



MINISTERO
DELLE INFRASTRUTTURE
E DELLA MOBILITÀ SOSTENIBILI



E.N.A.C
ENTE NAZIONALE per
L'AVIAZIONE CIVILE

Committente Principale



AEROPORTO INTERNAZIONALE DI FIRENZE – “AMERIGO VESPUCCI”

Opera

MASTERPLAN AEROPORTUALE 2035
INTERVENTI DI ADEGUAMENTO E OTTIMIZZAZIONE DELLE AREE TERMINALI

Titolo Documento

RELAZIONE TECNICA STRUTTURE TERMINAL

Fase di Progetto

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICO-ECONOMICA

FASE	REV	DATA EMISSIONE	SCALA	CODICE FILE
PF	00	Ottobre 2022	N/A	FLR-NT-ST-RT-NA-02_Rel Tec Str Term
				NOME FILE
				Rel Tec Str Term

00	10/2022	Prima Emissione	J. O'Callaghan	Arch. C. Grouman	L. Tenerani
REV	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

COMMITTENTE PRINCIPALE		GRUPPO DI PROGETTAZIONE		SUPPORTI SPECIALISTICI	
 ACCOUNTABLE MANAGER Dott. Vittorio Fanti		 DIRETTORE TECNICO Ing. Lorenzo Tenerani		SUPPORTO PROGETTAZIONE ARCHITETTONICA ACI ENGINEERING S.A. RAFAEL VIÑOLY ARCHITECTS PC	
		RESPONSABILE INTEGRAZIONI PRESTAZIONI SPECIALISTICHE Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara N°631		SUPPORTO STRUTTURALE 	SUPPORTO IMPIANTI IDRICI E IDRAULICI
		PROGETTISTA ARCHITETTURA E STRUTTURA Arch. David Perri Ordine degli Architetti di Lucca N°1157		SUPPORTO IMPIANTI TERMOMECCANICI 	SUPPORTO IMPIANTI ELETTRICI E SPECIALI
POST HOLDER DI AREA	POST HOLDER PROGETTAZIONE AD INTERIM Dott. Vittorio Fanti	PROGETTISTA SPECIALISTICO IMPIANTI Ing. Andrea Bonciani Ordine degli Ingegneri di Firenze N°4150		SUPPORTO IDROLOGIA E IDRAULICA 	SUPPORTO PROGETTO APRON M.C.P. MARRADI CONSULTING PARTNERS Infrastructures Engineering, Technology & Consulting
	POST HOLDER MANUTENZIONE Ing. Nicola D'Ippolito	PROGETTISTA SPECIALISTICO APRON Ing. Lorenzo Tenerani Ordine degli Ingegneri di Massa Carrara N°631		GEOLOGIA 	ARCHEOLOGIA
	POST HOLDER AREA DI MOVIMENTO Geom. Luca Ermini	PROGETTISTA VIABILITA' E OPERE ESTERNE Arch. David Perri Ordine degli Architetti di Lucca N°1157		SUPPORTO SISTEMA BHS 	CANTIERIZZAZIONE E SICUREZZA

Relazione Tecnica Strutture Terminal

Indice

1.	Introduzione	3
1.1	Sostenibilità	4
2.	Concept della Struttura	5
2.1	Tetto	5
2.2	Sovra-struttura	12
2.3	Edifici Lateralì	15
2.4	Sottostruttura	16
2.5	Fondazioni	17
3.	Criteri di Progettazione	18
3.1.	Codici e Regole di progettazione	18
3.2.	Carichi	19
4.	Criteri di Prestazione	29
4.1	Vita utile di progetto	29
5.1	Classe di conseguenza	29
5.2	Materiali	29
5.	Informazioni per il Calcolo dei Costi	30

1. Introduzione

Questa relazione descrive il progetto di ingegneria strutturale intrapreso da Eckersley O'Callaghan (EOC) in collaborazione con Rafael Viñoly Architects (RVA) per il progetto dell'aeroporto di Firenze.

Il progetto consiste in un nuovo edificio del terminal dell'aeroporto esistente, con dimensioni in pianta che si estendono per circa 570 m in direzione longitudinale e 265 m in direzione trasversale. L'edificio è formato da un piano terra, una parte minore di primo piano e un tetto tipo "tettoia". Il tetto sostiene un vigneto funzionante e si inclina lievemente dal livello del suolo fino a circa 30m sopra il livello della pista; questo è sostenuto da colonne tipo "albero".



Figura 1 : Render architettonico del progetto

Questa relazione deve essere letta insieme alla relazione concettuale di Rafael Viñoly Architects e alla relazione di ingegneria di facciata di EOC. Le ipotesi sul design e sui criteri di prestazione sono fornite con l'obiettivo che il cliente e gli altri membri del team di progettazione possano commentarle e confermarle prima che inizi la fase successiva del progetto.

Alcune informazioni sono state fornite per permettere al cliente di produrre un piano dei costi. Tutte le informazioni devono essere considerate preliminari in questa fase del progetto e a questo scopo dovrebbe essere previsto un design contingente per quanto riguarda il piano dei costi.

1.1 *Sostenibilità*

All'interno dei vincoli del progetto è prevista l'implementazione di strategie di progettazione sostenibile per ridurre il contenuto di carbonio struttura, tra cui:

- ottimizzazione strutturale dettagliata delle membrature, evitando un approccio unico per tutti
- revisione dettagliata dei requisiti di carico, in particolare per la struttura del tetto, per evitare qualsiasi sovra progettazione
- la specificazione del materiale di base con un basso contenuto di carbonio

Per quanto riguarda i materiali, verrà specificato quanto segue:

- carpenteria con più del 60% di contenuto riciclato, prodotta con il metodo del forno elettrico ad arco
- acciaio di rinforzo con un contenuto di acciaio riciclato superiore al 90%, prodotto con il metodo del forno elettrico ad arco
- Il calcestruzzo avrà un contenuto di sostituzione del cemento GGBS (Ground Granulated Blast-furnace Slag- Scorie di altoforno macinate granulate) tra il 50% e il 70%, o l'uso di calcestruzzo senza cemento (ad esempio Cemfree sviluppato da DB Group, o Earth Friend Concrete sviluppato da Wagners)
- Il calcestruzzo avrà un contenuto di aggregati riciclati maggiore del 20%.

2. Concept della Struttura

Le seguenti sezioni descrivono la progettazione dei tipici elementi strutturali presenti nell'edificio.

2.1 Tetto

Il tetto ha le dimensioni di 128 x 276m in pianta e comprende un sistema di colonne ad "albero" che sostengono una serie di travi lineari prefabbricate in cemento della "vigna" e i lucernari intermedi in vetro. Le colonne-albero sono formate da una sezione circolare del tronco e da quattro rami inclinati, ogni ramo è formato da i tre puntoni tubolari in acciaio. Fare riferimento alla figura 2 per un diagramma del sistema di base.

Gli alberi sono posti secondo una griglia di distanza di 24 m in entrambe le direzioni ortogonali, con la distanza dei rami di 12 m. La sezione della colonna del tronco è alta tra i 3.5 m e i 14.2m ed è formata da una sezione di calcestruzzo prefabbricato, con la sezione ottagonale esterna di cemento di circa 2,5m di diametro massimo che si assottiglia verso la cima. Si prevede che le colonne del tronco saranno prefabbricate per ottenere una finitura in calcestruzzo a vista di alta qualità. Gli elementi dei rami formano una piramide capovolta che sostiene la trave di trasferimento del tetto. La loro sezione è di 700mmx1000mm alla base e 500x700 mm al punto di sostegno della trave. I rami sono legati in direzione longitudinale alla loro sommità da sezioni tubolari in acciaio di circa 244 mm di diametro e sostengono una trave trapezoidale in calcestruzzo armato in direzione trasversale, che agisce anche per legare i rami. Al di sopra di ciò, il tetto è formato da una rete di travi prefabbricate post-tese, posizionate ortogonalmente. Le travi primarie del vigneto si estendono in direzione N-S, mentre delle travi cave trapezoidali poste a 12 m c/c trasferiscono il loro carico alla Mega Colonna. Le travi del vigneto sono tipicamente 2.8 m di larghezza per 1.35 m di profondità, mentre le travi trapezoidali sono profonde 2.0m e larghe 700mm alla base e 1200mm alla loro sommità. Per garantire la stabilità strutturale, le travi devono essere continue e rigidamente connesse. Ciò ridurrebbe la quantità di momento flettente residuo, trasferito ai rami delle Mega Colonne, dovuto all'eccentricità tra il vigneto e la sommità della piramide.

È stata eseguita un'analisi della sostenibilità sulla struttura del tetto considerando i seguenti parametri: carico del suolo, distanza tra le colonne e angolo di inclinazione dei puntoni. Prima è stata esaminata l'implicazione della riduzione del diametro e della quantità di materiale dei puntoni diagonali per i rami.

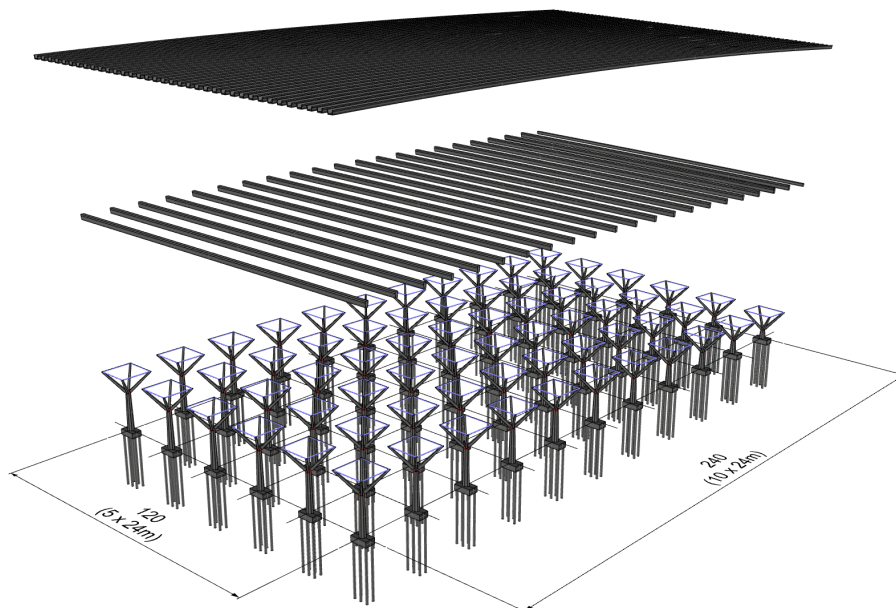


Figura 2 Esploso della struttura del tetto



Figura 3: Del sistema di base

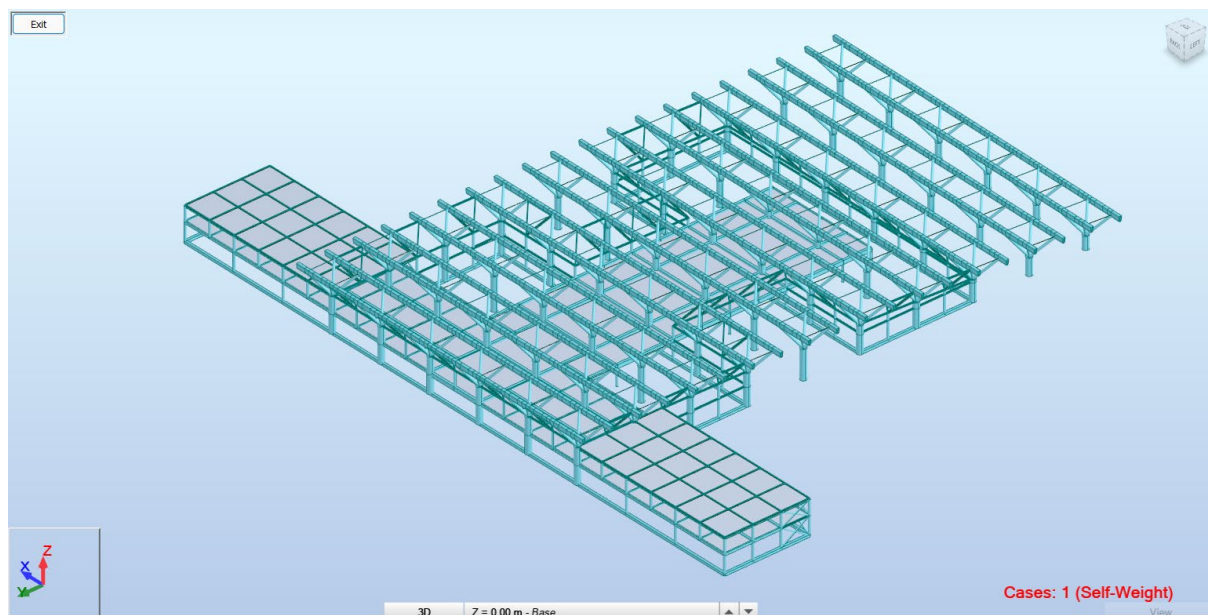


Figura 4: modello di analisi

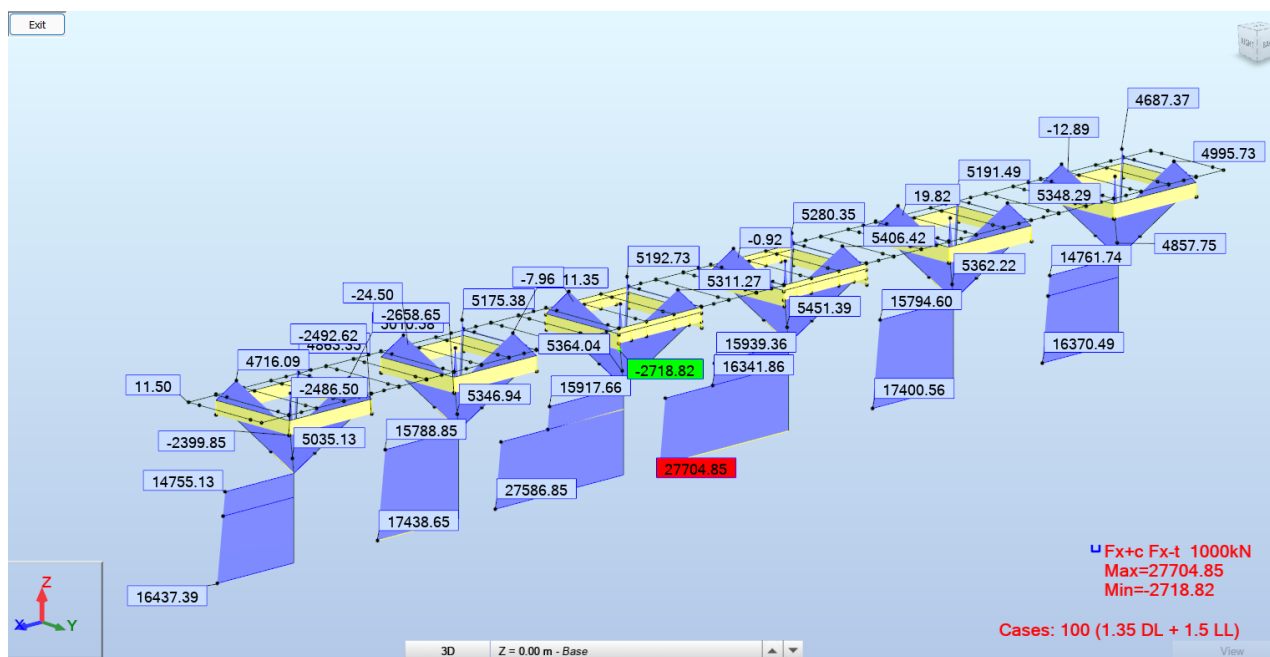


Figura 5: Forza assiale

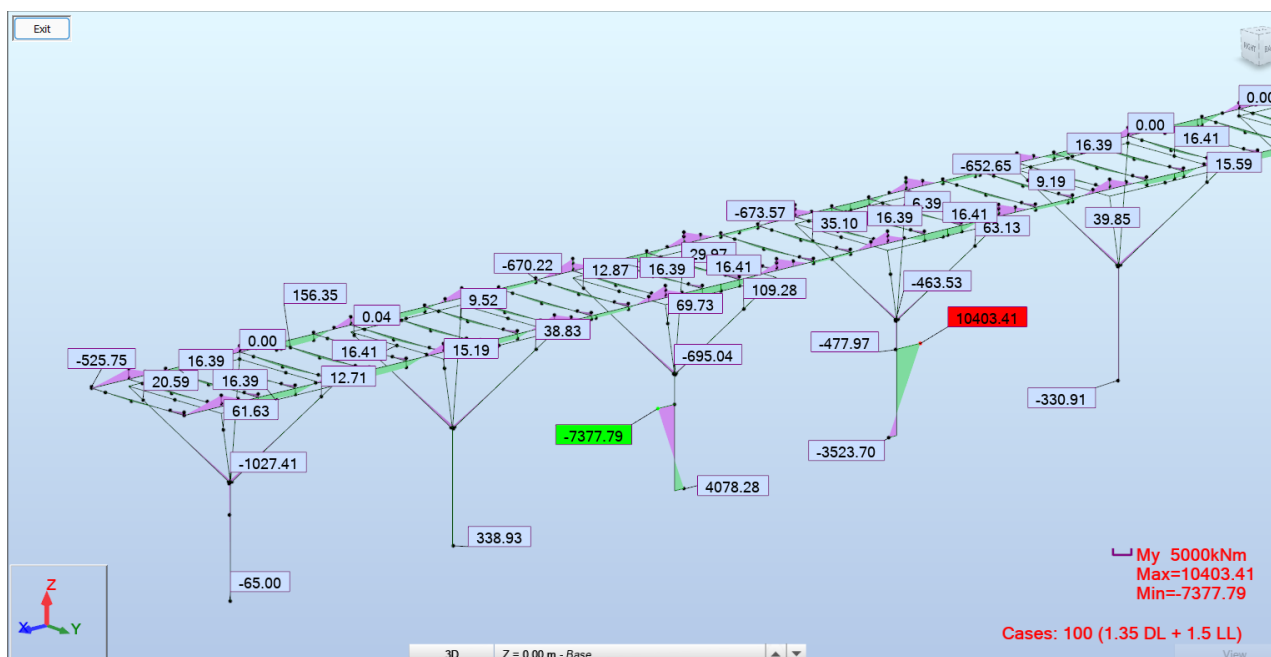


Figura 6: Momenti flettenti

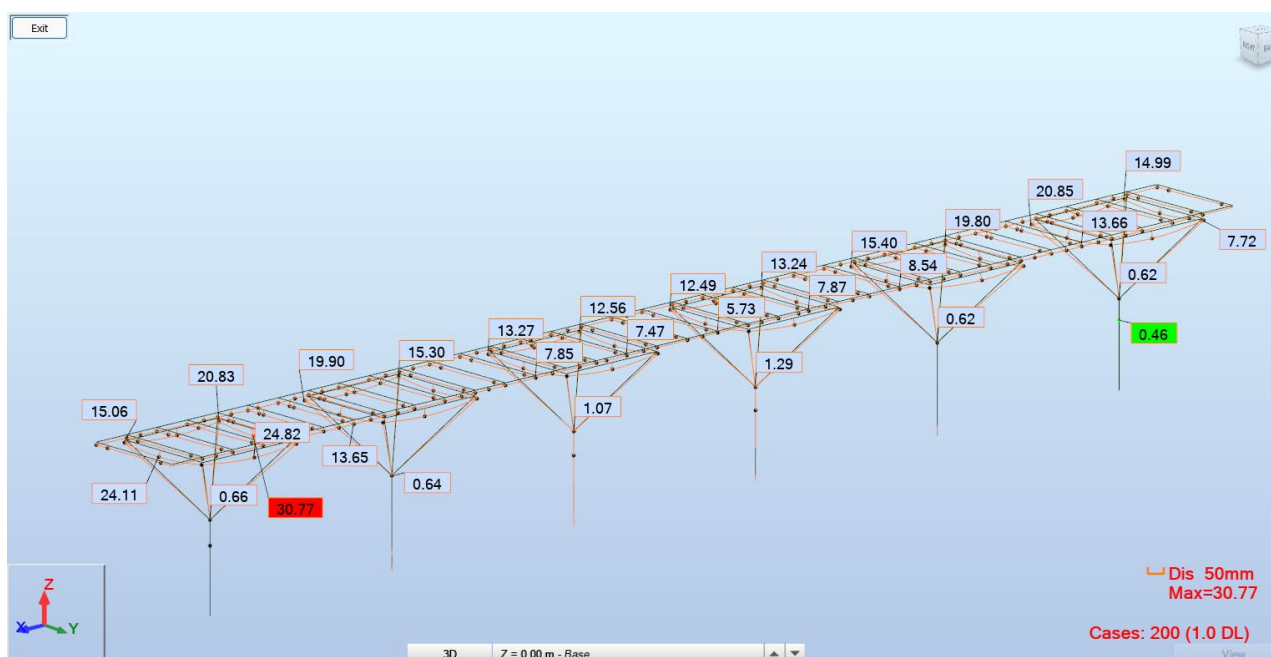


Figura 7: Deflessioni – Azioni permanenti (Peso proprio e portato)

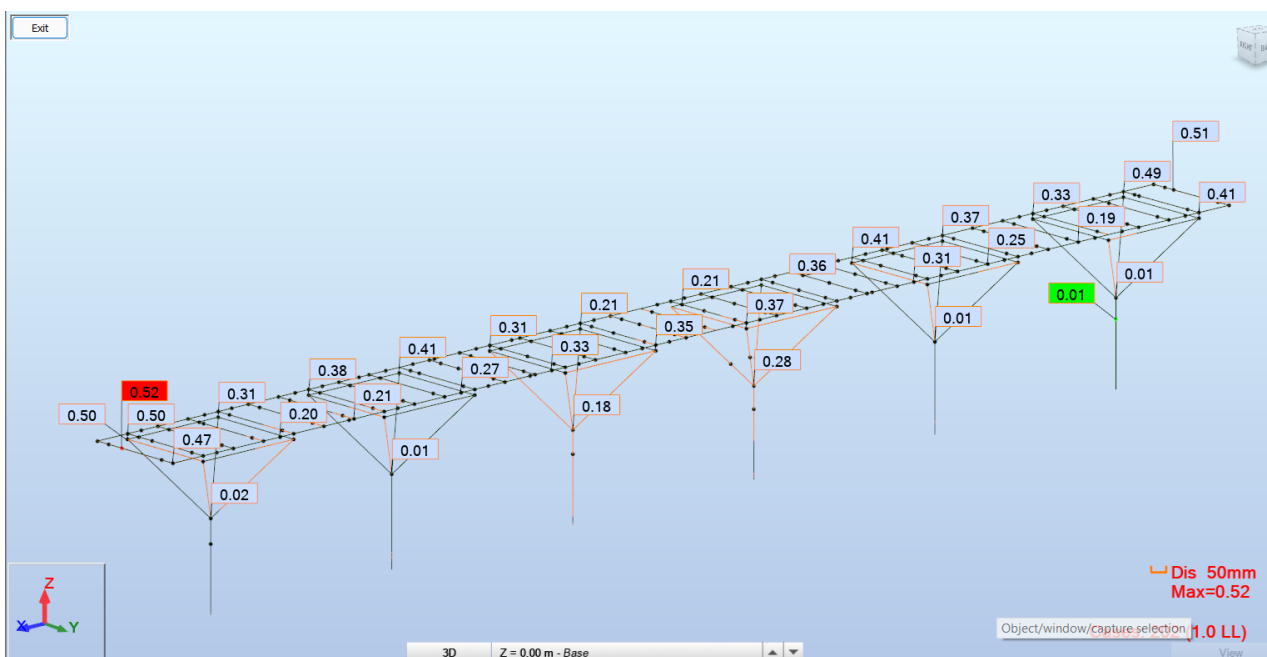
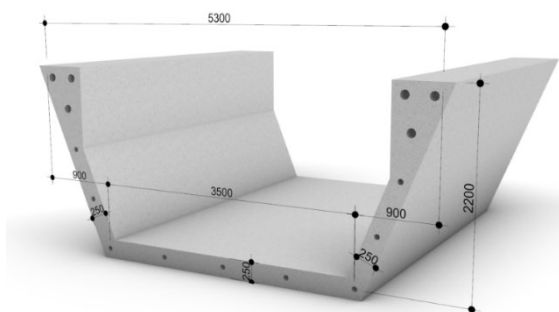
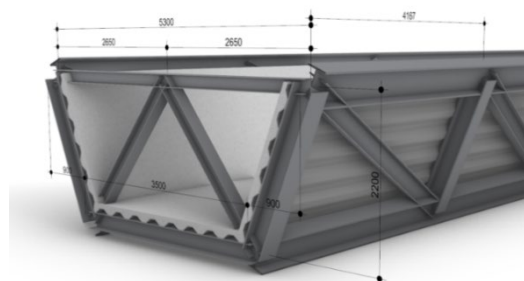


Figura 8: Deformazioni – Azioni variabili (folla)

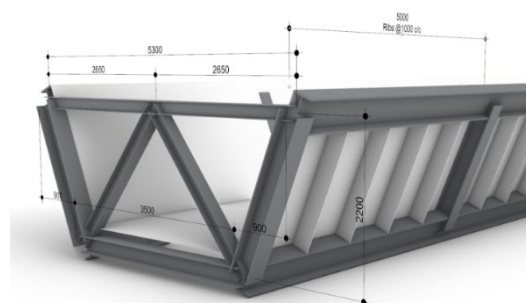
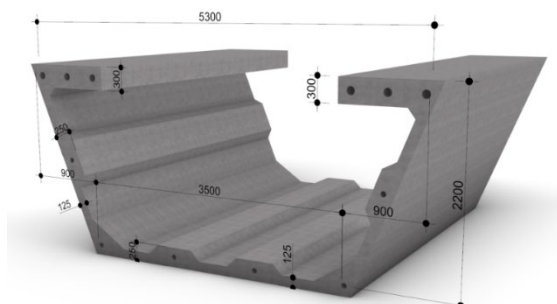
Sono state studiate un certo numero di opzioni per la sua costruzione, tra cui: calcestruzzo prefabbricato; calcestruzzo ad altissime prestazioni (UHPC); acciaio composito e calcestruzzo; e completamente in acciaio. Fare riferimento alla Figura 4. Attualmente il calcestruzzo prefabbricato è la soluzione migliore dal punto di vista dei costi, della robustezza e della non necessità di un rivestimento della superficie inferiore esposta.



Opzione A: Trave in Calcestruzzo armato Post-tesa



Opzione C: Traliccio in acciaio & pannello metallico



Opzione B: Trave in Calcestruzzo armato Post-tesa UHPC

Opzione D: Traliccio Vierendeel in acciaio con piastra di copertura in acciaio

Figura 9: Forme di costruzione considerate per le travi

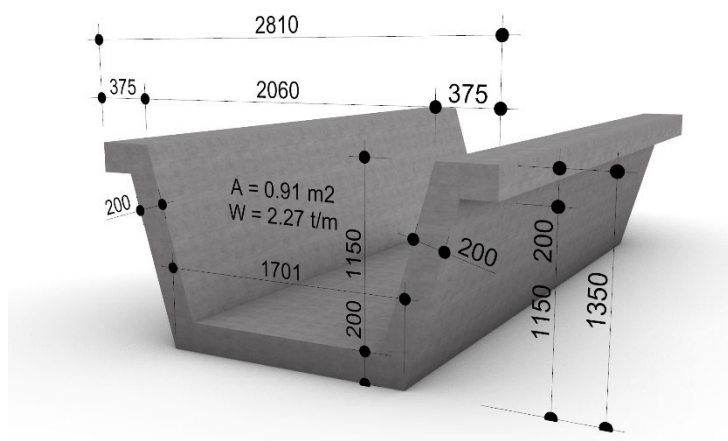


Figura 10: Design corrente della trave del vigneto: Trave in Calcestruzzo Armato (CA) precompressa del vigneto

Inizialmente le travi del vigneto sono state considerate come una singola sezione di 5.0 metri di larghezza, anche se questo sarebbe molto difficile da trasportare e potrebbe essere richiesto di essere gettato in loco. La posa in opera richiederebbe una grande gru in grado di sollevarle la struttura in acciaio del tetto. Per questo motivo, le dimensioni della trave del vigneto sono state ridotte a 2.80x1.35 m al fine di ridurre il peso proprio e consentire la prefabbricazione. Tipicamente la trave dovrebbe avere delle pareti laterali spesse 200mm e pesare circa 2.3t per metro lineare, quindi circa 27.2t per una sezione lunga 12.0m. Ulteriori misure potrebbero consistere nel dividere la trave in diversi componenti che potrebbero essere assemblati in loco (giunti bagnati in situ).

Il calcestruzzo è una soluzione pesante per le travi del vigneto e quindi aumenta i requisiti della struttura portante e delle fondazioni, sebbene il carico del suolo ed imposto siano anch'essi molto alti, con il peso proprio della trave del vigneto che è solo circa il 20-25% del carico complessivo del tetto. Il tetto è attualmente progettato per sostenere da 300 a massimo 500 mm di profondità del suolo per la coltivazione delle viti. Questo è ovviamente un carico molto alto (circa 2.000 kg/m²) e se fosse possibile ridurlo si potrebbe ottenere un significativo risparmio sui costi. Le opzioni da considerare sono la riduzione della profondità complessiva, la riduzione della larghezza del terreno, avere fioriere discrete evitando così una striscia continua di terreno o una combinazione di tutte queste opzioni.

Le travi prefabbricate saranno gettate in sezioni diritte lunghe 12.0 m che saranno sfaccettate al profilo curvo del tetto. Si prevede che le singole sezioni saranno post-tese insieme formando una sezione continua. Le sezioni prefabbricate saranno imbullonate in loco alla sezione trapezoidale in acciaio tramite sezioni di supporto in acciaio fuso.

Dato che i carichi propri e portati della struttura sono estremamente elevati, anche le deflessioni associate sono molto alte, a questo scopo proponiamo di pre-curvare ed impostare la struttura per compensare queste deflessioni evitando la necessità di irrigidire la struttura per ridurle.

Al fine di mitigare le azioni del carico termico sulla struttura del tetto, i giunti di movimento saranno integrati sia nella vigna che nelle travi di trasferimento. La densità e la disposizione dei giunti di movimento influiscono sul comportamento strutturale, soprattutto in condizioni sismiche; è stato condotto uno studio di sensibilità per valutare le implicazioni di tutte le opzioni considerate.

I risultati di questo studio suggeriscono che le opzioni con un minor numero di giunti di movimento funzionano meglio di altre e, pertanto, la nostra raccomandazione sarà quella di optare per una disposizione con 2 giunti di movimento solo attraverso le travi di vigna, allineate con le linee termiche dell'edificio, lavorando in combinazione con una serie di rilasci ortogonali in cima alle mega colonne per prevenire il trasferimento del momento flettente residuo. Tale disposizione presuppone che, tra i giunti di movimento, le travi di vigna e di trasferimento forniscano un certo livello di azione diaframmatica. Per questo motivo, le connessioni tra le due travi e con le mega colonne dovranno essere esaminate in dettaglio nella fase successiva.

2.2. *Sovra-struttura*

La sovrastruttura è tipicamente progettata in gran parte come prefabbricato in calcestruzzo per consentire una rapida costruzione e raggiungere un elevato standard di qualità. Si prevede che un certo numero di componenti prefabbricati possa essere costituito da elementi standard del catalogo del produttore, e nella fase successiva del progetto si cercheranno fornitori locali. Le travi di trasferimento speciali, come le travi a sbalzo a nord o la trave di trasferimento che sostiene le travi prefabbricate del ponte, includono il post-tensionamento per soddisfare i requisiti di progetto e limitare la loro profondità complessiva. Tali travi sono state progettate come ulteriore supporto continuo (continuità del momento flettente) e saranno in situ.

Il pavimento del livello 1 è costituito da travi prefabbricate e in calcestruzzo gettato in opera in entrambe le direzioni ortogonali, con profondità tipica di 1.000 mm e fino a 1.500 mm, con una luce di 12 m tra le colonne. Le travi di trasferimento che sostengono le travi del ponte sulle corsie di traffico, a causa della loro luce (24 m) e della loro maggiore area di affluenza, saranno molto più profonde, da 2,20 a Queste travi sostengono tavole prefabbricate in calcestruzzo precompresso profonde circa 400 mm, che saranno unite da una soletta di copertura in calcestruzzo armato di 50 mm. La parte centrale del livello 1, invece, ha una configurazione particolare, descritta nei paragrafi seguenti.

Le colonne che sostengono solo i piani sono sezioni circolari costruite in calcestruzzo prefabbricato, tipicamente tra 800 e 1.000 mm. Le colonne sono tipicamente a sbalzo per garantire la stabilità complessiva.

La sezione centrale sarà costruita con travi a Y standard prefabbricate e precomprese a catalogo, profonde da 900 a 1.100 mm circa, e una soletta di chiusura di circa 100 mm gettata in opera. Queste saranno sostenute da travi in cemento armato, che si estendono da nord a sud, gettate in opera con una profondità di circa 1.500 mm per la sezione chiusa dell'edificio.

Invece, nella sezione centrale "a ponte", che si estende per 48 metri sopra la strada e i parcheggi, le travi di sostegno che si estendono da est a ovest saranno post-tese. La trave centrale avrà una profondità massima di 2.700 mm - esclusa la soletta di rivestimento - mentre le travi di sostegno laterali centrali avranno una profondità di circa 2.000 mm. Per il collegamento tra le travi dell'impalcato e le travi di sostegno sono state prese in considerazione diverse opzioni, tra cui l'incasso delle prime nelle seconde e l'uso di staffe. È necessario effettuare uno studio più approfondito per determinare l'opzione migliore.

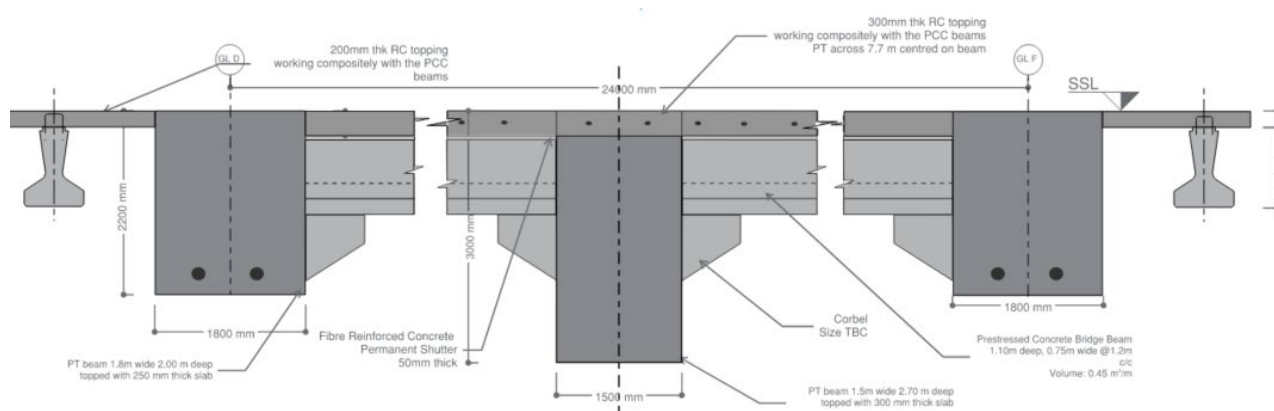


Figura 11: Travi di trasferimento in situ tra le linee di griglia D e F

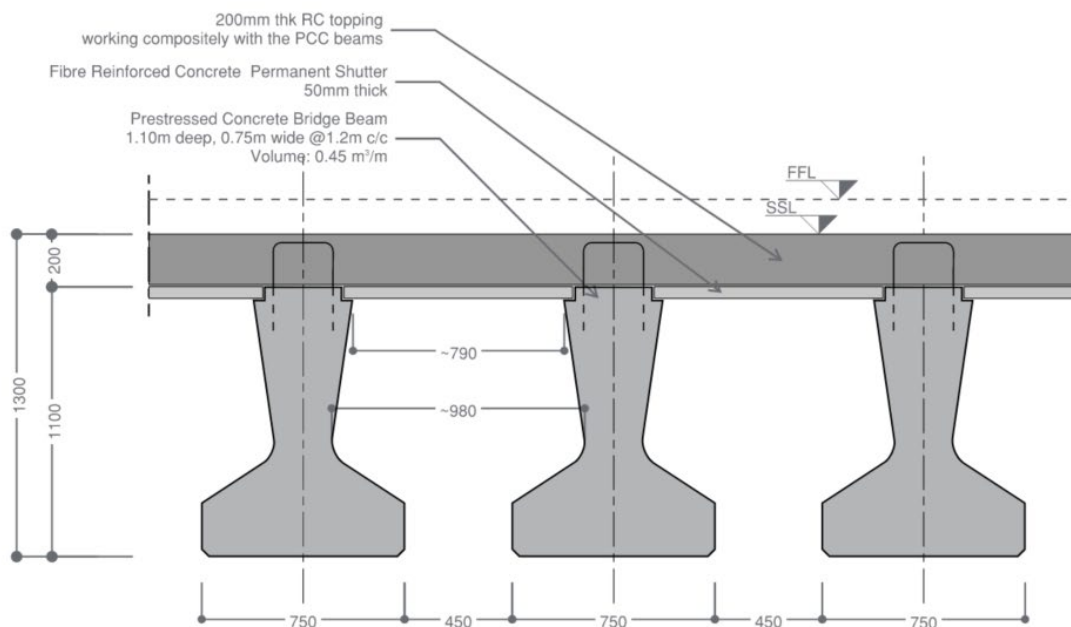


Figura 12 Travi da ponte prefabbricate - Sezione tipica

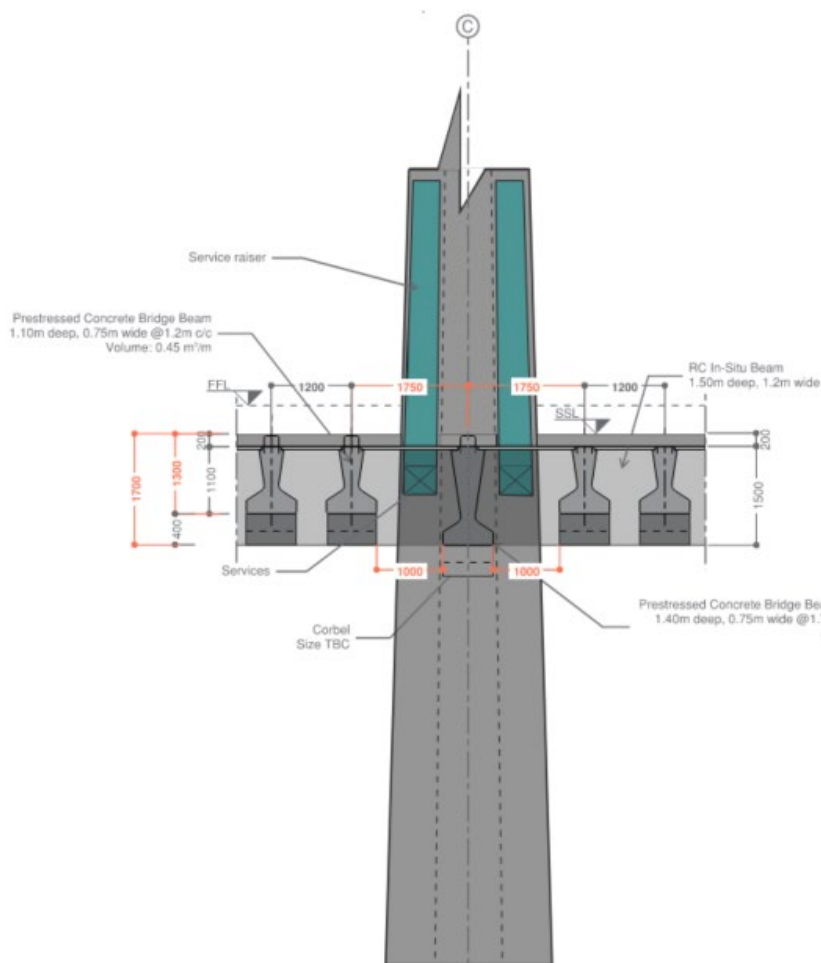


Figura 13: Tipica disposizione della trave a ponte prefabbricata davanti alla mega colonna con condotti di ventilazione

2.3. Edifici Lateralali

I due edifici laterali accostati nella parte Nord dell'edificio hanno le stesse dimensioni complessive, ma mentre l'edificio Ovest ha una griglia regolare 12x12m l'edificio Est presenta luci variabili fino a 18 metri. Entrambe sono costituiti da un piano terra, un mezzanino, un primo piano ed un tetto non accessibile se non per manutenzione.

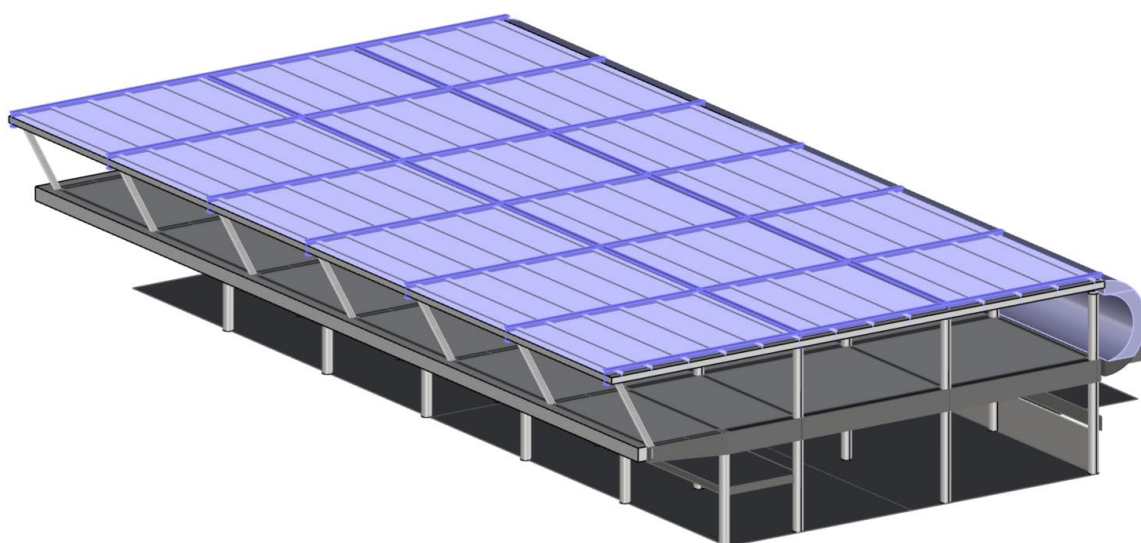


Figura 14: Rendering dell'edificio laterale Ovest

In entrambe gli edifici il tetto è costituito da una griglia in acciaio che sostiene una lastra metallica di copertura, scelta in quanto il tetto, non sarà accessibile se non per manutenzione. Le travi del tetto sono sostenute dalle colonne che salgono dal pianterreno e sulla facciata anteriore da dei pali inclinati, che poggiano su una mensola di luce 6 metri. I pali poggiano direttamente sulle travi primarie in calcestruzzo armato post-teso; ciò consente di affusolare le travi in corrispondenza della facciata e minimizzare la profondità della trave di legamento, per un gradevole effetto architettonico. Il solaio del primo piano è costituito da solette con nucleo cavo di 400 mm ovunque, eccetto la mensola, dove la soletta si è ridotta a 250 mm con una copertura di 50 mm.

2.4. *Sottostruttura*

Si prevede che la soletta del piano terra sarà in cemento armato gettato in opera, sostenuto su travi di terra tra le fondazioni. Uno strato di impermeabilizzazione sarà applicato alla parte inferiore della soletta.

L'area del seminterrato sarà un tradizionale muro di contenimento in cemento armato dello spessore di 300 - 400 mm, costruito da uno scavo battuto. Uno strato di impermeabilizzazione rivestirà la superficie esterna.

Il terrapieno che porta al tetto è di costruzione artificiale, formato da terra battuta compreso il materiale di scavo del terminal. Dove si collega al tetto ci saranno un edificio per la cantina e un locale tecnico, questi saranno costruiti in cemento armato con un muro di contenimento irrigidito con muri di contrafforte esterni a causa dell'altezza del terreno trattenuto. Ci sarà un giunto di movimento strutturale tra la struttura in calcestruzzo del terrapieno e la struttura del tetto in acciaio e calcestruzzo, in modo che ognuno agisca come edificio indipendente.

Si prevede che non ci sarà più di 1 m di terreno sul tetto, per mantenere il carico del suolo al minimo. Se non c'è l'esigenza di uno spazio interno così alto, allora si può usare un vuoto leggero sul tetto per compensare i livelli da una lastra piatta. Uno strato di impermeabilizzazione sarà applicato alla parte inferiore della soletta.

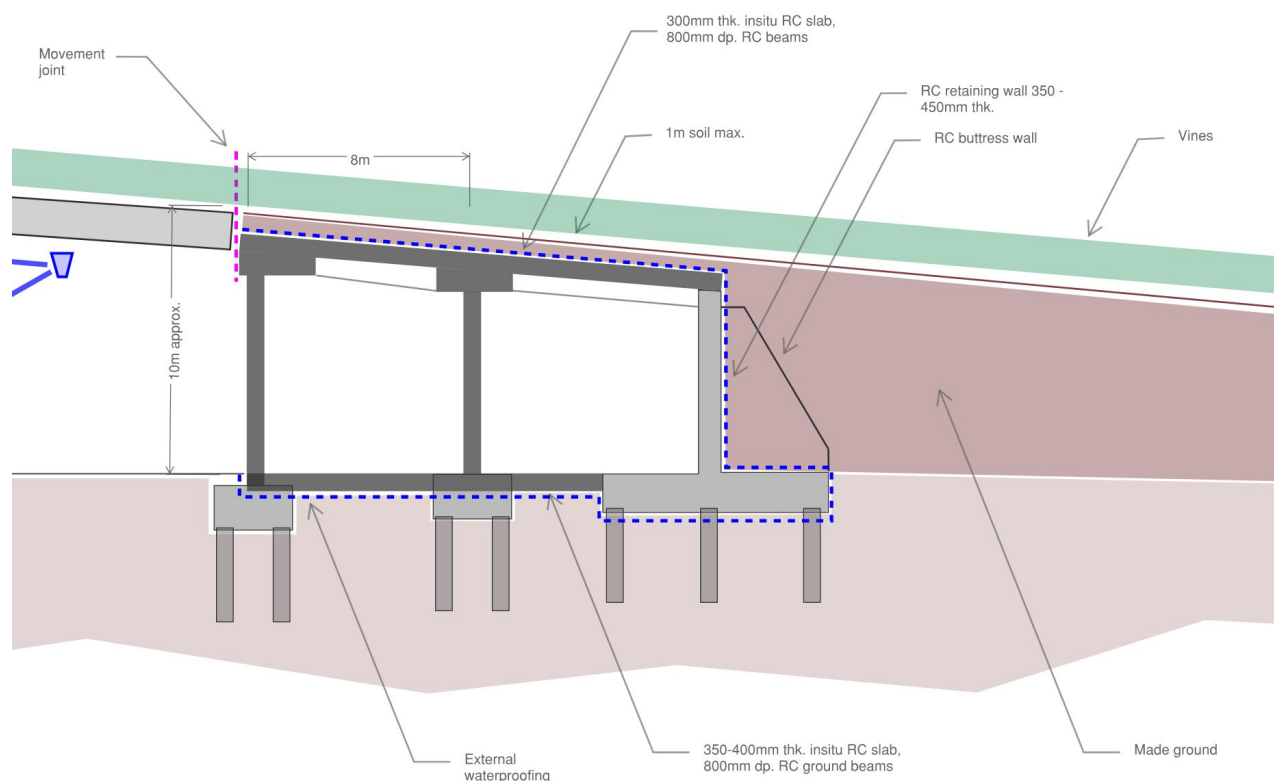


Figura 15: Vigneto e locale tecnico all'interno del terrapieno

2.5. Fondazioni

Le fondazioni sono state considerate come pali trivellati in cemento armato, che saranno collocati in gruppi da 2 fino a 6 sotto un cappello per pali in cemento armato. Attualmente non disponiamo di informazioni dettagliate sull'indagine geotecnica del sito; quindi, si è intrapresa una progettazione dettagliata dei pali, anche se si prevede che i pali avranno un diametro di 900 mm a causa dell'elevato carico del tetto.

3. Criteri di Progettazione

3.1. Codici e Regole di progettazione

Per lo sviluppo della progettazione sono stati utilizzate le seguenti regole e i corrispondenti documenti di rilevanza nazionale.

UNI-EN-1990	Criteri generali di progettazione strutturale
UNI EN 1991-1-1	Azioni sulle strutture Parte 1-1: Azioni generali – Densità, pesi propri, sovraccarichi per edifici
UNI EN 1991-1-3	Azioni sulle costruzioni Parte 1-3: Carichi della neve
UNI-EN 1991-1-4	Azioni sulle costruzioni Parte 1-4: Azioni in generale – Azioni del vento
UNI-EN 1991-1-5	Azioni sulle costruzioni Parte 1-5: Azioni in generale – Azioni Termiche
UNI EN 1992-1-1	Eurocodice 2: Progettazione di strutture di calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
UNI-EN-1993-1-1	Eurocodice 3: Progettazione delle strutture in acciaio Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.
UNI-EN-1994-1-1	Eurocodice 4: Progettazione delle strutture composte acciaio-calcestruzzo Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici
UNI-EN-1997-1	Eurocodice 7: Progettazione geotecnica Parte 1: Regole generali
UNI-EN-1998-1	Progetto delle strutture in zona sismica. Parte 1- Regole generali, azione sismica e regole per gli edifici

3.2. Carichi

Peso proprio

Per il dimensionamento sono state utilizzate le seguenti densità:

- Calcestruzzo $\rho_c = 25.0 \text{ kN/m}^3$
- Acciaio $\rho_s = 78.5 \text{ kN/m}^3$
- Vetro $\rho_g = 25.0 \text{ kN/m}^3$

Permanenti (non strutturali)

Sono stati assunti i seguenti pesi propri:

Tetto:

- **Settore perimetrale** - Vasta vegetazione (risultante su trave prefabbricata)
 - Suolo, 20 kN/m^3 , 300mm profondità, 0.62 m³/m 12.40 kN/m
 - Strato filtrante, 18 kN/m³, 10mm deep, 0.21 m³/m ~3.80 kN/m
 - Strato di deposito geo-cellulare, 150mm deep, 10.2 kN/m² 1.50 kN/m
 - Alleggerimenti in polistirolo e Impermeabilizzazione ~1.00 kN/m
0.70 kN/m³, 1.34 m³/m
 - Finitura e servizi, 1.00 kN/m² 4.00 kN/m
(pannelli metallici leggeri e intelaiatura secondaria)
 - Lucernario, 2.00 kN/m², 1.20 m wide 2.40 kN/m
(incluso il vetro e l'intelaiatura secondaria)
 - TOTALE 25.00 kN/m**
- **Settore Portainnesto non - a frutto** (risultante su trave prefabbricata)
 - Suolo, 20 kN/m^3 , 600mm deep, ~1.24 m³/m 24.80 kN/m
 - Strato filtrante, 18 kN/m³, 10mm deep, 0.21 m³/m ~3.80 kN/m
 - Strato di deposito geo-cellulare, 150mm deep, 10.2 kN/m² 1.50 kN/m
 - Alleggerimenti in polistirolo e Impermeabilizzazione 0.50 kN/m
0.70 kN/m³, ~0.72 m³/m
 - Rivestimento, 1.00 kN/m² 4.00 kN/m
(pannelli metallici leggeri e intelaiatura secondaria)
 - Lucernario, 2.00 kN/m², 1.20 m wide 2.40 kN/m
(incluso il vetro e l'intelaiatura secondaria)
 - TOTALE 37.00 kN/m**

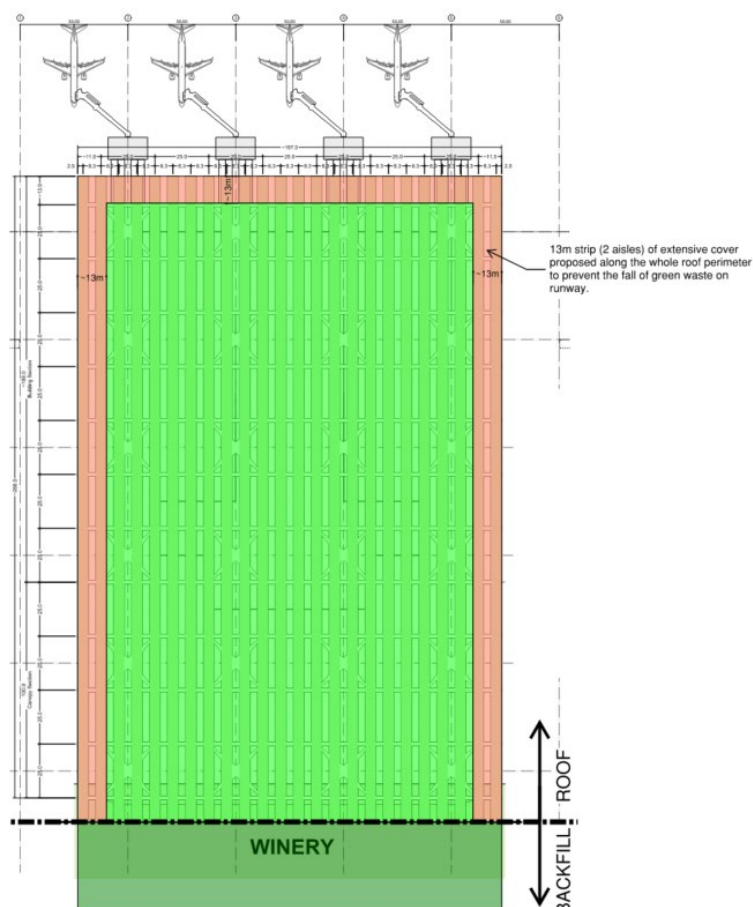


Figura 16: Tipologia di portainnesto e carichi

Legenda	Descrizione	Tipo di accesso	Tipica copertura del suolo [mm]	Tipico carico del suolo [kg/m ²]	Carico variabile [kg/m ²]
	Vasta vegetazione	Solo manutenzione	300	60	60
	Portainnesto non-frutto	Solo manutenzione	600	1000	60
	Portainnesto frutto	Completamente accessibile	>1000	>2000	500

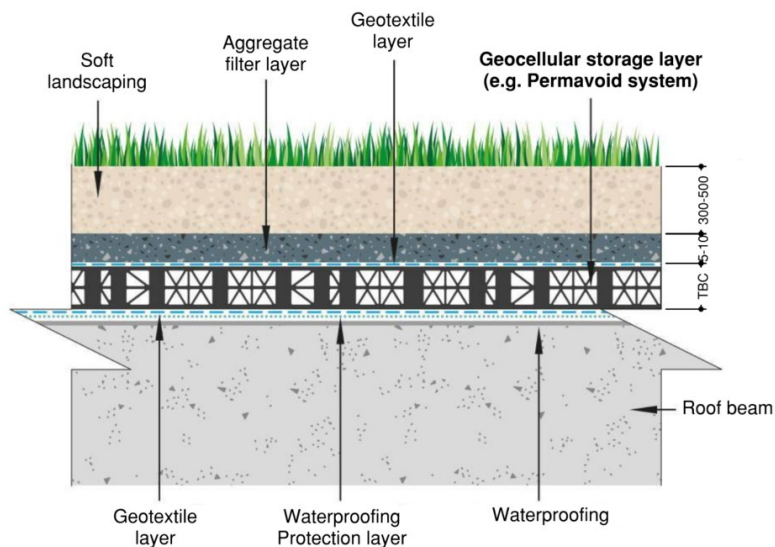


Figura 17: Sistema di impermeabilizzazione proposto per l'area del tetto

- **Tetto Edifici Laterali**

- Rivestimento 1.00 kN/m²
(pannelli metallici leggeri e intelaiatura secondaria)
- Alleggerimenti in polistirolo e Impermeabilizzazione ~1.00 kN/m²
0.70 kN/m³, 1.34 m³/m
- Soffitti 1.00 kN/m²
- Impianti (MEP) 0.50 kN/m²

- **Pavimenti (tipici):**

- Finitura 1.20 kN/m²
(40mm di pietra + 20mm di calcestruzzo alleggerito)
- Massetto (75mm) 1.50 kN/m²
- Impianti (MEP) 0.50 kN/m²
- Soffitti 1.00 kN/m²
- TOTALE 4.20 kN/m²**

- **Strada, area pavimentata esterna (tipici):**

- ipotizzata ghiaia di 1,50 m a 20 kN/m³ TBC 30.0 kN/m²

Variabili

- **Tetto (sola manutenzione) 0.60 kN/m²**
- **Carico della folla 5.00 kN/m²**
- **Traffico (Modello di carico 1, come da EN 1991-2) 9.00 kN/m²
300 kN/asse**

Neve

Carichi da neve caratteristici

Altitudine del sito (sopra livello del mare) [m]	$a_s = 40m$
Coefficiente di Esposizione [-]	$C_e = 1.0$
Coefficiente Termico [-]	$C_t = 1.0$
Valore caratteristico del carico della neve sul suolo	$q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$

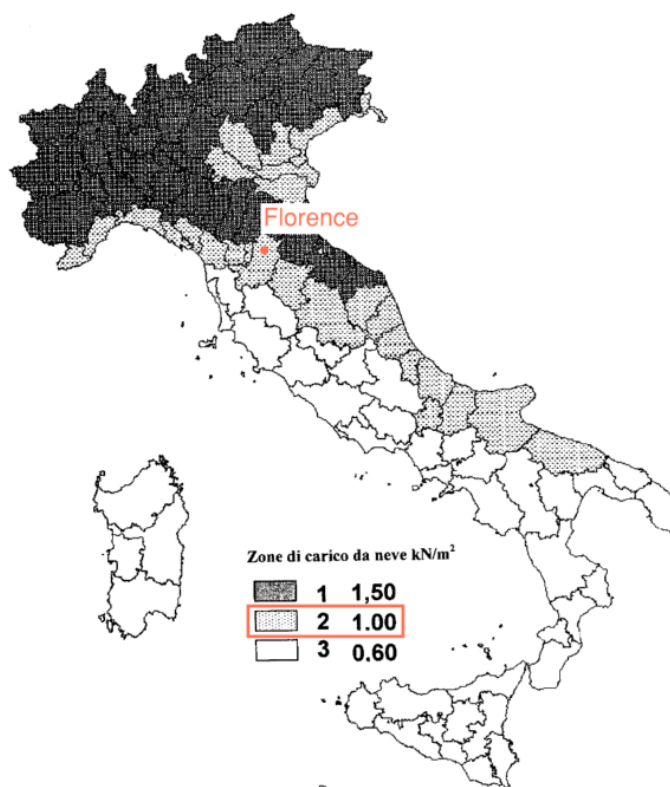


Figura 17 - Valore caratteristico del carico neve al suolo (s_k), UNI EN 1991-1-3:2003

Vento

In conformità con la norma EN 1991 Parte 4, il seguente carico del vento è stato considerato in base ai criteri seguenti.

Zona di vento	3
Categoria del terreno	II
Altitudine del situ (dal livello del mare)	40m
Altitudine dal suolo	30m
Lunghezza della rugosità	0.05m
Valore fondamentale della velocità di base del vento	27m/s
Pressione di picco della velocità	1.4kPa



Figura 18 - Mappa della zona del vento. Fig. N.A.1 da UNI-EN 1991-1-4

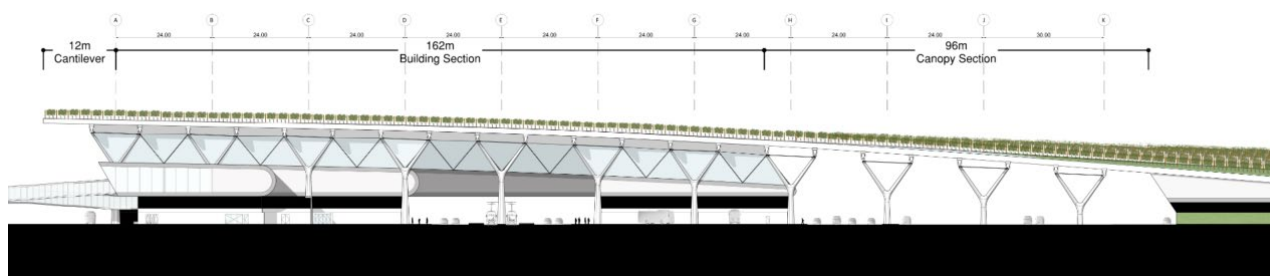


Figura 19 - Dimensioni globali dell'edificio

Temperatura

Carico termico definito secondo UNI EN 1991-1-5:2005.

Struttura fuori terra

Variazione uniforme

Temperatura iniziale T_0 [°C]	+15
Ambiente Interno	
Estate T_1 [°C]	+20
Inverno T_2 [°C]	+25
Ambiente Esterno	
Estate T_{max} [°C] ¹⁾	
Ombreggiato	+45
Esposto verso Nord-Est	+45 / +47 / +49
Esposto verso Sud-Ovest	+63 / +75 / +87
Inverno T_{min} [°C]	-15
Variazione Caratteristica della Temperatura	
Ambiente Interno $\Delta T_{u,i}$ [°C]	0 to +10
Ambiente Esterno $\Delta T_{u,o}$ [°C] ¹⁾	
Ombreggiato	-30 to +30
Verso Nord-Est	-30 to +30 / +32 / +34
Verso Sud-Ovest	-30 to +48 / +60 / +72

¹⁾: Assorbibilità della superficie : chiaro chiaro (0,5) / chiaro colorato (0,7) / scuro (0,9)

Sotto la struttura del suolo

Variazione uniforme

Temperatura Iniziale T_0 [°C]	Si riferisce a Struttura fuori terra
Ambiente Interno	Si riferisce a Struttura fuori terra
Ambiente Esterno	
Estate T_{max} [°C] ²⁾	8 / 5
Inverno T_{min} [°C] ²⁾	-5 / -3
Variazione Caratteristica della temperatura	
Ambiente Interno $\Delta T_{u,i}$ [°C]	Si riferisce a Struttura fuori terra
Ambiente Esterno $\Delta T_{u,o}$ [°C] ²⁾	-20 to -7

¹⁾: Profondità sotto il livello del suolo: meno di 1.0m / più di 1.0m

Coefficiente di espansione lineare

I seguenti coefficienti sono utilizzati per la modellazione e i calcoli in conformità alla tabella C.1 della norma EN 1991-5:2003.

Materiale	Coefficiente Termico α_T [$\times 10^6$ / °C]
Acciaio strutturale	12.0
Calcestruzzo normale e ad alta resistenza	10.0
Calcestruzzo ad altissime prestazioni (UHPC)	TBC
Calcestruzzo leggero	7.0
Rinforzo in acciaio passivo e attivo del calcestruzzo	10.0
Legno, lungo le fibre	5.0
Legno, trasversale	TBC (30-70)

Sismica

In accordo con la EN 1998 sono stati considerati i seguenti criteri sismici.

Parametri principali

Tipo di terreno	C (assunzione)
Fattore di comportamento	2.5
Classe di importanza	4 (importanza vitale)

Nota: il terreno di tipo C corrisponde a "depositi profondi di sabbia da densa a mediamente densa, ghiaia o argilla rigida con spessore da alcune decine a molte centinaia di metri". Questo deve essere confermato nella prossima fase del progetto con un'indagine geotecnica specifica del sito.

Periodo di ritorno e picco di accelerazione del suolo

I parametri di progettazione si basano sulla Tabella 1 degli Allegati A e B al Decreto del Ministro delle Infrastrutture del 14 gennaio 2008, pubblicato nel S.O. alla Gazzetta Ufficiale del 4 febbraio 2008, n. 29, ed eventuali successivi aggiornamenti (ID 20059, LON 11.275, LAT 43.764).

I valori dei parametri sono stati interpolati in base alla formula [2] del documento citato. Per periodi di ritorno superiori a 2475 anni, il valore corrispondente a 2475 anni è stato definito in conformità con "Allegato alle norme tecniche per le costruzioni: Pericolosità sismica", pagina 2.

	Periodo di ritorno $T_R^{1)}$ [anno]	picco di accelerazione a_g [m/s²]	F_0 [-]	T_c [s]
Stato limite ultimo				
Prevenzione del collasso (SLC)	3899 (2475 considerato)	2.14	2.42	0.320
Sicurezza della vita (SLV)	1898	1.97	2.41	0.317
Stato limite di danno				
Occupazione immediata (SLD)	200	0.91	2.51	0.290
Operativo (SLO)	120	0.73	2.61	0.285

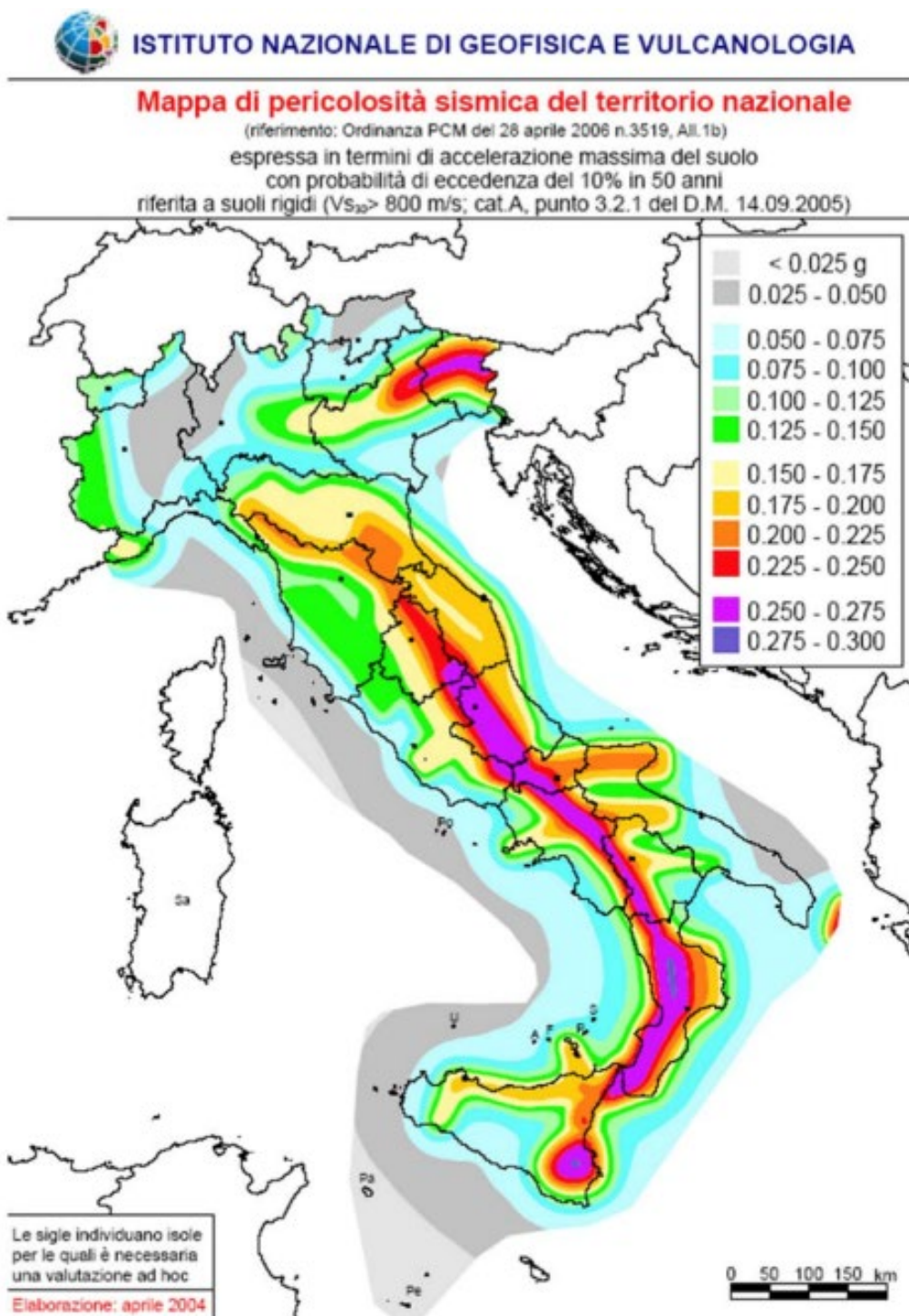


Figura 18: Mapa di pericolosità sismica del territorio nazionale

4. Criteri di Prestazione

4.1 Vita utile di progetto

5 In conformità con la norma NTC 2018, si ritiene che l'edificio abbia una vita utile di progetto di 100 anni.

5.1 Classe di conseguenza

In conformità con la norma NTC 2018, è stata determinata la seguente classe di conseguenze.

Classe d'uso: *Classe IV*

5.2 Materiali

Carpenteria metallica

Grado d'acciaio

Sono stati considerati i seguenti tipi di acciaio:

- Acciaio ad alta resistenza S460M secondo la norma EN 10025-4.
- Resistenza minima allo snervamento: 460Mpa (spessore ≤ 16 mm) - 400Mpa (spessore 80-100mm)
- Resistenza alla trazione finale: 540-720Mpa (spessore ≤ 16 mm) - 500-680Mpa (spessore 80-100mm)

Calcestruzzo

Grado calcestruzzo

Sono stati considerati i seguenti tipi di calcestruzzo:

- Calcestruzzo gettato in opera- Tipico C32/40
- Calcestruzzo prefabbricato - Tipico C60/70
- Calcestruzzo prefabbricato - Colonne ad albero C80/90

Tendini di precompressione

Le seguenti caratteristiche del materiale sono state considerate in accordo con la letteratura dei produttori e la prEN 10138-3.

- Grado: 1.770 Mpa
- Diametro nominale: 15,7 mm
- Carico di rottura garantito: 265 kN

5. Informazioni per il Calcolo dei Costi

Tonnellaggio della carpenteria:

Calcestruzzo

Membro	Dimensione	Il Peso [m ³ /m]	Lunghezza Totale [m]	Grado	Volume [m ³]
Mega Colonna	Pilastro ottagonale CA prefabbricato 2,5m to 1,8m diametro	3.350	690	C80	2300
Nodo Centrale	Elemento speciale CA prefabbricato	-	-	C80	200
Ramo	Pilastro rettangolare CA prefabbricato Larghezza = 500 to 700 mm Altezza = 700 to 1000mm	0.525	3160	C80	1700
Travi trapezoidali	CA prefabbricato pretensionato	1.312	3080	C60	4050
Trave del vigneto	CA prefabbricato pretensionato	0.941	9950	C60	9350

TOTAL	C80	4200
	C60	13400

Acciaio

Membro	Dimensione	Il Peso [kg/m]	Lunghezza Totale [m]	Grado	Tonnellaggio [t]
Tirante	CHS 244x12.CHS	80	3170	S355	300
				TOTAL	300