

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA

U.O. COORDINAMENTO NO CAPTIVE E INGEGNERIA DI SISTEMA

PROGETTO DEFINITIVO

**METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

**FABBRICATI TECNOLOGICI
Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC (FA01)
Relazione di calcolo**

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

RS3Y 1B D 10 RH FA0100 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	Emissione esecutiva	F. Eusepi	Luglio 2021	D. Petrucci	Luglio 2021	S. Vanfiori	Luglio 2021	

File: RS3 Y1BD10RHFA0100 001A

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	4
2	INTRODUZIONE	4
3	SCOPO DEL DOCUMENTO	8
4	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	10
5	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO	10
5.1	DOCUMENTI CORRELATI	10
6	CARATTERISTICHE DEI MATERIALI	11
6.1	CEMENTO ARMATO.....	11
6.1.1	<i>Calcestruzzo</i>	11
6.1.2	<i>Acciaio d'armatura in barre tonde ad aderenza migliorata</i>	12
6.1.3	<i>Copriferro</i>	13
7	TERRENO DI FONDAZIONE.....	14
8	ANALISI DEI CARICHI	15
8.1	PESO PROPRIO STRUTTURE.....	15
8.1.1	<i>Struttura principale in c.a.</i>	15
8.2	CARICHI PERMANENTI NON STRUTTURALI	16
8.3	SOVRACCARICHI VARIABILI.....	16
8.4	AZIONE DELLA NEVE	16
8.5	AZIONE DEL VENTO	17
8.6	VARIAZIONI TERMICHE.....	21
8.7	EFFETTI AERODINAMICI ASSOCIATI AL PASSAGGIO DEI CONVOGLI	21
8.8	AZIONE SISMICA	23
9	MODELLO STRUTTURALE E COMBINAZIONI DI CARICO	29
9.1	CONSIDERAZIONI GENERALI SUL MODELLO DI CALCOLO	29
9.2	COMBINAZIONI DELLE AZIONI	32



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC (FA01)- Relazione di calcolo		COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
		RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	3 di 57

9.3	RISULTATI DELLE ANALISI.....	35
10	VERIFICHE STRUTTURALI.....	38
10.1	SOLLECITAZIONI MAGGIORMENTE SIGNIFICATIVE	41
10.2	SOLAIO DI COPERTURA	42
10.2.1	<i>Verifiche di deformabilità del solaio di copertura</i>	47
10.3	TRAVI TRANSVERSALI.....	47
10.3.1	<i>Sezione di Mezzeria</i>	47
10.3.2	<i>Sezione di Appoggio</i>	48
10.4	TRAVI LONGITUDINALI.....	49
10.4.1	<i>Sezione di Mezzeria</i>	49
10.4.2	<i>Sezione di Appoggio</i>	50
10.5	PILASTRI.....	51
10.5.1	<i>Sezione di Testa</i>	51
10.6	FONDAZIONI (TRAVI TRASVERSALI).....	52
10.6.1	<i>Sezione di Mezzeria</i>	52
10.6.2	<i>Sezione di Appoggio</i>	52
10.7	VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI	53
10.7.1	<i>Spostamenti di interpiano SLO.....</i>	53
10.7.2	<i>Spostamenti di interpiano SLD.....</i>	55
11	VERIFICHE GEOTECNICHE	56
11.1	VERIFICA DI CAPACITÀ PORTANTE DELLE FONDAZIONI.....	56
12	INCIDENZE ARMATURE	57



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	4 di 57

1 PREMESSA

Il 23 Gennaio 2017 è stato siglato un Protocollo d'Intesa tra RFI, Regione Sicilia e Comune di Ragusa con il quale è stato istituito un gruppo di lavoro congiunto finalizzato alla realizzazione della "Metropolitana di superficie" nel territorio del comune di Ragusa, con la previsione della realizzazione di nuovi impianti per il servizio ferroviario passeggeri e l'adeguamento di impianti esistenti.

In data 15 Gennaio 2018 è stata sottoscritta la convenzione tra il Comune di Ragusa e la Presidenza del Consiglio dei Ministri per la realizzazione dell'intervento "Riqualificazione della periferia storica di Ragusa: ripristinare accessibilità e connessione con la città moderna attraverso la Ferrovia Urbana".

In particolare, la realizzazione degli interventi proposti è finalizzata al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

- Maggiore competitività del trasporto ferroviario rispetto al trasporto collettivo su gomma;
- Maggiore accessibilità al sistema ferroviario;
- Sviluppo del servizio metropolitano nella zona urbana di Ragusa.

Le fermate della nuova linea "Metroferrovia" sono state concepite come un sistema omogeneo che si sviluppa sul territorio comunale.

In tutti gli interventi di fermata lungo la linea si è previsto di far interagire l'infrastruttura ferroviaria con l'area urbana, su cui si attesta, per creare aree di interesse per la comunità, come piccole piazze.

In tale intervento, è prevista la realizzazione della nuova stazione Cisternazzi/Ospedale.

2 INTRODUZIONE

La presente relazione descrive la progettazione strutturale del fabbricato ACC alla pk 151+302 caratterizzato dalle seguenti dimensioni in pianta 7.54 x 28.69 m (strutturale 7.30 x 28.45) presso la nuova Stazione Ospedale/Cisternazzi dove sono previsti i seguenti interventi:

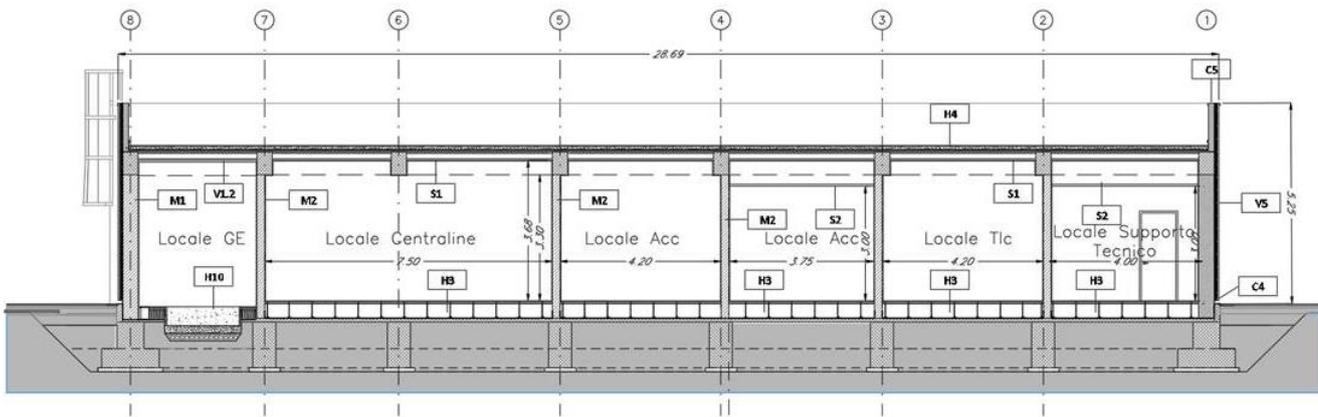
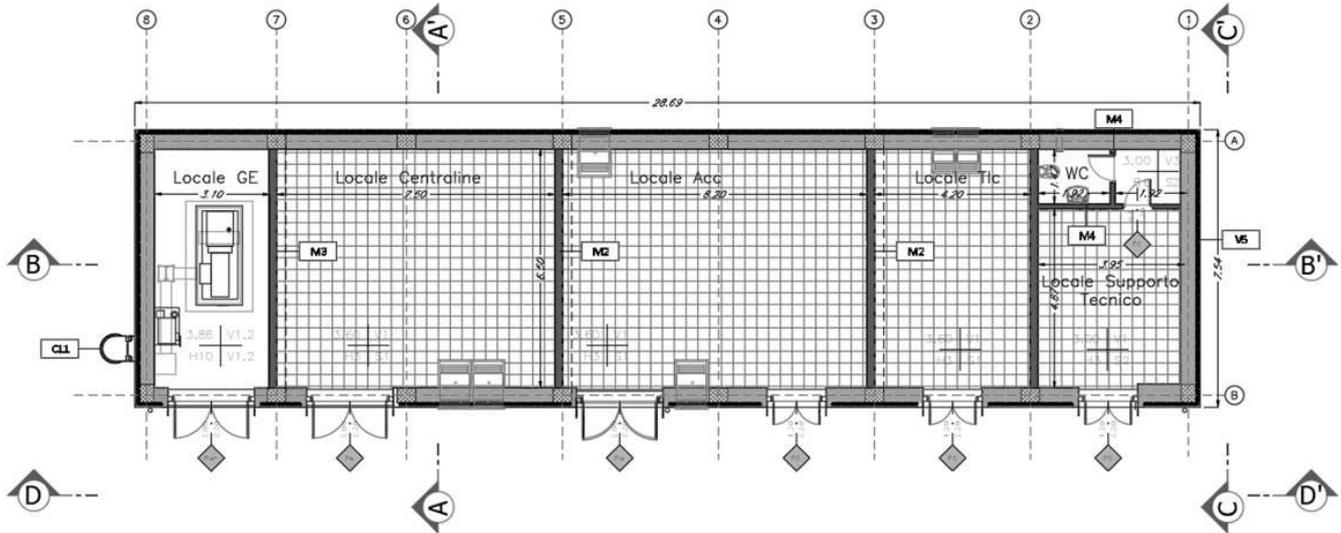
- ✓ realizzazione di un nuovo binario attestato e relativi collegamenti al binario esistente con V=60km/h
- ✓ realizzazione di un nuovo marciapiede a isola, a servizio di entrambi i binari, L=125m e h=55cm
- ✓ realizzazione di una pensilina di lunghezza pari a 35m
- ✓ nuovo apparato tecnologico ACC

Nell'ambito del progetto definitivo lotto 1B della Metropolitana di Superficie nel territorio del Comune di Ragusa, è prevista la realizzazione del nuovo impianto per il servizio ferroviario passeggeri - Stazione Cisternazzi/Ospedale. Nello specifico la presente relazione è inerente alla progettazione strutturale del fabbricato ACC alla pk 151+302 caratterizzato dalle seguenti dimensioni in pianta 7.54 x 28.69 m (strutturale 7.30 x 28.45).

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

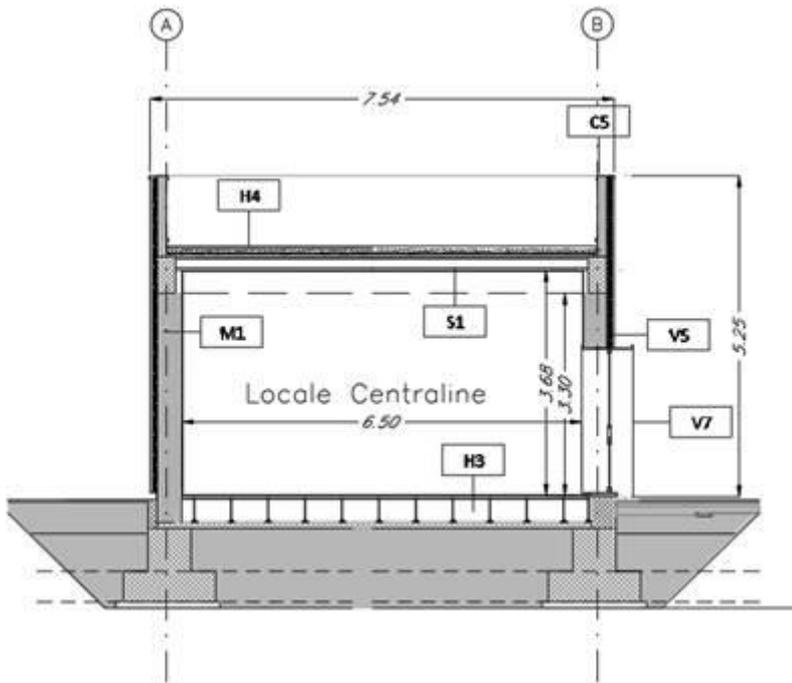
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	5 di 57

Nelle immagini seguenti è illustrato il layout funzionale dell'opera.



Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	6 di 57



La struttura ha forma rettangolare in pianta avente le seguenti dimensioni 7.30 m x 28.45 m, comprensiva del rivestimento con pannellature prefabbricate aventi spessore 20 cm. Il sistema strutturale è caratterizzato da un telaio spaziale monolivello avente copertura piana costituito da una campata in direzione trasversale di luce 6.90 m circa mentre, parallelamente al lato lungo, è suddiviso in 7 campate di luce variabile da 3.50 a 4.25 m. Per rispondere alle esigenze della progettazione impiantistica e della conseguente destinazione d'uso degli ambienti, è stato considerato un interpiano netto di 3.30m, maggiore del requisito minimo da soddisfare per le apparecchiature di 2.85m

La struttura relativa alla parte in elevazione è costituita da travi e pilastri in cemento armato. Il solaio di copertura è del tipo semiprefabbricato a prédalles, con getto in opera dei travetti e della caldana superiore. Lo spessore totale del solaio di copertura è di 22 cm e comprende 4 cm di prédalles, 12 cm di nervature e 4 cm di caldana superiore. Le lastre in c.a. sono larghe 120 cm e presentano tre tralicci metallici di irrigidimento ed elementi di alleggerimento delimitanti le nervature intermedie. Il solaio è ordito secondo la direzione longitudinale del fabbricato in modo da essere poggiato direttamente sui telai trasversali. I pilastri hanno dimensione in pianta di 40x50 cm, le travi perimetrali longitudinali hanno dimensioni 30x60 cm, mentre le travi trasversali hanno dimensioni 40x60 cm. Il sistema di fondazione è realizzato in opera mediante un graticcio di travi rovesce poste perimetralmente e collegate

tra loro trasversalmente mediante dei cordoli (per le caratteristiche dimensionali della fondazione si rimanda agli elaborati grafici specifici). Il rivestimento esterno è ottenuto mediante pannelli di tamponamento prefabbricati.

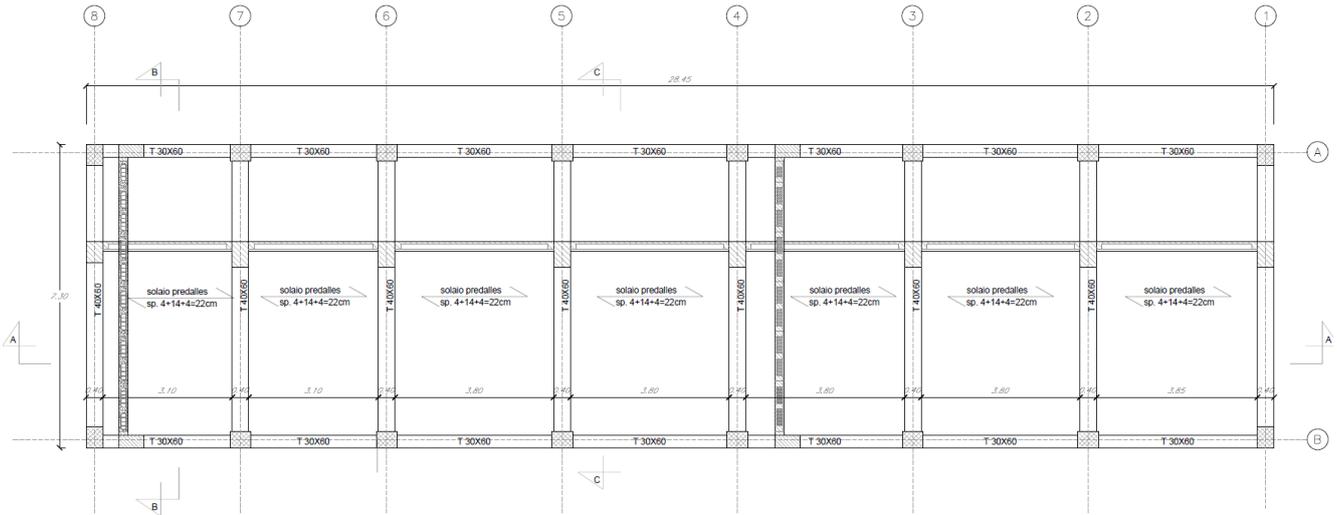


Figura 1 – Carpenteria della copertura

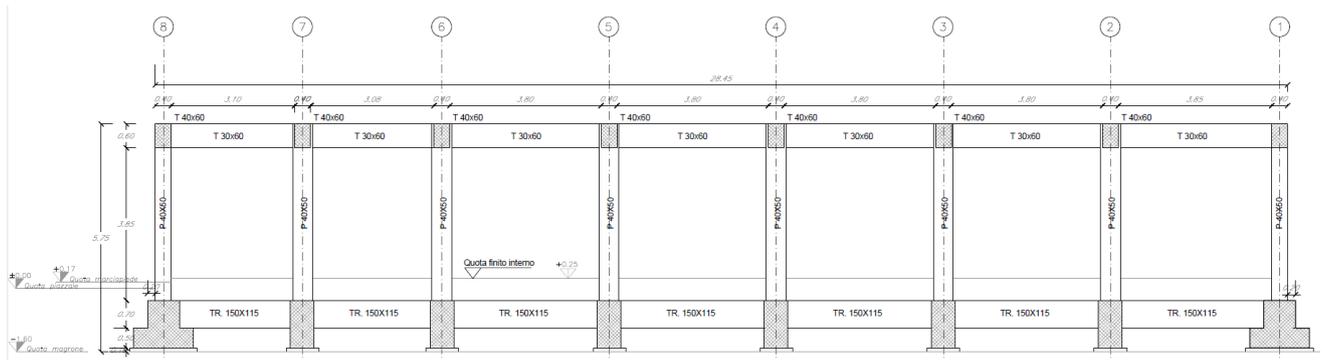


Figura 2 – Sezione Longitudinale

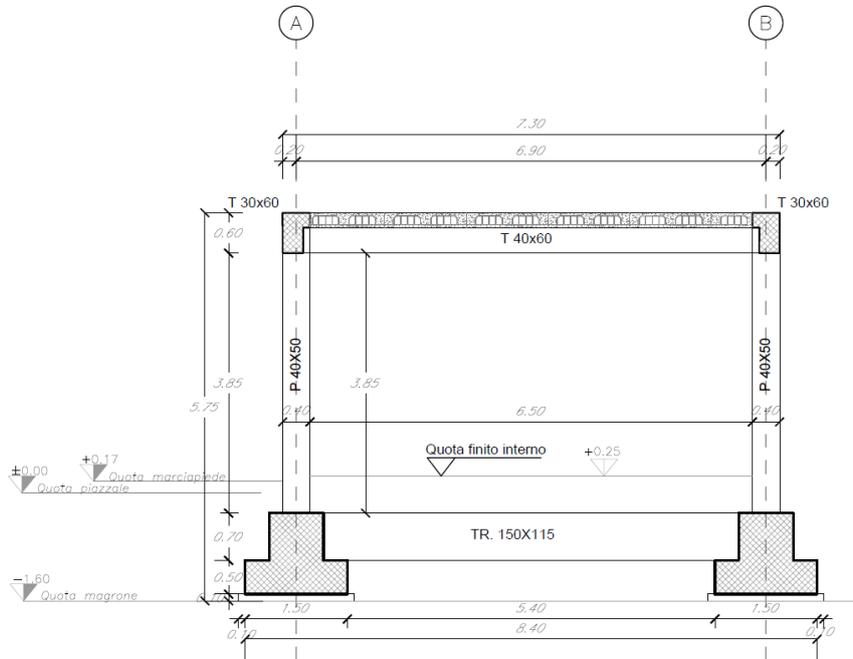


Figura 3 – Sezione Trasversale

Si rimanda alla relazione tecnico descrittiva per i dettagli del caso limitandosi a riportare in calce la sezione e le carpenterie del fabbricato.

3 SCOPO DEL DOCUMENTO

Lo scopo del presente documento è quello di calcolare e verificare la struttura in elevazione e in fondazione dei fabbricati tecnologici FA01 le cui strutture sono identiche così come le funzioni e le conseguenti apparecchiature che andranno ad ospitare. Pertanto, nel seguito, si farà riferimento ad un unico fabbricato.

Il fabbricato oggetto della presente relazione sarà realizzato al fine di ospitare i seguenti locali:

- Locale GE
- Locale Centralina
- Locale Manutenzione
- Locale ACC
- Locale TLC
- Locale Supporto Tecnico
- Servizi igienici



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	9 di 57

Si attribuisce una vita nominale $V_N = 75$ anni e la classe d'uso IV con coefficiente d'uso $C_u=2.0$, in conformità ai seguenti riferimenti normativi:

- DM 14/01/2018 par. 2.4;
- Circ. 21/01/2019, n. 7 par. C2.4.1 e C2.4.2;
- Decreto 21/10/2003 P.C.M. Dipartimento della Prot. Civile (all.1);
- "Istruzione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari" (rif. RFI-DTC-ICI-PO-SP-INF-001-A) par. 1.1.

Il periodo di riferimento da considerare per il calcolo dell'azione sismica sarà quindi $V_R = C_u \times V_N = 150$ anni.



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	11 di 57

6 CARATTERISTICHE DEI MATERIALI

6.1 Cemento armato

6.1.1 Calcestruzzo

Si riportano di seguito due tabelle riepilogative del tipo e delle caratteristiche del calcestruzzo adottato per i diversi elementi strutturali:

	Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
Classe di resistenza	C30/37	C30/37	C25/30
Classe di esposizione	XC3	XC3	XC2
Condizioni ambientali	ordinarie	ordinarie	ordinarie
Rapporto acqua/cemento		0,55	0,60

		Solaio in lastre predalles	Struttura in elevazione	Fondazioni
R _{ck}	(N/mm ²)	35	35	30
f _{ck}	(N/mm ²)	29.05	29.05	25
f _{cm}	(N/mm ²)	36	36	33
α _{cc}	(-)	0,85	0,85	0,85
γ _c	(-)	1,5	1,5	1,5
f _{cd}	(N/mm ²)	15.86	15.86	14,17

Dove:

R_{ck} = Resistenza cubica caratteristica a compressione

f_{ck} = 0.83 · R_{ck} = Resistenza cilindrica caratteristica

f_{cm} = f_{ck} + 8 (N/mm²) = Resistenza cilindrica media a compressione

α_{cc} = Coefficiente per effetti a lungo termine e sfavorevoli: α_{cc} (t > 28gg) = 0.85

γ_c = 1.5; viene ridotto a 1.4 per produzioni continuative di elementi o strutture soggette a controllo continuativo del calcestruzzo dal quale risulti un coefficiente di variazione (rapporto tra scarto quadratico medio e valore medio

della resistenza) non superiore al 10%. f_{cd} = $\frac{\alpha_{cc} \cdot f_{ck}}{\gamma_c}$ = Resistenza di calcolo a compressione



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	12 di 57

Coefficiente di Poisson:

Secondo quanto prescritto al punto 11.2.10.4 della NTC2008, per il coefficiente di Poisson può adottarsi, a seconda dello stato di sollecitazione, un valore compreso tra 0 (calcestruzzo fessurato) e 0.2 (calcestruzzo non fessurato).

Coefficiente di dilatazione termica:

In sede di progettazione, o in mancanza di una determinazione sperimentale diretta, per il coefficiente di dilatazione termica del calcestruzzo può assumersi un valore medio pari a $10 \times 10^{-6} \text{ }^\circ\text{C}^{-1}$ (NTC2018 – 11.2.10.5).

6.1.2 Acciaio d'armatura in barre tonde ad aderenza migliorata

Si adotta acciaio tipo B450C come previsto al punto 11.3.2.1 delle NTC2008, per il quale si possono assumere le seguenti caratteristiche:

Resistenza a trazione – compressione:

$f_{tk} = 540 \text{ N/mm}^2$ = Resistenza caratteristica di rottura

$f_{yk} = 450 \text{ N/mm}^2$ = Resistenza caratteristica a snervamento

$f_{yd} = \frac{f_{yk}}{\gamma_s} = 391.3 \text{ N/mm}^2$ = Resistenza di calcolo

dove:

$\gamma_s = 1.15$ = Coefficiente parziale di sicurezza relativo all'acciaio.

Modulo Elastico:

$E_s = 210000 \text{ N/mm}^2$



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	13 di 57

6.1.3 Copriferro

Con riferimento al punto 4.1.6.1.3 delle NTC, al fine della protezione delle armature dalla corrosione il valore minimo dello strato di ricoprimento di calcestruzzo (copriferro) deve rispettare quanto indicato nella tabella C4.1.IV della Circolare 2.2.2019, riportata di seguito, nella quale sono distinte le tre condizioni ambientali di Tabella 4.1.III delle NTC.

			barre da c.a. elementi a piastra		barre da c.a. altri elementi		cavi da c.a.p elementi a piastra		cavi da c.a.p altri elementi	
Cmin	Co	ambiente	C \geq Co	Cmin \leq C $<$ Co	C \geq Co	Cmin \leq C $<$ Co	C \geq Co	Cmin \leq C $<$ Co	C \geq Co	Cmin \leq C $<$ Co
C25/30	C35/45	ordinario	15	20	20	25	25	30	30	35
C28/35	C40/50	aggressivo	25	30	30	35	35	40	40	45
C35/45	C45/55	molto ag.	35	40	40	45	45	50	50	50

Ai valori riportati nella tabella vanno aggiunte le tolleranze di posa, pari a 10 mm. Si riportano di seguito i copriferri adottati, determinati in funzione della classe del cls e delle condizioni ambientali.

	Ambiente	Copriferro minimo	Tolleranza di posa	Copriferro nominale
Struttura in elevazione	Ordinario	25	10	35
Lastre predalles	Ordinario	20	0	20
Fondazioni	Ordinario	25	10	35

In definitiva si prescrive che in fondazione il copriferro netto non deve essere inferiore a 40mm.

Si prescrive, inoltre, che in elevazione, tranne che per le lastre predalles, la distanza minimi dall'asse della barra al filo della carpenteria non deve essere inferiore a 50 mm.

Il valore complessivo del copriferro pari a 45 mm è costituito da 35 mm legato alle prestazioni della struttura in termini di durabilità a cui si sommano anteriori 10 mm per garantire una classe R120 nel locale GE e R90 nei restanti ambienti, operando in coerenza con le prescrizioni del D.M. 16 febbraio 2007 Classificazione di resistenza al fuoco di prodotti ed elementi costruttivi di opere da costruzione - Allegato D.

Prove sui materiali

La costruzione delle strutture dovrà essere eseguita nel rispetto delle specifiche d'istruzione tecnica FS 44/M - REV. A DEL 10/04/00.



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	14 di 57

7 TERRENO DI FONDAZIONE

Per le caratteristiche geotecniche del terreno di fondazione si assumono le condizioni indicate nella relazione geotecnica generale RS3Y01D10GEOC0001001.



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	15 di 57

8 ANALISI DEI CARICHI

Come prescritto dalle NTC2018, sono state considerate agenti sulla struttura le seguenti condizioni di carico elementari, combinate tra loro in modo da determinare gli effetti più sfavorevoli ai fini delle verifiche dei singoli elementi strutturali:

- peso proprio strutture;
- carichi permanenti non strutturali;
- sovraccarico variabile;
- azione sismica;
- azione del vento;
- azione della neve;
- variazioni termiche;
- effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli.

8.1 *Peso proprio strutture*

8.1.1 *Struttura principale in c.a.*

Per tutti gli elementi strutturali in c.a. si è assunto un peso di volume di 25 kN/m³.

Per quanto concerne invece il solaio di copertura a lastra predalles si è fatto riferimento alla seguente analisi dei carichi.

- Solaio di copertura

	m ²		1.2m ²	
Soletta superiore	1.25	1.2	1.5	
Nervature	2.08	1.2	2.5	
Soletta inferiore	1.25	1.2	1.5	
	tot			
G1	4.58	kN/m ²	5.50	kN/m



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	16 di 57

8.2 Carichi permanenti non strutturali

- Tamponamenti esterni

Il rivestimento esterno è ottenuto mediante pannelli di tamponamento prefabbricati in calcestruzzo di spessore pari a 20 cm (pannello a taglio termico) il cui peso si è assunto cautelativamente pari a **4.20 kN/m²**.

Il peso per unità di superficie moltiplicato per l'altezza totale del singolo pannello h=4.80 m, trascurando le eventuali aperture, è pari a 20.16 kN/m, che è il peso a metro lineare del pannello.

- Carichi permanenti non strutturali agenti in copertura

	m ²		1.2m ²	
Qacc	1.00	1.2	1.2	
Rivestimento in quadrotti	0.75	1.2	0.9	
Massetto delle pendenze	1.50	1.2	1.8	
Impermeabilizzazione con	0.20	1.2	0.24	
Strato di isolante sp.5cm e	0.05	1.2	0.06	
intonaco	0.30	1.2	0.36	
	tot			
G1	4.58	kN/m ²	5.50	kN/m
G2	2.80	kN/m ²	3.36	kN/m
Qacc	1.00	kN/m ²	1.20	kN/m

8.3 Sovraccarichi variabili

Il sovraccarico variabile in copertura è assunto pari a 0.50 kN/m² in quanto copertura accessibile per sola manutenzione.

8.4 Azione della neve

Le azioni della neve sono definite al capitolo 3.4 delle NTC2008. Il carico provocato dalla neve sulle coperture è definito dall'espressione seguente:

$$q_s = \mu_i C_e C_t q_{sk}$$

dove:

μ_i - Coefficiente di forma della copertura;

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC (FA01)- Relazione di calcolo	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D 10 RH	DOCUMENTO FA 01 00 001	REV. A

C_e - Coefficiente di esposizione;

C_t - Coefficiente termico;

q_{sk} - Valore di riferimento del carico neve al suolo.

Per la valutazione di q_{sk} si è fatto riferimento ad un sito posto in zona III, con altezza sul livello del mare pari a $a_s > 200m$ e assunta pari a 580 m s.l.m.m.:

$$q_{sk} = 1.25 \text{ kN/m}^2$$

Il fabbricato F01 ACC si trova ad altitudine 580 m.s.l.m.

Il coefficiente di esposizione C_e può essere utilizzato per modificare il valore del carico neve in copertura in funzione delle caratteristiche specifiche dell'area in cui sorge l'opera. Valori del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti in tabella 3.4.I. NTC2018. Per il caso in esame, essendo un tipologico, si assume $C_e = 1.0$.

Il coefficiente termico C_t può essere utilizzato per tener conto della riduzione del carico neve a causa dello scioglimento della stessa, causata dalla perdita di calore della costruzione. Tale coefficiente tiene conto delle proprietà di isolamento termico del materiale utilizzato in copertura. In assenza di uno specifico e documentato studio, deve essere utilizzato $C_t = 1.0$ (3.4.4 - NTC2008).

Il coefficiente di forma della copertura dipende dall'angolo di inclinazione della falda, i valori proposti dalla normativa vigente vengono riportati nella Tab.3.4.II (DM 14 Gennaio 2008):

Coefficiente di forma	$0^\circ \leq \alpha \leq 30^\circ$	$30^\circ < \alpha < 60^\circ$	$\alpha \geq 60^\circ$
μ_1	0,8	$0,8 \cdot \frac{(60 - \alpha)}{30}$	0,0

Nel caso in esame si ha $\alpha = 0^\circ$ circa, pertanto:

$$\mu_1 (0^\circ) = 0.8$$

Nel caso del fabbricato in esame, tuttavia, in virtù della tamoneratura aggettante di 1.10 m rispetto al piano finito della copertura, si deve assumere che la neve sia impedita di scivolare e pertanto

$$\mu_1 (0^\circ) = 1.0$$

Si assume una distribuzione uniforme del carico da neve per la copertura piana, quindi si ha:

$$q_s = 1 \cdot 1.25 \cdot 1.00 \cdot 1.00 = 1.25 \text{ kN/m}^2.$$

8.5 Azione del vento

Il vento, la cui direzione si considera generalmente orizzontale, esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici. Per le costruzioni usuali tali azioni sono convenzionalmente ricondotte alle azioni statiche equivalenti definite al punto 3.3.3 – NTC2018. Per il calcolo



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	18 di 57

dell'azione statica equivalente dovuta al vento, si è fatto riferimento alla zona 4, con altezza sul livello del mare pari $a_s < a_0 = 1000$ m e precisamente pari a 580 m.s.l.m.m.

Pressione del vento:

La pressione del vento, considerata come azione statica agente normalmente alle superfici, è data dall'espressione:

$$p = q_b \cdot c_e \cdot c_p \cdot c_d$$

dove

- q_b - Pressione cinetica di riferimento
- c_e - Coefficiente di esposizione
- c_p - Coefficiente di forma (o coefficiente aerodinamico)
- c_d - Coefficiente dinamico che si assume unitario.

Pressione cinetica di riferimento:

La pressione cinetica di riferimento q_b in (N/m²) è data dall'espressione:

$$q_b = \frac{1}{2} \cdot \rho \cdot v_b^2$$

dove:

- v_b - Velocità di riferimento del vento;
- ρ - Densità dell'aria assunta convenzionalmente costante e pari a 1.25 kg/m³.

In mancanza di indagini statistiche adeguate, la velocità di riferimento del vento $v_b(T_R)$ riferita ad un generico periodo di ritorno T_R può essere valutata, nel campo compreso tra 10 e 500 anni, con l'espressione:

$$V_b(T_R) = \alpha \cdot v_b$$

dove:

v_b - Velocità di riferimento del vento associata ad un periodo di ritorno di 50 anni;

α_R - Coefficiente posto in un diagramma in funzione di T_R espresso in anni;

Il periodo di ritorno T_R al quale si è fatto affidamento per la valutazione della velocità di riferimento del vento risulta pari a 100 anni (in accordo con il periodo di riferimento V_R della struttura).

Coefficiente di esposizione:

Il coefficiente d'esposizione c_e dipende dall'altezza z sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno, e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione. Per il caso in esame considerando zona 4, classe di rugosità del terreno D e categoria d'esposizione del sito II, il coefficiente di esposizione, risulta esplicitato nella tabella seguente.



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	19 di 57

z [m]	C _e
z ≤ 4	1.801
z = 5	1.929
z = 5	1.929

Coefficiente di pressione:

il coefficiente di pressione, per un'altezza massima del fabbricato di 5.00 m, risulta per la parete sopravento, sottovento e laterale risulta esplicitato nella tabella seguente. Cautelativamente si è assunto il rapporto h/d (longitudinale = 0.57 trasversale 0.18) che conduce alla massima azione di spinta per la singola parete.

Sopravento	laterali	Sottovento
$0.70+0.1 \cdot h/d$	-0.9	$-0.5-0.05 \cdot (h/d-1)$
0.757	-0.90	-0.459

Per quanto concerne la copertura si è assunto C_{Pe} = -0.8 e +- 0.20 in coerenza con le indicazioni di cui al C3.3.8.1.2

Coefficiente dinamico:

Il coefficiente dinamico tiene conto degli effetti riduttivi associati alla non contemporaneità delle massime pressioni locali e degli effetti amplificativi dovuti alla risposta dinamica della struttura. Esso è assunto cautelativamente pari ad 1.

Azione tangenziale del vento:

L'azione tangente per unità di superficie parallela alla direzione del vento è data dall'espressione:

$$p_f = q_b \cdot c_e \cdot c_f$$

dove:

q_b, c_e sono stati definiti precedentemente;



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	20 di 57

c_f - Coefficiente d'attrito, funzione della scabrezza della superficie sulla quale il vento esercita l'azione tangente.

Dati i coefficienti d'attrito riportati in tabella C3.3.I (Circolare 2009) si assume un valore di 0.02, relativo a superficie scabra (cemento a faccia scabra...). Pertanto sviluppando l'espressione relativa all'azione tangenziale del vento si ottiene un valore ampiamente trascurabile rispetto alle altre azioni in gioco.

<u>Azione Tangenziale Vento</u>		
q_b	0.53	kN/m ²
c_e	1.93	
c_f	0.02	
p_f	0.02	kN/m ²

Si riporta di seguito il prospetto delle caratteristiche assunte per la determinazione della pressione normale del vento secondo normativa:

<u>Azione Normale Vento</u>		
Zona	1	
a_s	580	m
a_0	500	m
$v_{b,0}$	28	m/s
K_s	0.36	1/s
$v_b(T_R)$	29.16	m/s
q_b	0.53	kN/m ²
Categoria di esposizione sito	II	
k_r	0.19	
z_0	0.05	m
z_{min}	4	m
$c_e(z_{min})$	1.801	
z (altezza costruzione sul suolo)	5.00	m
c_d	1	
$c_e(z)$	1.929	
α (Inclinazione copertura)	0	°
c_{p1} (Copertura)	- 0.80	
c_{p2} (Elementi Verticali - Sopravento) =	+ 0.757	
c_{p3} (Elementi Verticali - Sottovento) =	+ 0.459	
p_1 (Pressione vento in copertura)	- 0.82	kN/m ²
p_2 (Pressione vento elementi verticali - Sopravento)	+ 0.78	kN/m ²
p_3 (Pressione vento elementi verticali - Sottovento)	+ 0.47	kN/m ²

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
	Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC (FA01)- Relazione di calcolo	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D 10 RH	DOCUMENTO FA 01 00 001	REV. A

8.6 Variazioni termiche

Nel caso in cui la temperatura non costituisca azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura è consentito tener conto, per gli edifici, della sola componente ΔT_u , ricavandola direttamente dalla Tab. 3.5.II delle NTC 2018 che viene riportata nel seguito.

Nel caso in cui la temperatura costituisca, invece, azione fondamentale per la sicurezza o per la efficienza funzionale della struttura, l'andamento della temperatura T nelle sezioni degli elementi strutturali deve essere valutato più approfonditamente studiando il problema della trasmissione del calore.

Tabella 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

Tipo di struttura	ΔT_u
Strutture in c.a. e c.a.p. esposte	$\pm 15\text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in c.a. e c.a.p. protette	$\pm 10\text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio esposte	$\pm 25\text{ }^\circ\text{C}$
Strutture in acciaio protette	$\pm 15\text{ }^\circ\text{C}$

Nel caso in esame, si tiene conto della sola componente ΔT_u e in particolare si assume $\Delta T_u = \pm 10\text{ }^\circ\text{C}$ per tutta la struttura.

8.7 Effetti aerodinamici associati al passaggio dei convogli

In accordo con quanto previsto nelle "Istruzioni per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari" (Documento RFI n° RFIDTCICIPOSPINF001A) si considera l'effetto aerodinamico associato al passaggio dei treni. Tali prescrizioni si riscontrano anche al punto 5.2 della NTC2008 relativo ai ponti ferroviari. Le azioni possono essere schematizzate mediante carichi equivalenti agenti nelle zone prossime alla testa ed alla coda del treno, il cui valore viene determinato con riferimento alla seguente situazione:

- Superfici verticali parallele al binario (5.2.2.7.1 – NTC2018):

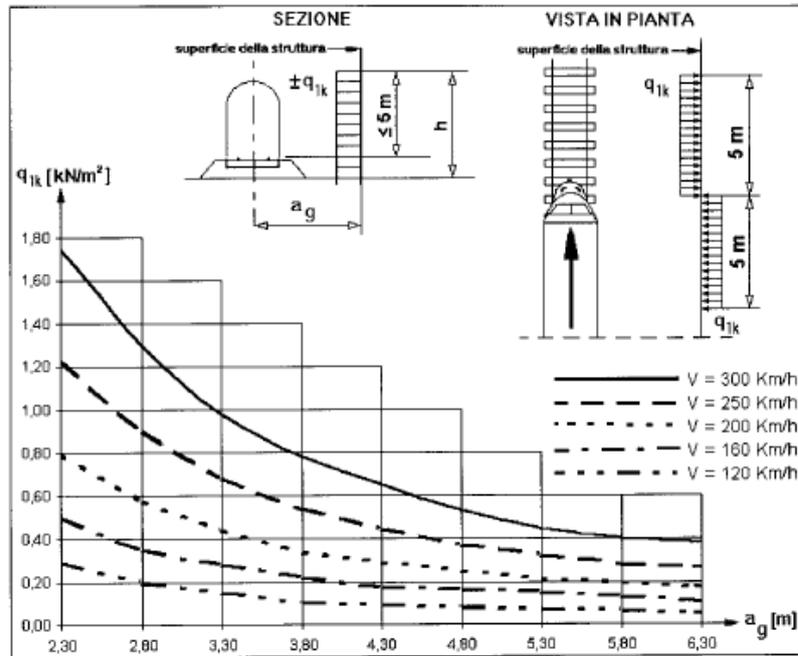
il valore caratteristico dell'azione $\pm q_{1k}$ agente ortogonalmente alla superficie verticale di facciata del fabbricato viene valutato in funzione della distanza a_g dall'asse del binario più vicino. Nel caso in esame

$$a_g = 5.00\text{ m};$$

a tale valore di a_g corrisponde il seguente valore dell'azione q_{1k} prodotta dal passaggio del convoglio, calcolata secondo quanto riportato nella figura seguente in base alla velocità $V = 60\text{ km/h}$ e con riferimento a treni con forme aerodinamiche sfavorevoli (a vantaggio di sicurezza):

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	22 di 57



Si considera trascurabile la suddetta azione.

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC (FA01)- Relazione di calcolo	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D 10 RH	DOCUMENTO FA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 23 di 57

8.8 Azione sismica

Per la definizione dell'azione sismica sono necessarie delle valutazioni preliminari relative alle seguenti caratteristiche proprie della costruzione (2.4 – NTC2018):

- Vita Nominale (V_N);
- Classe d'uso (C_u);
- Periodo di Riferimento (V_R).

Si attribuisce una vita nominale $V_N = 75$ anni e la classe d'uso IV con coefficiente d'uso $C_u=2.0$, in conformità ai seguenti riferimenti normativi:

- DM 14/01/2018 par. 2.4;
- Circ. 21/01/2019, n. 7 par. C2.4.1 e C2.4.2;
- Decreto 21/10/2003 P.C.M. Dipartimento della Prot. Civile (all.1);
- "Istruzione per la progettazione e l'esecuzione dei ponti ferroviari" (rif. RFI-DTC-ICI-PO-SP-INF-001-A) par. 1.1.

Il periodo di riferimento da considerare per il calcolo dell'azione sismica sarà quindi $V_R = C_u \times V_N = 150$ anni.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, ai sensi dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g , nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente, con riferimento a prefissata probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R (3.2 – NTC2018).

La normativa NTC2018 definisce le forme spettrali, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- a_g – Accelerazione orizzontale massima al sito;
- F_0 – Valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- TC^* - Periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può far riferimento a un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento (Tab. 3.2.II e 3.2.III – NTC2018).

Il terreno su cui insiste la costruzione è stato assimilato ad un sottosuolo di *categoria B*.

Nel caso in esame si può assumere una categoria topografica T_1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

Lo spettro di risposta elastico in accelerazione è espresso da una forma spettrale (spettro normalizzato) riferita ad uno smorzamento convenzionale del 5%, moltiplicata per il valore dell'accelerazione orizzontale massima a_g su sito di riferimento rigido orizzontale. Sia la forma spettrale che il valore di a_g variano al variare della probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	24 di 57

Lo spettro di risposta elastico orizzontale è descritto dalle seguenti espressioni, riportate al punto 3.2.3.2.1 – NTC2018:

$$0 \leq T \leq T_B \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \cdot \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right]$$

$$T_B \leq T < T_C \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0$$

$$T_C \leq T < T_D \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right)$$

$$T_D \leq T \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)$$

Poiché il fabbricato è dotato di solai e travi in c.a. che presentano luce inferiore a 20 m, non è stata considerata la componente verticale dell'azione sismica, come stabilito al punto 7.2.2 delle NTC2018.

Agli stati limite ultimi le capacità dissipative delle strutture possono essere considerate attraverso una riduzione delle forze elastiche, tenendo conto in modo semplificato della capacità dissipativa anelastica della struttura, della sua sovrarresistenza, dell'incremento del suo periodo proprio a seguito delle plasticizzazioni.

In tal caso lo spettro di progetto da utilizzare, sia per le componenti orizzontali, sia per la componente verticale, è lo spettro elastico corrispondente riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} considerata con le ordinate ridotte sostituendo nelle formule 3.2.4 - NTC2018 η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura.

Il valore del fattore di struttura q da utilizzare per ciascuna direzione dell'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. Esso può essere calcolato mediante la seguente espressione:

$$q = q_0 \cdot K_R$$

dove:

q_0 è il valore massimo del fattore di struttura

K_R è un fattore che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione.

Un problema importante è la scelta del valore base del coefficiente di comportamento q_0 , che risulta legato alla tipologia strutturale ed al livello di duttilità attesa. Osservando le tipologie strutturali riportate al punto 7.3.1 – NTC2018 si evince che l'edificio in esame può essere riconducibile ad un sistema a telaio.

Per quanto riguarda il livello di duttilità attesa, si stabilisce di progettare il fabbricato in accordo con un comportamento strutturale dissipativo caratterizzato da Classe di Duttilità bassa (CD" B").

La struttura risulta regolare in altezza, ma non regolare in pianta, in quanto il rapporto tra i lati dell'edificio è maggiore di 4: $B/L = 4,9$. per il calcolo di $au / \alpha 1$ si deve fare una media tra 1,00 e il valore riportato nella tabella Tab. 7.4.I delle NTC08.

Si definisce:



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	25 di 57

$$\alpha_u / \alpha_1 = 1.05$$

Pertanto il fattore di struttura al quale si può fare riferimento per la definizione dello spettro di progetto è:

$$q = 3.15$$

Tuttavia dal momento che un tale valore determinerebbe dei valori dell'ordinata spettrale SLV leggermente inferiori ai corrispondenti valori SLD, si considera un valore di q ridotto:

$$q = 3.00$$

Per gli stati limite di esercizio lo spettro di progetto da utilizzare è lo spettro elastico corrispondente, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR} .

Per una costruzione di Classe IV, devono essere effettuate le verifiche riportate nella seguente tabella, estrapolata dalla tabella 7.3.III:

Stato limite	Descrizione della prestazione
SLO	Contenimento del danno degli elementi non strutturali (spostamenti di interpiano)
SLD	Resistenza degli elementi strutturali
SLV	Resistenza delle strutture
	Duttilità delle strutture
	Assenza di collasso fragile ed espulsione di elementi non strutturali

Per i fabbricati tecnologici in progetto, gli spettri di risposta di progetto agli stati limite SLO, SLD e SLV sono riportati nelle figure seguenti.



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	26 di 57

Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition

Function Name: SLO_Cisternazzi

Function Damping Ratio: 0,05

Parameters

- ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
- ag, F0 and Tc* - by Island
- ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree): 14,6869
 Site Latitude (degree): 36,9036
 Island Name:
 Limit State: SLO
 Usage Class: IV
 Nominal Life: 75,
 Peak Ground Acc., ag/g: 0,0679
 Magnification Factor, F0: 2,5101
 Reference period, Tc*: 0,285
 Spectrum Type: Design Horizo
 Soil Type: B
 Topography: T1
 h/H ratio: 1,
 Spectrum Period, Tb: 0,1343
 Spectrum Period, Tc: 0,403
 Spectrum Period, Td: 1,8716
 Damping Percentage, Xi:
 Behavior Factor, q: 1,

Define Function

Period	Acceleration
0,	0,0815
0,1343	0,2045
0,403	0,2045
0,503	0,1639
0,603	0,1367
0,703	0,1172
0,803	0,1026
0,903	0,0913

Function Graph

Display Graph: 0.0,0.0

OK Cancel

Convert to User Defined



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
 P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
 LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
 (FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	27 di 57

Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition

Function Name: SLD_Cisternazzi

Function Damping Ratio: 0,05

Parameters

- ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
- ag, F0 and Tc* - by Island
- ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree): 14,6869

Site Latitude (degree): 36,9036

Island Name: [Dropdown]

Limit State: SLD [Dropdown]

Usage Class: IV [Dropdown]

Nominal Life: 75,

Peak Ground Acc., ag/g: 0,0977

Magnification Factor, F0: 2,3623

Reference period, Tc*: 0,3218

Spectrum Type: Design Horizo [Dropdown]

Soil Type: B [Dropdown]

Topography: T1 [Dropdown]

h/H ratio: 1,

Spectrum Period, Tb: 0,148

Spectrum Period, Tc: 0,4441

Spectrum Period, Td: 1,9908

Damping Percentage, Xi: [Input]

Behavior Factor, q: 1,

Define Function

Period	Acceleration
0,	0,1172
0,148	0,277
0,4441	0,277
0,5441	0,2261
0,6441	0,191
0,7441	0,1653
0,8441	0,1457
0,9441	0,1303

Function Graph

Display Graph: 0.0,0.0

OK Cancel

Convert to User Defined



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	28 di 57

Response Spectrum Italian NTC2018 Function Definition

Function Name: SLO_Cisternazzi **Function Damping Ratio:** 0,05

Parameters

ag, F0 and Tc* - by Latitude/Longitude
 ag, F0 and Tc* - by Island
 ag, F0 and Tc* User Specified

Site Longitude (degree): 14,6869
 Site Latitude (degree): 36,9036
 Island Name:
 Limit State: SLO
 Usage Class: IV
 Nominal Life: 75,
 Peak Ground Acc., ag/g: 0,0679
 Magnification Factor, F0: 2,5101
 Reference period, Tc*: 0,285
 Spectrum Type: Design Horizo
 Soil Type: B
 Topography: T1
 h/H ratio: 1,
 Spectrum Period, Tb: 0,1343
 Spectrum Period, Tc: 0,403
 Spectrum Period, Td: 1,8716
 Damping Percentage, Xi:
 Behavior Factor, q: 1,

Convert to User Defined

Define Function

Period	Acceleration
0,	0,0815
0,1343	0,2045
0,403	0,2045
0,503	0,1639
0,603	0,1367
0,703	0,1172
0,803	0,1026
0,903	0,0913

Add
Modify
Delete

Function Graph

Display Graph 0.0,0.0

OK Cancel

	LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI					
Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC (FA01)- Relazione di calcolo	COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D 10 RH	DOCUMENTO FA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 29 di 57

9 MODELLO STRUTTURALE E COMBINAZIONI DI CARICO

9.1 Considerazioni generali sul modello di calcolo

La struttura è stata modellata agli elementi finiti facendo riferimento ad un comportamento elastico lineare sia delle strutture in elevazione sia in fondazione. Il modello è stato realizzato ed analizzato con l'ausilio del programma di calcolo SAP2000 V15 della CSI. Gli elementi strutturali, travi e pilastri in elevazione e graticcio di travi rovesce in fondazione, sono stati schematizzati mediante elementi monodimensionali tipo *frame*. Essi presentano caratteristiche geometriche e meccaniche in accordo con le proprietà reali dei materiali e delle sezioni che li rappresentano. Ciascuna asta è stata posizionata in corrispondenza dell'asse baricentrico degli elementi strutturali.

L'analisi e le verifiche di sicurezza della struttura sono state condotte coerentemente con quanto indicato nel paragrafo §7.2.5 delle NTC18. In particolare è stato creato un primo modello della sola struttura in elevazione considerata incastrata alla base, utilizzato per il calcolo e la verifica di tutti gli elementi strutturali ad esclusione delle fondazioni e per il calcolo delle azioni trasmesse in fondazione. Il secondo modello comprende anche le strutture di fondazione impostando delle travi di fondazione a T rovescia interagenti con un suolo elastico.

Lo step del lavoro relativo al calcolo computazionale e alla definizione dell'output, in termini di caratteristiche di sollecitazione e deformazioni per i vari elementi strutturali, prevede un approccio preliminare basato sulla modellazione della struttura attraverso un processo di discretizzazione agli elementi finiti facendo riferimento ad un modello elastico. Gli elementi strutturali, travi e pilastri in elevazione e graticcio di travi rovesce in fondazione, sono stati schematizzati mediante elementi monodimensionali tipo *frame*. Essi presentano caratteristiche geometriche e meccaniche in accordo con le proprietà reali dei materiali e delle sezioni che li rappresentano. Ciascuna asta è stata posizionata in corrispondenza dell'asse baricentrico degli elementi strutturali.

L'analisi degli effetti dovuti all'azione sismica prevede la definizione delle masse strutturali partecipanti all'eccitazione dinamica dovuta al terremoto. Pertanto nel modello le masse strutturali coincidono con i carichi caratteristici permanenti strutturali e non strutturali (i carichi di esercizio dovuti alla manutenzione sono trascurati).

La presenza del solaio di copertura è stata modellata mediante un vincolo di diaframma al livello di copertura, oltre che con l'assegnazione dei carichi alle travi. Seguendo tale ipotesi di calcolo, le componenti di spostamento del singolo nodo di impalcato vengono riferite a quelle di un nodo master, coincidente con il centro di massa dell'impalcato. L'assegnazione dei carichi alle travi è stata effettuata sulla base della tessitura dei solai secondo il criterio della larghezza d'influenza. Agli elementi in elevazione è stato assegnato un carico termico, pari a quello riportato nell'analisi dei carichi. Nelle figure seguenti si riportano le rappresentazioni dei modelli della struttura, con l'indicazione della numerazione delle aste e dei nodi.

L'interazione tra terreno e struttura è stata studiata ipotizzando un comportamento elastico del terreno. L'intera struttura è vincolata a terra su un letto di molle alla Winkler la cui rigidità viene assegnata per unità di lunghezza di elemento. Il coefficiente di fondazione (Winkler) adottato nel modello è pari a $K = 100000 \text{ kN/m}^3$.

Seguono alcune immagini rappresentative del modello di calcolo:

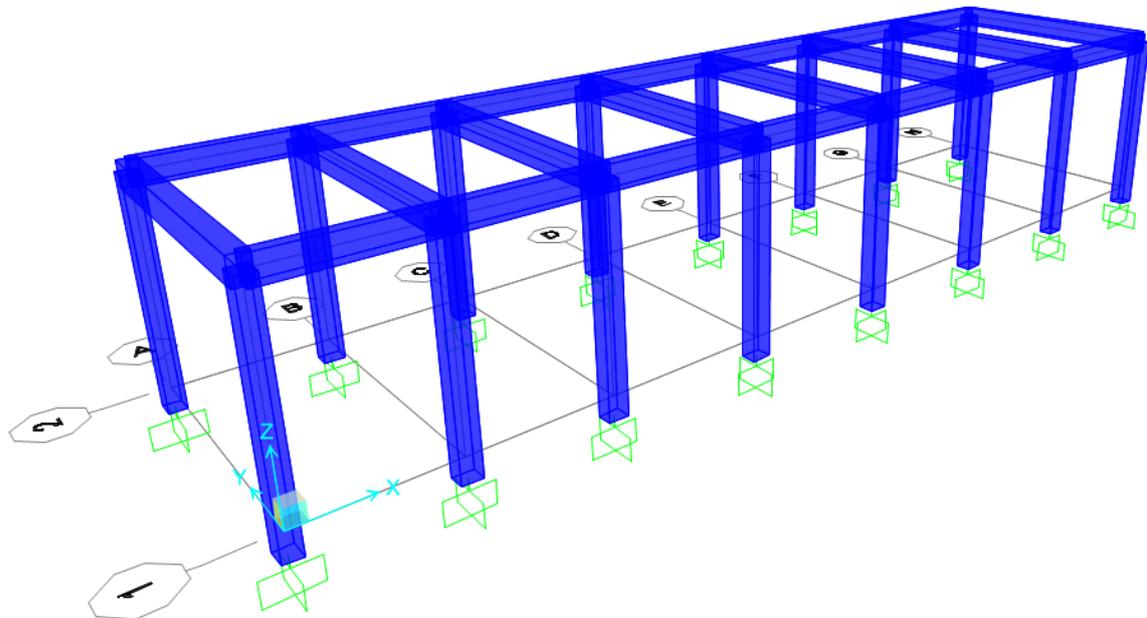


Figura 4 – Modello elevazione SAP – Vista assometrica

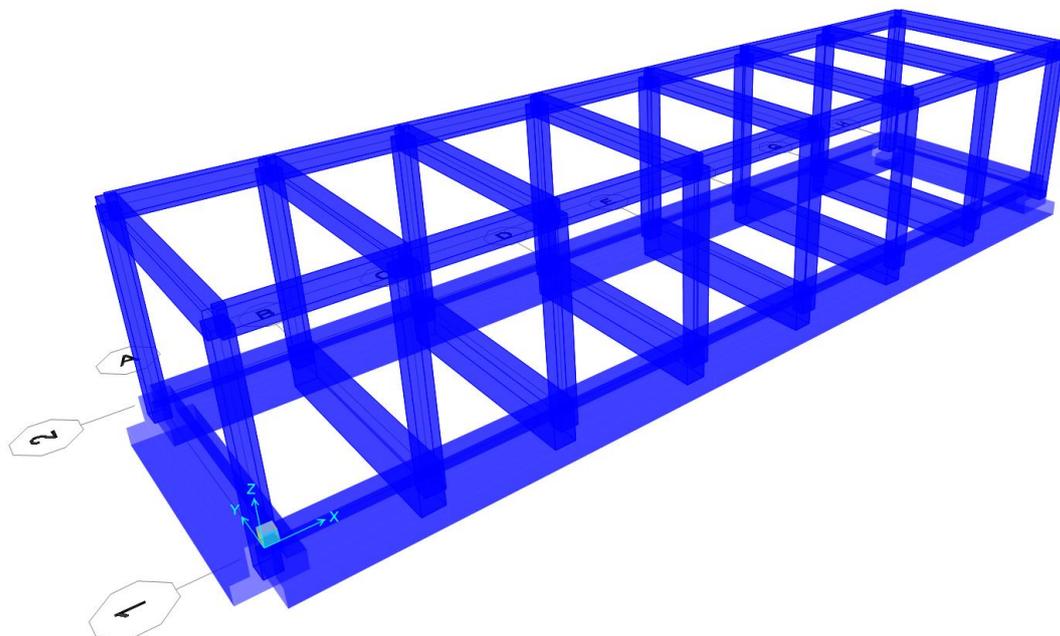


Figura 5 – Modello fondazioni SAP – Vista assometrica

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	31 di 57

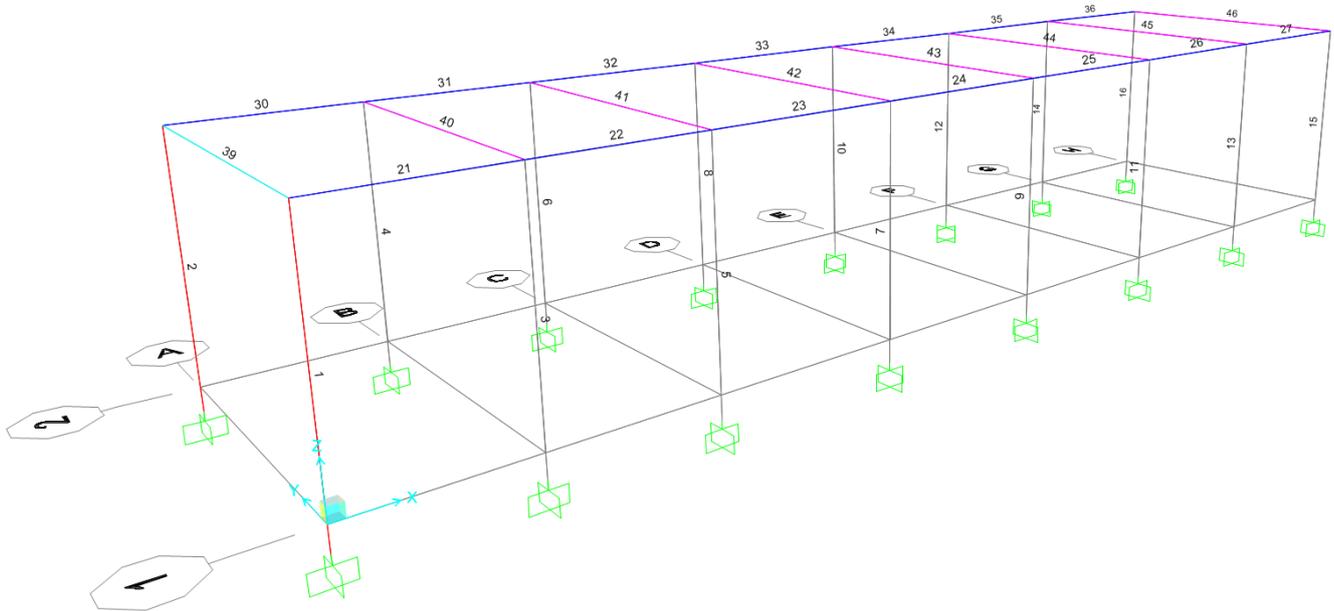


Figura 6 – Modello elevazione SAP – Numerazione aste

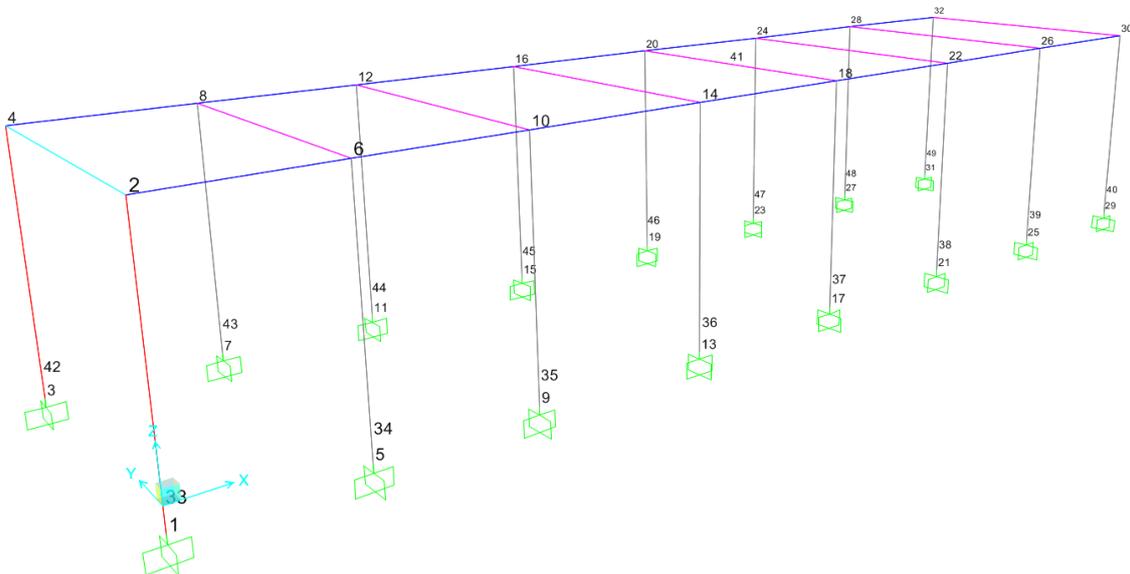


Figura 7 - Modello elevazione SAP – Numerazione nodi



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	32 di 57

9.2 Combinazioni delle azioni

Ai fini delle verifiche degli stati limite si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni (2.5.3 – NTC2008).

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (rara), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (frequente), generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione caratteristica (quasi permanente), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine (SLE):

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$$

- Combinazione sismica impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E:

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots$$

Dove:

- Azioni Permanenti (G);
- Azioni Variabili (Q);
- Azioni di Precompressione (P);
- Azioni Eccezionali (A);
- Azioni Sismiche (E);

Le combinazioni delle azioni che sono state adottate per lo SLU sono riportate nelle tabelle seguenti, indicando nella casella, corrispondente all'azione coinvolta, il moltiplicatore dei carichi in funzione della combinazione considerata.

Si precisa che, data la simmetria della struttura, si sono individuate le combinazioni delle azioni tali da risultare maggiormente gravose e sbilanciati per la costruzione in esame.

Per quanto concerne la combinazione delle altre azioni con l'azione sismica è necessario garantire il rispetto degli stati limite, quali definiti al punto 2.5.3 – NTC2018, effettuando opportune verifiche di sicurezza. Ciascuna di esse garantisce, per ogni stato limite, quindi per il corrispettivo livello di azione sismica, il raggiungimento di una data prestazione da parte della costruzione nel suo complesso.

Nel seguito vengono riportate le combinazioni di carico che sollecitano la struttura. Le combinazioni di carico sotto riportate fanno riferimento alle condizioni di carico elementari descritte nel paragrafo precedente.



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	33 di 57

SLU	1	2	3	4	5	6	7	8
	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5
	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovraccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)
Comb.1	1,3	1,3	1,5	0	1,5	0,9	0,9	
Comb.2	1,3	1,3	0,8	0	1,5	0,9	0,9	
Comb.3	1,3	1,3	1,5	0	0,75	1,5	0,9	
Comb.4	1,3	1,3	0,8	0	0,75	1,5	0,9	
Comb.5	1,3	1,3	1,5	1,5	0,75	0,9	0,9	
Comb.6	1,3	1,3	0,8	1,5	0,75	0,9	0,9	
Comb.7	1,3	1,3	1,5	0	0,75	0,9	1,5	
Comb.8	1,3	1,3	0,8	0	0,75	0,9	1,5	
Comb.9	1,3	1,3	1,5	0	1,5	0,9		0,9
Comb.10	1,3	1,3	0,8	0	1,5	0,9		0,9
Comb.11	1,3	1,3	1,5	0	0,75	1,5		0,9
Comb.12	1,3	1,3	0,8	0	0,75	1,5		0,9
Comb.13	1,3	1,3	1,5	1,5	0,75	0,9		0,9
Comb.14	1,3	1,3	0,8	1,5	0,75	0,9		0,9
Comb.15	1,3	1,3	1,5	0	0,75	0,9		1,5
Comb.16	1,3	1,3	0,8	0	0,75	0,9		1,5

Tabella 1 – Combinazioni di carico allo Stato Limite Ultimo

SLV	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5	E	E
	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovraccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA A (+)	TERMICA A (-)	Sisma Y SLV	Sisma X SLV
Comb. 1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0.3
Comb. 2	1	1	1	0	0	0	0	0	0.3	1

Tabella 2 – Combinazioni di carico allo Stato Limite Salvaguardia della Vita

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
 (FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	34 di 57

SLO	1	2	3	4	5	6	7	8	13	14
	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5	E	E
	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovraccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)	SismaY SLO	SismaX SLO
Comb.1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0.3
Comb.2	1	1	1	0	0	0	0	0	0.3	1

Tabella 3 – Combinazioni di carico allo Stato Limite di Operatività

SLD	1	2	3	4	5	6	7	8	11	12
	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5	E	E
	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovraccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)	SismaY SLD	SismaX SLD
Comb.1	1	1	1	0	0	0	0	0	1	0.3
Comb.2	1	1	1	0	0	0	0	0	0.3	1

Tabella 4 – Combinazioni di carico allo Stato Limite di Danno

SLE RARA	1	2	3	4	5	6	7	8
	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5
	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovraccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)
Comb.1	1	1	1	0	1	0,6	0,6	
Comb.2	1	1	1	0	0,5	1	0,6	
Comb.3	1	1	1	1	0,5	0,6	0,6	
Comb.4	1	1	1	0	0,5	0,6	1	
Comb.5	1	1	1	0	1	0,6		0,6
Comb.6	1	1	1	0	0,5	1		0,6
Comb.7	1	1	1	1	0,5	0,6		0,6
Comb.8	1	1	1	0	0,5	0,6		1

Tabella 5 – Combinazioni di carico allo Stato Limite Esercizio - Rara



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	35 di 57

SLE FREQUENTE	1	2	3	4	5	6	7	8
	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5
	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovraccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)
Comb.1	1	1	1	0	0,2	0	0	
Comb.2	1	1	1	0	0	0,2	0	
Comb.3	1	1	1	0	0	0	0	
Comb.4	1	1	1	0	0	0	0,5	
Comb.5	1	1	1	0	0	0		0,5

Tabella 6 – Combinazioni di carico allo Stato Limite Esercizio - Frequente

SLE QUASI PERMANENTE	1	2	3	4	5	6	7	8
	G1	G1	G2	Qk1	Qk2	Qk3	Qk4	Qk5
	Peso Proprio	Peso proprio Solaio	Perm. Non strutturali	Sovraccarichi accidentali - CATEGORIA H	Variabile Neve	Variabile Vento	TERMICA (+)	TERMICA (-)
Comb.1	1	1	1	0	0	0	0	0

Tabella 7 – Combinazioni di carico allo Stato Limite Esercizio – Quasi Permanente

9.3 Risultati delle analisi

È stata condotta un'analisi modale con condensazione di piano, di cui di seguito si riportano i risultati maggiormente significativi.

TABLE: Modal Participating Mass Ratios								
OutputCase	StepType	StepNum	Period	UX	UY	UZ	SumUX	SumUY
Text	Text	Unitless	Sec	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless	Unitless
MODAL	Mode	1	0.461721	0%	95%	0%	0%	95%
MODAL	Mode	2	0.371061	96%	0%	0%	96%	95%
MODAL	Mode	3	0.168292	0%	1%	0%	0.95546	0.95536
MODAL	Mode	4	0.012942	0%	0%	17%	0.95546	0.95536

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC (FA01)- Relazione di calcolo			COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D 10 RH	DOCUMENTO FA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 36 di 57
MODAL	Mode	5 0.012911	0%	0%	0%	0.95546	0.95536	
MODAL	Mode	6 0.012859	0%	0%	30%	0.95546	0.95536	
MODAL	Mode	7 0.012829	0%	0%	0%	0.95546	0.95536	
MODAL	Mode	8 0.012695	0%	0%	1%	0.95546	0.95536	
MODAL	Mode	9 0.012657	0%	0%	0%	0.95546	0.95536	
MODAL	Mode	10 0.012607	0%	0%	7%	0.95546	0.95536	
MODAL	Mode	11 0.012572	0%	0%	0%	0.95546	0.95536	
MODAL	Mode	12 0.012219	0%	0%	5%	0.95546	0.95536	

Tabella 8 – SAP2000 - Risultati analisi modale

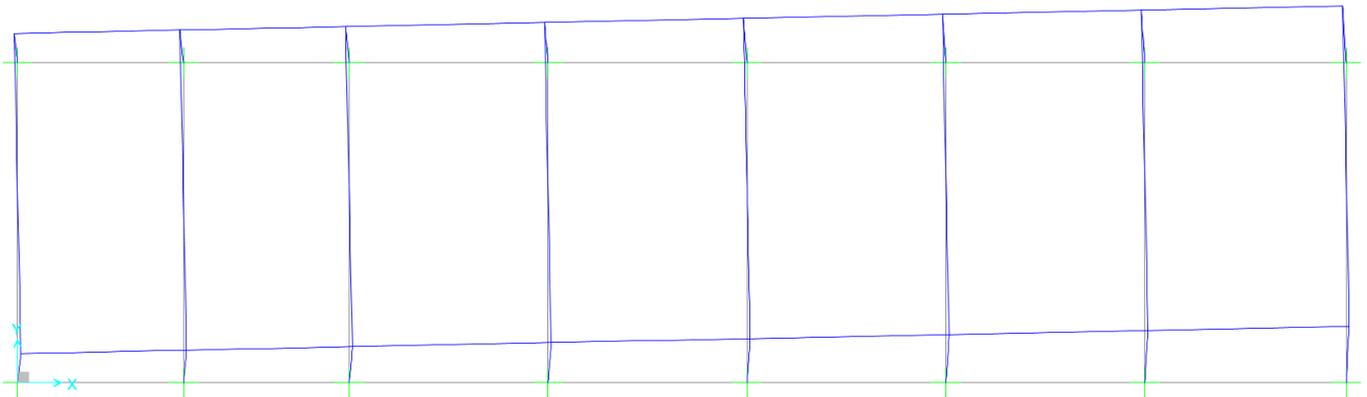


Figura 8 – SAP2000 - Analisi modale – Modo di vibrare n.1 – traslazione pura lungo y

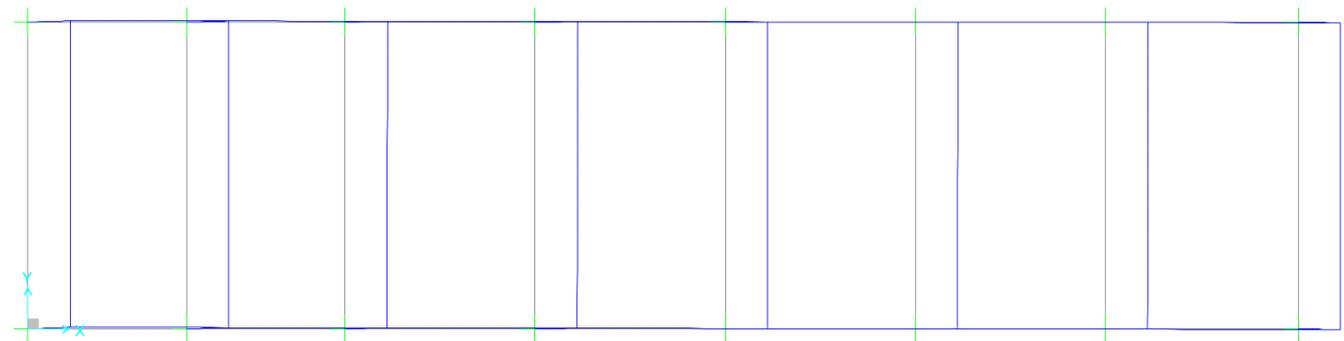


Figura 9 – SAP2000 - Analisi modale – Modo di vibrare n.2 – traslazione pura lungo x



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	37 di 57

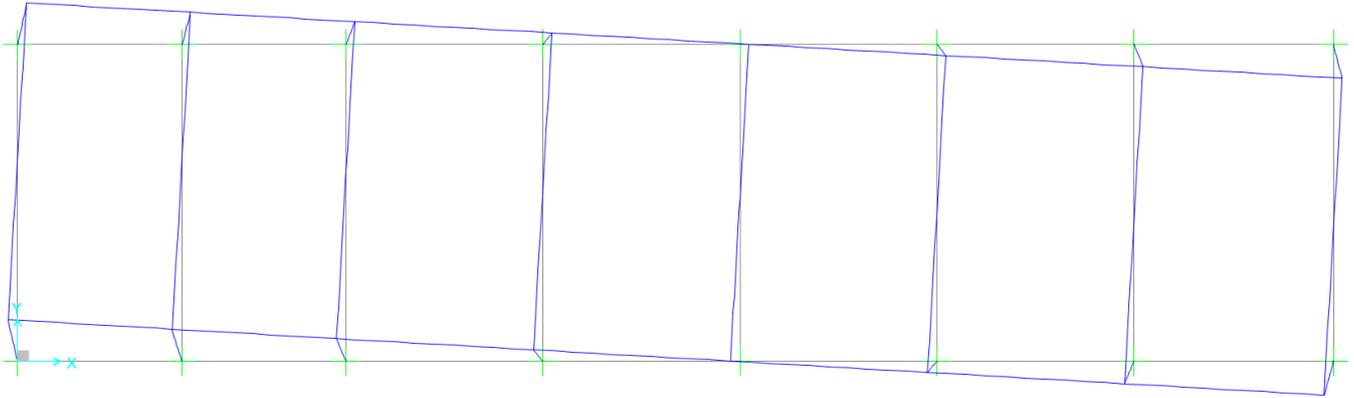


Figura 10 – SAP2000 - Analisi modale – Modo di vibrare n. 3 - torsione



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	38 di 57

10 VERIFICHE STRUTTURALI

Di seguito si riportano le verifiche relative agli elementi strutturali principali della struttura.

Si considereranno le sollecitazioni di calcolo, per l'elemento maggiormente sollecitato, in corrispondenza della sezione d'appoggio e della sezione di campata (convenzione sui segni: compressione negativa (-), momento flettente che tende le fibre superiori negativo (-)).

Verranno considerate le sollecitazioni minime e massime per gli SLU, SLV, SLD, SLE rara, SLE frequente e SLE quasi permanente.

Stati Limite Ultimi

La verifica agli Stati Limite Ultimi sugli elementi viene condotta calcolando il momento resistente massimo della sezione in presenza o meno di sforzo assiale di compressione. Il calcolo si basa sull'assunzione dei diagrammi di calcolo a tensione-deformazione del calcestruzzo e dell'acciaio previsti dalla normativa.

Con riferimento alla sezione presso inflessa, sotto rappresentata assieme ai diagrammi di deformazione e di sforzo così come dedotti dalle ipotesi e dai modelli $\sigma - \epsilon$ di definiti ai paragrafi 4.1.2.1.2.2 e 4.1.2.1.2.3 del D.M.14/01/18, la verifica di resistenza (SLU) si esegue controllando che:

$$M_{Rd} = M_{Rd}(N_{Ed}) \geq M_{Ed}$$

dove:

N_{Ed} è il valore di calcolo della componente assiale (sforzo normale) dell'azione;

M_{Rd} è il valore di calcolo del momento resistente corrispondente a N_{Ed} ;

M_{Ed} è il valore di calcolo della componente flettente dell'azione.

Per la verifica nello stato limite ultimo a taglio si valuta inizialmente la resistenza V_{Rd1} dell'elemento privo di armatura trasversale. Qualora risulti inferiore alla sollecitazione di taglio V_{Ed} agente nella sezione, si predispone un'armatura trasversale e si valuta il taglio resistente V_{Rd} dell'elemento ricorrendo alla schematizzazione a traliccio ideale.

Per gli elementi senza armature trasversali resistenti a taglio la resistenza si valuta con l'espressione 4.1.14 delle DM14.01.18 di seguito riportata

$$V_{Rd} = \left\{ 0,18 \cdot k \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} / \gamma_c + 0,15 \cdot \sigma_{cp} \right\} \cdot b_w \cdot d \geq (v_{\min} + 0,15 \cdot \sigma_{cp}) \cdot b_w \cdot d$$

in cui

$$k = 1 + (200/d)^{0.5} \leq 2$$

$$v_{\min} = 0.035 k^{3/2} f_{ck}^{0.5}$$

d altezza utile della sezione

$r_l = A_{sl} / (b_w d)$ rapporto geometrico di armatura longitudinale (≤ 0.02)

$\sigma_{cp} = N_{Ed} / A_c$ tensione media di compressione nella sezione ($\leq 0.2 f_{cd}$) assunta pari a 0



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	39 di 57

bw larghezza sezione

Per gli elementi dotati di specifica armatura a taglio la verifica di resistenza diventa

$$V_{Rd} \geq V_{Ed}$$

La resistenza a taglio della trave è pari a

$$V_{Rd} = \min (V_{Rsd}; V_{Rcd})$$

in cui con riferimento all'armatura trasversale, la resistenza di calcolo a "taglio trazione" è pari a

$$V_{Rsd} = 0.9 \cdot d \cdot \frac{A_{sw}}{s} \cdot f_{yd} \cdot (ctg \alpha + ctg \theta) \cdot \sin \alpha$$

E con riferimento al calcestruzzo d'anima, la resistenza di calcolo a "taglio compressione" si calcola con

$$V_{Rcd} = 0.9 \cdot d \cdot b_w \cdot \alpha_c \cdot f'_{cd} \cdot \frac{(ctg \alpha + ctg \theta)}{(1 + ctg^2 \theta)}$$

dove d, b_w e σ_{cp} hanno il significato già visto e inoltre si è posto:

A_{sw} area dell'armatura trasversale;

s interasse tra due armature trasversali consecutive;

α angolo di inclinazione dell'armatura trasversale rispetto all'asse della trave;

f'cd resistenza a compressione ridotta del calcestruzzo d'anima (f'cd = 0,5 fcd);

αc coefficiente maggiorativo assunto pari a 1

L'inclinazione θ dei puntoni di calcestruzzo rispetto all'asse della trave deve rispettare i limiti seguenti: 1 ≤ ctg θ ≤ 2,5.

Stati Limite di Esercizio

Le verifiche nei confronti degli stati limite di esercizio degli elementi strutturali si effettuano in termini di:

- verifica di fessurazione;
- verifica delle tensioni di esercizio.

a) Verifiche di fessurazione:

Per assicurare la funzionalità e la durata della struttura è necessario:

- realizzare un sufficiente ricoprimento delle armature con calcestruzzo di buona qualità e compattezza, bassa porosità e bassa permeabilità;
- non superare uno stato limite di fessurazione adeguato alle condizioni ambientali, alle sollecitazioni ed alla sensibilità delle armature alla corrosione;
- tener conto delle esigenze estetiche.



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	40 di 57

Avendo adottato acciai ordinari si rientra nel gruppo di armature poco sensibili alla corrosione. Pertanto sulla base della tabella 4.1.IV – NTC2018 è possibile definire lo stato limite di fessurazione in funzione delle condizioni ambientali (ordinarie) e dell'armatura (poco sensibile), prendendo in considerazione le combinazioni quasi permanenti e frequenti. Nel caso in esame lo stato limite di fessurazione da considerare è lo *stato limite di apertura delle fessure*. La verifica consiste nell'accertarsi che il valore di calcolo di apertura delle fessure (w_d) non supera il valore limite fissato per la combinazione considerata. In particolare:

- per la combinazione di carico frequente bisogna accertarsi che risulti: $w_d < w_3 = 0.4$ mm;
- per la combinazione di carico quasi permanente bisogna accertarsi che risulti: $w_d < w_2 = 0.3$ mm.

b) Verifiche delle tensioni di esercizio:

Per completare il quadro delle verifiche agli stati limite di esercizio (SLE) è necessario controllare le tensioni di esercizio, in accordo con quanto riportato al punto 4.1.2.2.5 delle NTC2008. In particolare bisogna verificare che:

- Per il calcestruzzo compresso:

$$\sigma_c < 0.60 f_{ck} \quad (\text{per combinazione caratteristica rara});$$

$$\sigma_c < 0.45 f_{ck} \quad (\text{per combinazione quasi permanente});$$

- Per l'acciaio:

$$\sigma_s < 0.80 f_{yk} \quad (\text{per combinazione caratteristica rara}).$$

Di seguito si riportano le tensioni di esercizio determinate in corrispondenza della combinazione che produce il valore di tensione più gravoso distinguendo tra combinazioni rare e quasi permanenti. Dalle tabelle seguenti, nelle quali accanto a ciascun valore di tensione viene indicato il corrispondente valore limite, si evince che le verifiche delle tensioni di esercizio risultano soddisfatte.

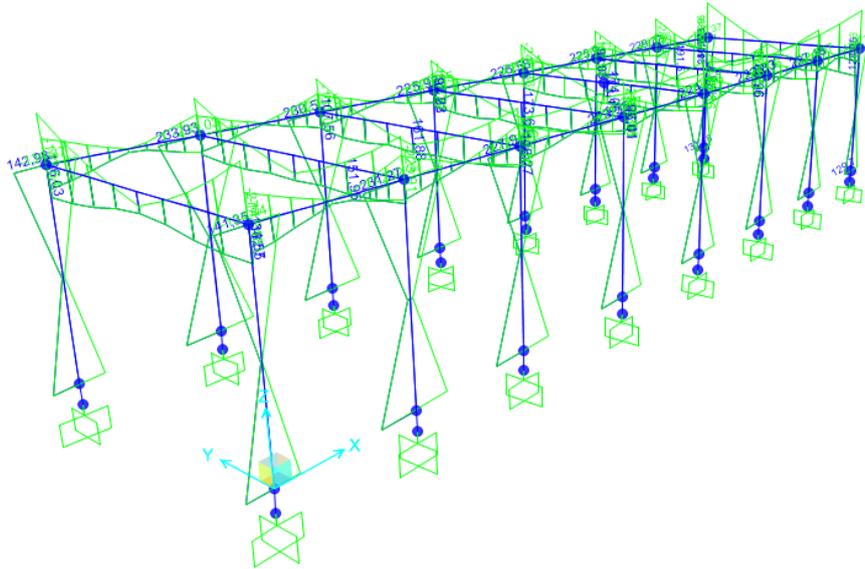


Figura 13 – SAP2000 – INV SLU/SLV – Sollecitazione di flessione

10.2 Solaio di copertura

Si prevede di realizzare l'impalcato di copertura utilizzando lastre prefabbricate tipo predalles, creando un solaio di spessore 4+14+4, la cui sezione tipica è riportata nella figura seguente.

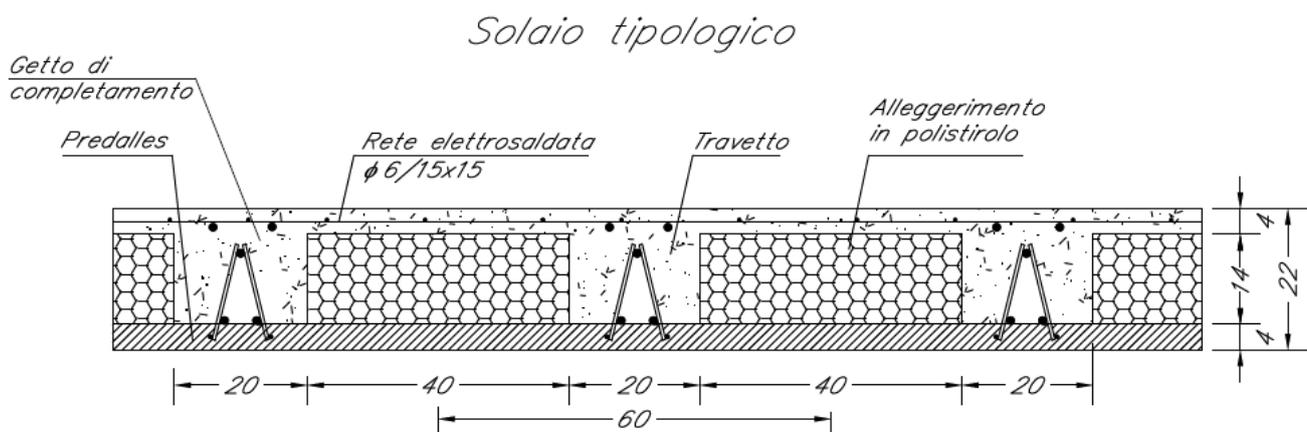


Figura 14 – Solaio copertura – Sezione tipica

I carichi agenti sono quelli riportati nel paragrafo §**Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** della presente relazione.



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

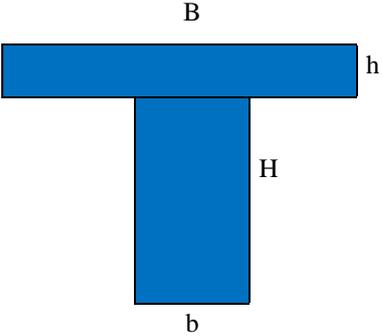
Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	43 di 57

Di seguito sono riportati nel dettaglio i calcoli e le verifiche condotte per i solai, con riferimento a ciascuno schema di calcolo significativo.

Il solaio si considera, a vantaggio di sicurezza, come una trave semplicemente appoggiata, con campata di luce pari a $L_{max} = 4.25$ m. Con riferimento all'analisi dei carichi, di seguito si riportano le caratteristiche di sollecitazioni significative. La verifica viene condotta in riferimento al singolo travetto (interasse $i = 0.60$ m).

Si considera agente il peso proprio dell'intero solaio e il carico della neve e il sovraccarico variabile. Lo schema è quello di trave semplicemente appoggiata per il dimensionamento della sezione in campata e di trave doppiamente incastrata per le sezioni di appoggio.

Geometria travetto					
b =	20	cm	base inferiore		
B =	60	cm	base superiore		
h =	4	cm	altezza soletta		
H =	18	cm	altezza travetto (senza sol)		
Af' =	6.03	cmq	Area armatura superiore	3D16	
Af =	6.03	cmq	Area armatura inferiore	3D16	
d' =	3	cm	copriferro arm superiore (da bordo sup)		
d =	5	cm	copriferro arm inferiore (da bordo inf)		
Rck	37	N/mmq	Classe CLS		
Es =	210000	MPa	modulo di elasticità acciaio		
Ec =	32588	MPa	modulo di elasticità cls		
					
Aalisi dei carichi					
Q =	0.5	kNm^2			
	$\psi_0 =$	0.5			
	$\psi_1 =$	0.2			
	$\psi_2 =$	0			
G1 =	3.2	kNm^2		Schema statico	
G2 =	2.6	kNm^2		1. Trave doppio appoggio carico uniforme	
I =	60	cm		2. Trave doppio appoggio momento all'estremità	
L =	425	cm			
q,slu =	8.8	kN/m			
q,sle,rara =	6.3	kNm			
Sollecitazioni in campata					

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	44 di 57

Mslu = 19.9 kNm

Msle = 14.2 kNm

Sollecitazioni appoggi

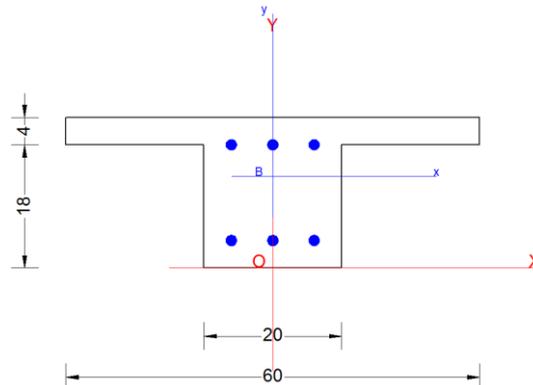
Mslu = -13.2 kNm

Vslu = 18.7 kNm

Verifiche di resistenza SLU

			arm. Sup	arm. Inf		
Mrd+	40.55	kNm	3φ16	3φ16	Verificato	Campata
Mrd-	-35.71	kNm	3φ16	3φ16	Verificato	Appoggio
Vrd	34.09	kN	3φ16	3φ16	Verificato	Appoggio

Tabella 9 – Solaio copertura



CARATTERISTICHE DI RESISTENZA DEI MATERIALI IMPIEGATI

CALCESTRUZZO -	Classe:	C30/37
	Resistenza compress. di progetto fcd:	17.40 MPa
	Deform. unitaria max resistenza ec2:	0.0020
	Deformazione unitaria ultima ecu:	0.0035
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Parabola-Rettangolo
	Modulo Elastico Normale Ec:	33019.0 MPa
	Resis. media a trazione fctm:	2.940 MPa
	Coeff.Omogen. S.L.E.:	15.00
Sc limite S.L.E. comb. Rare:	18.426 MPa	
ACCIAIO -	Tipo:	B450C
	Resist. caratt. a snervamento fyk:	450.00 MPa
	Resist. caratt. a rottura ftk:	450.00 MPa
	Resist. a snerv. di progetto fyd:	391.30 MPa
	Resist. ultima di progetto ftd:	391.30 MPa
	Deform. ultima di progetto Epu:	0.068
	Modulo Elastico Ef:	200000.0 MPa
	Diagramma tensioni-deformaz.:	Bilineare finito
Coeff. Aderenza istant. β1*β2:	1.00	
Coeff. Aderenza differito β1*β2:	0.50	



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	45 di 57

Comb.Rare - Sf Limite: 360.00 MPa

CARATTERISTICHE GEOMETRICHE ED ARMATURE SEZIONE

Base rett. inf.:	20.0	cm
Altezza rett. inf.:	18.0	cm
Base rett. sup.:	60.0	cm
Altezza rett. sup.:	4.0	cm
Barre inferiori:	3Ø16	(6.0 cm ²)
Barre superiori:	3Ø16	(6.0 cm ²)
Coprif.Inf.(dal baric. barre):	4.0	cm
Coprif.Sup.(dal baric. barre):	4.0	cm
Coprif.Lat. (dal baric.barre):	4.0	cm

CALCOLO DI RESISTENZA - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (posit. se di compress.)
Mx	Momento flettente [kNm] intorno all'asse x baric. della sezione con verso positivo se tale da comprimere il lembo sup. della sezione
VY	Taglio [kN] in direzione parallela all'asse Y del riferim. generale
MT	Momento torcente [kN m]

N°Comb.	N	Mx	Vy	MT
1	0.00	19.90	0.00	0.00
2	0.00	-13.20	18.70	0.00

COMB. RARE (S.L.E.) - SFORZI PER OGNI COMBINAZIONE ASSEGNATA

N	Sforzo normale [kN] applicato nel baricentro (positivo se di compress.)
Mx	Coppia [kNm] applicata all'asse x baricentrico (tra parentesi il Momento di fessurazione) con verso positivo se tale da comprimere il lembo superiore della sezione

N°Comb.	N	Mx
1	0.00	14.20

RISULTATI DEL CALCOLO

Sezione verificata per tutte le combinazioni assegnate

Copriferro netto minimo barre longitudinali:	3.2	cm
Interferro netto minimo barre longitudinali:	4.4	cm
Copriferro netto minimo staffe:	3.2	cm

VERIFICHE DI RESISTENZA IN PRESSO-TENSO FLESSIONE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
N	Sforzo normale baricentrico assegnato [kN] (positivo se di compressione)
Mx	Momento flettente assegnato [kNm] riferito all'asse x baricentrico
N Ult	Sforzo normale alla massima resistenza [kN] nella sezione (positivo se di compress.)
Mx rd	Momento resistente ultimo [kNm] riferito all'asse x baricentrico
Mis.Sic.	Misura sicurezza = rapporto vettoriale tra (N rd,Mx rd) e (N,Mx) Verifica positiva se tale rapporto risulta ≥ 1.000
Yn	Ordinata [cm] dell'asse neutro alla massima resistenza nel sistema di rif. X,Y,O sez.
x/d	Rapp. di duttilità (travi e solette)[§ 4.1.2.1.2.1 NTC]: deve essere < 0.45
C.Rid.	Coeff. di riduz. momenti in travi continue [formula (4.1.1)NTC]

N°Comb	Ver	N	Mx	N rd	Mx rd	Mis.Sic.	Yn	x/d	C.Rid.
--------	-----	---	----	------	-------	----------	----	-----	--------



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabricato ACC (FA01)- Relazione di calcolo				COMMESSA RS3Y	LOTTO 1B	CODIFICA D 10 RH	DOCUMENTO FA 01 00 001	REV. A	FOGLIO 46 di 57	
1	S	0.00	19.90	-0.23	40.55	2.038	18.5	0.19	0.70	12.1 (0.6)
2	S	0.00	-13.20	-0.25	-35.71	2.706	5.1	0.28	0.79	6.0 (0.9)

DEFORMAZIONI UNITARIE ALLO STATO LIMITE ULTIMO

ec max	Deform. unit. massima del conglomerato a compressione
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a ec max (sistema rif. X,Y,O sez.)
es min	Deform. unit. minima nell'acciaio (negativa se di trazione)
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a es min (sistema rif. X,Y,O sez.)
es max	Deform. unit. massima nell'acciaio (positiva se di compressione)
Ys max	Ordinata in cm della barra corrisp. a es max (sistema rif. X,Y,O sez.)

N°Comb	ec max	Yc max	es min	Ys min	es max	Ys max
1	0.00350	22.0	-0.00050	18.0	-0.01452	4.0
2	0.00350	0.0	0.00076	4.0	-0.00883	18.0

VERIFICHE A TAGLIO SENZA ARMATURE TRASVERSALI (§ 4.1.2.1.3.1 NTC)

Ver	S = comb.verificata a taglio/ N = comb. non verificata
Ved	Taglio agente [daN] uguale al taglio Vy di comb. (sollecit. retta)
Vwct	Taglio trazione resistente [kN] in assenza di staffe [formula (4.1.23)NTC]
d	Altezza utile sezione [cm]
bw	Larghezza minima sezione [cm]
Ro	Rapporto geometrico di armatura longitudinale [<0.02]
Scp	Tensione media di compressione nella sezione [Mpa]

N°Comb	Ver	Ved	Vwct	d	bw	Ro	Scp
1	S	0.00	34.09	18.0	20.0	0.0200	0.00
2	S	18.70	32.14	18.0	20.0	0.0168	0.00

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA MASSIME TENSIONI NORMALI

Ver	S = combinazione verificata / N = combin. non verificata
Sc max	Massima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc max	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc max (sistema rif. X,Y,O)
Sc min	Minima tensione di compress.(+) nel conglom. in fase fessurata ([Mpa])
Yc min	Ordinata in cm della fibra corrisp. a Sc min (sistema rif. X,Y,O)
Sf min	Minima tensione di trazione (-) nell'acciaio [Mpa]
Ys min	Ordinata in cm della barra corrisp. a Sf min (sistema rif. X,Y,O)
Dw Eff.	Spessore di conglomerato [cm] in zona tesa considerata aderente alle barre
Ac eff.	Area di congl. [cm ²] in zona tesa aderente alle barre (verifica fess.)
As eff.	Area Barre tese di acciaio [cm ²] ricadente nell'area efficace(verifica fess.)
D barre	Distanza in cm tra le barre tese efficaci. (D barre = 0 indica spaziatura superiore a $5(c+\varnothing/2)$ e nel calcolo di fess. si usa la (C4.1.11)NTC/(7.14)EC2)

N°Comb	Ver	Sc max	Yc max	Sc min	Yc min	Sf min	Ys min	Dw Eff.	Ac Eff.	As Eff.	D barre
1	S	4.68	22.0	0.00	16.2	-147.9	18.0	5.4	108	6.0	6.0

COMBINAZIONI RARE IN ESERCIZIO - VERIFICA APERTURA FESSURE (NTC/EC2)

Ver	Esito verifica
e1	Minima deformazione unitaria (trazione: segno -) nel calcestruzzo in sez. fessurata
e2	Massima deformazione unitaria (compress.: segno +) nel calcestruzzo in sez. fessurata
K2	= 0.5 per flessione; = $(e1 + e2)/(2 \cdot e2)$ in trazione eccentrica per la (7.13)EC2 e la (C4.1.11)NTC



**LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI**

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC (FA01)- Relazione di calcolo	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
	RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	47 di 57

Kt	fattore di durata del carico di cui alla (7.9) dell'EC2
e sm	Deformazione media acciaio tra le fessure al netto di quella del cls. Tra parentesi il valore minimo = 0.6 Ss/Es
srm	Distanza massima in mm tra le fessure
wk	Apertura delle fessure in mm fornito dalla (7.8)EC2 e dalla (C4.1.7)NTC. Tra parentesi è indicato il valore limite.
M fess.	Momento di prima fessurazione [kNm]

N°Comb	Ver	e1	e2	K2	Kt	e sm	srm	wk	M Fess.
1	S	-0.00098	0.00035	0.50	0.60	0.000528 (0.000444)	158	0.083 (990.00)	8.50

10.2.1 Verifiche di deformabilità del solaio di copertura

Per travi e solai con luci non superiori a 10 m la verifica delle inflessioni è soddisfatta se il rapporto di snellezza $\lambda = l/h$ tra luce e altezza rispetta la limitazione

$$\lambda \leq K \left[11 + \frac{0,0015 \cdot f_{ck}}{\rho + \rho'} \right] \cdot \left[\frac{500 A_{s,eff}}{f_{yk} A_{s,calc}} \right]$$

dove f_{ck} è la resistenza caratteristica a compressione del cls in MPa, ρ e ρ' sono i rapporti d'armatura tesa e compressa, rispettivamente, $A_{s,eff}$ ed $A_{s,calc}$ sono, rispettivamente, l'armatura tesa effettivamente presente nella sezione più sollecitata e l'armatura di calcolo nella stessa sezione, f_{yk} è la tensione di snervamento caratteristica dell'armatura (in MPa) e K è un coefficiente correttivo, che dipende dallo schema strutturale, nel caso particolare si assume $K=1$.

Data la geometria del solaio e le armature inserite, si ottiene un valore limite pari a 32, da cui:

$$\lambda = l/h = 4.25/0.22 = 19.3 < 32$$

La verifica è soddisfatta.

10.3 Travi Transversali

10.3.1 Sezione di Mezzeria

Verifica di Resistenza (SLU/SLV)

$$M_{Ed} = 173 \text{ kNm}$$

$$A_s = 4\phi 20$$

$$A'_s = 4\phi 20$$



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	48 di 57

$$M_{Rd} = 257 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

Verifica di Fessurazione (SLE)- Metodo indiretto

$$M_{Ed} = 115 \text{ kNm}$$

$$A_s = 4\phi 20$$

$$A'_s = 4\phi 20$$

$$\sigma_s = 175 \text{ MPa}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm (apertura delle fessure di riferimento)}$$

$$\text{Diametro massimo delle barre} = 25 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

$$\text{Spaziatura massima delle barre} = 250 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

10.3.2 Sezione di Appoggio

Verifica di Resistenza (SLU/SLV)

$$M_{Ed} = 240 \text{ kNm}$$

$$A_s = 4\phi 20$$

$$A'_s = 4\phi 20$$

$$M_{Rd} = 257 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

$$V_{Ed} = 170 \text{ kNm}$$

$$A_{st} = \phi 10/15$$

$$V_{Rd} = 510 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	49 di 57

Verifica di Fessurazione (SLE)- Metodo indiretto

$$M_{Ed} = 50 \text{ kNm}$$

$$A_s = 4\phi 20$$

$$A'_s = 4\phi 20$$

$$\sigma_s = 80 \text{ MPa}$$

$$w_2 = 0.2 \text{ mm (apertura delle fessure di riferimento)}$$

$$\text{Diametro massimo delle barre} = 25 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

$$\text{Spaziatura massima delle barre} = 200 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

10.4 Travi Longitudinali

10.4.1 Sezione di Mezzeria

Verifica di Resistenza (SLU/SLV)

$$M_{Ed} = 40 \text{ kNm}$$

$$A_s = 3\phi 20$$

$$A'_s = 3\phi 20$$

$$M_{Rd} = 195 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

Verifica di Fessurazione (SLE)- Metodo indiretto

$$M_{Ed} = 10 \text{ kNm}$$

$$A_s = 3\phi 20$$

$$A'_s = 3\phi 20$$

$$\sigma_s = 15 \text{ MPa}$$

$$w_2 = 0.3 \text{ mm (apertura delle fessure di riferimento)}$$

$$\text{Diametro massimo delle barre} = 32 \text{ mm}$$



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	50 di 57

→ **Verifica Soddisfatta**

Spaziatura massima delle barre = 300 mm

→ **Verifica Soddisfatta**

10.4.2 Sezione di Appoggio

Verifica di Resistenza (SLU/SLV)

$$M_{Ed} = 115 \text{ kNm}$$

$$A_s = 3\phi 20$$

$$A'_s = 3\phi 20$$

$$M_{Rd} = 193 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

$$V_{Ed} = 90 \text{ kNm}$$

$$A_{st} = \phi 10/15$$

$$V_{Rd} = 490 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

Verifica di Fessurazione (SLE)- Metodo indiretto

$$M_{Ed} = 15 \text{ kNm}$$

$$A_s = 3\phi 20$$

$$A'_s = 3\phi 20$$

$$\sigma_s = 25 \text{ MPa}$$

$$w_2 = 0.2 \text{ mm (apertura delle fessure di riferimento)}$$

$$\text{Diametro massimo delle barre} = 32 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

$$\text{Spaziatura massima delle barre} = 300 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

10.5 Pilastrri

10.5.1 Sezione di Testa

Verifica di Resistenza (SLU/SLV)

$$N_{Ed} = 20 \text{ kN}$$

$$M_{Ed,x} = 200 \text{ kNm}$$

$$M_{Ed,y} = 90 \text{ kNm}$$

$$A_s = 14\phi 20$$

$$M_{Rd,x}(N_{Ed}) = 230 \text{ kNm}$$

$$M_{Rd,y}(N_{Ed}) = 200 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

$$V_{Ed,x} = 40 \text{ kNm}$$

$$V_{Ed,y} = 90 \text{ kNm}$$

$$A_{st} = \phi 10/15$$

$$V_{Rd,x} = 330 \text{ kNm}$$

$$V_{Rd,y} = 420 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

Verifica di Fessurazione (SLE)- Metodo indiretto

$$M_{Ed} = 55 \text{ kNm}$$

$$A_s = 14\phi 20$$

$$\sigma_s = 90 \text{ MPa}$$

$$w_2 = 0.2 \text{ mm (apertura delle fessure di riferimento)}$$

$$\text{Diametro massimo delle barre} = 25 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

$$\text{Spaziatura massima delle barre} = 200 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	52 di 57

10.6 Fondazioni (Travi Trasversali)

10.6.1 Sezione di Mezzeria

Verifica di Resistenza (SLU/SLV)

$$M_{Ed} = 240 \text{ kNm}$$

$$A_s = 6\phi 20$$

$$A'_s = 6\phi 20$$

$$M_{Rd} = 800 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

Verifica di Fessurazione (SLE)- Metodo indiretto

$$M_{Ed} = 130 \text{ kNm}$$

$$A_s = 6\phi 20$$

$$A'_s = 6\phi 20$$

$$\sigma_s = 65 \text{ MPa}$$

$$w_2 = 0.2 \text{ mm (apertura delle fessure di riferimento)}$$

$$\text{Diametro massimo delle barre} = 25 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

$$\text{Spaziatura massima delle barre} = 200 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

10.6.2 Sezione di Appoggio

Verifica di Resistenza (SLU/SLV)

$$M_{Ed} = 650 \text{ kNm}$$

$$A_s = 6\phi 20$$

$$A'_s = 6\phi 20$$

$$M_{Rd} = 800 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	53 di 57

$$V_{Ed} = 615 \text{ kNm}$$

$$A_{st} = \emptyset 12/15$$

$$V_{Rd} = 1500 \text{ kNm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

Verifica di Fessurazione (SLE)- Metodo indiretto

$$M_{Ed} = 270 \text{ kNm}$$

$$A_s = 6\emptyset 20$$

$$A'_s = 6\emptyset 20$$

$$\sigma_s = 25 \text{ MPa}$$

$$w_2 = 0.2 \text{ mm (apertura delle fessure di riferimento)}$$

$$\text{Diametro massimo delle barre} = 25 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

$$\text{Spaziatura massima delle barre} = 200 \text{ mm}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

10.7 VERIFICA DEGLI ELEMENTI STRUTTURALI IN TERMINI DI CONTENIMENTO DEL DANNO AGLI ELEMENTI NON STRUTTURALI

10.7.1 Spostamenti di interpiano SLO

Si fa riferimento al caso di tamponature fragili collegate rigidamente alla struttura, per le quali il limite di spostamento relativo di piano è $2/3 \cdot 0.005 h = 0.016 \text{ m}$

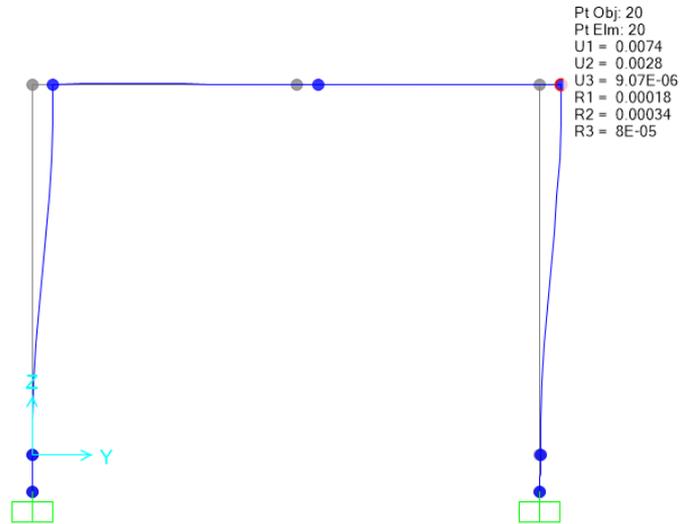
Le seguenti immagini mostrano gli spostamenti di piano in direzione x e in direzione y



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

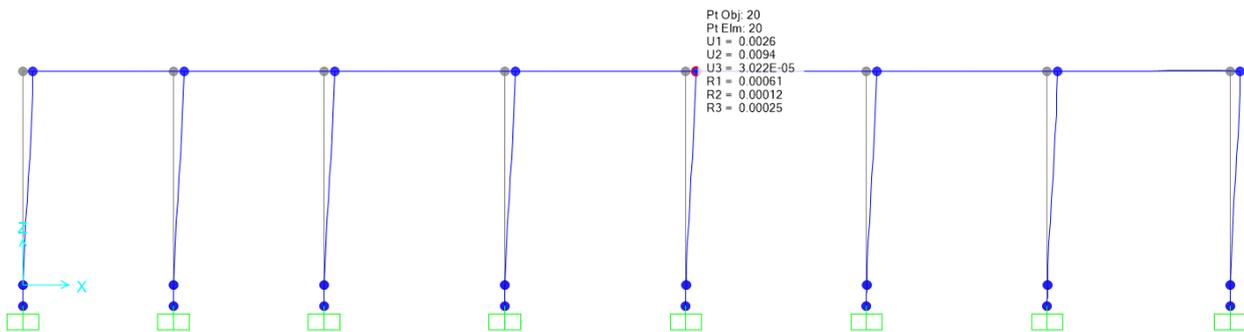
Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	54 di 57



Lo spostamento massimo in direzione x è 0.0074 m.

→ **Verifica Soddisfatta**



Lo spostamento massimo in direzione y è 0.0094 m.

→ **Verifica Soddisfatta**



LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

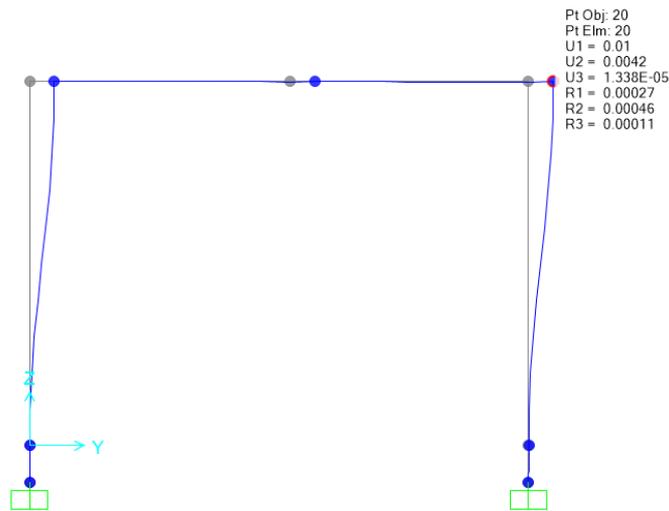
Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	55 di 57

10.7.2 Spostamenti di interpiano SLD

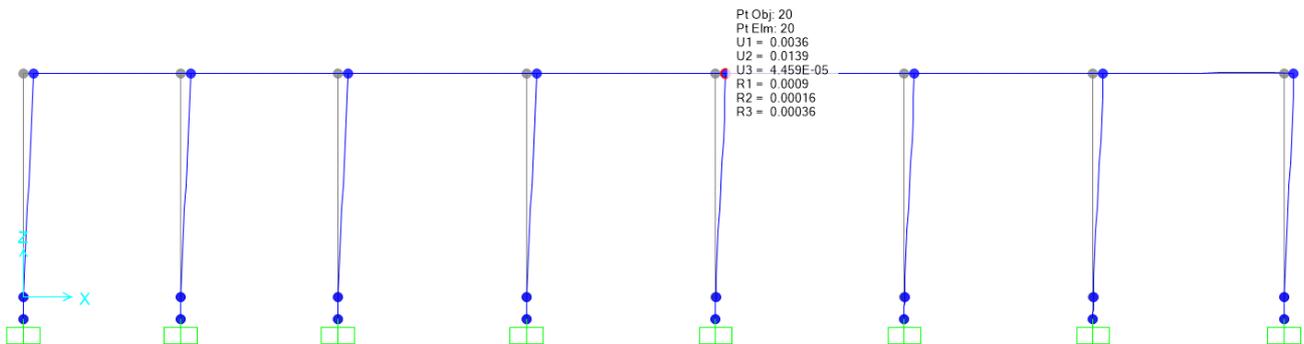
Si fa riferimento al caso di tamponature fragili collegate rigidamente alla struttura, per le quali il limite di spostamento relativo di piano è $0.005 h = 0.025 m$

Le seguenti immagini mostrano gli spostamenti di piano in direzione x e in direzione y



Lo spostamento massimo in direzione x è 0.01 m.

→ **Verifica Soddisfatta**



Lo spostamento massimo in direzione y è 0.014 m.

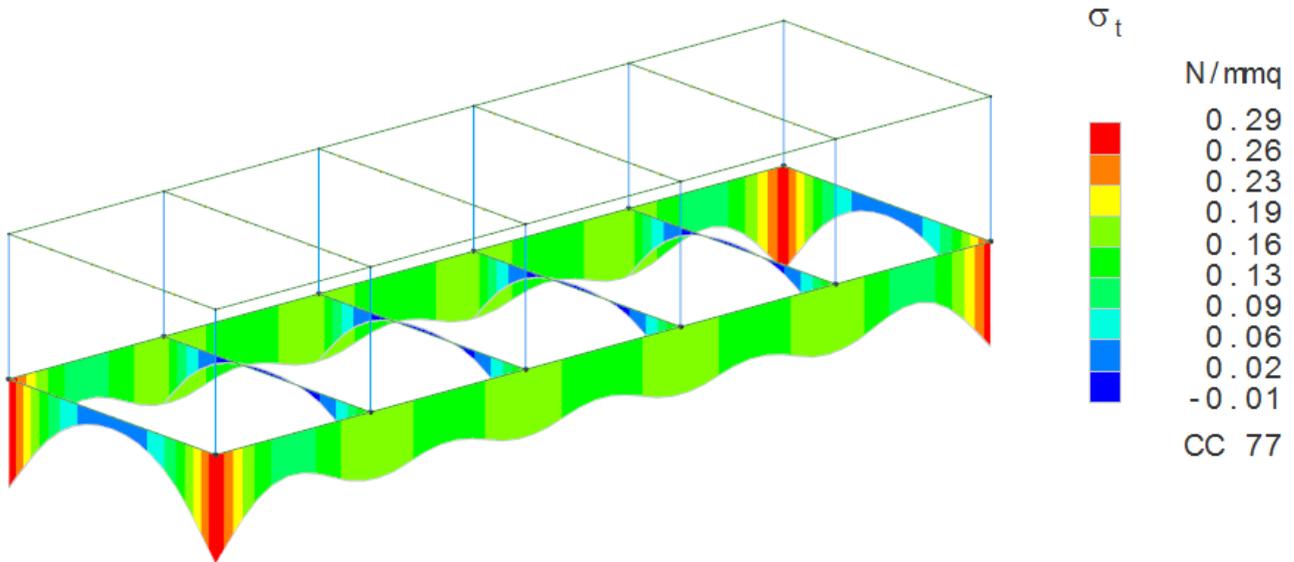
→ **Verifica Soddisfatta**

11 VERIFICHE GEOTECNICHE

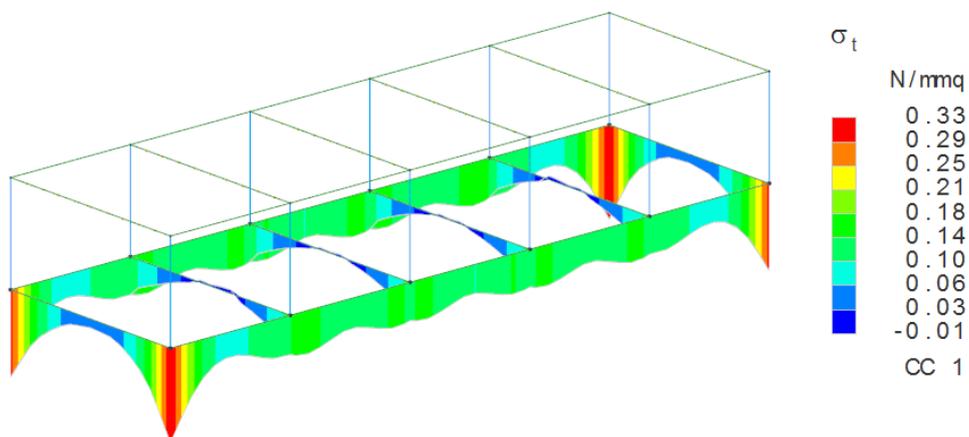
11.1 Verifica di capacità portante delle fondazioni

Si riportano in calce i valori massimi della tensione di contatto con il terreno per due combinazioni ritenute rappresentative delle condizioni statiche e sismiche

Statica SLU



Sismica SLV





LINEA SIRACUSA - RAGUSA - GELA
P.D. METROFERROVIA DI RAGUSA
LOTTO 1B - NUOVA STAZIONE CISTERNAZZI

Stazione Cisternazzi/Ospedale - Fabbricato ACC
(FA01)- Relazione di calcolo

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RS3Y	1B	D 10 RH	FA 01 00 001	A	57 di 57

Si considera come valore medio della pressione nel terreno al di sotto delle fondazioni 0.18 Mpa.

Per il calcolo della capacità portante si fa riferimento ai parametri geotecnici riportati nella relazione geotecnica. Applicando i coefficienti parziali di sicurezza sulle resistenze A2 si trova il seguente valore di capacità portante della fondazione nastriforme:

$$q_{lim} = 3000 \text{ kPa} = 30 \text{ MPa}$$

→ **Verifica Soddisfatta**

12 INCIDENZE ARMATURE

Sulla base del dimensionamento delle sezioni maggiormente sollecitate, si riporta di seguito il prospetto sintetico relativo all'incidenza di armatura per i singoli elementi strutturali.

Elemento Strutturale	Incidenza di Armatura
Travi Trasversali	130 kg/m ³
Travi Longitudinali	110 kg/m ³
Pilastri	200 kg/m ³
Fondazioni Trasversali	75 kg/m ³
Fondazioni Longitudinali	75 kg/m ³