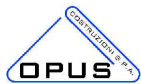




PROGETTO DEFINITIVO

Appalto integrato sulla base del progetto di fattibilità tecnica ed economica "Smart City Napoli Nord - Piani Urbani Integrati – M5C2 – I.2.2"
CIG 972663946C CUP I45I22000020006 - CUP I45I22000030006

RTI



OPUS COSTRUZIONI S.P.A.
Capogruppo
P.IVA 07201350639
Via Campana 233, Pozzuoli



ARCHIVOLTO SRL
Mandante
P.IVA 07162480631
Via O. P. Cafaro n.4, Napoli

RTP

SAG ARCHITETTURA SRLS
P.IVA 09189081210
Sede legale: Via Posillipo 66, Napoli

MASCOLO INGEGNERIA SRL
P.IVA 08524811216
Sede legale: Via Gramsci 19, Cicciano

ELECTA SRL
P.IVA 04082971211
Sede legale: Via Principe di Piemonte 109, Roccarainola

RUP

Arch. Pasquale Imbema

PROGETTO STRUTTURALE - (Melito Via Casa Martino) RELAZIONE DI CALCOLO STRUTTURE ESISTENTI

DATA EMISS.	Dicembre 2023		CODIFICA	MLT.PD.STR.R.005
SCALA	-	FORMATO A4		

REVISIONE	DESCRIZIONE	DATA	APPROVATO DA
03			
02			
01			
00	prima emissione	Dicembre 2023	



SOMMARIO

PREMESSA.....	2
DESCRIZIONE DELLE OPERE	3
ANALISI STORICO-CRITICA.....	3
RILIEVO GEOMETRICO	8
SOLAI	8
CARATTERIZZAZIONE MATERICA.....	9
CALCESTRUZZO C40/55_LC3- OPERE PREFABBRICATE	12
CALCESTRUZZO RCK=29.54_LC3- OPERE GETTATE IN OPERA	13
ARMATURA B450C_LC3	14
DETERMINAZIONE DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO NTC	14
VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO	14
PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE	15
CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE	20
SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONI DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE	21
SPETTRI DI PROGETTO PER GLI SLE.....	23
SPETTRI DI PROGETTO PER GLI SLU	23
CLASSE DI DUTTILITÀ E FATTORE DI STRUTTURA	23
CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI.....	24
CARICHI PERMANENTI.....	24
CARICHI ACCIDENTALI	24
AZIONE DEL VENTO	26
AZIONE DELLA NEVE.....	26
AZIONE DELLA TEMPERATURA	28
AZIONI ECCEZIONALI	28
TABELLA RIASSUNTIVA DEI CARICHI.....	28
COMBINAZIONI DI CARICO	30
SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE	30
ANALISI DI VULNERABILITÀ ANTE OPERAM	33
RISPOSTA MODALE.....	33
VERIFICHE STATICHE	35
VERIFICHE SISMICHE	36
INTERVENTI DI ADEGUAMENTO	37



Italia domani
PRIMO NAZIONALE DI IMPRESA E RESILIENZA

Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

Appalto integrato sulla base del progetto di fattibilità tecnica ed economica "Smart City
Napoli Nord - Piani Urbani Integrati – M5C2 – I.2.2"
CIG 972663946C CUP I45I22000020006 - CUP I45I22000030006

PREMESSA

La presente relazione ha lo scopo di fornire tutte le indicazioni necessarie alla lettura degli elaborati di calcolo, riportati in allegato alla presente, sviluppati per le analisi di vulnerabilità sismica globale, nonché di verifica degli elementi strutturali della costruzione esistente in oggetto, sia in fase di ante operam che di post operam.

In conformità a quanto prescritto nel D.M. Infrastrutture del 2018 al capitolo 8, la relazione si articola nella disamina dei seguenti aspetti:

- Descrizione dell'opera;
- Analisi storico-critica con descrizione della documentazione disponibile;
- Rilievo geometrico e caratterizzazione materica;
- Rilievo dei danni e dei quadri fessurativi in atto;
- Livello di conoscenza raggiunto;
- Azioni e combinazioni;
- Valutazione della sicurezza strutturale in ante operam;
- Descrizione degli interventi di consolidamento strutturale;
- Valutazione della sicurezza strutturale in post operam;
- Conclusioni.

Nello specifico, trattandosi di edificio adibito a parcheggio, sono previsti **interventi di adeguamento con target del 100%** del rapporto tra capacità e domanda.

DESCRIZIONE DELLE OPERE

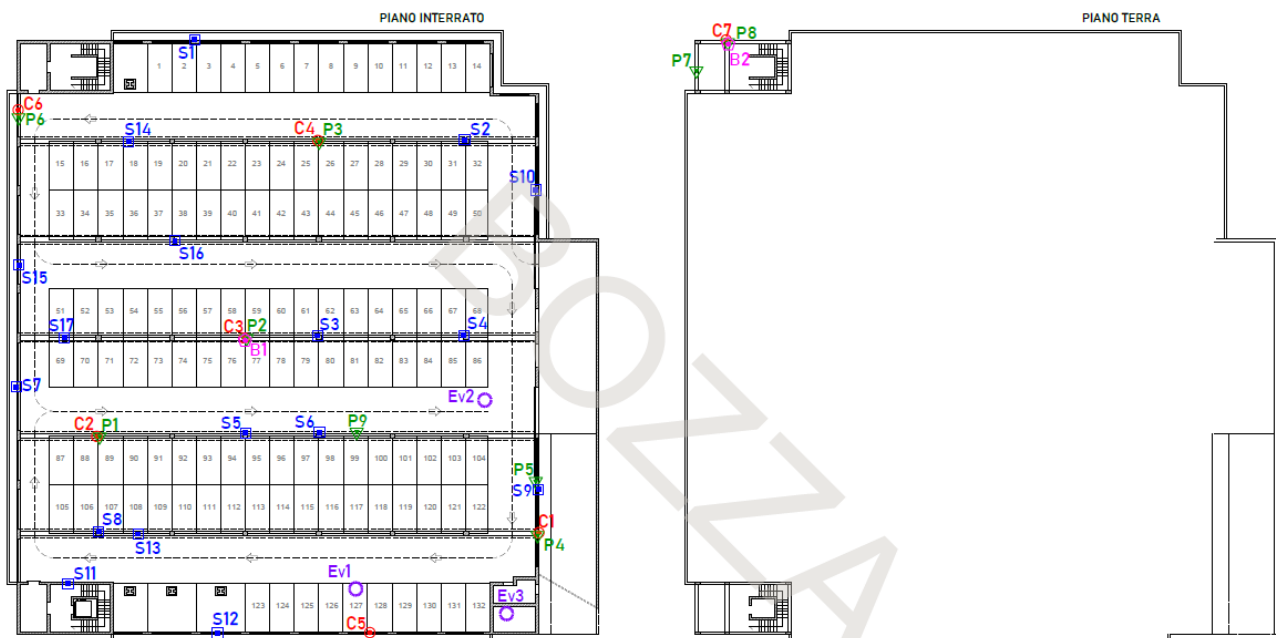
L'opera è un edificio in cemento armato. L'impianto generale è a forma piuttosto regolare in cui sono presente principalmente due tipologie di elementi: travi e pilastri in c.a.

In particolare, gli elementi in c.a. sono per la maggior parte in prefabbricati con pilastri 50x50 e travi (20+20+50)x65, mentre gli elementi gettati in opera (situati perimetralmente) sono: pilastri 30x100 e travi 30x60.

Gli impalcati sono costituiti da solai di copertura in Predalle di dimensioni H=30 cm e soletta di spessore 5 cm sup. e inf.

Il collegamento verticale tra i vari impalcati è assicurato da una serie di scale ai lati della struttura.

Nell'immagine successiva si mostrano le piante della struttura ricavate dal rilievo geometrico.



ANALISI STORICO-CRITICA

L'analisi storico-critica è finalizzata alla ricostruzione del percorso morfologicoevolutivo del manufatto.

Trattandosi di un edificio pubblico è stato possibile reperire elaborati riguardanti la progettazione della struttura.

Si riportano le immagini dei documenti rinvenuti:



COMUNE DI MELITO DI NAPOLI

(CITTA' METROPOLITANA DI NAPOLI)



IV SETTORE - LAVORI PUBBLICI

tel. 081 2386243-201

lavoripubblici.per.comune.melito.na.it

1. RELAZIONE DI CALCOLO A FIRMA DELL'ING. SIRIO DI LORENZO
2. TAV. 01 DELL'ING. SIRIO DI LORENZO
3. TAV. 02 DELL'ING. SIRIO DI LORENZO
4. RELAZIONE R1 DELL'ING. SIRIO DI LORENZO
5. SCHEDA S1 DELL'ING. SIRIO DI LORENZO
6. RELAZIONE GEOLOGICA A FIRMA DEL GEOLOGO PASQUALE MARENNA
7. TAV. 01V DELL'ING. RENATO IMBIMBO
8. TAV. 03V DELL'ING. RENATO IMBIMBO
9. TAV. 11V DELL'ING. RENATO IMBIMBO
10. TAV. ARCH 05V DELL'ING. RENATO IMBIMBO
11. TAV. ARCH 06V DELL'ING. RENATO IMBIMBO
12. RELAZIONE STR 00V FONDAZIONI DELL'ING. VINCENZO NUNZIATA
13. RELAZIONE STR 00V RELAZIONE TECNICA E FASCIOLO DI CALCOLO DELL'ING. VINCENZO NUNZIATA
14. STR 00V RELAZIONE SUI MATERIALI DELL'ING. VINCENZO NUNZIATA
15. TAV. STR 01V FONDAZIONI DELL'ING. VINCENZO NUNZIATA
16. TAV. STR 02V STRUTTURE IN ELEVAZIONE DELL'ING. VINCENZO NUNZIATA
17. TAV. STR 09V CORPO SCALA E NUCLEO ASCENSORI DELL'ING. VINCENZO NUNZIATA

Il Responsabile del IV Settore

Ing. Anna Ferraro
(per Ingegneria e Sviluppo SRL)





STUDIO TECNICO NUNZIATA



Via Parrocchia 2
 80036 Palma Campania (NA)
 Tel. - Fax 081/824.68.69
 www.studionunziata.com

COMUNE DI MELITO DI NAPOLI

Provincia di Napoli

Titolo: PROGETTAZIONE DI UN PARCHEGGIO INTERRATO E
SISTEMAZIONE A VERDE ALLA VIA CASAMARTINO:
STRUTTURE IN C.A. GETTATE IN OPERA

Committente : I.G.E.R. COSTRUZIONI S.R.L.

Progetto esecutivo



5 NOV. 2009

STR 01V - FONDAZIONE: CARPENTERIA E ARMATURE

CARATTERISTICHE DEI MATERIALI :

Acciaio	B450C
Calcestruzzo	Rck 300
Calcestruzzo	Rck 250

Data:	Settembre 2009
Scala	Dimensione e scala plotaggio
Varie	Varie
Riferimento	
Sostituisce	
Nome file	

Per Presa Visione

Il Direttore dei Lavori

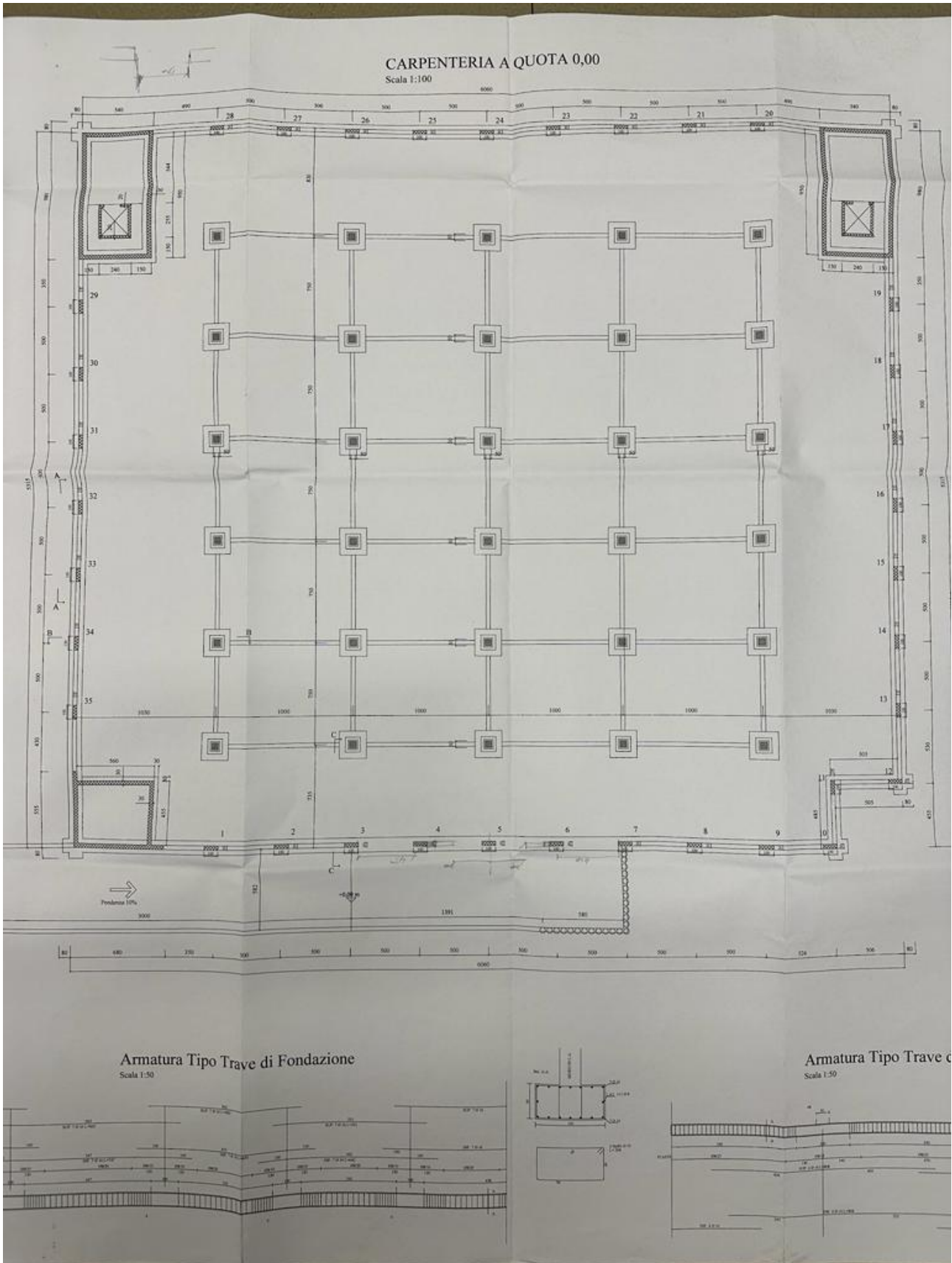
Il Collaudatore

L'Impresa
COSTRUZIONI S.R.L.



IL Progettista Strutturale
 ing. Vincenzo Nunziata



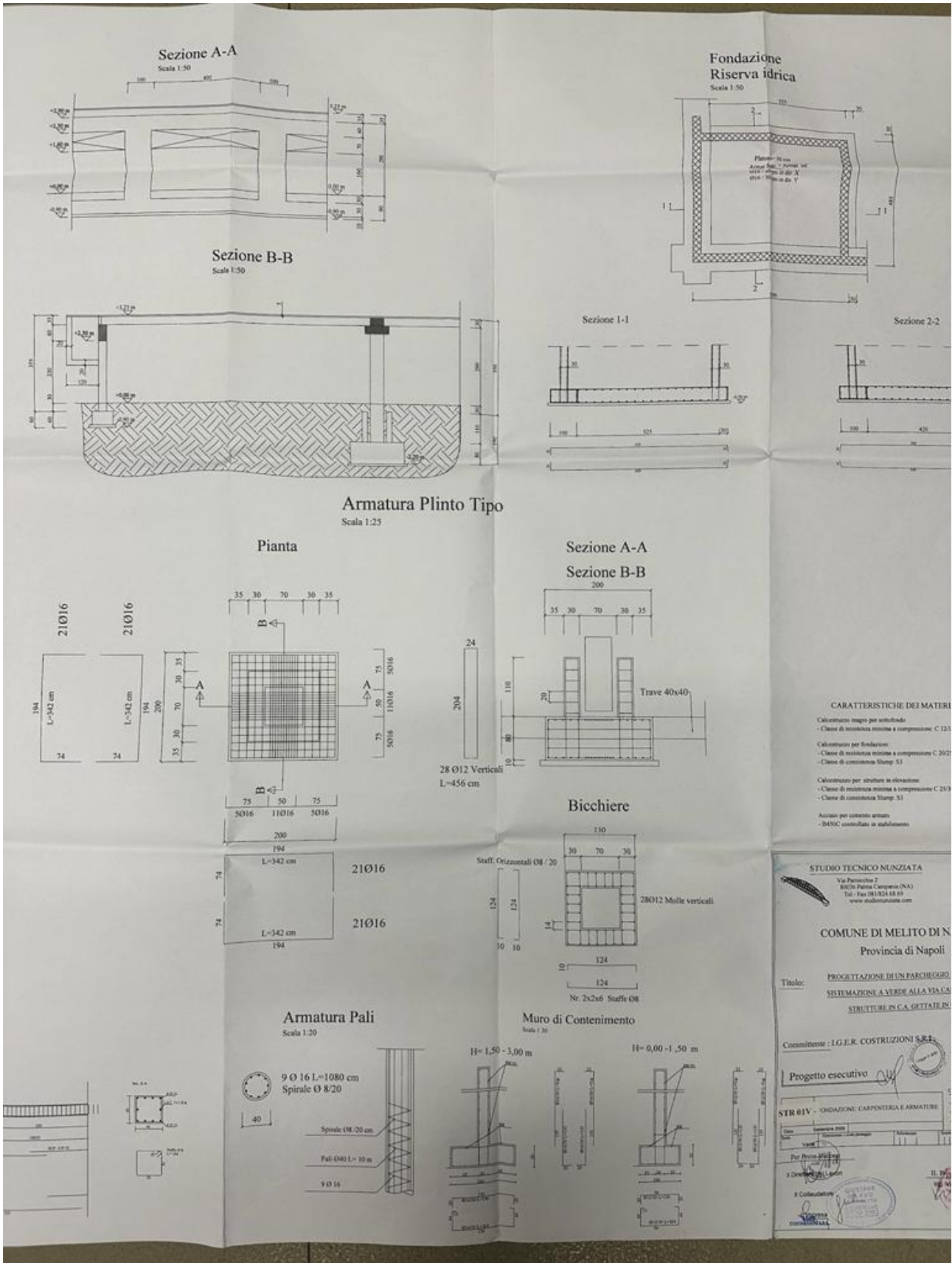




Italiadomani
PROTEZIONE CIVILE E RESILIENZA

Finanziato dall'Unione europea
NextGenerationEU

Appalto integrato sulla base del progetto di fattibilità tecnica ed economica "Smart City Napoli Nord - Piani Urbani Integrati - M5C2 - I.2.2"
CIG 972663946C CUP I45I22000020006 - CUP I45I22000030006



RILIEVO GEOMETRICO

Si è partiti dal piano di caratterizzazione sviluppato dalla società Tecnolab s.r.l. nel novembre 2023. In questo modo è stato possibile definire tutte le possibili informazioni necessarie per la valutazione in oggetto, dando corso alle seguenti operazioni:

- Rilievo strutturale, con ispezione di dettaglio dei luoghi per la verifica delle geometrie;
- Saggi su alcuni elementi strutturali, accoppiati ad una serie di indagini strumentali, di rilevamenti e di prelievi di materiale da sottoporre a prove di caratterizzazione in laboratorio, di cui al successivo paragrafo.

Si riportano di seguito i principali risultati ottenuti.

SOLAI

Le stratigrafie presenti sono state indagate tramite endoscopie verticali, di cui di seguito si riportano le risultanze.






ENDOSCOPIE SU SOLAIO				
Piano	Sigla	elemento	spessore [cm]	FOTO
Solaio 1°Impalcato	EV1	Terreno	15	
		CLS (A)	13	
		VUOTO (B)	22	
		CLS (C)	3	
NOTE: Foro passante, praticato da soffitto verso l'alto Tipologia solaio: PREDALLES (modulo da 120)				Disegno schematico
Solaio 1°Impalcato	EV2	pacchetto pavimento	17	
		CLS (A)	13	
		VUOTO (B)	22	
		CLS (C)	3	
NOTE: Foro passante, praticato a pavimento verso il basso. Tipologia solaio: PREDALLES (modulo da 120)				Disegno schematico
Solaio 1°Impalcato	EV3	pavimento	1	
		CLS	30	
NOTE: Foro passante, praticato a pavimento verso il basso. Tipologia solaio: soletta piena				

CARATTERIZZAZIONE MATERICA

La campagna di prove effettuata nel Novembre 2023 e le prove integrative effettuate nel febbraio 2023 ha garantito gli standard conoscitivi richiesti dalle vigenti normative per la definizione di un **livello di conoscenza (LC3)** per quanto riguarda la struttura principale, così come indicato al §8.5.4 delle NTC2018 e sulla base delle tabelle C8.5.IV e C8.5.V della relativa Circolare Esplicativa n.7 del 2019, al quale è associato un fattore di confidenza **FC=1**.

La campagna di indagini del febbraio 2023 è stata condotta da TECNOLAB s.r.l. – via S. Maria del Pianto, 80 – 80143 Napoli.

Nello specifico sono consistite in:

LEGENDA PROVE DA ESEGUIRE PIANO INTERRATO			Nr
	CA	CAMPIONAMENTO DEL C.A. L'indagine di tipo distruttiva da effettuare su travi principali in c.a., consta nel prelievo di un provino cilindrico (carotà) di cls, del tipo passante o non a seconda delle dimensioni dell'elemento interessato, e successivo ripristino della sezione con malte a ritiro compensato e formulazione tissotropica. Il prelievo del cls avviene mediante l'utilizzo di macchina carotatrice a lama diamantata e ad avanzamento manuale, ad opera di personale altamente specializzato per ottenere il minimo disturbo possibile sul campione da spedire successivamente a laboratorio autorizzato. La prova si effettua previa lettura pacometrica onde evitare, per quanto possibile, di intaccare le armature presenti. I prelievi di campioni saranno effettuati secondo norme UNI EN 12504. Ogni provino va sottoposto anche a test di carbonatazione.	6
	PB	PRELIEVO DI ARMATURE L'indagine di tipo distruttiva da effettuare su travi principali, consta nel prelievo delle barre di armatura mediante demolizione localizzata, ovvero rimozione del copriferro e successiva liberazione delle armature stesse, taglio e successivo ripristino per mezzo di reintegro con barre di caratteristiche similari alle originali opportunamente saldate e ricostruzione della sezione con malte a ritiro compensato e formulazione tissotropica. I prelievi di campioni, da spedire a laboratorio autorizzato, saranno effettuati secondo norme UNI EN 12504.	1
	SU	PROVA SONREB Questo metodo consente di determinare la resistenza Rc di un calcestruzzo in opera correlandolo con la velocità ultrasonica V, ottenuta con prove ultrasoniche e con l'indice di rimbalzo S ottenuto con prove sclerometriche. Le prove devono essere effettuate nelle stesse zone di indagine. Tale metodo combinato consente di superare gli errori che si ottengono utilizzando separatamente il metodo sclerometrico, che è un metodo di indagine superficiale, e il metodo ultrasonico, che invece è un metodo di indagine volumetrico. Infatti questi metodi sono influenzati da diversi fattori quali ad esempio: l'età del calcestruzzo e il suo contenuto di umidità: si è notato che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica, e che, all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice sclerometrico aumenta mentre la velocità ultrasonica diminuisce; la composizione del calcestruzzo che influenza il metodo ultrasonico; la diversa consistenza tra calcestruzzo corticale e quello interno che invece influenza il metodo sclerometrico.	17
	PC	PROVE PACOMETRICHE - RILIEVO BARRE L'indagine di tipo non distruttiva da effettuare su travi e pilastri, nonché su solette e pareti in c.a., consta nell'individuazione delle posizioni e delle dimensioni delle armature presenti. La prova si effettua mediante letture con pacometro e restituzione grafica dei risultati di indagine, prevedendo inoltre la realizzazione di saggi visivi con un'incidenza statistica almeno del 20% sul totale delle prove effettuate, finalizzati al riscontro delle risultanze di indagine fornite dalle letture strumentali. I saggi visivi saranno limitati alla rimozione del copriferro in aree molto limitate e prevedono il ripristino della sezione strutturale mediante l'utilizzo di malte a ritiro compensato e formulazione tissotropica.	6
	EV	INDAGINE ENDOSCOPICA AD ASSE VERTICALE L'indagine di tipo lievemente distruttiva consente di definire le stratigrafie degli elementi strutturali di partizione orizzontale e delle finiture architettoniche ad essi annessi. Viene eseguita mediante l'effettuazione di fori del diametro di circa 2-3 cm opportunamente "puliti", all'interno dei quali viene inserito un endoscopio che permette di individuare la composizione delle strutture. La definizione della stratigrafia va documentata con appositi report fotografici e con la restituzione grafica.	1

LEGENDA PROVE DA ESEGUIRE PIANO TERRA			Nr
	CA	CAMPIONAMENTO DEL C.A. L'indagine di tipo distruttiva da effettuare su travi principali in c.a., consta nel prelievo di un provino cilindrico (carota) di cls, del tipo passante o non a seconda delle dimensioni dell'elemento interessato, e successivo ripristino della sezione con malte a ritiro compensato e formulazione tissotropica. Il prelievo del cls avviene mediante l'utilizzo di macchina carotatrice a lama diamantata e ad avanzamento manuale, ad opera di personale altamente specializzato per ottenere il minimo disturbo possibile sul campione da spedire successivamente a laboratorio autorizzato. La prova si effettua previa lettura pacometrica onde evitare, per quanto possibile, di intaccare le armature presenti. I prelievi di campioni saranno effettuati secondo norme UNI EN 12504. Ogni provino va sottoposto anche a test di carbonatazione.	1
	PB	PRELIEVO DI ARMATURE L'indagine di tipo distruttiva da effettuare su travi principali, consta nel prelievo delle barre di armatura mediante demolizione localizzata, ovvero rimozione del copriferro e successiva liberazione delle armature stesse, taglio e successivo ripristino per mezzo di reintegro con barre di caratteristiche similari alle originali opportunamente saldate e ricostruzione della sezione con malte a ritiro compensato e formulazione tissotropica. I prelievi di campioni, da spedire a laboratorio autorizzato, saranno effettuati secondo norme UNI EN 12504.	1
	SU	PROVA SONREB Questo metodo consente di determinare la resistenza R_c di un calcestruzzo in opera correlandolo con la velocità ultrasonica V , ottenuta con prove ultrasoniche e con l'indice di rimbalzo S ottenuto con prove sclerometriche. Le prove devono essere effettuate nelle stesse zone di indagine. Tale metodo combinato consente di superare gli errori che si ottengono utilizzando separatamente il metodo sclerometrico, che è un metodo di indagine superficiale, e il metodo ultrasonico, che invece è un metodo di indagine volumetrico. Infatti questi metodi sono influenzati da diversi fattori quali ad esempio: l'età del calcestruzzo e il suo contenuto di umidità: si è notato che il contenuto di umidità fa sottostimare l'indice sclerometrico e sovrastimare la velocità ultrasonica, e che, all'aumentare dell'età del calcestruzzo, l'indice sclerometrico aumenta mentre la velocità ultrasonica diminuisce; la composizione del calcestruzzo che influenza il metodo ultrasonico; la diversa consistenza tra calcestruzzo corticale e quello interno che invece influenza il metodo sclerometrico.	-
	PC	PROVE PACOMETRICHE - RILIEVO BARRE L'indagine di tipo non distruttiva da effettuare su travi e pilastri, nonché su solette e pareti in c.a., consta nell'individuazione delle posizioni e delle dimensioni delle armature presenti. La prova si effettua mediante letture con pacometro e restituzione grafica dei risultati di indagine, prevedendo inoltre la realizzazione di saggi visivi con un'incidenza statistica almeno del 20% sul totale delle prove effettuate, finalizzati al riscontro delle risultanze di indagine fornite dalle letture strumentali. I saggi visivi saranno limitati alla rimozione del copriferro in aree molto limitate e prevedono il ripristino della sezione strutturale mediante l'utilizzo di malte a ritiro compensato e formulazione tissotropica.	2
	EV	INDAGINE ENDOSCOPICA AD ASSE VERTICALE L'indagine di tipo lievemente distruttiva consente di definire le stratigrafie degli elementi strutturali di partizione orizzontale e delle finiture architettoniche ad essi annessi. Viene eseguita mediante l'effettuazione di fori del diametro di circa 2-3 cm opportunamente "puliti", all'interno dei quali viene inserito un endoscopio che permette di individuare la composizione delle strutture. La definizione della stratigrafia va documentata con appositi report fotografici e con la restituzione grafica.	1

Le posizioni e le dimensioni degli elementi strutturali sono state rilevate a campione. Il controllo è stato esteso a tutti gli elementi in vista e a tutti gli elementi sottoposti ad indagini sperimentali, spesso resi accessibili a seguito di demolizioni parziali di elementi secondari. In particolare, l'elaborazione dei risultati ottenuti dalle prove effettuate sono stati valutati i fattori di disturbo in accordo a quanto previsto dalle Linee Guida del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2017, alle quali fanno esplicito riferimento le NTC2018.

• Opere gettate in opera

Riferimento:		Parcheggio Melito - Gettato in Opera									
	Provino	Diametro d	Altezza h	Rapporto h/d	Resistenza carota f_c	Provino cilindrico	Provino cubico	Fattore di disturbo F_d	Resistenza strutturale R_c, is	Covarianza	
	-	mm	mm	L / D	N/mm^2	-	-	-	N/mm^2	-	
1	C1	P	104	104	1.00	27.38	✓		1.1	29.57	0.63
3	C5	T	104	104	1.00	22.54	✓		1.1	24.57	-4.37
3	C6	T	104	104	1.00	25.49	✓		1.1	27.53	-1.41
4	C7	P	104	104	1.00	32.17	✓		1.1	34.10	5.16

Valori di resistenza cilindrica da prove dirette			
Resistenza strutturale media	$f_m(n), is$	24.02	N/mm^2
Scarto quadratico medio	$s.q.m.$	2.88	N/mm^2
Resistenza a compressione caratteristica	f_{ck}, is	19.76	N/mm^2

Valori di resistenza cubica da prove dirette			
Resistenza strutturale media	$Rm(n), is$	28.94	N/mm^2
Scarto quadratico medio	$s.q.m.$	3.47	N/mm^2
Resistenza a compressione caratteristica	Rck, is	23.81	N/mm^2

	Provino		Diametro d	Resistenza a snervamento f_y	Resistenza a rottura f_t	Rapporto di incrudimento	Allungamento a rottura
	-		mm	N/mm^2	N/mm^2	-	%
4	B2	P	16	514.7	530.7	1.03	23.0
3	B1	P	16	505.5	595.9	1.18	24.0

• Opere Prefabbricate

Riferimento:		Parcheggio Melito - Prefabbricato								
	Provino	Diametro d	Altezza h	Rapporto h/d	Resistenza carota f_c	Provino cilindrico	Provino cubico	Fattore di disturbo F_d	Resistenza strutturale R_c, is	Covarianza
	-	mm	mm	L / D	N/mm^2	-	-	-	N/mm^2	-
2	C2	P	104	104	1.00	83.73	✓	1.0	83.73	-6.59
2	C3	P	104	104	1.00	87.52	✓	1.0	87.52	-2.80
2	C4	P	104	104	1.00	99.71	✓	1.0	99.71	9.39

Valori di resistenza cilindrica da prove dirette			
Resistenza strutturale media	$fm(n), is$	74.97	N/mm^2
Scarto quadratico medio	$s.q.m.$	5.66	N/mm^2
Resistenza a compressione caratteristica	fck, is	66.59	N/mm^2

Valori di resistenza cubica da prove dirette			
Resistenza strutturale media	$Rm(n), is$	90.32	N/mm^2
Scarto quadratico medio	$s.q.m.$	6.82	N/mm^2
Resistenza a compressione caratteristica	Rck, is	80.23	N/mm^2

Per quanto riguarda invece gli acciai, si ipotizza la presenza di un acciaio di tipo **B450C**.

	Provino		Diametro d	Resistenza a snervamento f_y	Resistenza a rottura f_t	Rapporto di incrudimento	Allungamento a rottura
	-		mm	N/mm^2	N/mm^2	-	%
3	B1	P	16	505.5	595.9	1.18	24.0

	Provino		Diametro d	Resistenza a snervamento f_y	Resistenza a rottura f_t	Rapporto di incrudimento	Allungamento a rottura
	-		mm	N/mm^2	N/mm^2	-	%
4	B2	P	16	514.7	530.7	1.03	23.0
3	B1	P	16	505.5	595.9	1.18	24.0

CALCESTRUZZO C40/55_LC3- OPERE PREFABBRICATE

Calcestruzzo

Descrizione: **C40/55 LC3** Rck: **500** daN/cm²

Fonte: Massimo diametro inerte: **1.5** cm

E: **337160.83** daN/cm² Curva Saenz (25 punti)

G: **Default (153254.92)** daN/cm² D.M. 14-01-08 / D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

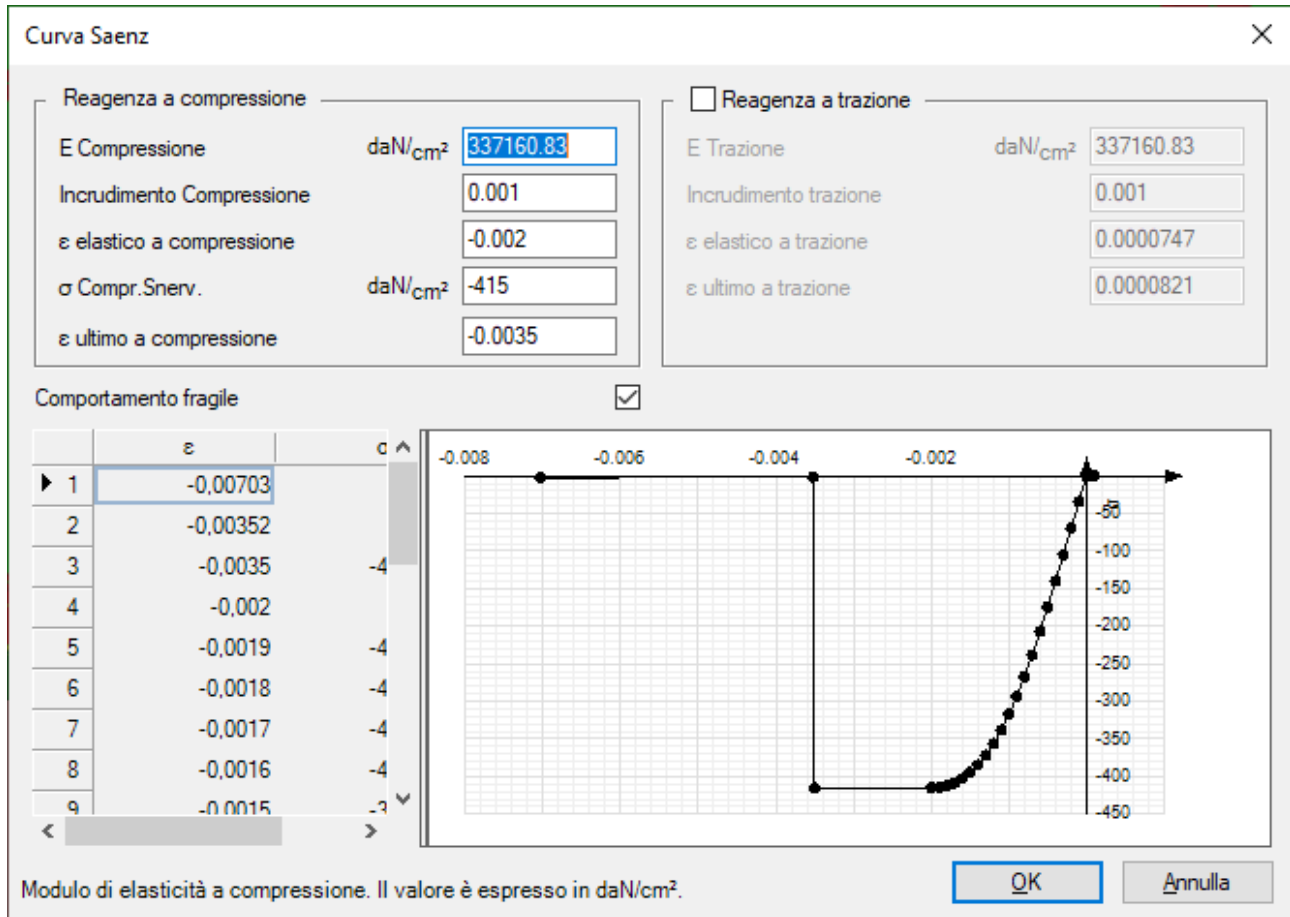
v: **0.1** Livello di conoscenza: **LC3 (FC = 1)**

Y: **0.0025** daN/cm³

α: **0.00001** °C⁻¹

Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Per quanto concerne il comportamento non lineare del materiale si è adottato il legame parabola-rettangolo proposto in normativa ed è stata trascurata la resistenza a trazione.



CALCESTRUZZO RCK=29.54_LC3- OPERE GETTATE IN OPERA

Calcestruzzo

Descrizione: Rck: daN/cm²

Fonte: Massimo diametro inerte: cm

E: daN/cm² Curva Saenz (25 punti)

G: daN/cm² D.M. 14-01-08 / D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

v: Livello di conoscenza:

Y: daN/cm³

α: °C⁻¹

Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Per quanto concerne il comportamento non lineare del materiale si è adottato il legame parabola-rettangolo proposto in normativa ed è stata trascurata la resistenza a trazione.

Curva Saenz

Reagenza a compressione

E Compressione: daN/cm²

Incrudimento Compressione:

ε elastico a compressione:

σ Compr. Snerv.: daN/cm²

ε ultimo a compressione:

Reagenza a trazione

E Trazione: daN/cm²

Incrudimento trazione:

ε elastico a trazione:

ε ultimo a trazione:

Comportamento fragile

	ε	σ
1	-0.00703	
2	-0.00352	
3	-0.0035	-2
4	-0.002	
5	-0.0019	-2
6	-0.0018	-2
7	-0.0017	-2
8	-0.0016	-2
9	-0.0015	-2

Modulo di elasticità a compressione. Il valore è espresso in daN/cm².

ARMATURA B450C_LC3

Armatura

Descrizione: $\sigma_{amm.}$ daN/cm^2

Fonte: Tipo barre:

E: daN/cm^2 Curva Bilineare (5 punti)

v: D.M. 14-01-08 / D.M. 17-01-18 (N.T.C.)

Y: daN/cm^2 Livello di conoscenza:

α : $^{\circ}C^{-1}$

fyk: daN/cm^2

Descrizione o nome assegnato all'elemento.

Per quanto concerne il comportamento non lineare del materiale si è adottato un legame elastoplastico senza incrudimento.

Curva bilineare

Reagenza a compressione

E Compressione daN/cm^2

Incrudimento Compressione

ϵ elastico a compressione

ϵ ultimo a compressione

Reagenza a trazione

E Trazione daN/cm^2

Incrudimento trazione

ϵ elastico a trazione

ϵ ultimo a trazione

Comportamento fragile

	ϵ	σ
1	-0.05	-4509.9
2	-0.00218	-450
3	0	
4	0.00218	450
5	0.05	4509.9

DETERMINAZIONE DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO NTC

VITA NOMINALE, CLASSE D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Per la valutazione della sicurezza strutturale occorre preliminarmente determinare la vita nominale, la classe d'uso ed il periodo di riferimento per l'azione sismica in forza di quanto prescritto al punto

2.4 del D.M. Infrastrutture 17/01/2018. La **vita nominale V_N** della struttura in esame è calcolata sulla base della Tabella 2.4.I. Si assume che:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

ovvero che la struttura ricada tra opere strategiche (costruzione tipo 3).

Per quanto attiene la **classe d'uso** si assume che tali strutture siano classificate come:

Classe II

in quanto essa rientra tra le "costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti". Le azioni sismiche vengono calcolate in relazione ad un **periodo di riferimento V_R** che si ricava dalla seguente espressione:

$$V_R = V_N * C_u$$

in cui il **coefficiente d'uso C_u** si ricava dalla Tabella 2.4. II. In particolare per la classe d'uso assunta per le costruzioni in oggetto si ha che:

$$C_u = 1$$

da cui consegue che il periodo di riferimento V_R assume per le strutture in esame una entità pari a:

$$V_R = 50 * 1 = 50 \text{ anni}$$

Note la vita nominale, classe d'uso e periodo di riferimento, è quindi possibile valutare le azioni sismiche da applicare alla struttura in oggetto, così come descritto nel paragrafo successivo. Le azioni sismiche sono valutate con riferimento agli spettri di risposta in termini di accelerazioni.

PERICOLOSITA' SISMICA DI BASE

La determinazione delle azioni sismiche è stata effettuata sulla base di quanto previsto al punto 3.2 del D.M. Infrastrutture 17/01/2018.

Per pericolosità sismica si intende lo scuotimento del suolo atteso in un dato sito con una certa probabilità che un certo valore di scuotimento si verifichi in un dato intervallo di tempo. Il Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici ha emanato nuove Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC08) con il D.M. del 14 gennaio 2008 (oggi D.M. 17 gennaio 2018) nelle quali la definizione dell'azione sismica di riferimento si basa sui dati rilasciati da INGV e dal Progetto S1. Questi dati sono pubblicati in siti dell'INGV realizzati appositamente.

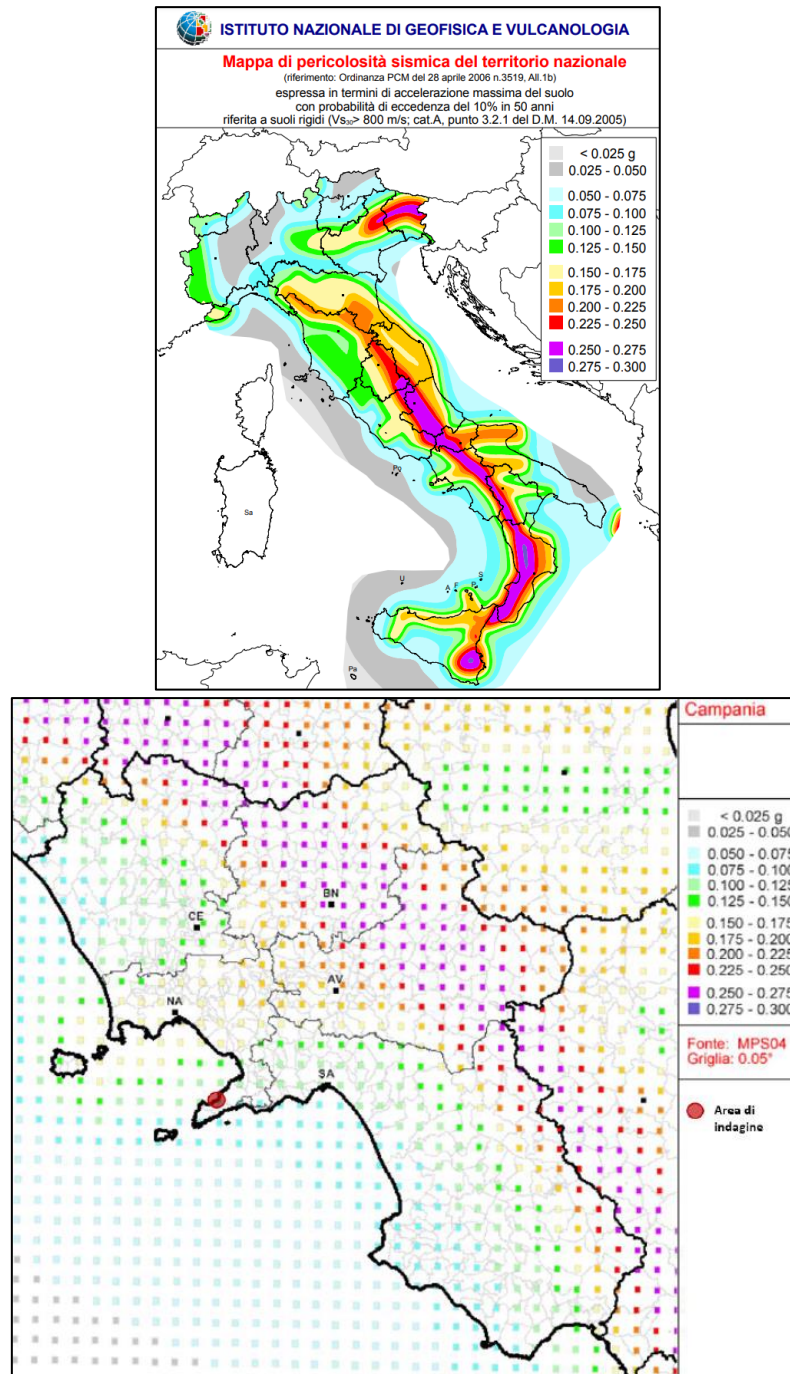


Figura 1. Mappe di pericolosità

La pericolosità sismica è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, cui viene associato uno spettro di risposta elastico di accelerazioni ad essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a due prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} , nel periodo di riferimento V_R pari a 200 anni, stabilito come in precedenza. Per la verifica di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche, gli stati limite da considerare sono quelli riportati e descritti al punto 3.2.1 del D.M. Infrastrutture 17/01/2018, ovvero:

- Stati limite di esercizio (SLE):

- Stato limite di Operatività (SLO);
- Stato limite di Danno (SLD);

- Stati limite ultimo (SLU):

- Stati limite di salvaguardia della Vita (SLV);
- Stati limite di Collasso (SLC).

Le probabilità di superamento P_{VR} sono funzione dello stato limite e sono desumibili dalla Tabella 3.2.I, qui riportata. Allo stato attuale, *la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento* è fornita dai dati pubblicati sul sito: <http://esse1.mi.ingv.it/>.

Tabella 3.2.I – Probabilità di superamento P_{VR} al variare dello stato limite considerato

Stati limite		P_{VR} (Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V_R)
Stati limite d'esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Le azioni di progetto si ricavano, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, con i parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima del terreno;
- F_o valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Per ciascun nodo del *reticolo di riferimento* e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla *pericolosità sismica*, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50^{esimo} percentile ed attribuendo a:

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica;
- F_o e T_c^* i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione previste dalla norma scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste in funzione della *pericolosità sismica*.

Le forme spettrali sono altresì funzione degli stati limite e quindi delle probabilità di superamento P_{VR} riportate in Tabella 3.2.I, oltre che della vita di riferimento V_R che per la struttura in esame è pari a 200 anni. La pericolosità sismica è espressa nell'Allegato B del D.M. Infrastrutture 14/01/2008 in funzione del periodo di ritorno T_R dell'azione sismica. Detto periodo di ritorno si può ricavare dalla seguente relazione, in funzione della vita di riferimento V_R e della probabilità di superamento P_{VR} riportata per ciascuno stato limite:

$$T_R = -V_R / \log(1 - P_{VR})$$

Si riassumono nella Tabella 1 i valori di T_R calcolati per il caso in esame.

Tabella 1 – Valori di V_R , P_{VR} e T_R per la determinazione dell'azione sismica

Stati limite		V_R (anni)	P_{VR} (percentuale)	T_R (anni)
Stati limite d'esercizio	SLO	75	81	30
	SLD		63	50
Stati limite ultimi	SLV		10	475
	SLC		5	975

La pericolosità sismica su reticolo di riferimento, riportata nell'Allegato B del D.M., qualora l'attuale pericolosità sismica su reticolo di riferimento non contemplasse il periodo di ritorno T_R corrispondente alla V_R e alla P_{VR} fissate, il valore del generico parametro p (a_g , F_o e T_c) corrispondente ai T_R in Tabella 1, può essere ricavato per interpolazione a partire dai dati relativi ai T_R previsti nella pericolosità sismica, utilizzando la seguente relazione:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{P_2}{P_1}\right) \cdot \log\left(\frac{T_R}{T_{R1}}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse (nella fattispecie a_g , F_o e T_c) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, I valori T_{R1} e T_{R2} sono i periodi di ritorno più prossimi a T_R per i quali si dispone dei valori p_1 e p_2 del generico parametro p .

Nel caso in esame il sito di intervento è geograficamente individuato dalle seguenti coordinate (ED50):

Lat. = 40.924567°

Long. = 14.227749°

FASE 1. INDIVIDUAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DEL SITO

Ricerca per coordinate

Ricerca per comune

LONGITUDINE:

LATTITUDINE:

REGIONE:

PROVINCIA:

COMUNE:

Elaborazioni grafiche

Grafici spettri di risposta

Variabilità dei parametri

Elaborazioni numeriche

Tabella parametri

Nodi del reticolo intorno al sito

Reticolo di riferimento

Controllo sul reticolo

Sito esterno al reticolo

Interpolazione su 3 nodi

Interpolazione corretta

Interpolazione

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

FASE 2. SCELTA DELLA STRATEGIA DI PROGETTAZIONE

Vita nominale della costruzione (in anni) - V_N info

Coefficiente d'uso della costruzione - c_U info

Valori di progetto

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

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

Stati limite di esercizio - SLE

- SLO - $P_{VR} = 81\%$
- SLD - $P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimi - SLU

- SLV - $P_{VR} = 10\%$
- SLC - $P_{VR} = 5\%$

Elaborazioni

- Grafici parametri azione
- Grafici spettri di risposta
- Tabella parametri azione

Strategia di progettazione

LEGENDA GRAFICO

- Strategia per costruzioni ordinarie
- - - □ - - - Strategia scelta

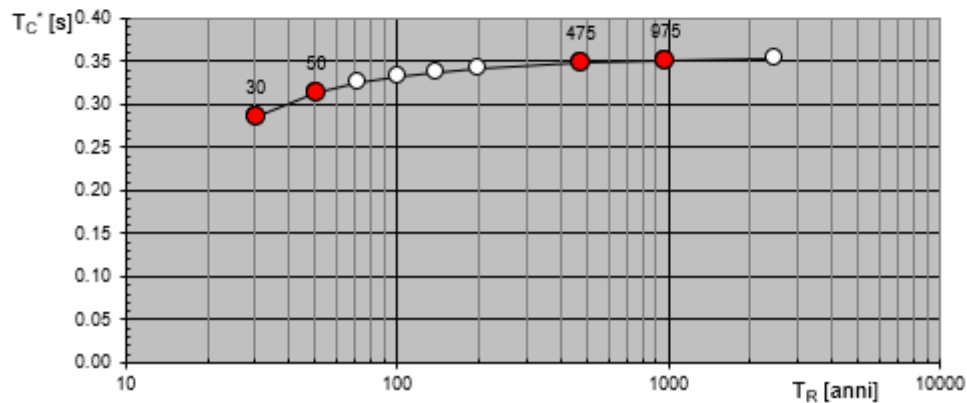
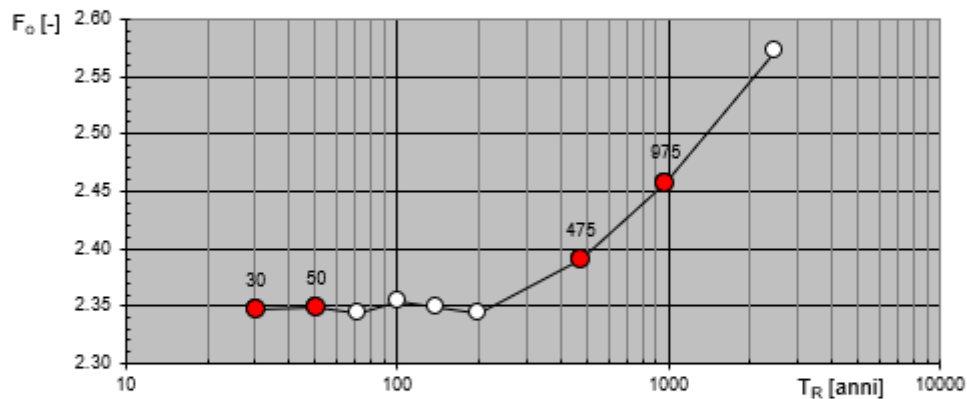
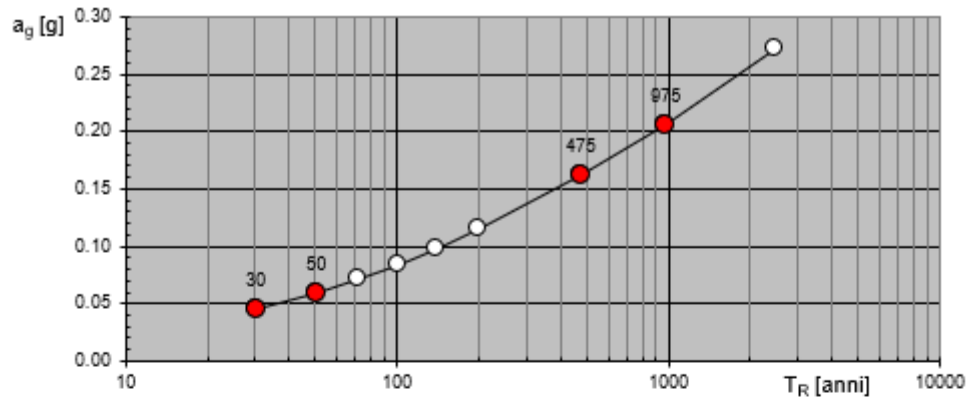
Si ha quindi che nel caso in esame i valori dei parametri p (a_g , F_0 , T_C^*) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento in cui ricade il punto corrispondente al sito di costruzione considerato. Si utilizzano come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro nodi dei vertici, attraverso la relazione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale p è il valore del parametro di interesse nel punto in esame (ovvero a_g , F_0 , T_C^*), p_i è il valore del parametro di interesse nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame e d_i è la distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta.

Utilizzando le precedenti espressioni si ha che la pericolosità sismica di base, del sito di costruzione in esame, è caratterizzata dai valori riportati nella seguente tabella.

SLATO LIMITE	T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
SLO	30	0.044	2.359	0.285
SLD	50	0.058	2.348	0.315
SLV	475	0.156	2.395	0.351
SLC	975	0.199	2.460	0.354



CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

La categoria di sottosuolo del sito di costruzione può essere classificata sulla base del valore della velocità equivalente $V_{s,30}$ di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità. Essa è assimilabile al sottosuolo **tipo C** (Tabella 3.2.II delle NTC da D.M. 17/01/2018) ovvero:

Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

La categoria topografica del sito di costruzione è assimilabile a quella denominata T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$) della Tabella 3.2.III del D.M. 17/01/2018 e quindi utilizzando i valori in Tabella 3.2.V si ha che il coefficiente di amplificazione topografica ST è pari a: **$ST = 1.0$**

SPETTRI DI RISPOSTA ELASTICO IN ACCELERAZIONI DELLA COMPONENTE ORIZZONTALE

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. L'espressione dello spettro di risposta elastico $S_e(T)$ in accelerazione delle componenti orizzontali è data da:

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

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

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

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

in cui S è il coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la relazione seguente: $S = S_s \cdot S_T$

dove S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica e S_T il coefficiente di amplificazione topografica. Nel caso in esame $S_T = 1.0$ (Tabella 3.2.V NTC), mentre S_s si ricava per la categoria di sottosuolo **TIPO C**, dall'espressione riportata in Tabella 3.2.IV:

$$1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1.50$$

Nell'espressione dello spettro di risposta η è il fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi convenzionali ξ diversi dal 5%,:

$$\eta = \sqrt{\frac{10}{5 + \xi}} \geq 0.55$$

dove ξ (espresso in percentuale) è valutato sulla base di materiali, tipologia strutturale e terreno di fondazione.

Nel caso in esame si assume che $\xi = 5\%$ e quindi $\eta = 1.00$. Per la definizione dello spettro di risposta occorre altresì definire:

T_C periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro, dato da:

$$T_C = C_C \cdot T_C^*$$

dove C_C è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo, espresso da (Tabella 3.2.IV):

$$C_C = 1.10 \cdot (T_C^*)^{-0.33}$$

T_B periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante, che può calcolarsi come:

$$T_B = T_C/3$$

T_D **periodo** corrispondente all'inizio del tratto dello spettro a spostamento costante:

$$T_D = 4.0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1.6$$

I valori dei parametri necessari per la definizione degli spettri di risposta elastica in accelerazione delle componenti orizzontali, per i quattro stati limite riportati in Tabella 3.2.I sono riassunti nella seguente Tabella 4.

Tabella 4 – Valori parametrici per definizione spettri elastici componenti orizzontali

	Parametri	SLO	SLD	SLV	SLC
Indipendenti	a_g (g)	0.044	0.058	0.156	0.199
	F_o	2.359	2.348	2.395	2.460
	T_c^* (sec)	0.285	0.315	0.351	0.354
	S_s	1.500	1.500	1.476	1.407
	S_T	1.000	1.000	1.000	1.000

Tabella 4 – Valori parametrici per definizione spettri elastici componenti orizzontali

	Parametri	SLO	SLD	SLV	SLC
Dipendenti	S	1.500	1.500	1.476	1.407
	η	0.833	0.833	0.833	0.833
	T_B (sec)	0.151	0.161	0.174	0.174
	T_C (sec)	0.453	0.484	0.521	0.523
	T_D (sec)	1.776	1.831	2.224	2.395

Gli spettri elastici di risposta di accelerazioni delle componenti orizzontali per il sito di costruzione sono stati tenuti in debito conto per gli stati limite previsti dal D.M. 17/01/2018.

Sotto l'effetto delle azioni sismiche deve essere garantito il rispetto degli SLE e SLU. In virtù di quanto riportato al punto 7.1 del D.M. Infrastrutture e Trasporti 17/01/2018 si ha che il rispetto dei vari stati limite si considera soddisfatto:

- nei confronti di tutti gli SLE, qualora siano rispettate le verifiche relative agli SLD;
- nei confronti di tutti gli SLU, qualora siano rispettate le indicazioni progettuali e costruttive riportate nella Sezione 7 del D.M. 2018 e siano soddisfatte le verifiche relative al solo SLV.

Pertanto le verifiche svolte per i vari elementi strutturali in parola comprendono:

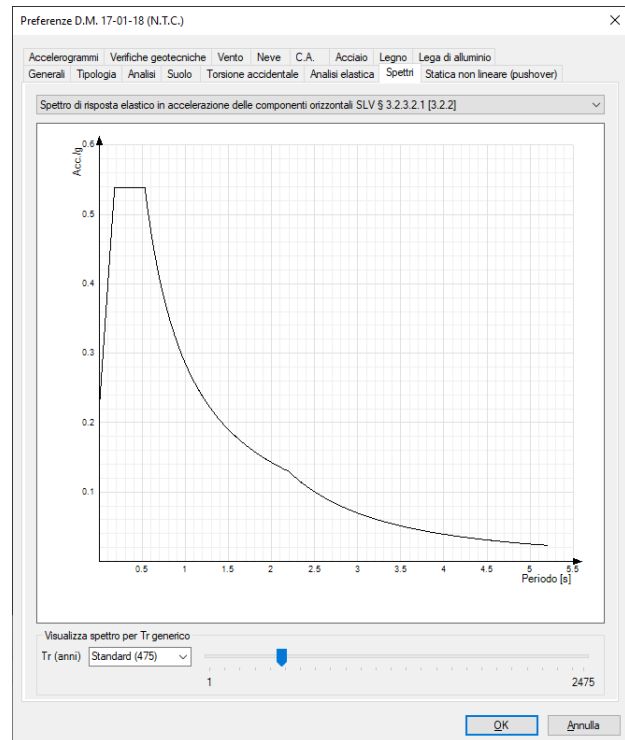
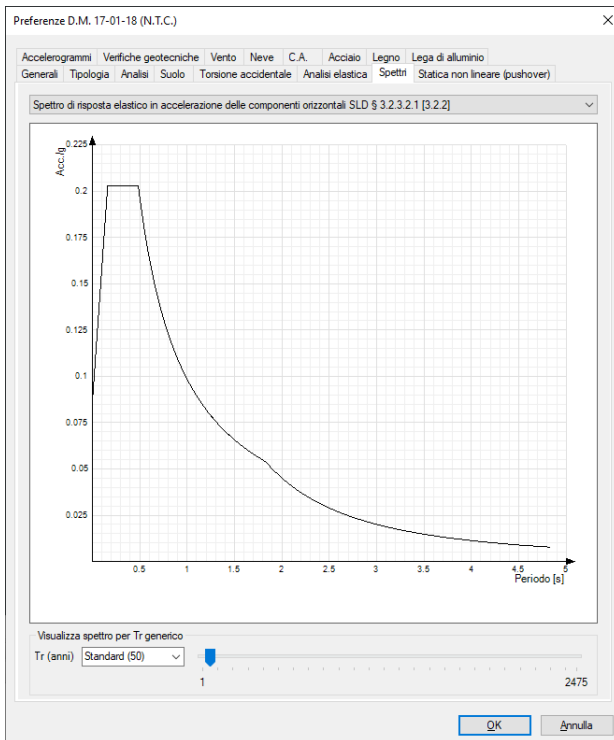
❖ **allo SLU:**

- Verifiche degli elementi strutturali in termini di resistenza;
- Verifiche degli elementi strutturali in termini di duttilità e capacità di deformazione;

❖ **allo SLE:**

- Verifiche degli elementi strutturali in termini di resistenza;
- Verifiche degli elementi strutturali in termini di contenimento del danno agli elementi non strutturali;

Si riportano di seguito gli spettri elastici valutati sulla base di quanto appena descritto.



SPETTRI DI PROGETTO PER GLI SLE

Lo spettro di progetto in accelerazione $S_d(T)$ delle componenti orizzontali da utilizzare per le verifiche agli SLE (ed in particolare allo SLD) è lo spettro elastico, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR.

SPETTRI DI PROGETTO PER GLI SLU

Lo spettro di progetto in accelerazione $S_d(T)$ delle componenti orizzontali da utilizzare per le verifiche allo SLU (ed in particolare allo SLV) è lo spettro elastico, riferito alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, con le ordinate ridotte sostituendo il fattore η con $1/q$, dove q è il fattore di struttura definito per le tipologie strutturali considerate.

CLASSE DI DUTTILITÀ E FATTORE DI STRUTTURA

Per le strutture in oggetto, nell'analisi dinamica lineare non si ha necessità di ricorrere a classi di duttilità elevate, pertanto si considerano dettagli tipici della classe di duttilità **NON DISSIPATIVA**

In aggiunta all'eccentricità effettiva, è stata considerata, in forza di quanto prescritto dal D.M. 17/01/2018, un'eccentricità accidentale, spostando il centro di massa di ogni piano, in ogni direzione considerata, di una distanza pari a $\pm 5\%$ della dimensione massima del piano in direzione perpendicolare all'azione sismica.

La non linearità geometrica, nel particolar caso in elevazione, è stata tenuta in debito conto attraverso il fattore q . Detto coefficiente dipende dalla tipologia strutturale, dai criteri di dimensionamento, dalla duttilità locale delle membrature e dal grado di regolarità della configurazione strutturale, si sarebbe potuto assumere come pari a:

$$q = k_R \cdot q_0 \cdot \alpha_u / \alpha_1$$

dove:

- q_0 è il valore massimo del fattore di struttura che dipende dal livello di duttilità attesa, dalla tipologia strutturale e dal rapporto α_u / α_1 tra il valore dell'azione sismica per il quale si verifica la formazione di un numero di cerniere plastiche tali da rendere la struttura labile e quello per il quale il primo elemento strutturale raggiunge la plasticizzazione a flessione;

- KR è un fattore riduttivo che dipende dalle caratteristiche di regolarità in altezza della costruzione, con valore pari ad 1 per costruzioni regolari in altezza e pari a 0,8 per costruzioni non regolari in altezza;
- KW è un fattore riduttivo che assume valore diverso da 1 solo per strutture a pareti, misti equivalenti a pareti o torso-deformabili.

Fattore di comportamento per sisma SLV X

Default (1.5) ▾

Fattore di comportamento per sisma SLV Y

Default (1.5) ▾

Nel caso in esame, per i valori adottati, si rimanda agli specifici tabulati di calcolo; nello specifico per il dimensionamento e la verifica delle opere di fondazione, in accordo alle NTC18 §7.2.5, sono state considerate le azioni trasmesse dalle strutture in elevazione amplificate del coefficiente di sovraresistenza γ_{Rd} .

La non linearità geometrica, nel particolar caso in elevazione, è stata tenuta in debito conto attraverso il fattore **Q**, per le costruzioni civili tale fattore può essere trascurato nel caso in cui ogni ad ogni orizzontamento risulti:

$$\theta = P \cdot d_r / V \cdot h \leq 0.1$$

Si rimanda quindi ai tabulati di calcolo per la disamina puntuale dei parametri di calcolo utilizzati per le diverse analisi prodotte, in tutte le configurazioni dell'opera.

CARICHI PERMANENTI STRUTTURALI

I carichi permanenti strutturali sono inequivocabilmente da ricondurre alle tipologie di soluzioni strutturali adottate per gli orizzontamenti, ovvero ai vari tipi di solai e/o elementi di orditura primaria e secondaria che realizzano le strutturali portanti, essendo i pesi propri degli elementi stessi, automaticamente calcolati ed attribuiti dal software di calcolo in ragione delle caratteristiche dimensionali e costitutive degli stessi.

CARICHI PERMANENTI

I carichi permanenti non strutturali associati e riportati di seguito sono riconducibili, per i vari livelli, ai carichi caratteristici desunti dai pacchetti architettonici che si intende realizzare sull'opera.

CARICHI ACCIDENTALI

Le azioni accidentali risultano fornite inequivocabilmente dalle vigenti NTC, in funzione della destinazione d'uso dei vari livelli; sostanzialmente si considerano le azioni riconducibili a quelle fornite dalle vigenti NTC del 2018 al paragrafo 3.1.4, relativo alle azioni statiche riconducibili ai carichi variabili.

Nello specifico nella modellazione prodotta si sono considerati quali carichi agenti quelli superficiali verticali uniformemente distribuiti associati alla categoria A, C1 ed H della tabella 3.1.II della normativa, di seguito riportata.

Cat.	Ambienti	q_k [kN/m ²]	Q_k [kN]	H_k [kN/m]
A	Ambienti ad uso residenziale			
	Aree per attività domestiche e residenziali; sono compresi in questa categoria i locali di abitazione e relativi servizi, gli alberghi (ad esclusione delle aree soggette ad affollamento), camere di degenza di ospedali	2,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi, ballatoi	4,00	4,00	2,00
B	Uffici			
	Cat. B1 Uffici non aperti al pubblico	2,00	2,00	1,00
	Cat. B2 Uffici aperti al pubblico	3,00	2,00	1,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	4,00	4,00	2,00



	Ambienti suscettibili di affollamento			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00
	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	2 x 50,00	1,00**
	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		
	* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.			
	** per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.			

Nel caso specifico, trattandosi di un edificio adibito a scuola, si è considerato un sovraccarico di 3 kN/mq (Cat. C1) in corrispondenza delle aule e di 4 kN/mq in corrispondenza di balconi, ballatoi e scale.

AZIONE DEL VENTO

Il vento esercita sulle costruzioni azioni che variano nel tempo e nello spazio provocando, in generale, effetti dinamici; dette azioni, però, su costruzioni del tipo in oggetto, risultano ininfluenti, o meglio generano delle sollecitazioni sugli elementi strutturali trascurabili in rapporto alla medesima tipologia di tensioni prodotte sul sistema resistente dalle azioni sismiche; pertanto, si omette la definizione delle medesime.

AZIONE DELLA NEVE

Le azioni agenti sulle strutture, riconducibili ai carichi da neve, vengono stimate, coerentemente con quanto sviluppato per le altre possibili tipologie di carichi esaminate per la progettazione preliminare delle opere in oggetto, in ottemperanza a quanto indicato nelle vigenti Norme Tecniche per le Costruzioni al capitolo 3. Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato mediante la seguente espressione:

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

dove:

- q_s è il carico neve sulla copertura;
- μ_i è il coefficiente di forma della copertura;
- q_{sk} è il valore caratteristico di riferimento del carico neve al suolo;
- C_e è il coefficiente di esposizione;
- C_t è il coefficiente termico.

Si ipotizza che il carico agisca in direzione verticale e lo si riferisce alla proiezione orizzontale della superficie della copertura. Il carico neve al suolo dipende dalle condizioni locali di clima e di esposizione, considerata la variabilità delle precipitazioni nevose da zona a zona. In mancanza di adeguate indagini statistiche e specifici studi locali, che tengano conto sia dell'altezza del manto nevoso che della sua densità, il carico di riferimento neve al suolo, per località poste a quota inferiore a 2000 m sul livello del mare, non dovrà essere assunto minore di quello calcolato in base alle espressioni riportate nel seguito. Va richiamato il fatto che tale zonazione non può tenere conto di aspetti specifici e locali che, se necessario, dovranno essere definiti singolarmente.

L'altitudine di riferimento a_s è la quota del suolo sul livello del mare nel sito di realizzazione dell'edificio. I valori caratteristici minimi del carico della neve al suolo sono quelli riportati.

Zona I - Alpina

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

$$\begin{aligned} q_{sk} &= 1,50 \text{ kN/m}^2 & a_s \leq 200 \text{ m} \\ q_{sk} &= 1,39 [1 + (a_s/728)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s > 200 \text{ m} \end{aligned} \quad [3.4.2]$$

Zona I - Mediterranea

Alessandria, Ancona, Asti, Bologna, Cremona, Forlì-Cesena, Lodi, Milano, Modena, Monza Brianza, Novara, Parma, Pavia, Pesaro e Urbino, Piacenza, Ravenna, Reggio Emilia, Rimini, Treviso, Varese:

$$\begin{aligned} q_{sk} &= 1,50 \text{ kN/m}^2 & a_s \leq 200 \text{ m} \\ q_{sk} &= 1,35 [1 + (a_s/602)^2] \text{ kN/m}^2 & a_s > 200 \text{ m} \end{aligned} \quad [3.4.3]$$

Zona II

Arezzo, Ascoli Piceno, Avellino, Bari, Barletta-Andria-Trani, Benevento, Campobasso, Chieti, Fermo, Ferrara, Firenze, Foggia, Frosinone, Genova, Gorizia, Imperia, Isernia, L'Aquila, La Spezia, Lucca, Macerata, Mantova, Massa Carrara, Padova, Perugia, Pescara, Pistoia, Prato, Rieti, Rovigo, Savona, Teramo, Trieste, Venezia, Verona:

$$q_{sk} = 1,00 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,85 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m} \quad [3.4.4]$$

Zona III

Agrigento, Brindisi, Cagliari, Caltanissetta, Carbonia-Iglesias, Caserta, Catania, Catanzaro, Cosenza, Crotone, Enna, Grosseto, Latina, Lecce, Livorno, Matera, Medio Campidano, Messina, Napoli, Nuoro, Ogliastra, Olbia-Tempio, Oristano, Palermo, Pisa, Potenza, Ragusa, Reggio Calabria, Roma, Salerno, Sassari, Siena, Siracusa, Taranto, Terri, Trapani, Vibo Valentia, Viterbo:

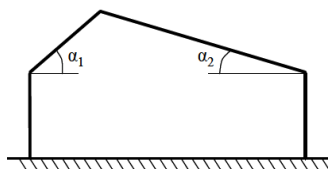
$$q_{sk} = 0,60 \text{ kN/m}^2 \quad a_s \leq 200 \text{ m}$$

$$q_{sk} = 0,51 [1 + (a_s/481)^2] \text{ kN/m}^2 \quad a_s > 200 \text{ m} \quad [3.4.5]$$

Il coefficiente di forma μ_i si assume in via generale, per il carico neve, il valore indicato nominalmente per le coperture a una o più falde, essendo a , in gradi sessagesimali, l'angolo formato dalla falda con l'orizzontale. I coefficienti di forma μ_1 , μ_2 , μ_3 , μ_i si riferiscono alle coperture ad una o più falde, e sono da valutare in funzione di α come indicato ai punti che seguono.

Tab. 3.4.II - Valori del coefficiente di forma

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 specifico si presenta una copertura del tipo a falde, per cui si assume che la neve non sia impedita di scivolare. Se l'estremità più bassa della falda termina con un parapetto, una barriera od altre costruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo α . Si considera la condizione riportata in figura, la quale deve essere utilizzata per entrambi i casi di carico con o senza vento.

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 consigliati del coefficiente di esposizione per diverse classi di topografia sono forniti nella Tabella 3.4.I delle NTC. Se non diversamente indicato, si assumerà $C_E = 1$, nello specifico detta assunzione risulta coerente trattandosi di un'area riconducibile ad una situazione topografica "normale".

Tab. 3.4.I – Valori di C_E per diverse classi di esposizione

Topografia	Descrizione	C_E
Battuta dai venti	Aree pianeggianti non ostruite esposte su tutti i lati, senza costruzioni o alberi più alti	0,9
Normale	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi	1,0
Riparata	Aree in cui la costruzione considerata è sensibilmente più bassa del circostante terreno o circondata da costruzioni o alberi più alti	1,1

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 $C_t = 1$.

Pertanto considerato che l'area oggetto di studio ricade nella Zona II, assunto il coefficiente di esposizione C_E pari ad 1.0, considerando in riferimento alla tabella 3.4.I, l'area oggetto di intervento ricadente nella classe topografica "Normale" (Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi), assunto un valore del coefficiente termico C_t pari ad 1, tenendo in debito conto che le superfici di copertura presentano le suindicate caratteristiche e risultano tutte inscrivibili nel range $0^\circ < \alpha < 30^\circ$, si ottiene il valore utilizzato per l'implementazione del carico neve:

$$q_s = 50 \text{ daN/m}^2$$

AZIONE DELLA TEMPERATURA

Le azioni della temperatura sulla struttura sono state valutate in accordo a quanto prescritto dalle NTC al §3.5.5 – Tabella 3.5.II.

Tab. 3.5.II – Valori di ΔT_u per gli edifici

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

AZIONI ECCEZIONALI

Le azioni eccezionali sono quelle che si presentano in occasione di eventi quali incendi, esplosioni ed urti. Quando è necessario tenerne conto esplicito, si considererà la combinazione eccezionale di azioni di cui al §2.5.3. Quando non si effettuano verifiche specifiche nei confronti delle azioni eccezionali, quali esplosioni, urti, ecc., la concezione strutturale, i dettagli costruttivi ed i materiali usati dovranno essere tali da evitare che la struttura possa essere danneggiata in misura sproporzionata rispetto alla causa. Nello specifico trattandosi di una costruzione ordinaria, si ritengono trascurabili gli effetti di dette azioni sulla struttura oggetto di verifica.

TABELLA RIASSUNTIVA DEI CARICHI

In funzione delle caratteristiche del manufatto e del sito, precedentemente indicate, è stato possibile individuare varie tipologie di carico superficiali (che si sommano ai carichi strutturali che il software attribuisce automaticamente, ove possibile, in funzione delle caratteristiche geometriche degli elementi associati; in caso contrario anche il peso proprio viene definito in fase in input).

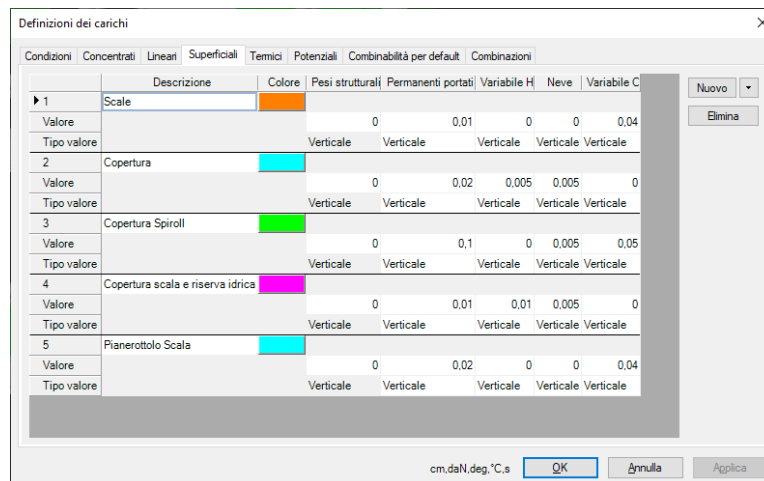
1 Copertura Spiroll						
Classe di Carico	Descrizione	Peso Specifico (kN/mc)	Spessore (mt.)	Carico	Carico Totale	
Gk1i	Spiroll 30 cm		0.3	3.50		
	Soletta collaborante	25	0.05	1.25		
Gk1 tot	Totale Permanenti strutturali				4.75	kN/mq
Gk2i	Terreno ecc.			10.00		
Gk2 tot	Totale Permanenti non strutturali				10.00	kN/mq
Qk1	Cat. C3				5	kN/mq
Qk2	Cat. Neve				0.5	kN/mq

2 Solaio prefabbricato PIANEROTTOLO SCALA						
Classe di Carico	Descrizione	Peso Specifico (kN/mc)	Spessore (mt.)	Carico	Carico Totale	
Gk1i				3.00		
Gk1 tot	Totale Permanenti strutturali				3.00	kN/mq
Gk2i				2.00		
Gk2 tot	Totale Permanenti non strutturali				2.00	kN/mq
Qk	Cat. A				4	kN/mq

3 Copertura prefabbricato SCALA e RISERVA IDRICA						
Classe di Carico	Descrizione	Peso Specifico (kN/mc)	Spessore (mt.)	Carico	Carico Totale	
Gk1i				3.00		
Gk1 tot	Totale Permanenti strutturali				3.00	kN/mq
Gk2i				1.00		
Gk2 tot	Totale Permanenti non strutturali				1.00	kN/mq
Qk	Cat. H				1	kN/mq
Qk2	Cat. Neve				0.5	kN/mq

4 SCALA						
Classe di Carico	Descrizione	Peso Specifico (kN/mc)	Spessore (mt.)	Carico	Carico Totale	
Gk1i	Piastra in c.a.	25	0.15	3.75		
Gk1 tot	Totale Permanenti strutturali				3.75	kN/mq
Gk2i				1.00		
Gk2 tot	Totale Permanenti non strutturali				1.00	kN/mq
Qk	Cat. A				4	kN/mq

Mentre l'input nel software di calcolo è il seguente:



COMBINAZIONI DI CARICO

Ai fini delle verifiche agli stati limite, le azioni elementari definite in precedenza vengono combinate secondo quanto previsto § 2.5.3 delle NTC. In particolare, si considerano le seguenti combinazioni delle azioni:

Stati limite ultimi (SLU)

- Combinazione fondamentale:

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

Stati limite esercizio (SLE)

- Combinazione caratteristica (rara):

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

- Combinazione frequente:

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

- Combinazione quasi permanente:

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

Sismica (SLD, SLV)

- Combinazione i-esima:

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

in cui G_i sono i valori caratteristici dei carichi permanenti, Q_{ki} indica le azioni variabili ed E l'azione sismica opportunamente combinata nelle due direzioni principali. In particolare, nella combinazione delle azioni che possono agire contemporaneamente, Q_{k1} è l'azione dominante e Q_{k2} , Q_{k3} , Q_{kj} sono le azioni variabili che possono agire contemporaneamente a quella dominante. Si osserva da subito che nelle combinazioni allo SLE si omettono quelle azioni variabili che forniscono un contributo favorevole nei confronti delle azioni. Infine, per correttezza, si osserva che il simbolo "+" nelle precedenti relazioni ha il significato di somma algebrica e quindi vuol dire "combinato con". I coefficienti parziali di sicurezza γ_{Gi} e γ_{Qj} sono riportati nella Tabella 2.6.I delle N.T.C.

Tab. 2.6.I – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_F			
Carichi permanenti G_i	Favorevoli	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	γ_{G2}	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	γ_{Qj}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

Nella precedente tabella, il significato dei simboli è il seguente:

- γ_{G1} coefficiente parziale del peso proprio della struttura;
- γ_{G2} coefficiente parziale del peso proprio degli elementi non strutturali;
- γ_{Qj} coefficiente parziale delle azioni variabili.

Le azioni variabili Q_{kj} sono combinate con i coefficienti di combinazione Ψ_{0j} , Ψ_{1j} e Ψ_{2j} i cui valori sono riportati in Tabella 2.5.I delle NTC.

SCHEMATIZZAZIONE STRUTTURALE

Le analisi sono state condotte con l'ausilio del programma SISMICAD® della Concrete s.r.l., sistema di pre- e post-processore per la preparazione del modello e successiva lettura dei dati numerici

rilevati dal programma interno di calcolo numerico agli "elementi finiti". Il programma è sostanzialmente diviso in tre moduli:

- un preprocessore che consente l'introduzione della geometria e dei carichi e crea il file dati di input al solutore;
- il solutore agli elementi finiti;
- un post-processore che a soluzione avvenuta elabora i risultati eseguendo il progetto e la verifica delle membrature e producendo i grafici ed i tabulati di output.

Il programma, che si avvale di una interfaccia grafica compatibile con formati AutoCAD, consente la progettazione di edifici in c.a., muratura, legno ed acciaio schematizzati attraverso un modello spaziale composto da elementi monodimensionali e/o bidimensionali con fondazioni poggianti su suolo elastico alla Winkler od elastoplastico, oppure su palificate.

Nello specifico lo schema funzionale concepito è quello di struttura in c.a., modellata come telaio spaziale a nodi fissi, con i telai orditi lungo le due direttrici principali e solai a comportamento rigido nel piano. L'analisi svolta è di tipo **dinamica lineare**.

Si riportano di seguito alcune immagini significative della modellazione geometrica effettuata.

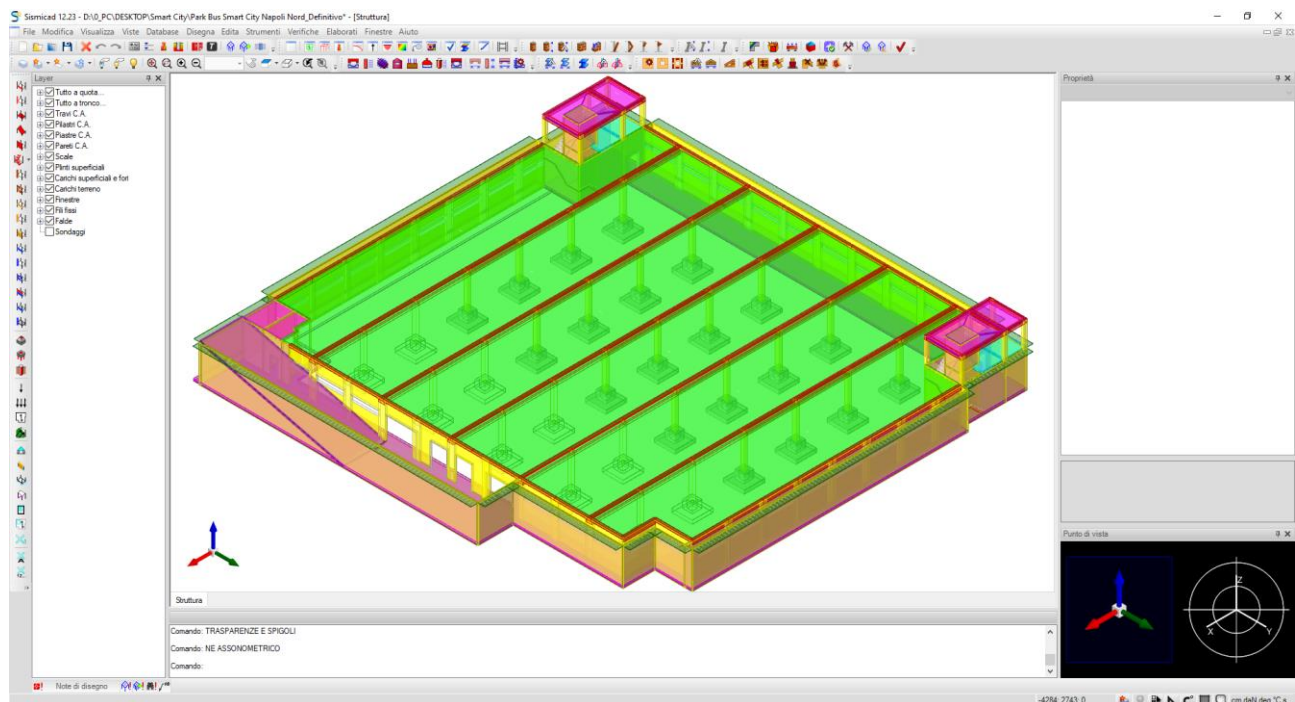


Figura 2 Vista N.E. modello geometrico

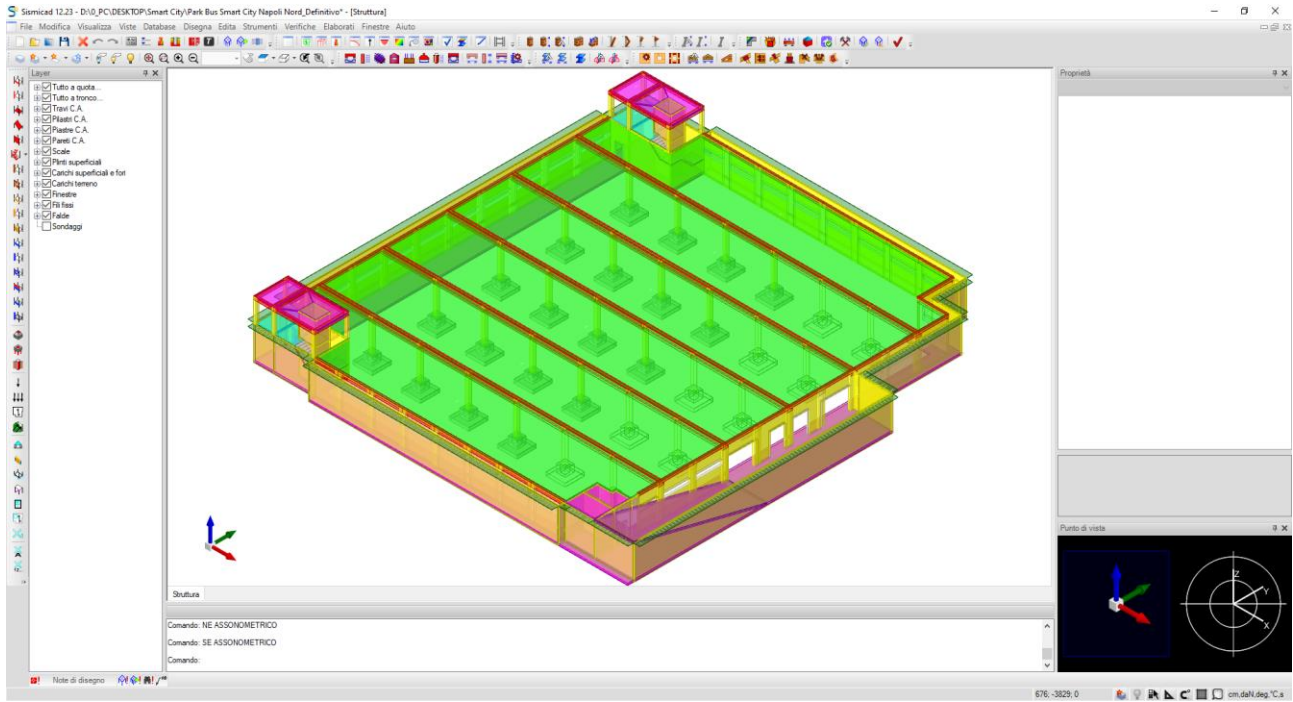


Figura 3 Vista S.E. modello geometrico

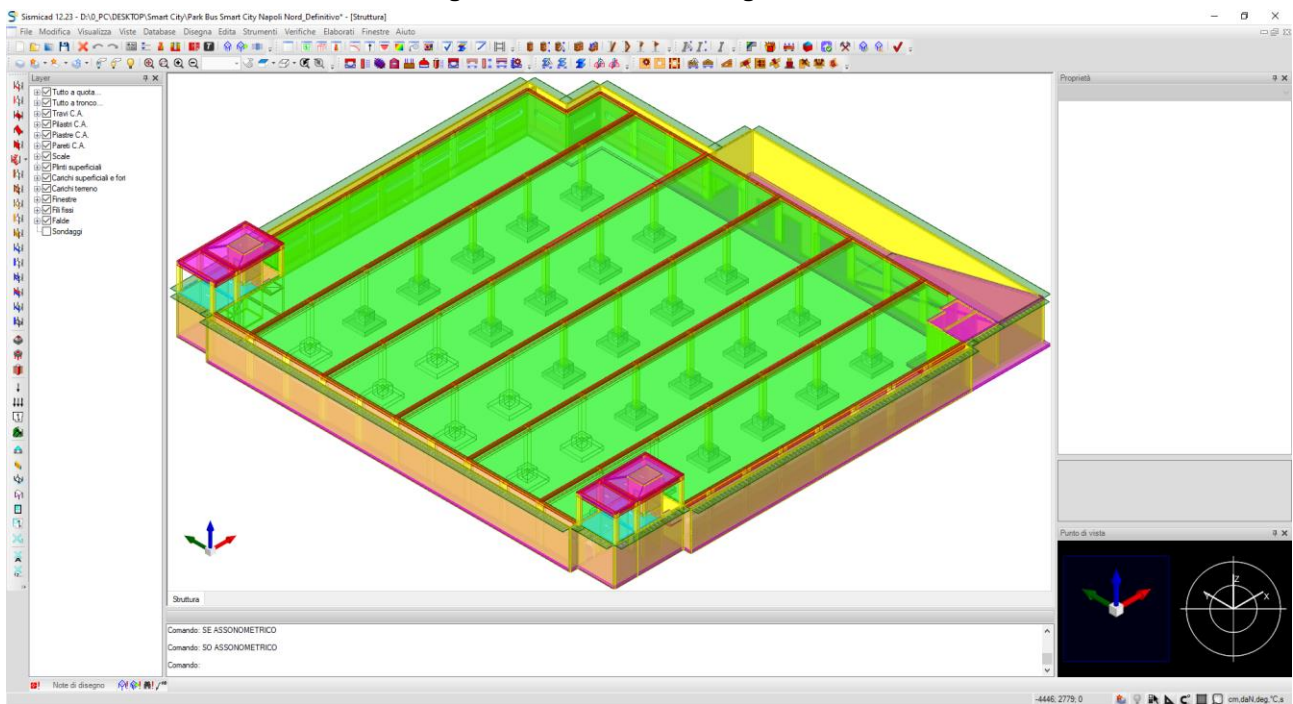


Figura 4 Vista S.O. modello geometrico

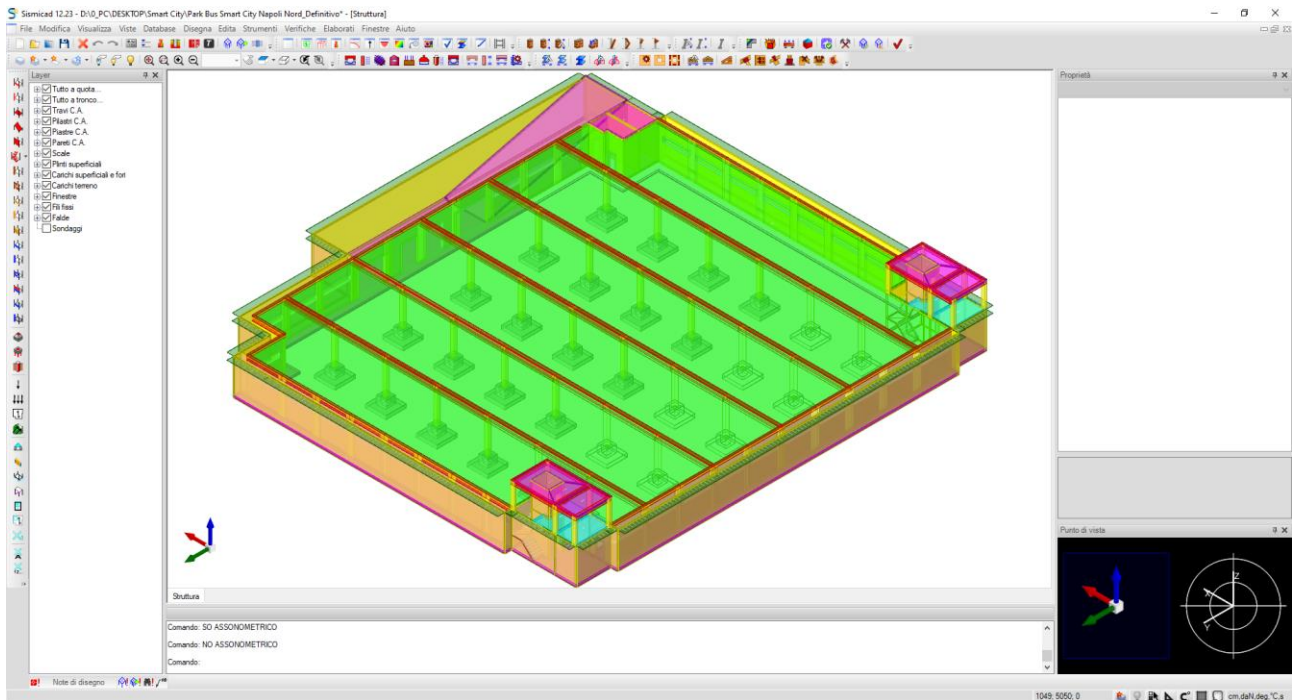


Figura 5 Vista N.O. modello geometrico

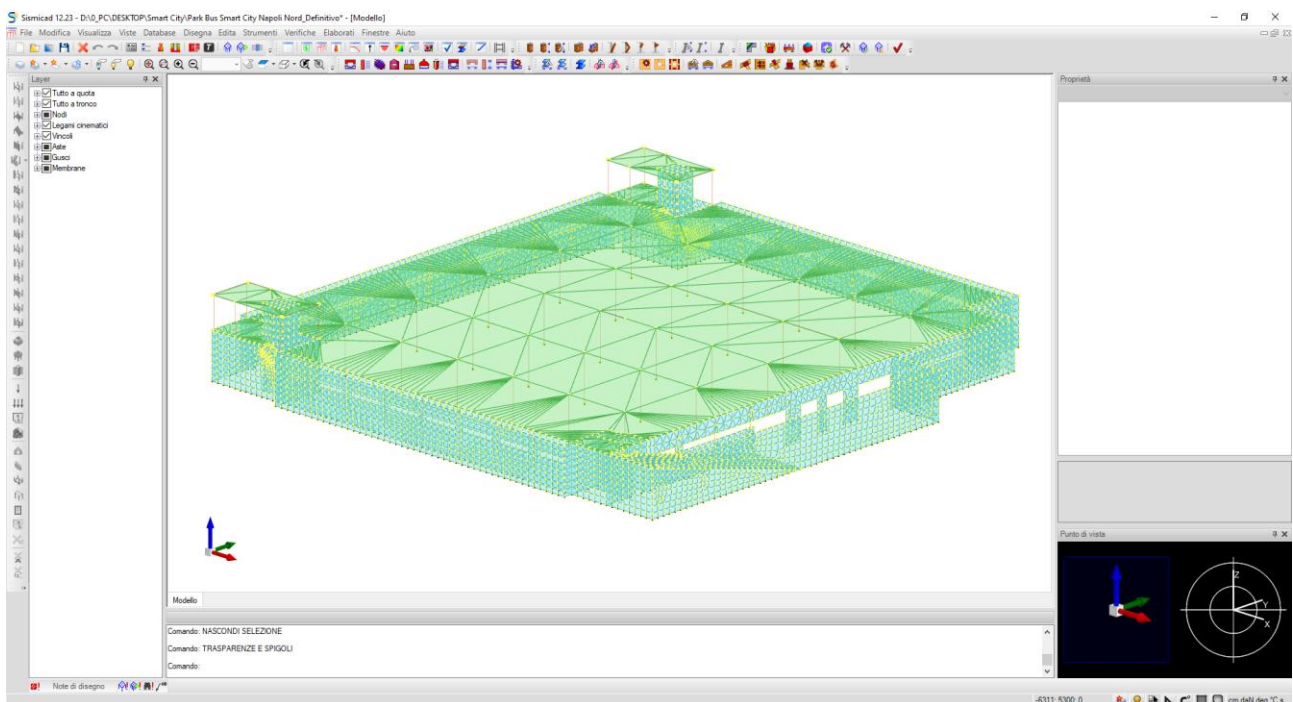


Figura 6 Modello analitico

ANALISI DI VULNERABILITÀ ANTE OPERAM

RISPOSTA MODALE

L'analisi della struttura parte dalla conoscenza del suo comportamento dinamico dovuto alle caratteristiche intrinseche quali ad esempio geometria, rigidità e massa. Pertanto, prima di qualsivoglia analisi, risulta indispensabile effettuare un'analisi dinamica modale.

Si riporta di seguito una sintesi dei risultati ottenuti, in cui vengono mostrati i modi principali a cui sono associate le partecipazioni di massa maggiori.

Modo	Periodo [s]	Massa X	Massa Y	Tipologia
3	0.24	62%	1.3%	Traslazionale X
4	0.16	64%	1.2%	Traslazionale Y
3	0.24	62%	1.3%	Traslazionale X

Si riportano di seguito le deformate corrispondenti.

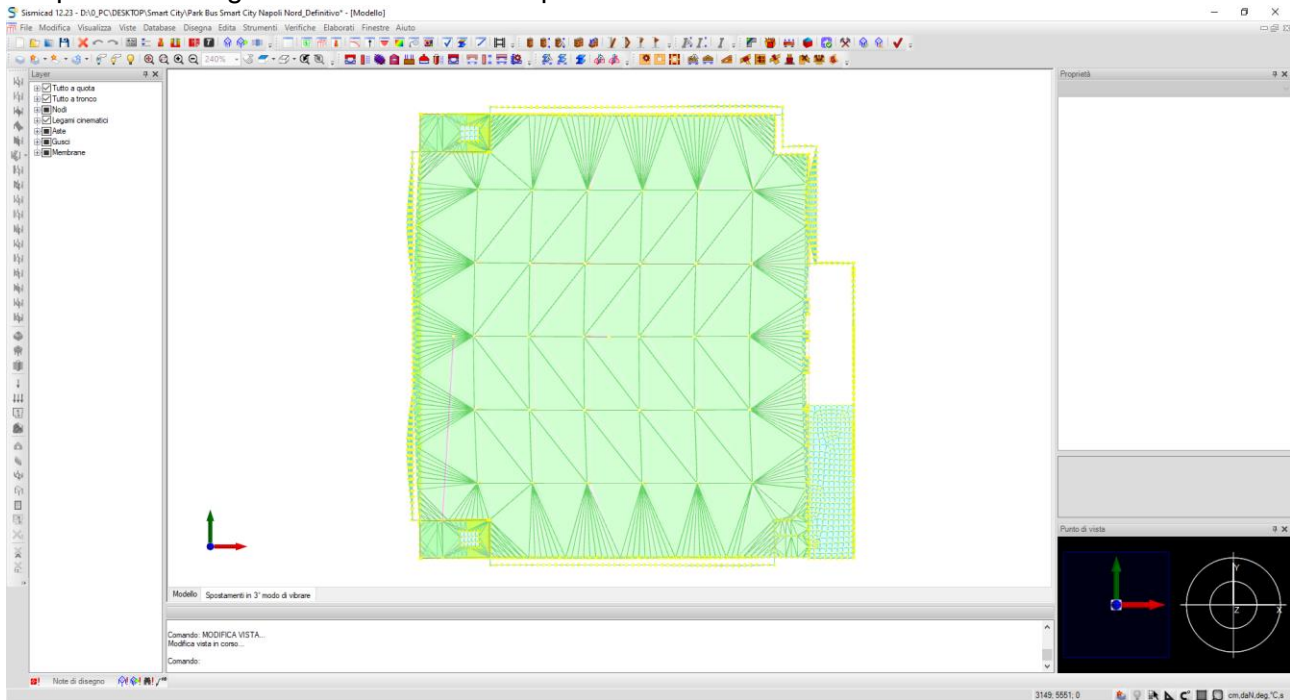


Figura 7 Primo modo principale di vibrare

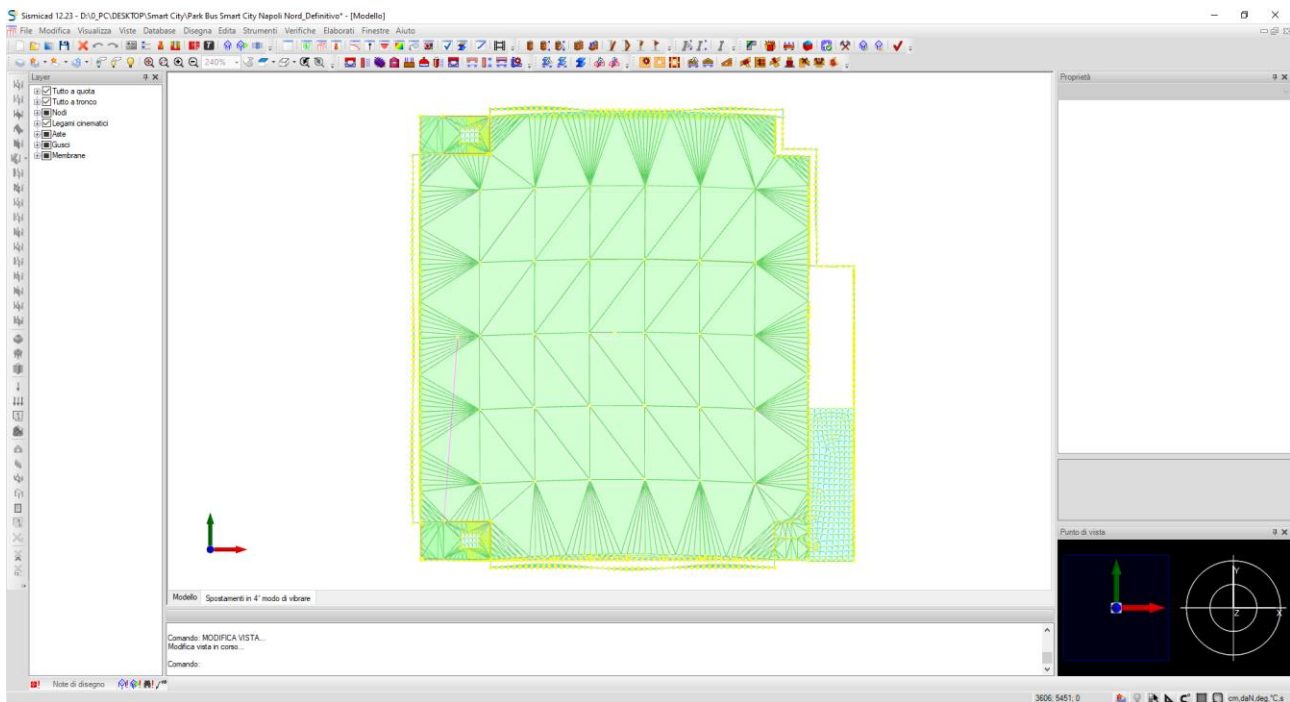


Figura 8 Secondo modo principale di vibrare

VERIFICHE STATICHE

L'analisi dinamica lineare ha consentito inoltre di avere una disamina sul comportamento statico della struttura, con particolare riferimento alla risposta flessionale e tagliante.

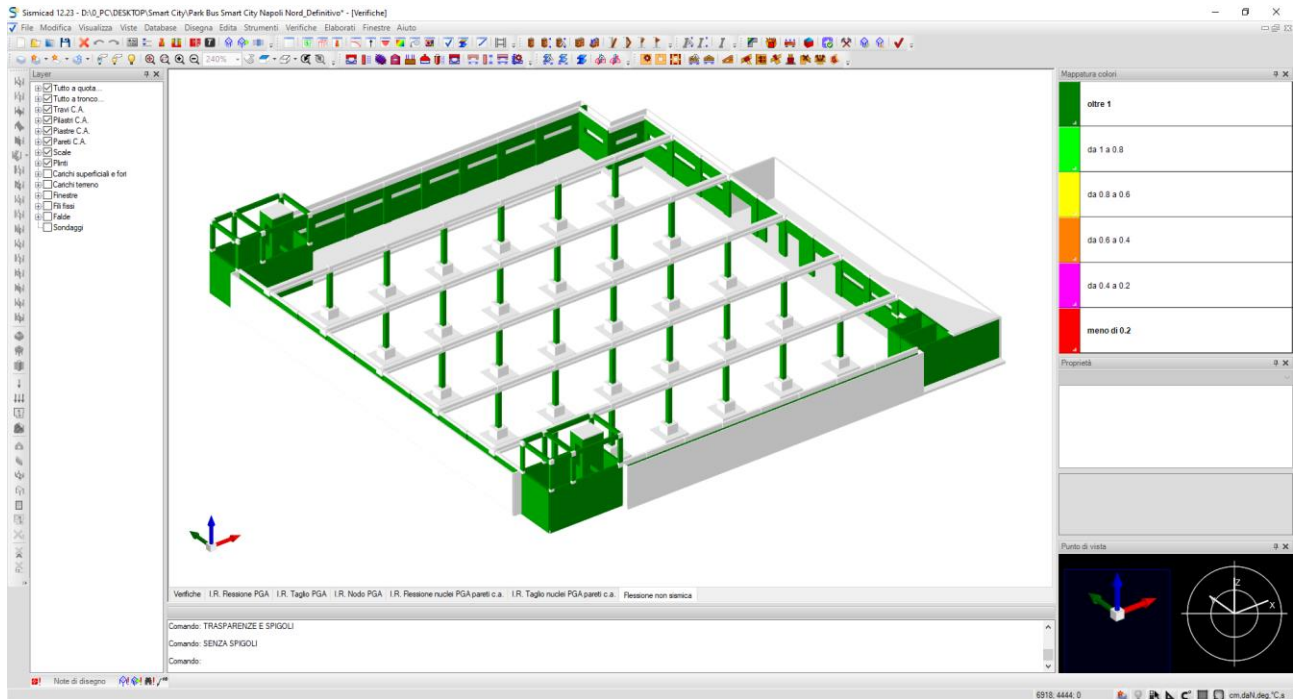


Figura 9 Flessione non sismica

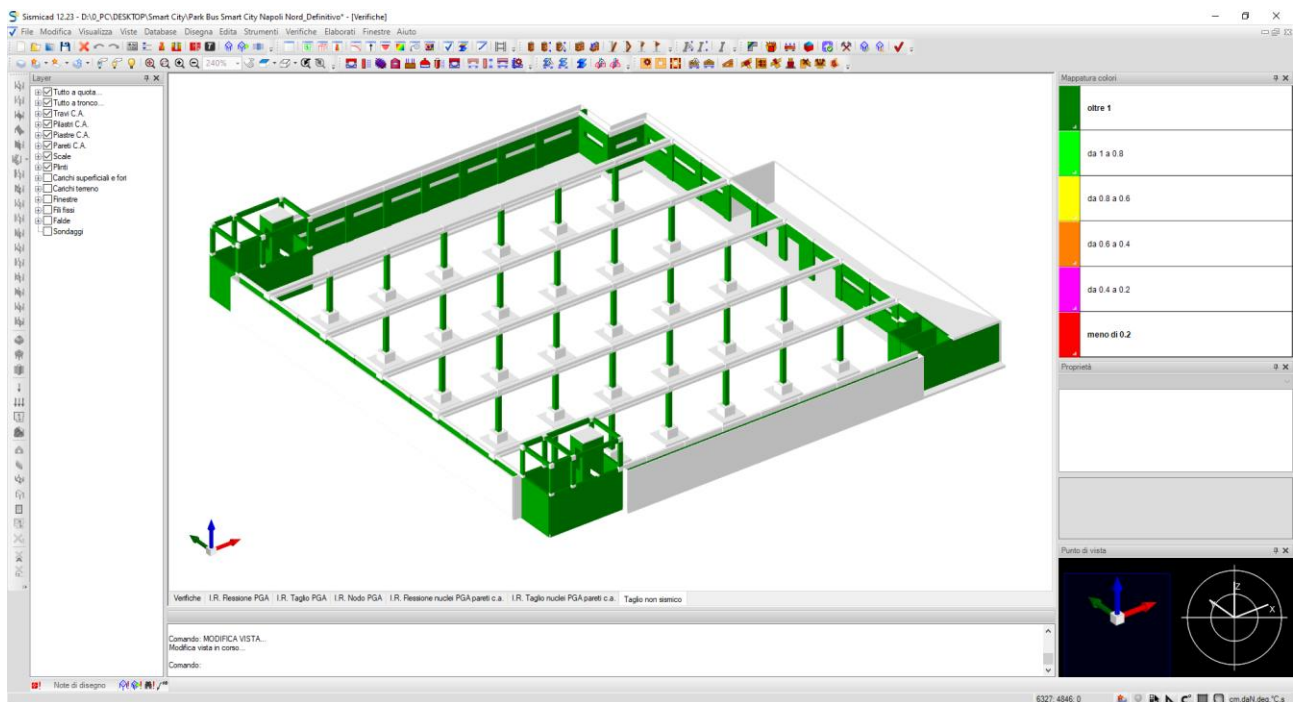


Figura 10 Taglio non sismico

Si nota come staticamente l'edificio risulta ampiamente adeguato.

Si precisa che la valutazione dei tassi di lavoro a rottura determina una condizione limite, relativamente al raggiungimento delle tensioni limite di rottura secondo coefficienti parziali di

sicurezza allo **SLU**. Tale condizione determina uno scenario assolutamente verificato sia per travi che per pilastri; la struttura si dichiara pertanto **staticamente idonea**.

Si precisa che per l'analisi dinamica lineare effettuata sono stati considerati modi di vibrare tali da attivare almeno l'85% della massa complessiva, in accordo a quanto richiesto al §7.3.4.2 delle NTC2018.

VERIFICHE SISMICHE

Sintesi degli indicatori ottenuti

Dall'analisi di vulnerabilità in Ante Operam si evince un indicatore globale pari a:

I.R. min, PGA_{globale}, ANTE OPERAM = 115%

Di seguito si riportano le mappature di colore relative all'indice di rischio in termini di PGA sia per la sollecitazione di flessione, di taglio e dei nodi.

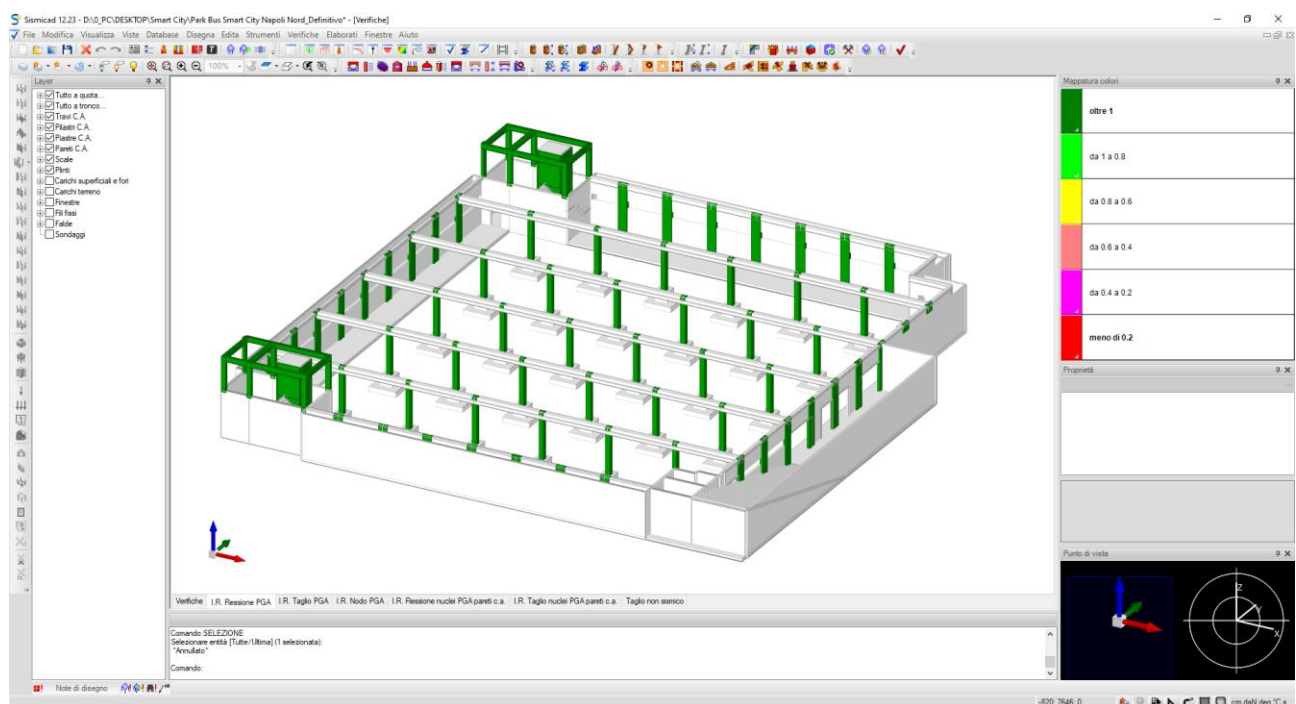


Figura 11 I.R. Flessione PGA

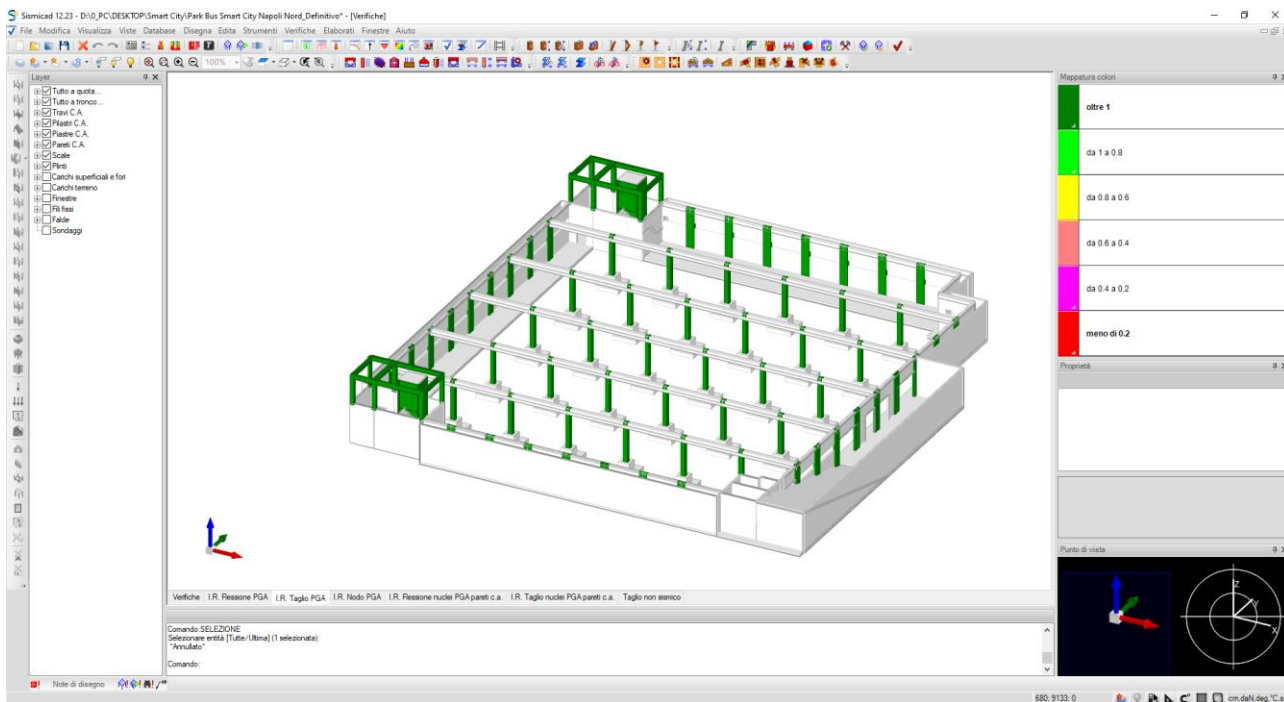


Figura 12 I.R. Taglio PGA

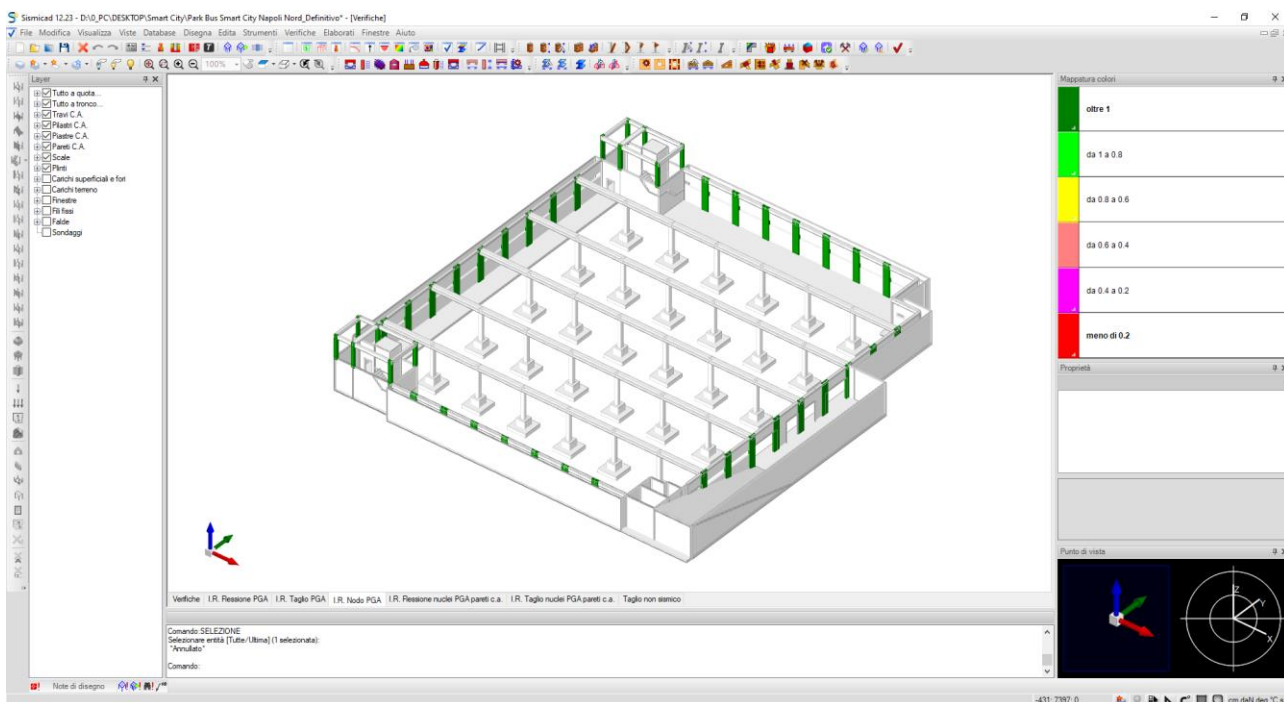


Figura 13 I.R. Nodo PGA

INTERVENTI DI ADEGUAMENTO

Le strutture in esame manifestano comportamenti rispondenti alle previsioni; modellate secondo quanto rilevato dalle indagini effettuate in situ, non presentano criticità rilevanti in ambito statico, per cui si dichiarano **staticamente idonee** secondo le attuali condizioni di carico imposte dalla Normativa.

Per quanto concerne invece le analisi in campo sismico, non si evidenziano delle carenze in termini di comportamento globale della struttura.



Italiadomani
PRIMA NAZIONALE DI IMPRESA E RESILIENZA

Finanziato
dall'Unione europea
NextGenerationEU

Appalto integrato sulla base del progetto di fattibilità tecnica ed economica "Smart City
Napoli Nord - Piani Urbani Integrati – M5C2 – I.2.2"
CIG 972663946C CUP I45I22000020006 - CUP I45I22000030006

Per tali motivi, l'attenzione del progettista sarà posta solo nel miglioramento locale dell'edificio, come il ripristino corticale e protezione di strutture in cemento armato degradato e armatura metallica a vista. Si riscontrano evidenti fenomeni di infiltrazione, si prevede il ripristino delle membrane impermeabilizzanti.