:2006 Appendice B, si definiscono le seguenti Classi di Conseguenze.

Classe di conseguenze	Descrizione	Esempi di edifici e opere di Ingegneria civile
CC3 = ALTA	Gravi conseguenze in termini di perdita di vite umane o conseguenze economiche, sociali o ambientali molto rilevanti	Gradinate, edifici accessibili al pubblico dove le conseguenze di danno sono alte (sala concerti)
CC2 = NORMALE	Considerevoli conseguenze in termini di perdita di vite umane o conseguenze economiche, sociali o ambientali considerevoli	Edifici residenziali e ad uso ufficio dove le conseguenze di danno sono medie (edifici per uffici)
CC1 = BASSA	Irrelevanti conseguenze in termini di perdita di vite umane o conseguenze economiche, sociali o ambientali irrilevanti	Edifici agricoli dove normalmente le persone non entrano (edifici di magazzino, serra,...)

Secondo la UNI EN 1090-2:2011 si definiscono le seguenti classi di servizio.

La struttura è stata calcolata assumendo un fattore di struttura che ricade nella categoria di servizio SC1.

Categorie	Criteri
SCI	- Strutture e componenti progettati solo per azioni quasi statiche (ad esempio edifici) - Strutture e componenti progettati per azioni sismiche nelle regioni a bassa attività sismica e in DCL - Strutture e componenti progettati per azioni a fatica da gru e carroponti (classe S0) **
SC2	- Strutture e componenti progettati per la resistenza a fatica in accordo alla EN 1993. Si tratta ad esempio di strade, ferrovie e carriponte (quindi classi da S1 a S9)**; strutture soggette a vibrazioni indotte dal vento, folia o macchinari in rotazione) - Strutture e componenti progettati per azioni sismiche nelle regioni a media o alta attività sismica e in DCM* & DCH*
* DCL, DCM, DCH: classi di duttilità secondo la EIM 1988-1	
** per la classificazione di fatica delle gru. Vedi norme EN 1991-3 e 13001-1	

Per quanto riguarda la categoria di fabbricazione il progetto ricade nella PC1.

La classe di esecuzione adottata sarà quindi EXC2.

Classi di conseguenza		CC1		CC2		CC3	
Categorie di servizio		SC1	SC2	SC1	SC2	SC1	SC2
Categorie di produzione	PC1	EXC1	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 (*)	EXC3 (*)
	PC2	EXC2	EXC2	EXC2	EXC3	EXC3 (*)	EXC4
(*) EXC4 per strutture speciali o strutture con conseguenze particolarmente gravi a seguito di un cedimento strutturale, secondo quanto richiesto da prescrizioni nazionali							

6 MODELLAZIONE NUMERICA

Ai fini del dimensionamento e delle verifiche delle strutture sia dal punto di vista statico che sismico, si è proceduto alla realizzazione di un modello di calcolo globale con codice basato su FEM. In tale contesto, si è optato per un'analisi dinamica lineare tramite adozione di spettro di risposta con fattore di comportamento $q=1.00$ assumendo il comportamento della struttura di tipo non dissipativo.

La verifica degli elementi metallici connessi alla copertura viene svolta in un modello locale, estratto dal modello globale, in cui gli elementi metallici vengono vincolati a terra in modo da garantire l'equivalenza del comportamento della sottostruttura rispetto a quello del modello globale originale.

Nella relazione di calcolo si illustreranno dapprima le caratteristiche relative al software di calcolo adottato, poi quelle relative al modello globale, i relativi risultati, dimensionamenti e verifiche e successivamente le verifiche relative agli elementi di copertura

6.1 SOFTWARE DI CALCOLO

L'analisi numerica è stata eseguita dalla società Costema di Milano tramite codice di calcolo FEM PROSAP della 2si. Srl di Ferrara

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 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 corredati dei file di input necessari a riprodurre l'elaborazione:

6.2 MOTIVAZIONI DELLA SCELTA DEL CODICE

PRO-SAP permette un'analisi dettagliata del comportamento dell'intera struttura in campo elastico lineare. Il software è inoltre munito di moduli di calcolo e verifica aggiuntivi (Modulo geotecnico e Modulo cemento armato), che permettono di selezionare gli elementi di interesse e le sollecitazioni ricavate dall'analisi al fine di consentire un agevole sviluppo delle verifiche.