



**Finanziato
dall'Unione europea**
NextGenerationEU



**PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA
MISSIONE 5: INCLUSIONE E COESIONE**

Componente 2 - Infrastrutture sociali, famiglie, comunità e terzo settore
Investimento 2.2: Piani Urbani Integrati

COMUNE DI CAMPI BISENZIO
Città Metropolitana di Firenze

RIQUALIFICAZIONE PARCO E VILLA RUCELLAI PARTE SETTECENTESCA CON ANNESSI E MASTERPLAN DELLA CITTADELLA DELLA CULTURA

PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA "RAFFORZATA"

C.U.P. C87B22000130005

RUP:
Arch. Letizia Nieri

progetto architettonico e coordinamento:
Prof. Arch. Fabio Capanni
via del Romito, 2 - Firenze

progetto strutturale
coordinamento sicurezza in fase di progettazione
prestazioni energetiche-acustiche, VV. FF.:
GPA s.r.l. - via Leone X, 13 - Firenze
Ing. Giovanni Cardinale (responsabile)
Ing. Valentina Cardinale
Ing. Simone Tognaccini
Geom. Stefano Battagli

progetto impianti:
Ing. Andrea Giunti
via dei Glicini, 40 - Greve in Chianti (FI)

collaboratori:
Arch. Daniele Vanni
Giulia Viciani


consulente per restauro opere pittoriche e architettoniche:
Dott. Daniele Casavecchi Restauratore/Conservatore Beni Culturali

RELAZIONE TECNICA
OPERE STRUTTURALI

Elaborato
P.ST.01

Aprile 2023

Rev_01

 <p>ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING</p>	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.1 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

VILLA RUCELLAI - PORZIONE SETTECENTESCA E ANNESSO


RELAZIONE TECNICA OPERE STRUTTURALI

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.2 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

SOMMARIO


RELAZIONE TECNICA OPERE STRUTTURALI	5
1 - OGGETTO.....	5
2 - PREMESSA METODOLOGICA.....	6
3 - CRITERI GENERALI DI PROGETTO	7
3.1. - Normative di riferimento e bibliografia	7
3.2. - Ipotesi sui materiali esistenti e sugli aspetti geologici	8
3.2.1 - Caratterizzazione meccanica dei materiali esistenti (§C8.5.3)	8
3.2.2 - Vita nominale, classi d'uso e periodo di riferimento	8
3.2.3 - Localizzazione, categoria del sottosuolo e condizioni topografiche.....	9
4 - INTERVENTI LOCALI VILLA RUCELLAI PORZIONE SETTECENTESCA	10
4.1. - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	10
4.2. - MATERIALI STRUTTURALI.....	12
4.2.1 - Caratteristiche dei materiali esistenti.....	12
4.2.2 - Caratteristiche dei materiali di nuova costruzione.....	13
4.2.2.1 - Acciaio da carpenteria.....	13
4.2.3 - Legno massiccio	13
4.3. - ANALISI DEI CARICHI	15
4.3.1 - Pesi propri strutturali.....	15
4.3.2 - Pesi propri non strutturali	15
4.3.2.1 - Solaio di interpiano.....	15
4.3.2.2 - Solaio copertura	16
4.3.3 - Carichi variabili	16
4.3.3.1 - Azione in funzione della destinazione d'uso	16
4.3.3.2 - Carico neve	17

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.3 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023


4.3.4 - Azione sismica di progetto	18
4.3.5 - Combinazione delle azioni	20
4.4. - VERIFICA CERCHIATURA METALLICA.....	22
4.4.1 - Stato Ante-operam	22
4.4.2 - Stato Post-operam.....	24
4.4.3 - Verifica.....	25
4.4.4 - Verifiche dei telai.	26
5 - MIGLIORAMENTO SISMICO E ADEGUAMENTO STATICO ANNESSE	33
5.1. - CAMPAGNA DI INDAGINI ANNESSE.....	33
5.1.1 - Livello di conoscenza	33
5.1.2 - Descrizione delle indagini effettuate.....	34
5.1.2.1 - martinetti piatti	34
5.1.2.2 - Indagini penetrometriche pnt-g.....	37
5.1.2.3 - Indagini endoscopiche.....	38
5.1.2.4 - Saggio per verificare ammorsamenti.....	38
5.2. - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI.....	39
5.3. - DESCRIZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE	42
5.3.1 - Modellazione FEM e codici di calcolo adottati	42
5.4. - MATERIALI STRUTTURALI	44
5.4.1 - Caratteristiche dei materiali esistenti.....	44
5.4.1.1 - Muratura a conci sbozzati	44
5.4.2 - Caratteristiche dei materiali esistenti rinforzati.....	45
5.4.2.1 - Rinforzo con intonaco armato.	45
5.4.2.2 - Rinforzo con iniezioni di miscele leganti.	46
5.4.3 - Caratteristiche dei materiali di nuova costruzione.....	46
5.4.3.1 - Calcestruzzo armato.....	46
5.4.3.2 - Acciaio da carpenteria.....	49
5.4.3.3 - Legno massiccio.....	50

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.4 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023


5.5. - ANALISI DEI CARICHI	51
5.5.1 - Pesi propri strutturali.....	51
5.5.2 - Pesi propri non strutturali	51
5.5.2.1 - Solaio di interpiano	51
5.5.2.2 - Solaio copertura	52
5.5.2.3 - Solaio copertura loggia.....	52
5.5.3 - Carichi variabili	52
5.5.3.1 - Azione in funzione della destinazione d'uso	52
5.5.3.2 - Carico neve	53
5.5.4 - Azione sismica di progetto	55
5.5.5 - Combinazione delle azioni	56
5.6. - STATO DI FATTO - ANALISI DI VULNERABILITA PER CARICHI VERTICALI	58
5.6.1 - Controllo snellezza murature.....	58
5.6.2 - Verifiche statiche delle murature	58
5.6.3 - Verifiche statiche dei solai	61
5.7. - STATO DI FATTO - ANALISI DI VULNERABILITA' PER CARICHI SISMICI.....	62
5.7.1 - determinazione indice di vulnerabilità sismica	62
5.8. - STATO DI PROGETTO – VERIFICHE PER CARICHI VERTICALI	65
5.8.1 - Verifiche statiche nuovi solai in legno	65
5.8.1.1 - Solaio di interpiano	65
5.8.1.2 - Solaio copertura	73
5.8.1.3 - Solaio copertura loggia.....	80
5.8.2 - Verifiche delle murature.....	86
5.8.2.1 - Rinforzi sulle murature previsti da progetto.....	86
5.8.2.2 - Verifica delle murature per carichi verticali	86
5.9. - STATO DI PROGETTO – VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA PER CARICHI SISMICI.....	88
5.9.1 - Determinazione indice vulnerabilità sismica post-intervento.....	88

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.5 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

RELAZIONE TECNICA OPERE STRUTTURALI

1 - OGGETTO

La presente relazione ha come oggetto l'analisi degli interventi strutturali previsti all'interno della riqualificazione del Parco e della Villa Rucellai (parte settecentesca) e degli annessi a Campi Bisenzio (FI).

A livello generale è possibile suddividere il lavoro in tre interventi diversi:

- Rifunionalizzazione della Villa Rucellai porzione settecentesca;
- Riqualificazione e restauro di un corpo di fabbrica all'interno dell'area di intervento attualmente abbandonato (denominato nel seguito Annesso);
- Riqualificazione del parco e delle aree esterne.

A livello strutturale, non avendo lavorazioni per quanto riguarda le sistemazioni esterne, è possibile individuare i seguenti interventi:

- Interventi locali all'interno della Villa Rucellai porzione settecentesca dovuti al nuovo layout distributivo previsto dal progetto architettonico;
- Miglioramento sismico e adeguamento statico dell'Annesso

Nel seguito della presente verranno descritti gli interventi previsti a livello strutturale sulla Villa e sull'Annesso.


Per quanto riguarda l'Annesso, il corpo di fabbrica allo stato attuale risulta solo parzialmente visitabile in quanto alcune porzioni dello stesso risultano in uno stato di degrado molto avanzato con presenza di crolli parziali o totali di solai. Per questo motivo in questa fase non è stato possibile effettuare una campagna di indagini sufficiente a caratterizzare in modo adeguato i materiali e i dettagli costruttivi che costituiscono l'edificio. Quindi il progetto dell'Annesso prevede a monte la realizzazione di una campagna di indagini, da effettuarsi dopo la messa in sicurezza del fabbricato, che consenta la validazione delle ipotesi che sono state necessariamente effettuate in questa fase.

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.6 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

2 - PREMESSA METODOLOGICA

Lo stato attuale dell'immobile non ha consentito lo sviluppo di un progetto di conoscenza coerente con le norme vigenti e con le finalità del progetto. La presenza di porzioni dell'edificio senza i necessari requisiti di sicurezza non ha permesso il completamento di rilievi geometrici, architettonici e strutturali e di indagini in situ e laboratorio.

La fase del cantiere sarà quindi la sede più appropriata per la esecuzione delle attività oggi impossibili.

L'impresa, nello sviluppo del livello esecutivo del progetto, in attuazione delle previsioni contenute nel PFTE, dovrà eseguire le seguenti attività:

- 1- Opere provvisorie per la messa in sicurezza dell'edificio che includono la eventuale demolizione di porzioni pericolanti, la pulizia, la igienizzazione, il puntellamento ecc.;
- 2- Completamento del rilievo architettonico geometrico e strutturale eseguito con nuvola di punti ad integrazione dei documenti di gara;
- 3- Esecuzione delle indagini in situ e laboratorio di cui alla pianificazione contenuta nel PFTE.

Le attività di cui sopra sono incluse nel contratto e sono ristrate con le voci di elenco prezzi; le attività di messa in sicurezza ed indagini, da affidare esclusivamente a laboratorio ufficiale autorizzato ai sensi di legge, scelto dalla Direzione Lavori sulla base di una terna proposta dall'Appaltatore, sono comprese nell'appalto a misura.


La progettazione delle opere di puntellamento è a cura dell'Appaltatore, compresa e compensata nei prezzi di elenco.

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.7 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

3 - CRITERI GENERALI DI PROGETTO

3.1. - NORMATIVE DI RIFERIMENTO E BIBLIOGRAFIA


- D.M. 17.01.2018 “Norme tecniche per le costruzioni”;
- Circolare 21.01.2019 n.7 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui al D.M. 17 gennaio 2018”;
- DPCM 9 febbraio 2011 “Linee guida per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale con riferimento alle Norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti del 14 gennaio 2008”
- CNR-UNI 10011 “Costruzioni di acciaio istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”;
- Eurocodice 2 UNI EN 1992-1-1:2005 “Eurocodice 2 - Progettazione delle strutture di calcestruzzo - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.”;
- Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-1:2005 “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-1: Regole generali e regole per gli edifici.”;
- Eurocodice 3 UNI EN 1993-1-8:2005 “Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 1-8: Progettazione dei collegamenti
- Eurocodice 7 UNI EN 1997-1:2005 “Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica - Parte 1: Regole generali.”;
- CNR-DT 207/2008 “Istruzioni per la valutazione delle azioni e degli effetti del vento sulle costruzioni”;
- CNR DT 206–R1 / 2018 “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo delle Strutture di Legno”
- CNR-DT 215/2018 “Istruzioni per la Progettazione, l’Esecuzione ed il Controllo di Interventi di Consolidamento Statico mediante l’utilizzo di Compositi Fibrorinforzati a Matrice Inorganica”
- Teoria e Tecnica delle Strutture - Piero Pozzati Vol n°1 Ed. UTET 1997;

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.8 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

3.2. - IPOTESI SUI MATERIALI ESISTENTI E SUGLI ASPETTI GEOLOGICI

3.2.1 - CARATTERIZZAZIONE MECCANICA DEI MATERIALI ESISTENTI (§C8.5.3)

In prima analisi, in base a quanto è stato possibile constatare dalle informazioni in nostro possesso, si ipotizzano le seguenti caratteristiche della muratura

tipologie murarie

murature di piano terra: muratura a conci sbozzati

muratura piano primo: principalmente: muratura a conci sbozzati
in alcune porzioni: muratura in mattoni pieni

3.2.2 - VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

In questa fase preliminare del progetto sono state considerate la seguente Classe d'Uso e Vita Nominale.

L'edificio in esame può essere categorizzato a livello normativo come edificio ad uso Uffici, Pertanto risulta appartenente alla **Classe d'uso II**.

La sicurezza dell'opera e le sue prestazioni vengono valutate in relazione agli Stati Limite Ultimi (SLU) che si possono verificare durante la vita di progetto (successivamente definita Vita Nominale).

La caratterizzazione strutturale statica e sismica dell'edificio è la seguente:

Vita nominale V_n : 50 anni

Classe d'uso: Classe II

Coefficiente d'uso $C_U = 1.00$


Periodo di riferimento per l'azione sismica $V_R = C_U V_n = 50$ anni

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.9 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

3.2.3 - LOCALIZZAZIONE, CATEGORIA DEL SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Indirizzo

GD (gradi decimali)*

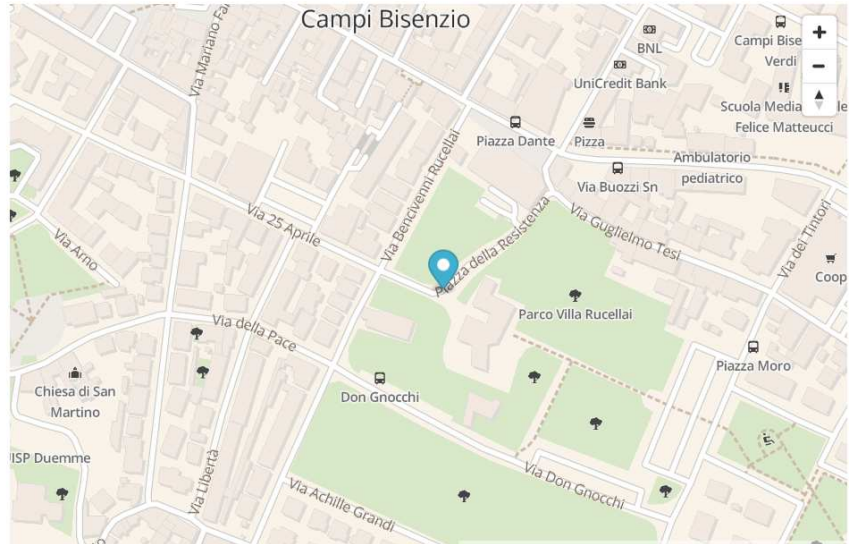
Latitudine

Longitudine

GMS (gradi, minuti, secondi)*

Latitudine N S ° ′ ″

Longitudine E O ° ′ ″



Le coordinate geografiche del sito di riferimento sono: 43.81962773989889, 11.13751873853758

Latitudine: 43.8196

Longitudine: 11.1375

Quota s.l.m.: 36m

categoria del sottosuolo è di tipologia “C”


categoria topografica T1.

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.10 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

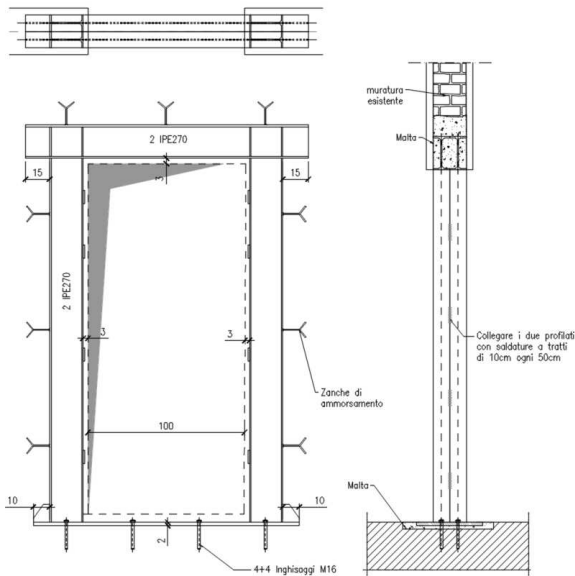
4 - INTERVENTI LOCALI VILLA RUCELLAI PORZIONE SETTECENTESCA

4.1. - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

All'interno della Villa Rucellai (porzione settecentesca) sono previsti alcuni interventi locali dovuti alla redistribuzione interna di alcuni ambienti previsti da progetto architettonico. In particolare, gli interventi previsti sono i seguenti:

REALIZZAZIONE DI CERCHIATURA METALLICA PER APERTURA DI NUOVO VARCO SU MURATURA ESISTENTE

A piano terra è prevista l'apertura di un nuovo varco su un maschio murario esistente. Per ripristinare la rigidezza della parete allo stato di fatto si realizza una cerchiatura metallica costituita da 2 IPE270 sia come piedritti sia come architrave.




GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.11 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE PORZIONE DI COPERTURA


Da alcuni sopralluoghi è stata rilevata, in copertura, la presenza di un'apertura per l'areazione di alcuni macchinari a servizio degli impianti esistenti. Intorno all'apertura, non adeguatamente schermata agli agenti atmosferici, alcune travi e travetti risultano ammalorati. Per questo motivo si prevede la sostituzione delle travi e dei travetti ammalorati presenti in questa porzione di copertura con trave e travetti in legno massiccio di conifera di pari caratteristiche. Così come a livello architettonico si prevede la realizzazione di un nuovo manto di copertura e di una nuova apertura.

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.12 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

4.2. - MATERIALI STRUTTURALI

4.2.1 - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI

In prima analisi, in base a quanto è stato possibile constatare dalle informazioni in nostro possesso, si ipotizzano le seguenti caratteristiche della muratura

tipologie murarie

murature di piano terra e piano primo: muratura a conci sbozzati

Tabella C8.5.1 -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f	τ_0	f_{v0}	E	G	w
	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(N/mm ²)	(kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei squadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione f_{pu} può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.


(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.13 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

4.2.2 - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DI NUOVA COSTRUZIONE

4.2.2.1 - ACCIAIO DA CARPENTERIA

Acciaio S355			
Resistenza caratteristica di snervamento	fyk	275	N/mm ²
Resistenza caratteristica di rottura	ftk	430	N/mm ²
Resistenza di snervamento di progetto	fyd	261.9	N/mm ²
Modulo Elastico	E	210 000	N/mm ²

4.2.2.1.1 - COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA

Resistenza delle Sezioni $\gamma_{M0} = 1,05$

Resistenza all'instabilità delle membrature $\gamma_{M1} = 1,05$

Resistenza sezioni tese indebolite dai fori $\gamma_{M0} = 1,25$

4.2.3 - LEGNO MASSICCIO

Per l'intervento di sostituzione di travi e travetti appartenenti alla copertura della Villa Porzione settecentesca si considera un legno massiccio di classe C24. Di seguito le caratteristiche principali del materiale.

4.2.3.1.1 - CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI


Legno di conifera – C24			
Resistenza caratteristica a flessione	f _{m,k}	24	N/mm ²
Resistenza caratteristica a taglio	f _{v,k}	4.0	N/mm ²
Modulo di elasticità parallelo medio	E _{0,g,mean}	11 000	N/mm ²
Modulo di taglio medio	G _{g,mean}	690	N/mm ²
Densità	γ	3.4	kN/mc

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.14 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

4.2.3.1.2 - COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA

Tab. 4.4.III - Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali


Stati limite ultimi	Colonna A γ_M
combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di tavole incollate a strati incrociati	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
LVL, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.15 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

4.3. - ANALISI DEI CARICHI

4.3.1 - PESI PROPRI STRUTTURALI

Il peso proprio è stato considerato in ragione della geometria della struttura (reale o stimata) e dei pesi specifici dei materiali.

Materiale	γ [kN/mc]
Calcestruzzo armato	25.0
Acciaio da carpenteria	78.5
Muratura esistente in pietrame disordinata	19.0
Muratura esistente mattoni pieni	18.0
Legno massiccio	3.8

4.3.2 - PESI PROPRI NON STRUTTURALI

4.3.2.1 - SOLAIO DI INTERPIANO


Solaio in legno	Sp.[m]	γ [kN/mc]	Peso [kN/mq]
Pavimentazione in cotto	0.03	20.0	0.60
Caldana	0.05	18.0	0.90
Tavolato ligneo	0.02	5.0	0.10
Controsoffitto in canniccato			0.50
Totale G2			2.10

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.16 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

4.3.2.2 - SOLAIO COPERTURA

Copertura in legno	Sp.[m]	γ [kN/mc]	Peso [kN/mq]
Tegole terracotta	0.02	20.0	0.40
Allettamento	0.05	15.0	0.75
Controsoffitto in canniccato			0.50
Totale G2			1.15

4.3.3 - CARICHI VARIABILI

4.3.3.1 - AZIONE IN FUNZIONE DELLA DESTINAZIONE D'USO

Si assegnano i carichi in funzione della destinazione d'uso in base alla tabella 3.1.II delle NTC-18.

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni

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

SOLAIO INTERPIANO $Q_k = 3.00$ kN/mq cat. B2


SOLAIO COPERTURA (FALDE) $Q_k = 0.50$ kN/mq cat. H

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.17 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

4.3.3.2 - CARICO NEVE

I carichi dovuti alla neve vengono calcolati secondo quanto previsto dal D.M. Infrastrutture e dei Trasporti, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 14.01.2018. Il carico della neve sulle coperture viene determinato per situazioni di progetto persistenti/transitorie come segue:

$$Q_s = \mu_i \cdot Q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t$$

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 [$\text{kN}\cdot\text{m}^{-2}$] per un periodo di ritorno di 50 anni;

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. Trovandosi l'edificio in **Zona II** e considerando un'altitudine massima del sito inferiore a 200 m s.l.m. si ottiene:

$$q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

Dato che il manufatto si trova in una zona riconducibile a "Topografia normale", aree nelle quali non vi è una rimozione significativa della neve esercitata dal vento a causa della sua interazione con il terreno con altre costruzioni o con alberi si assume $C_e = 1$. Non disponendo di uno studio accurato circa le proprietà di isolamento termico del materiale impiegato si assume:

$$C_t = 1.0.$$

Il coefficiente di forma μ_i della copertura è funzione della pendenza della falda:

Copertura a 2 falde:

Angolo di inclinazione della falda $\alpha_1 = \alpha_2 = 18,0^\circ$

$$\mu_1(\alpha_1) = \mu_1(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 0.8 \text{ kN/mq}$$


Sulla base di quanto sopra riportato, possiamo assumere un carico costante della neve su entrambe le falde e pari a **0.80 kN/mq**.

GPA srl

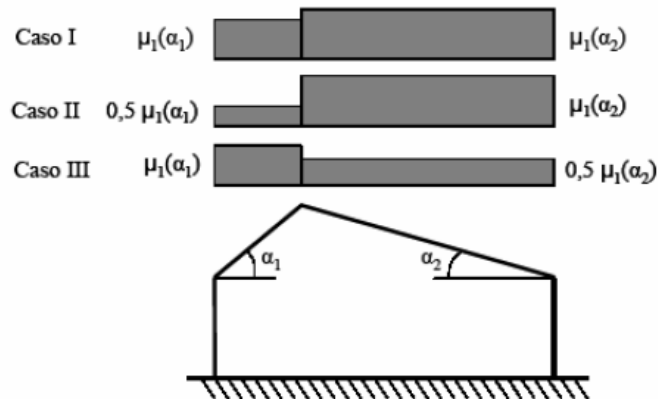
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.18 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

lo schema di carico applicato è il seguente:



4.3.4 - AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si considerano i seguenti parametri:

Coordinate sito – Campi Bisenzio:

Latitudine: 43.8196

Longitudine: 11.1375

Caratteristiche del terreno ipotizzate:

Categoria di sottosuolo: C

Caratteristiche topografiche: T1

Le analisi condotte per la verifica sismica globale del fabbricato sia nello stato di fatto che di progetto sono analisi dinamica lineare.

Le analisi condotte per le verifiche dei cinematismi fuori piano sono analisi del tipo cinematica lineare.

Per la verifica in riferimento al comportamento sismico globale, attraverso l'analisi dinamica lineare, le verifiche sono condotte allo stato limite ultimo nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita SLV.

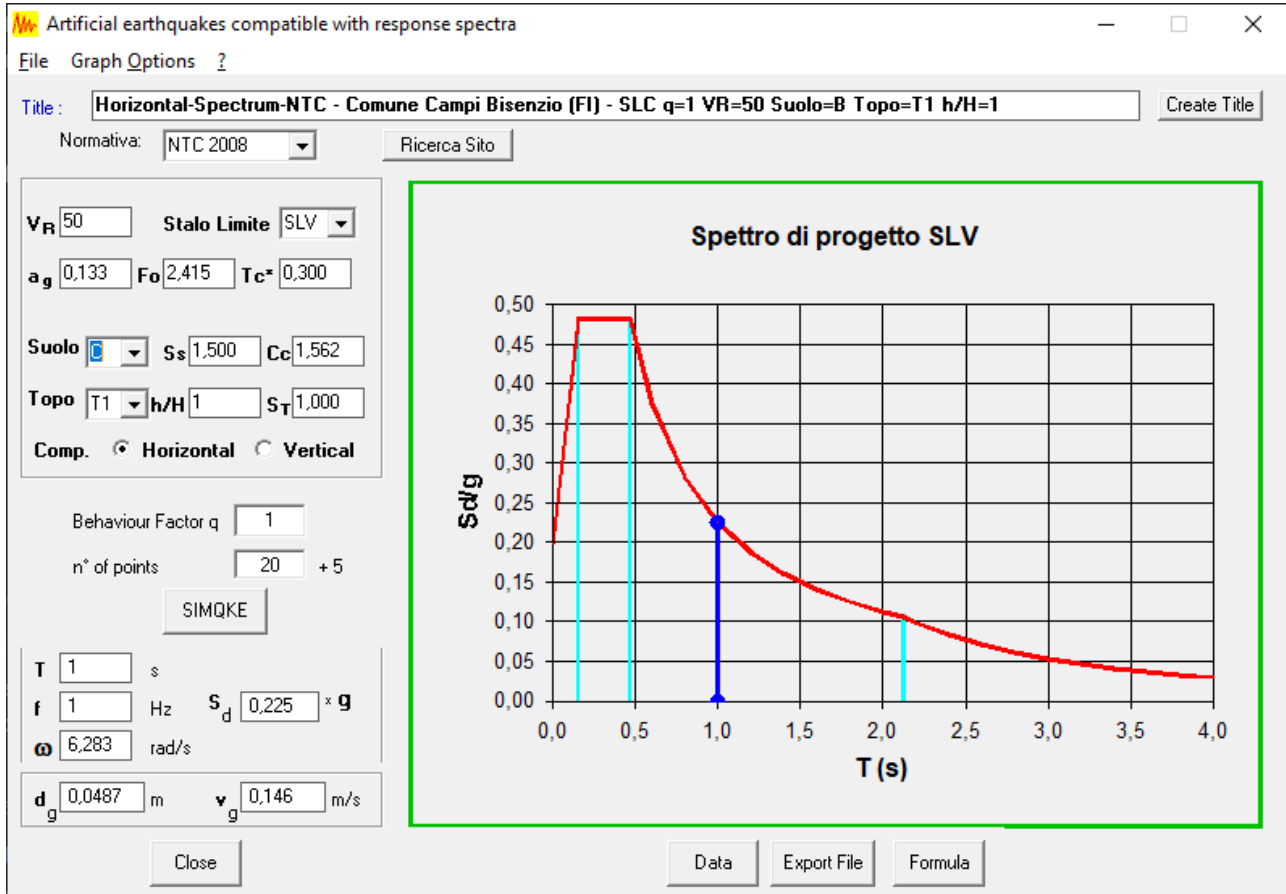
GPA srl


Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

Si riportano di seguito gli spettri utilizzati per la definizione dell'azione sismica.



 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.20 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

4.3.5 - COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Tab. 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_P			
Carichi permanenti G_1	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_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

I coefficienti di combinazione utilizzati vengono riportati nella seguente tabella:

Tab. 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione


Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.21 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023


Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

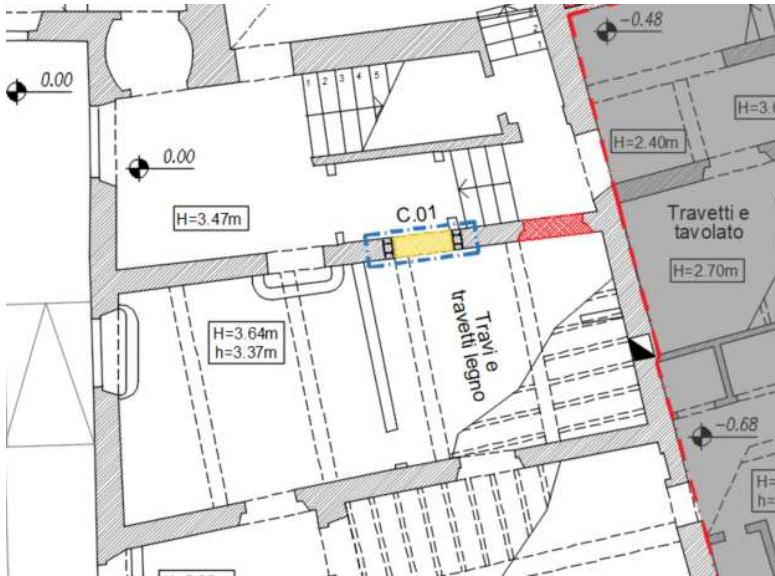
Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.22 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

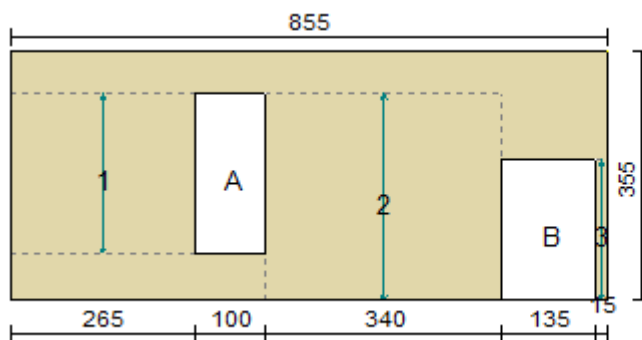
4.4. - VERIFICA CERCHIATURA METALLICA

Si riporta di seguito la parete in muratura soggetta all'intervento.



Di seguito si riportano le verifiche della cerchiatura metallica per il ripristino della rigidità della muratura ante-operam in modo che possa essere considerato come intervento locale.

4.4.1 - STATO ANTE-OPERAM




T (sp. parete) = 35.00 cm

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

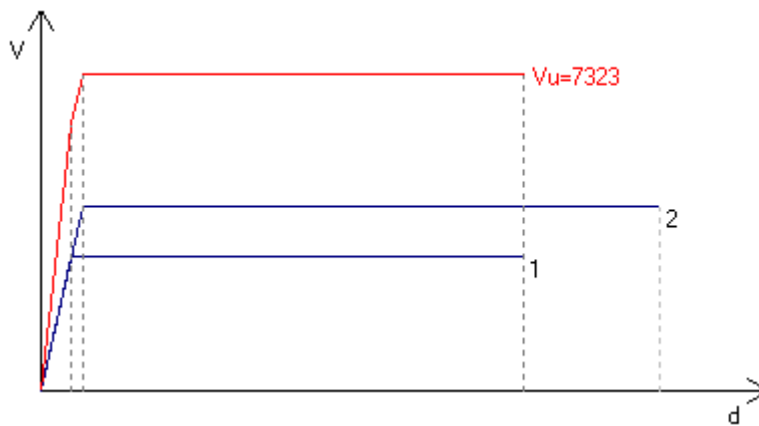
www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.23 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

Maschio	Lungh.	H calc.	Coef. b	σ_o	Ko	Vu	δ_e	δ_u
1	265.0	230.0	1.00	0.374	56969.6	3084.0	0.054	0.874
2	340.0	295.0	1.00	0.458	56994.1	4239.2	0.074	1.121
3 (*)	15.0	200.0	1.50	1.913	89.0	224.0	2.517	0.760

I maschi (*) hanno un valore $\delta_e > 0.004 H$, non verranno pertanto considerati resistenti ai fini delle verifiche

Curva caratteristica ante-operam:



Rigidezza complessiva della parete: $K_{sa} = 113963.8 \text{ daN/cm}$

Taglio ultimo della parete: $V_{sa} = 7323.2 \text{ daN}$


Spostamento ultimo: $\delta_{u sa} = 0.874 \text{ cm}$

GPA srl

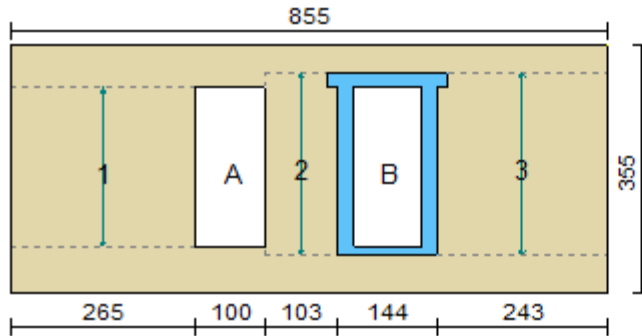
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.24 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

4.4.2 - STATO POST-OPERAM

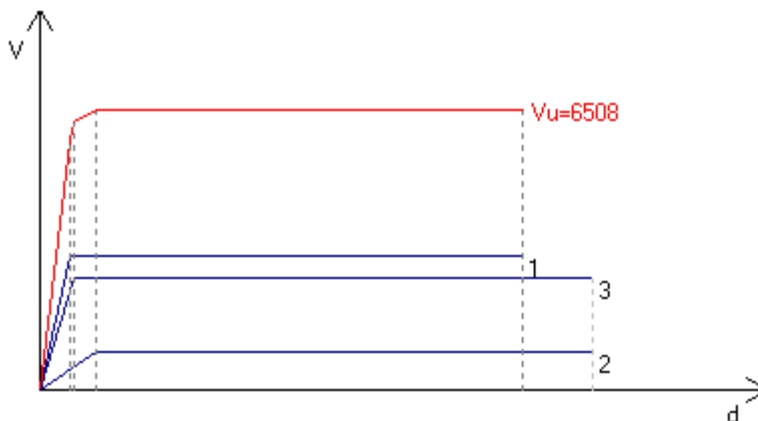


T (sp. parete) = 35.00 cm

Apertura	Stato	Architravi	Travi inf.	Montanti
A	Libera	No	No	No
B	Cerchiata	2 IPE220 (S 275)	2 HE120A (S 275)	2IPE220+2IPE220 (S 275)

Maschio	Lungh.	Spess.	H calc.	Coef. b	σ_o	Ko	Vu	δ_e	δ_u
1	265.0	35.0	230.0	1.00	0.374	56969.6	3084.0	0.054	0.874
2	103.0	35.0	263.4	1.50	0.433	8301.2	839.0	0.101	1.001
3	243.0	35.0	263.4	1.08	0.364	41587.7	2584.6	0.062	1.001

Curva caratteristica post-operam (solo murature):




GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.25 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

Rigidezza complessiva della parete: $K_{pr} = 106858.5 \text{ daN/cm}$

Taglio ultimo della parete: $V_{pr} = 6507.7 \text{ daN}$

Spostamento ultimo: $\delta_{u \text{ pr}} = 0.874 \text{ cm}$

4.4.3 - VERIFICA

Rigidezza e resistenza della muratura:

$\Delta K_{\text{mur}} = K_{pr} - K_{sa} = 106859 - 113964 = -7105 \text{ daN/cm}$ (riduzione rigidezza = -6.2%)

$\Delta V_{\text{mur}} = V_{pr} - V_{sa} = 6508 - 7323 = -816 \text{ daN}$ (riduzione resistenza = -11.1%)

Rigidezza e resistenza del telaio:

Note:

$K = c E J / H_i^3$, con: $c = 3$ nel caso di telaio incernierato alla base, $c = 12$ nel caso di incastro

$F_u = n (M_u / H_i)$ nel caso di telaio incernierato alla base, $F_u = n (2 M_u / H_i)$ nel caso di incastro,

con n = numero dei montanti del telaio. $F_o = F_u$.

Se $\delta_e > \delta_u$, F_o sarà calcolato in relazione allo spostamento ultimo di progetto. $F_o = K \delta_{u \text{ Pr}}$

Telaio	c	H_i [cm]	K [daN/cm]	M_u [daN cm]	δ_e [cm]	F_u [daN]	F_o [daN]
B	12	246.7	18617.0	2640992.0	1.15	21410.6	16271.3

$K_t = \sum K = 18617 \text{ daN/cm}$

$V_t = \sum F_o = 16271 \text{ daN}$

Variazione di rigidezza e resistenza dopo l'intervento:

$\Delta K_{\text{tot}} = K_{pr} + K_t - K_{sa} = 11512 \text{ daN/cm}$

aumento rigidezza = 10.1%; variazione percentuale di ΔK_{tot} compresa entro il 15.0% Ok


$\Delta V_{\text{tot}} = V_{pr} + V_t - V_{sa} = 15456 \text{ daN}$

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.26 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

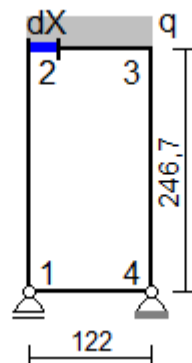
variazione di resistenza = 211.1%;

RIEPILOGO DATI

Stato	K (rig.) [daN/cm ^q]	V (res.) [daN]	δu (def.) [cm]
Ante-operam	113963.80	7323.22	0.874
Post-operam	125475.50	22778.92	0.874
Variazione	10.1%	211.1%	0.0%

4.4.4 - VERIFICHE DEI TELAI.

Telaio B



$$dX = 0.874 \text{ cm}, \quad q = G_k + \Psi_2 Q_k = 2.70 \text{ daN/cm} \quad [\Psi_2 = 0.30] (*)$$

(*) Nota: q è riferito al carico trasmesso e al p.p. della fascia di muratura, mentre il peso proprio del telaio è assunto direttamente dal solutore in relazione alla sezione e peso specifico di ogni elemento.


Sollecitazioni telaio B

GPA srl

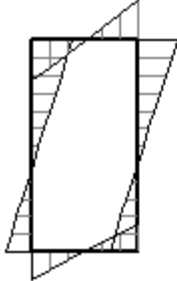
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

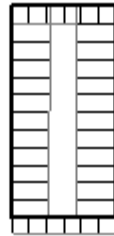
www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.27 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

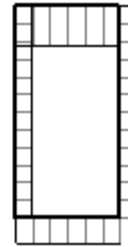
Momento flettente



Sforzo normale



Taglio



Sollecitazione di compressione per $N > 0$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 1-2

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	-354822.7	-8124.9	3519.5
2	20.6	-282467.8	-8135.7	3519.5
3	41.1	-210113.0	-8146.4	3519.5
4	61.7	-137758.1	-8157.2	3519.5
5	82.2	-65403.2	-8168.0	3519.5
6	102.8	6951.7	-8178.8	3519.5
7	123.4	79306.6	-8189.5	3519.5
8	143.9	151661.4	-8200.3	3519.5
9	164.5	224016.3	-8211.1	3519.5
10	185.0	296371.2	-8221.9	3519.5
11	205.6	368726.1	-8232.6	3519.5
12	226.1	441080.9	-8243.4	3519.5
13	246.7	513435.8	-8254.2	3519.5

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ³]	Wpx [cm ³]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [mm]	e [mm]	r [mm]
IPE220	11.0	22.0	252.1	285.5	33.4	15.9	5.9	9.2	12.0


Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-2

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.28 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Ved = 1759,7 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 24033.77$ daN

Ved / $V_{crd} = 0.073 < 1$ Ok

Tenso-flessione: sez. 13, dist. = 246,7 cm, Med = 256717,9 daNcm, Ned = -4127,1 daN, Ved = 1759,7 daN

Classificazione della sezione:

$\epsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.43$, $\psi = -1.16$

Ali in compressione: $c_f / e = 4.35 < 9 \epsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 30.10 < 36 \epsilon / \alpha = 77.68$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 87432.8$ daN

$n = Ned / N_{rd} = -0.047$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.394$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 747818.0$ daNcm

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 975064.0$ daNcm $> M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

Med / $M_{nrd} = 0.34 < 1$ Ok

Verifica sezioni in acciaio del tratto 2-3

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	513435.8	3541.6	-8254.2
2	20.3	344934.9	3541.6	-8319.7
3	40.7	175102.6	3541.6	-8385.1
4	61.0	3939.0	3541.6	-8450.6
5	81.3	-168556.0	3541.6	-8516.1
6	101.7	-342382.3	3541.6	-8581.6
7	122.0	-517540.0	3541.6	-8647.0


2 sez.*	B [cm]	H [cm]	W _x [cm ³]	W _{px} [cm ³]	A [cm ²]	A _v [cm ²]	a [mm]	e [mm]	r [mm]
IPE220	11.0	22.0	252.1	285.5	33.4	15.9	5.9	9.2	12.0

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.29 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 2-3

Taglio: sez. 7, dist. = 122,0 cm, Ved = -4323,5 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 24033.77$ daN

Ved / Vcrd = 0.180 < 1 Ok

Presso-flessione: sez. 7, dist. = 122,0 cm, Med = -258770,0 daNcm, Ned = 1770,8 daN, Ved = -4323,5 daN

Classificazione della sezione:

$\epsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.53$, $\psi = -0.94$

Ali in compressione: $c_f / e = 4.35 < 9 \epsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 30.10 < 396 \epsilon / (13 \alpha - 1) = 62.05$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 87432.8$ daN

$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.020$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.394$

$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 747818.0$ daNcm

$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 912254.4$ daNcm > $M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$

Med / Mnrđ = 0.35 < 1 Ok

sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = 256717,9 daNcm, Ned = 1770,8 daN, Ved = -4127,1 daN

Instabilità a compressione:

$N_{cr} = \pi^2 E J / l_0^2 = 3861497.0$ daN

Ned < 0.04 Ncr => Verifica non richiesta

Verifica sezioni in acciaio del tratto 3-4


Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	-517540.0	8647.0	3541.6
2	20.6	-444730.3	8657.8	3541.6
3	41.1	-371920.5	8668.6	3541.6

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.30 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

4	61.7	-299110.8	8679.4	3541.6
5	82.2	-226301.1	8690.1	3541.6
6	102.8	-153491.3	8700.9	3541.6
7	123.4	-80681.6	8711.7	3541.6
8	143.9	-7871.9	8722.5	3541.6
9	164.5	64937.8	8733.2	3541.6
10	185.0	137747.6	8744.0	3541.6
11	205.6	210557.3	8754.8	3541.6
12	226.1	283367.0	8765.6	3541.6
13	246.7	356176.8	8776.3	3541.6

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	Wx [cm ²]	Wpx [cm ²]	A [cm ²]	Av [cm ²]	a [mm]	e [mm]	r [mm]
IPE220	11.0	22.0	252.1	285.5	33.4	15.9	5.9	9.2	12.0

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 3-4

Taglio: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Ved = 1770,8 daN

Taglio resistente: $V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 24033.77$ daN

Ved / $V_{crd} = 0.074 < 1$ Ok

Presso-flessione: sez. 1, dist. = 0,0 cm, Med = -258770,0 daNcm, Ned = 4323,5 daN, Ved = 1770,8 daN

Classificazione della sezione:

$\epsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92$, $\alpha = 0.5 (1 + (N / (c_w a f_{yk}))) = 0.58$, $\psi = -0.86$

Ali in compressione: $c_f / e = 4.35 < 9 \epsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c_w / a = 30.10 < 396 \epsilon / (13 \alpha - 1) = 56.53$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 87432.8$ daN


$n = Ned / N_{rd} = 0.049$, $a = (A - 2 B e) / A = 0.394$

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.31 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

$$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 747818.0 \text{ daNcm}$$

$$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 885069.4 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$$

$$M_{ed} / M_{nrd} = 0.35 < 1 \text{ Ok}$$

sez. 13, dist. = 246,7 cm, $M_{ed} = 178088,4 \text{ daNcm}$, $N_{ed} = 4388,2 \text{ daN}$, $V_{ed} = 1770,8 \text{ daN}$

Instabilità a compressione:

$$N_{cr} = \pi^2 E J / l_0^2 = 944358.8 \text{ daN}$$

$$N_{ed} < 0.04 N_{cr} \Rightarrow \text{Verifica non richiesta}$$

Verifica sezioni in acciaio del tratto 1-4

Sez.	Dist.[cm]	M [daN cm]	N [daN]	V [daN]
1	0.0	354822.7	3519.5	-5803.6
2	20.3	236734.2	3519.5	-5811.7
3	40.7	118481.1	3519.5	-5819.8
4	61.0	63.4	3519.5	-5827.9
5	81.3	-118518.8	3519.5	-5836.0
6	101.7	-237265.5	3519.5	-5844.1
7	122.0	-356176.8	3519.5	-5852.1

2 sez.*	B [cm]	H [cm]	W _x [cm ³]	W _{px} [cm ³]	A [cm ²]	A _v [cm ²]	a [mm]	e [mm]	r [mm]
HE120A	12.0	11.4	106.4	119.6	25.4	8.5	5.0	8.0	12.0

Verifica delle sezioni con i risultati più gravosi del tratto 1-4

Taglio: sez. 7, dist. = 122,0 cm, $V_{ed} = -2926,1 \text{ daN}$

$$\text{Taglio resistente: } V_{crd} = A_v f_{yk} / (\gamma_{M0} \sqrt{3}) = 12807.55 \text{ daN}$$

$$V_{ed} / V_{crd} = 0.228 < 1 \text{ Ok}$$

Presso-flessione: sez. 7, dist. = 122,0 cm, $M_{ed} = -178088,4 \text{ daNcm}$, $N_{ed} = 1759,7 \text{ daN}$, $V_{ed} = -2926,1 \text{ daN}$


Classificazione della sezione:

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.32 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

$$\epsilon = \sqrt{(235 / f_{yk})} = 0.92, \quad \alpha = 0.5 (1 + (N / (c w a f_{yk}))) = 0.59, \quad \psi = -0.87$$

Ali in compressione: $c f / e = 5.69 < 9 \epsilon = 8.32$ (cl. 1)

Anima a presso-flessione: $c w / a = 14.80 < 396 \epsilon / (13 \alpha - 1) = 55.26$ (cl. 1)

La sezione è di classe 1

Verifica di resistenza:

$$N_{rd} = A f_{yk} / \gamma_{M0} = 66392.9 \text{ daN}$$

$$n = N_{ed} / N_{rd} = 0.027, \quad a = (A - 2 B e) / A = 0.243$$

$$M_{rd} = W_{px} f_{yk} / \gamma_{M0} = 313107.2 \text{ daNcm}$$

$$M_{nrd} = M_{rn} (1 - n) / (1 - 0.5 a) = 346886.2 \text{ daNcm} > M_{rd} \Rightarrow M_{nrd} = M_{rd}$$


$$M_{ed} / M_{nrd} = 0.57 < 1 \text{ Ok}$$

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.33 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5 - MIGLIORAMENTO SISMICO E ADEGUAMENTO STATICO ANNESSO

5.1. - CAMPAGNA DI INDAGINI ANNESSO

Come detto in premessa, è stato possibile effettuare solo alcune indagini strutturali a causa dell'assenza dei necessari requisiti di sicurezza all'interno dell'immobile. In particolare della campagna indagini ipotizzata sono stati effettuate soltanto le seguenti indagini:

2 martinetti piatti (singoli e doppi)

3 indagini penetrometriche sulle malte

2 endoscopie sulle murature

1 saggio per verifica degli ammorsamenti

I rapporti di prova di tali indagini sono riportati nell'ALLEGATO 1 alla presente relazione.

Gli elaborati P_ST_06 descrivono invece le indagini integrative che dovranno essere effettuate in fase di cantiere dopo che è stato effettuata la messa in sicurezza dei luoghi.

5.1.1 - LIVELLO DI CONOSCENZA

Le informazioni ottenute fino a questo momento consentono il raggiungimento di un livello di conoscenza limitato (LC1) che quindi consente di considerare un fattore di confidenza pari a 1.35

Nella tabella seguente si riassumono i livelli di conoscenza che si prevede di raggiungere per ogni materiale effettivamente presente:


MATERIALE STRUTTURALE	LIVELLO DI CONOSCENZA	FATTORE DI CONFIDENZA
Muratura	LC1	1.35

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.34 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.1.2 - DESCRIZIONE DELLE INDAGINI EFFETTUATE

5.1.2.1 - MARTINETTI PIATTI

MARTINETTI PIATTI SINGOLI

Data prova: 15/03/2022	Ubicazione indagine: Piano terra	Scheda n.1
Sigla indagine: MP1	Tipologia muratura: Muratura mista in pietre e mattoni	

Pressione P [bar]	Pressione effettiva δ [N/mm ²]	Δ [mm x 10 ⁻³]			Deformazione media [mm x 10 ⁻³] Δ
		$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	
ante taglio	0	0	0	0	0
post taglio	0	120	103	82	102
0,50	0,044	97	91	61	83
1,00	0,087	25	40	28	31
1,50	0,131	-9	0	0	-3

Tensione di ripristino [N/mm²] 0,127
--

Data prova: 15/03/2022	Ubicazione indagine: Piano terra	Scheda n.1
Sigla indagine: MP1	Tipologia muratura: Muratura mista in pietre e mattoni	

Pressione P [bar]	Pressione effettiva δ [N/mm ²]	Δ [mm x 10 ⁻³]			Deformazione media [mm x 10 ⁻³] Δ
		$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	
ante taglio	0	0	0	0	0
post taglio	0	62	151	149	121
0,50	0,044	30	129	101	87
1,00	0,087	18	88	76	61
1,50	0,131	0	32	25	19
2,00	0,175	-14	0	0	-5


Tensione di ripristino [N/mm²] 0,165
--

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.35 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

MARTINETTI PIATTI DOPPI

Data prova: 15/03/2022	Ubicazione indagine: Piano terra	Scheda n.2
Sigla indagine: MP1	Tipologia muratura: Muratura mista in pietre e mattoni	

Pressione P [bar]	Pressione effettiva δ [N/mm ²]	Basi verticali						Base orizzontale [mm x 10 ⁻³]
		Δ [mm x 10 ⁻³]			ε1	ε2	ε3	
		Δ1	Δ2	Δ3	Δ1/L1	Δ2/L2	Δ3/L3	
0,0	0,00	0	0	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0
1,0	0,09	7	23	9	2,8E-05	9,2E-05	3,6E-05	-3
2,0	0,17	19	47	24	7,6E-05	1,9E-04	9,6E-05	-7
3,0	0,26	26	61	36	1,0E-04	2,4E-04	1,4E-04	-13
4,0	0,35	37	83	57	1,5E-04	3,3E-04	2,3E-04	-18
5,0	0,44	45	100	65	1,8E-04	4,0E-04	2,6E-04	-30
2,5	0,22	29	63	32	1,2E-04	2,5E-04	1,3E-04	-16
0,0	0,00	0	4	5	0,0E+00	1,6E-05	2,0E-05	-2
2,0	0,17	9	9	32	3,6E-05	3,6E-05	1,3E-04	-11
4,0	0,35	31	112	54	1,2E-04	4,5E-04	2,2E-04	-22
6,0	0,52	50	117	73	2,0E-04	4,7E-04	2,9E-04	-34
8,0	0,70	61	132	91	2,4E-04	5,3E-04	3,6E-04	-39
10,0	0,87	71	142	127	2,8E-04	5,7E-04	5,1E-04	-45
5,0	0,44	49	67	91	2,0E-04	2,7E-04	3,6E-04	-21
0,0	0,00	12	9	10	4,8E-05	3,6E-05	4,0E-05	-6
3,0	0,26	48	48	37	1,9E-04	1,9E-04	1,5E-04	-19
6,0	0,52	81	81	92	3,2E-04	3,2E-04	3,7E-04	-28
9,0	0,79	99	120	133	4,0E-04	4,8E-04	5,3E-04	-43
12,0	1,05	116	148	168	4,6E-04	5,9E-04	6,7E-04	-60
15,0	1,31	132	213	226	5,3E-04	8,5E-04	9,0E-04	-105
7,5	0,65	83	121	153	3,3E-04	4,8E-04	6,1E-04	-53
0,0	0,00	15	17	41	6,0E-05	6,8E-05	1,6E-04	-9
5,0	0,44	73	3	141	2,9E-04	1,2E-05	5,6E-04	-35
10,0	0,87	82	160	167	3,3E-04	6,4E-04	6,7E-04	-73
15,0	1,31	120	222	204	4,8E-04	8,9E-04	8,2E-04	-112
20,0	1,75	136	300	305	5,4E-04	1,2E-03	1,2E-03	-200
25,0	2,18	157	442	454	6,3E-04	1,8E-03	1,8E-03	-353
30,0	2,62	163	641	677	6,5E-04	2,6E-03	2,7E-03	-556
32,0	2,79	199	805	889	8,0E-04	3,2E-03	3,6E-03	-743
0,0	0,00	97	384	459	3,9E-04	1,5E-03	1,8E-03	-244

Coefficiente Km	Coefficiente Ka	Pressione massima raggiunta [N/mm ²]	Tensione di prima fessurazione σ [N/mm ²]
0,89	1	2,79	2,62

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com


Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

Data prova: 15/03/2022	Ubicazione indagine: Piano terra	Scheda n.2
Sigla indagine: MP2	Tipologia muratura: Muratura mista in pietre e mattoni	

Pressione P [bar]	Pressione effettiva δ [N/mm ²]	Basi verticali						Base orizzontale
		Δ [mm x 10 ⁻³]			$\epsilon 1$	$\epsilon 2$	$\epsilon 3$	[mm x 10 ⁻³]
		$\Delta 1$	$\Delta 2$	$\Delta 3$	$\Delta 1/L1$	$\Delta 2/L2$	$\Delta 3/L3$	$\Delta 4$
0,0	0,00	0	0	0	0,0E+00	0,0E+00	0,0E+00	0
1,0	0,09	2	14	5	8,0E-06	5,6E-05	2,0E-05	-4
2,0	0,17	5	30	30	2,0E-05	1,2E-04	1,2E-04	-9
3,0	0,26	8	45	44	3,2E-05	1,8E-04	1,8E-04	-13
4,0	0,35	11	61	55	4,4E-05	2,4E-04	2,2E-04	-17
5,0	0,44	14	77	63	5,6E-05	3,1E-04	2,5E-04	-20
2,5	0,22	7	42	40	2,8E-05	1,7E-04	1,6E-04	-14
0,0	0,00	0	4	3	0,0E+00	1,6E-05	1,2E-05	-5
2,0	0,17	4	47	24	1,6E-05	1,9E-04	9,6E-05	-11
4,0	0,35	11	77	52	4,4E-05	3,1E-04	2,1E-04	-18
6,0	0,52	16	110	71	6,4E-05	4,4E-04	2,8E-04	-26
8,0	0,70	34	126	127	1,4E-04	5,0E-04	5,1E-04	-48
10,0	0,87	44	164	153	1,8E-04	6,6E-04	6,1E-04	-62
5,0	0,44	24	95	86	9,6E-05	3,8E-04	3,4E-04	-40
0,0	0,00	5	14	17	2,0E-05	5,6E-05	6,8E-05	-10
3,0	0,26	12	79	39	4,8E-05	3,2E-04	1,6E-04	-21
6,0	0,52	24	122	64	9,6E-05	4,9E-04	2,6E-04	-30
9,0	0,79	30	151	76	1,2E-04	6,0E-04	3,0E-04	-52
12,0	1,05	37	169	102	1,5E-04	6,8E-04	4,1E-04	-82
15,0	1,31	60	227	126	2,4E-04	9,1E-04	5,0E-04	-155
7,5	0,65	34	96	75	1,4E-04	3,8E-04	3,0E-04	-103
0,0	0,00	13	34	27	5,2E-05	1,4E-04	1,1E-04	-30
5,0	0,44	22	114	78	8,8E-05	4,6E-04	3,1E-04	-62
10,0	0,87	35	164	112	1,4E-04	6,6E-04	4,5E-04	-122
15,0	1,31	44	234	135	1,8E-04	9,4E-04	5,4E-04	-166
20,0	1,75	80	339	251	3,2E-04	1,4E-03	1,0E-03	-317
25,0	2,18	89	508	451	3,6E-04	2,0E-03	1,8E-03	-515
0,0	0,00	72	201	209	2,9E-04	8,0E-04	8,4E-04	-128

Coefficiente Km	Coefficiente Ka	Pressione massima raggiunta [N/mm ²]	Tensione di prima fessurazione σ [N/mm ²]
0,89	1	2,18	2,18

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.37 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.1.2.2 - INDAGINI PENETROMETRICHE PNT-G

Sigla indagine						Elemento strutturale indagato											
PNT-G1						Parete piano terra											
Indagine PNT-G																	media
586	362	219	181	138	423	225	171	230	197	401	280	325	372	180	256	284	
N° 6 VALORI CENTRALI												pg media dei 6 valori centrali		fm [MPa]			
219	225	230	256	280	325							256		2,07			
Nel caso in esame il gruppo di letture è risultato accettabile .																	

Sigla indagine						Elemento strutturale indagato											
PNT-G2						Parete piano terra											
Indagine PNT-G																	media
110	221	205	358	697	603	183	197	352	296	658	193	426	243	191	209	321	
N° 6 VALORI CENTRALI												pg media dei 6 valori centrali		fm [MPa]			
205	209	221	243	296	352							254		2,06			
Nel caso in esame il gruppo di letture è risultato accettabile .																	


Sigla indagine						Elemento strutturale indagato											
PNT-G3						Parete piano terra											
Indagine PNT-G																	media
266	420	325	409	287	203	194	197	244	403	302	299	173	232	125	412	281	
N° 6 VALORI CENTRALI												pg media dei 6 valori centrali		fm [MPa]			
232	244	266	287	299	302							272		2,19			
Nel caso in esame il gruppo di letture è risultato accettabile .																	

GPA srl



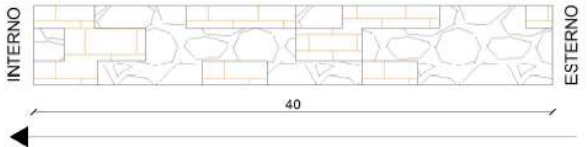
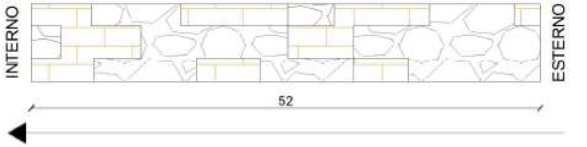




Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com


 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.38 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.1.2.3 - INDAGINI ENDOSCOPICHE

Endoscopia 1		Endoscopia 2	
Legenda  Pietrame misto/mattoni pieni	Foro passante: 0 – 40 cm: pietrame misto e mattoni pieni presenza di vuoti dovuti alla scarsa quantità di malta. Altezza foro da terra esterna : 100 cm.	Legenda  Pietrame misto/mattoni pieni	Foro passante: 0 – 52 cm: pietrame misto e mattoni pieni. presenza di vuoti dovuti alla scarsa quantità di malta. Altezza foro da terra esterna : 100 cm.
			
			

5.1.2.4 - SAGGIO PER VERIFICARE AMMORSAMENTI

S1 – Saggio per rilievo ammorsamento della muratura




Dal saggio effettuato per il rilievo degli ammorsamenti tra la muratura esterna e quella interna è stato rilevato un solo ammorsamento evidenziato all'interno del cerchio rosso.

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.39 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.2. - DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI

Sull'annesso, come detto in premessa, sono stati previsti alcuni interventi atti al raggiungimento dell'adeguamento statico e al miglioramento sismico del fabbricato. Tali interventi dovranno essere confermati in seguito a quanto risulterà dal nuovo rilievo e dalla campagna di indagini sulle strutture.

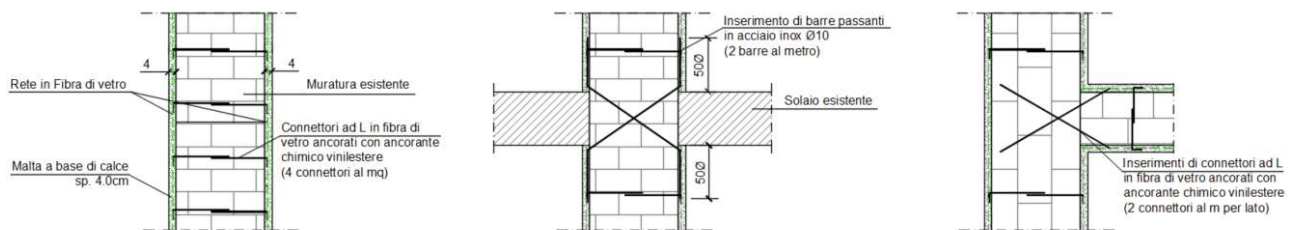
INTERVENTI SULLE MURATURE.

Da una prima analisi dello stato di fatto, effettuata attraverso la lettura delle planimetrie in nostro possesso, è stato possibile riconoscere alcune vulnerabilità presenti all'interno del fabbricato. Ad esempio, alcune murature risultano di spessore molto ridotto e pertanto presentano una snellezza convenzionale maggiore di quella consentita dalla normativa vigente. Per risolvere questa vulnerabilità è stata prevista la realizzazione di intonaco armato.

Sulle murature maggiormente caricate sono state previste iniezioni di miscele leganti in modo da migliorarne le caratteristiche di rigidità e resistenza. Tali interventi dovranno essere rivalutati sulla base delle risultanze delle indagini.

INTONACO ARMATO

La prima vulnerabilità risulta la snellezza troppo elevata di alcuni maschi murari. Per risolvere questa problematica si prevede la realizzazione di intonaco armato di 4cm di spessore su entrambe le facce del muro. Si adotta un sistema con rete in fibra di vetro (PBO) e malta di calce (sistema FRM).



INIEZIONI DI MISCELE LEGANTI


Una seconda vulnerabilità riscontrata dall'analisi risulta la carenza di resistenza sia a presso-flessione sia a taglio di alcune porzioni di muratura.

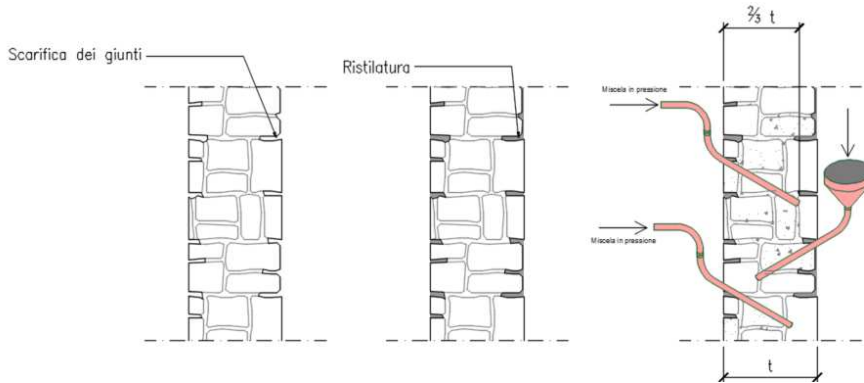
GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.40 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023



ALTRI INTERVENTI SULLE MURATURE

Per modifiche al layout architettonico, alcune porte esistenti vengono chiuse. In questi casi, per migliorare il comportamento globale del fabbricato sotto le azioni sismiche, si prevede la chiusura del varco esistente con muratura in mattoni pieni e malta di calce ammorsata alla muratura esistente con tecnica cuci scuci.

Inoltre, sempre a causa di esigenze architettoniche, è prevista l'apertura di nuovi varchi su muratura portante. In questo caso la rigidezza della struttura esistente viene ripristinata attraverso l'inserimento di una cerchiatura metallica come rappresentato negli elaborati grafici.

INTERVENTI SUI SOLAI

Dalle informazioni in nostro possesso la maggior parte dei solai di interpiano e della copertura risultano in avanzate condizioni di degrado. Per questo motivo in questa fase si prevede la completa demolizione e ricostruzione del solaio di interpiano e della copertura.

DEMOLIZIONE E RICOSTRUZIONE DI SOLAIO IN LEGNO

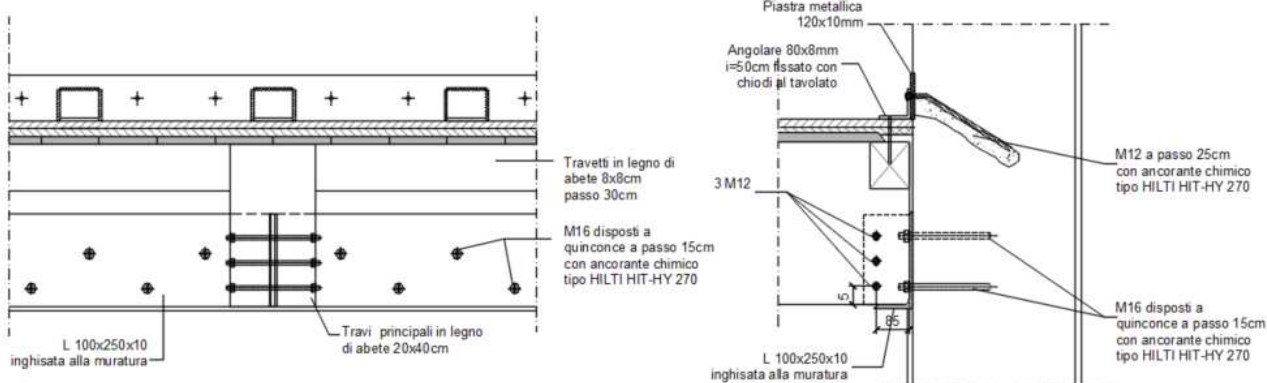
Si realizzerà un nuovo impalcato con travi e travetti in legno lamellare. All'estradosso dei travetti viene realizzato il piano rigido con doppio tavolato in legno collegato in modo diffuso alle murature su tutto il perimetro.

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

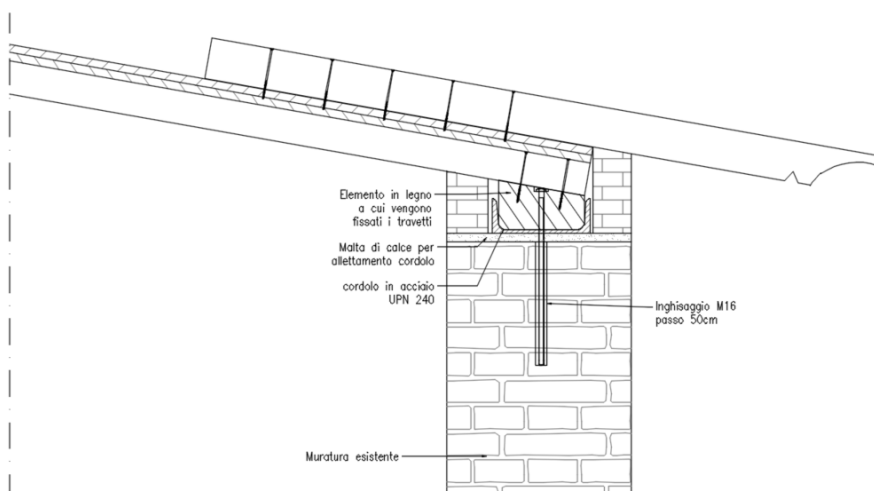
Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com


www.gpapartners.com



REALIZZAZIONE DI CORDOLO IN ACCIAIO IN COPERTURA.

Per il miglioramento del comportamento scatolare dell'edificio in muratura si prevede la realizzazione di un cordolo in acciaio su tutto il perimetro della copertura. Il cordolo sarà costituito con profilo tipo UPN in acciaio ancorato alla muratura con inghisaggi e fissato alle strutture di copertura in legno con viti autofilettanti.



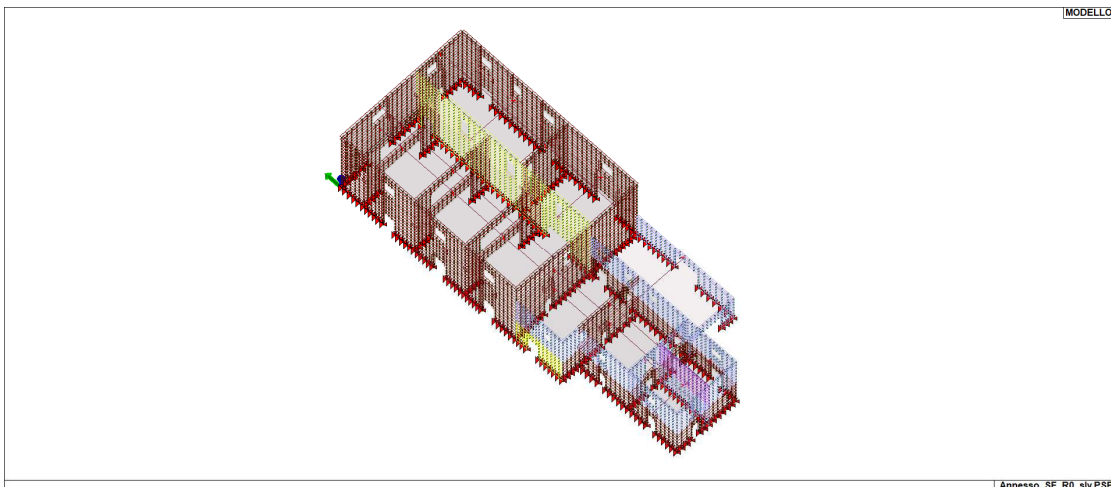
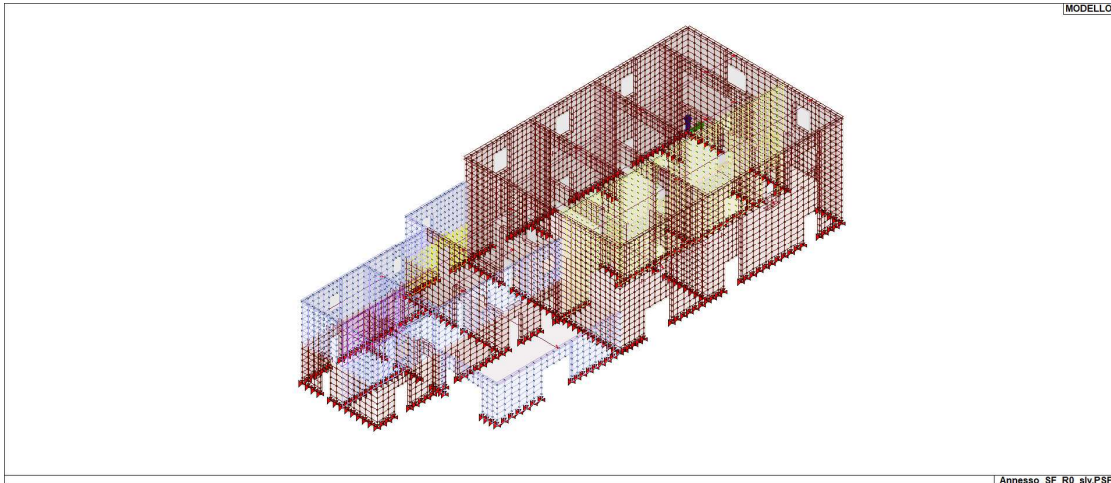
 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.42 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.3. - DESCRIZIONE DEL MODELLO STRUTTURALE

5.3.1 - MODELLAZIONE FEM E CODICI DI CALCOLO ADOTTATI

Per lo studio della struttura globale sono stati utilizzati modelli di calcolo agli elementi finiti (FEM). Il codice di calcolo utilizzato è PRO_SAP. In particolare, sono stati realizzati due modelli di calcolo separati per lo stato di fatto e lo stato di progetto. Con il primo sono stati ricavati i coefficienti di vulnerabilità statica e sismica del fabbricato esistente, mentre con il secondo sono state effettuate le verifiche statiche secondo le normative vigenti e è stato determinato il valore della vulnerabilità sismica allo stato di progetto.

Modello stato di fatto.




GPA srl

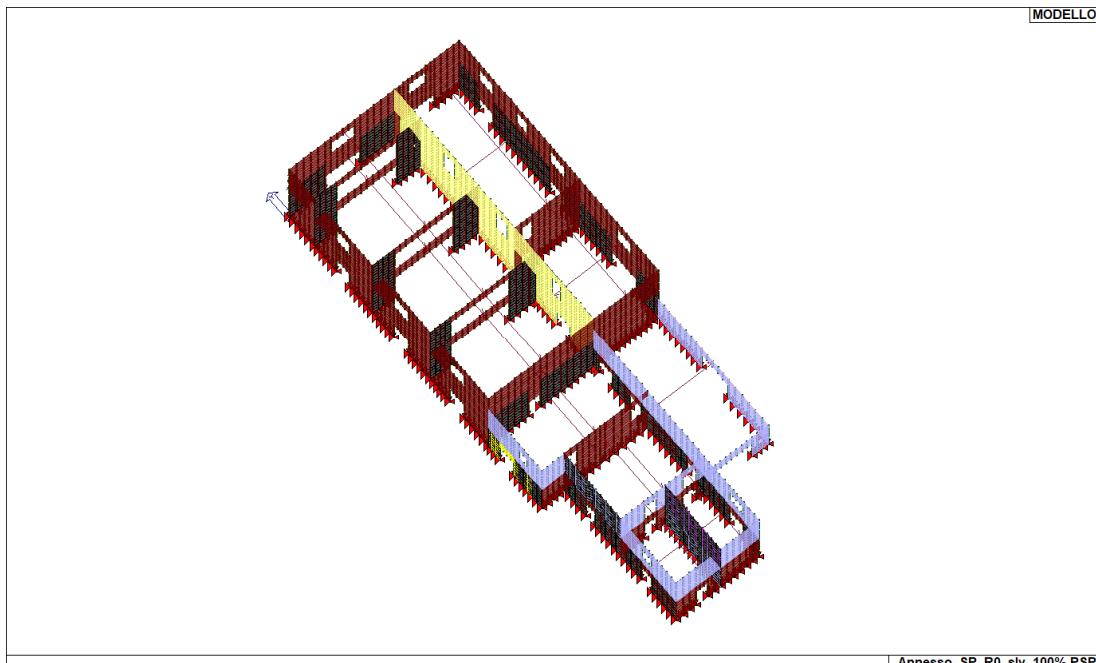
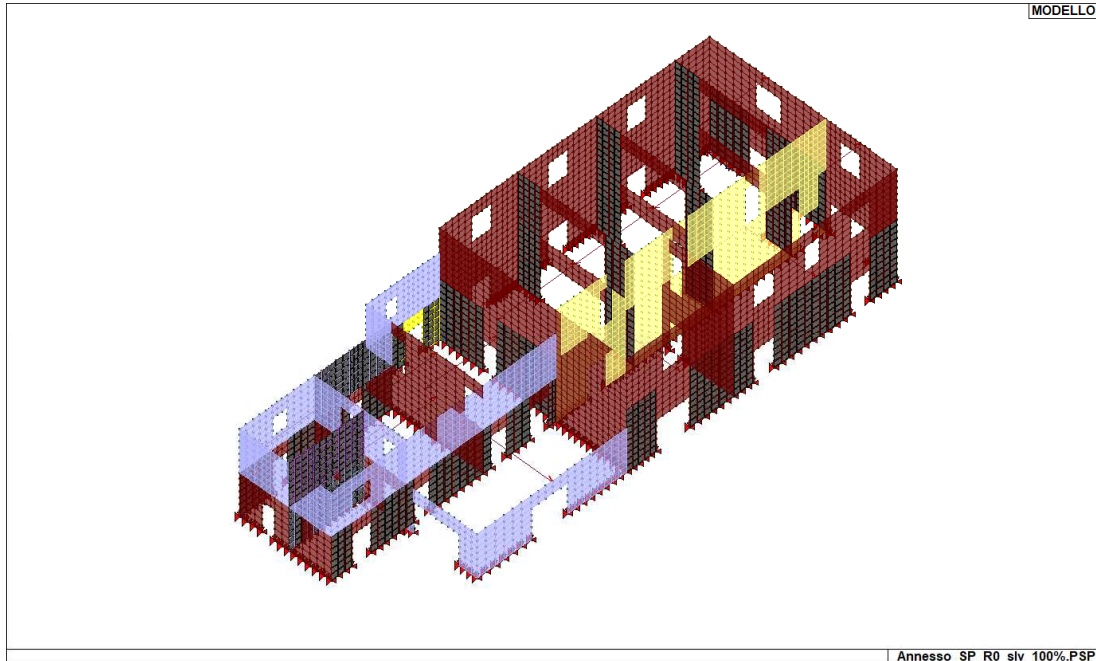
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 <p>ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING</p>	<p>RELAZIONE TECNICA STRUTTURE</p> <p>VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO</p>	<p>MOD21</p>
		<p>Pag.43 di 89</p>
		<p>Revisione 01</p> <p>Data Maggio 2023</p>

Modello stato di progetto.




GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.44 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.4. - MATERIALI STRUTTURALI

5.4.1 - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI

5.4.1.1 - MURATURA A CONCI SBOZZATI

Per la determinazione dei valori di resistenza a compressione e per i valori di modulo elastico, si fa riferimento alla tabella C8.5.I e ai coefficienti migliorativi della tabella C.8.5.II della Circolare.

Si riportano di seguito le tabelle di circolare dalle quali sono stati determinati i valori di calcolo.

Tabella C8.5.I -Valori di riferimento dei parametri meccanici della muratura, da usarsi nei criteri di resistenza di seguito specificati (comportamento a tempi brevi), e peso specifico medio per diverse tipologie di muratura. I valori si riferiscono a: f = resistenza media a compressione, τ_0 = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), f_{v0} = resistenza media a taglio in assenza di tensioni normali (con riferimento alla formula riportata, a proposito dei modelli di capacità, nel §C8.7.1.3), E = valore medio del modulo di elasticità normale, G = valore medio del modulo di elasticità tangenziale, w = peso specifico medio.

Tipologia di muratura	f (N/mm ²)	τ_0 (N/mm ²)	f_{v0} (N/mm ²)	E (N/mm ²)	G (N/mm ²)	w (kN/m ³)
	min-max	min-max		min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,0-2,0	0,018-0,032	- -	690-1050	230-350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo (*)	2,0	0,035-0,051	- -	1020-1440	340-480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	2,6-3,8	0,056-0,074	- -	1500-1980	500-660	21
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,4-2,2	0,028-0,042	- -	900-1260	300-420	13 ÷ 16(**)
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,) (**)	2,0-3,2	0,04-0,08	0,10-0,19	1200-1620	400-500	
Muratura a blocchi lapidei quadrati	5,8-8,2	0,09-0,12	0,18-0,28	2400-3300	800-1100	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce (***)	2,6-4,3	0,05-0,13	0,13-0,27	1200-1800	400-600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	5,0-8,0	0,08-0,17	0,20-0,36	3500-5600	875-1400	15

(*) Nella muratura a conci sbozzati i valori di resistenza tabellati si possono incrementare se si riscontra la sistematica presenza di zeppe profonde in pietra che migliorano i contatti e aumentano l'ammorsamento tra gli elementi lapidei; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente pari a 1,2.

(**) Data la varietà litologica della pietra tenera, il peso specifico è molto variabile ma può essere facilmente stimato con prove dirette. Nel caso di muratura a conci regolari di pietra tenera, in presenza di una caratterizzazione diretta della resistenza a compressione degli elementi costituenti, la resistenza a compressione può essere valutata attraverso le indicazioni del § 11.10 delle NTC.


(***) Nella muratura a mattoni pieni è opportuno ridurre i valori tabellati nel caso di giunti con spessore superiore a 13 mm; in assenza di valutazioni più precise, si utilizzi un coefficiente riduttivo pari a 0,7 per le resistenze e 0,8 per i moduli elastici.

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.45 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

Considerando LC1, si adottano per le resistenze i minimi valori tra quelli proposti dalla norma nella tabella sopra riportata, mentre per le rigidezze si adottano i valori medi della tabella di normativa. Quindi i parametri adottati sono i seguenti:

Muratura a conci sbozzati			
Resistenza media a compressione	f_m	2.00	N/mm ²
Resistenza media a taglio in assenza carichi vert.	τ_0	0.035	N/mm ²
Modulo elasticità normale	E	1230	N/mm ²
Modulo elasticità secante	G	410	N/mm ²
Peso	w	20	kN/mc
Fattore di confidenza	FC	1.35	
Coefficiente sicurezza	γ_m statico	3	
Coefficiente sicurezza	γ_m sismico	2	

5.4.2 - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI ESISTENTI RINFORZATI

Come indicato nei capitoli introduttivi, le murature esistenti vengono rinforzate con diverse tecniche di intervento: Intonaco armato e iniezioni di miscela leganti.

5.4.2.1 - RINFORZO CON INTONACO ARMATO.

Come indicato nella tabella C.8.5.II della circolare delle NTC-18 per pareti esistenti a conci sbozzati rinforzate con intonaco armato è possibile ottenere i valori delle resistenze e delle rigidezze moltiplicando per un fattore di 2.0 i valori relativi al materiale esistente.


Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intonacoarmato (**)	Ristituzione armata con connessione dei parametri (**)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbozzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei quadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (****)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.46 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.4.2.2 - RINFORZO CON INIEZIONI DI MISCELE LEGANTI.

Come indicato nella tabella C.8.5.II della circolare delle NTC-18 per pareti esistenti a conci sbazzati rinforzate con iniezioni di miscele leganti è possibile ottenere i valori delle resistenze e delle rigidezze moltiplicando per un fattore di 1.7 i valori relativi al materiale esistente.

Tipologia di muratura	Stato di fatto			Interventi di consolidamento			
	Malta buona	Ricorsi o listature	Connessione trasversale	Iniezione di miscele leganti (*)	Intoracoarmato (**)	Ristilatura armata con connessione dei paramenti (***)	Massimo coefficiente complessivo
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	1,3	1,5	2	2,5	1,6	3,5
Muratura a conci sbazzati, con paramenti di spessore disomogeneo	1,4	1,2	1,5	1,7	2,0	1,5	3,0
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	1,1	1,3	1,5	1,5	1,4	2,4
Muratura irregolare di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,5	1,2	1,3	1,4	1,7	1,1	2,0
Muratura a conci regolari di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.,)	1,6	-	1,2	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura a blocchi lapidei squadrati	1,2	-	1,2	1,2	1,2	-	1,4
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	(***)	-	1,3 (***)	1,2	1,5	1,2	1,8
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura ≤40%)	1,2	-	-	-	1,3	-	1,3

5.4.3 - CARATTERISTICHE DEI MATERIALI DI NUOVA COSTRUZIONE

5.4.3.1 - CALCESTRUZZO ARMATO

5.4.3.1.1 - CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI


Calcestruzzo classe C25/30 per strutture di elevazione e di fondazione			
Resistenza caratteristica cilindrica	fck	25	N/mm ²
Resistenza caratteristica cubica	Rck	30	N/mm ²
Resistenza cilindrica di progetto	fcd	14.17	N/mm ²
Modulo Elastico	E	31 476	N/mm ²
Acciaio per c.a. B450C			
Resistenza caratteristica di snervamento	fyk	450	N/mm ²
Resistenza caratteristica di rottura	ftk	540	N/mm ²
Resistenza di snervamento di progetto	fyd	391.3	N/mm ²

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.47 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

Modulo Elastico	E	210 000	N/mm ²
-----------------	---	---------	-------------------

5.4.3.1.2 - COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA

Coefficiente parziale di sicurezza per il calcestruzzo $\gamma_c = 1,50$


Coefficiente parziale di sicurezza per l'acciaio da c.a. $\gamma_s = 1,15$

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.48 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.4.3.1.3 - CLASSE DI ESPOSIZIONE

Al fine di proteggere le armature dalla corrosione, lo strato di ricoprimento di calcestruzzo deve essere dimensionato in funzione dell'aggressività dell'ambiente e dalla sensibilità delle armature alla corrosione. In accordo con quanto richiesto al 4.2 della UNI-EN 1992-1-1 e come riportato nella tabella seguente si assume una classe di esposizioni XC2.

prospetto 4.1 **Classi di esposizione in relazione alle condizioni ambientali, in conformità alla EN 206-1**


Denominazione della classe	Descrizione dell'ambiente	Esempi informativi di situazioni a cui possono applicarsi le classi di esposizione
1 Nessun rischio di corrosione o di attacco		
X0	Calcestruzzo privo di armatura o inserti metallici: tutte le esposizioni eccetto dove c'è gelo/disgelo, abrasione o attacco chimico. Calcestruzzo con armatura o inserti metallici: molto asciutto.	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria molto bassa
2 Corrosione indotta da carbonatazione		
XC1	Asciutto o permanentemente bagnato	Calcestruzzo all'interno di edifici con bassa umidità relativa Calcestruzzo costantemente immerso in acqua
XC2	Bagnato, raramente asciutto	Superfici di calcestruzzo a contatto con acqua per lungo tempo Molte fondazioni
XC3	Umidità moderata	Calcestruzzo all'interno di edifici con umidità dell'aria moderata oppure elevata Calcestruzzo esposto all'esterno protetto dalla pioggia
XC4	Ciclicamente bagnato e asciutto	Superfici di calcestruzzo soggette al contatto con acqua, non nella classe di esposizione XC2

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.49 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.4.3.2 - ACCIAIO DA CARPENTERIA

5.4.3.2.1 - CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Acciaio S355			
Resistenza caratteristica di snervamento	fyk	275	N/mm ²
Resistenza caratteristica di rottura	ftk	430	N/mm ²
Resistenza di snervamento di progetto	fyd	261.9	N/mm ²
Modulo Elastico	E	210 000	N/mm ²

5.4.3.2.2 - COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA


Resistenza delle Sezioni	$\gamma_{M0} = 1,05$
Resistenza all'instabilità delle membrature	$\gamma_{M1} = 1,05$
Resistenza sezioni tese indebolite dai fori	$\gamma_{M0} = 1,25$

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.50 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.4.3.3 - LEGNO MASSICCIO

Per l'intervento di sostituzione di travi e travetti appartenenti alla copertura della Villa Porzione settecentesca si considera un legno massiccio di classe C24. Di seguito le caratteristiche principali del materiale.

5.4.3.3.1 - CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Legno di conifera – C24			
Resistenza caratteristica a flessione	$f_{m,k}$	24	N/mm ²
Resistenza caratteristica a taglio	$f_{v,k}$	4.0	N/mm ²
Modulo di elasticità parallelo medio	$E_{0,g,mean}$	11 000	N/mm ²
Modulo di taglio medio	$G_{g,mean}$	690	N/mm ²
Densità	γ	3.4	kN/mc

5.4.3.3.2 - COEFFICIENTI PARZIALI DI SICUREZZA

Tab. 4.4.III - Coefficienti parziali γ_M per le proprietà dei materiali


Stati limite ultimi	Colonna A γ_M
combinazioni fondamentali	
legno massiccio	1,50
legno lamellare incollato	1,45
pannelli di tavole incollate a strati incrociati	1,45
pannelli di particelle o di fibre	1,50
LVL, compensato, pannelli di scaglie orientate	1,40
unioni	1,50

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.51 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.5. - ANALISI DEI CARICHI

Si riporta di seguito l'analisi dei carichi allo stato di progetto. Con i carichi seguenti sono stati progettati i nuovi solai e la nuova struttura di copertura

5.5.1 - PESI PROPRI STRUTTURALI

Il peso proprio è stato considerato in ragione della geometria della struttura (reale o stimata) e dei pesi specifici dei materiali.

Materiale	γ [kN/mc]
Calcestruzzo armato	25.0
Acciaio da carpenteria	78.5
Muratura esistente in pietrame disordinata	19.0
Muratura esistente mattoni pieni	18.0
Legno massiccio	3.8

5.5.2 - PESI PROPRI NON STRUTTURALI

5.5.2.1 - SOLAIO DI INTERPIANO


Solaio in legno	Sp.[m]	γ [kN/mc]	Peso [kN/mq]
Pavimentazione in legno	0.025	5.0	0.15
Materassino fonoassorbente			0.10
Controsoffitto			0.50
Totale G2			0.75

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.52 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.5.2.2 - SOLAIO COPERTURA

Copertura in legno	Sp.[m]	γ [kN/mc]	Peso [kN/mq]
Manto di copertura			0.50
Listelli legno per ventilazione			0.05
Membrana impermeabilizzante			0.10
Strato isolante			0.05
Controsoffitto			0.50
Totale G2			1.20

5.5.2.3 - SOLAIO COPERTURA LOGGIA

Copertura in legno	Sp.[m]	γ [kN/mc]	Peso [kN/mq]
Manto di copertura			0.50
Membrana impermeabilizzante			0.10
Totale G2			0.60

5.5.3 - CARICHI VARIABILI

5.5.3.1 - AZIONE IN FUNZIONE DELLA DESTINAZIONE D'USO

Tab. 3.1.II - Valori dei sovraccarichi per le diverse categorie d'uso delle costruzioni


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

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.53 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

SOLAIO INTERPIANO	Qk = 3.00 kN/mq	cat. B2
SOLAIO COPERTURA (FALDE)	Qk = 0.50 kN/mq	cat. H

5.5.3.2 - CARICO NEVE

I carichi dovuti alla neve vengono calcolati secondo quanto previsto dal D.M. Infrastrutture e dei Trasporti, Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 14.01.2018. Il carico della neve sulle coperture viene determinato per situazioni di progetto persistenti/transitorie come segue:

$$Q_s = \mu_i \cdot Q_{sk} \cdot C_e \cdot C_t$$

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 [kN·m⁻²] per un periodo di ritorno di 50 anni;

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. Trovandosi l'edificio in **Zona II** e considerando un'altitudine massima del sito inferiore a 200 m s.l.m. si ottiene:

$$q_{sk} = 1.00 \text{ kN/m}^2$$

Dato che il manufatto si trova in una zona riconducibile a "Topografia normale", aree nelle quali non vi è una rimozione significativa della neve esercitata dal vento a causa della sua interazione con il terreno con altre costruzioni o con alberi si assume $C_e = 1$. Non disponendo di uno studio accurato circa le proprietà di isolamento termico del materiale impiegato si assume:

$$C_t = 1.0.$$

Il coefficiente di forma μ_i della copertura è funzione della pendenza della falda:

Copertura a 2 falde:


Angolo di inclinazione della falda $\alpha_1 = \alpha_2 = 18,0^\circ$

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

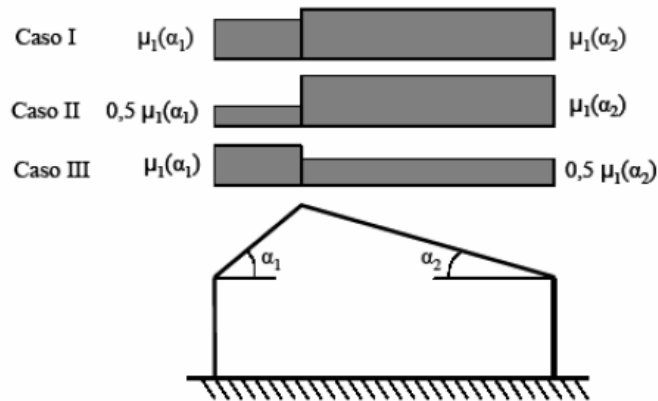
www.gpapartners.com


 GPA PARTNERS ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.54 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

$$\mu_1(\alpha_1) = \mu_1(\alpha_2) = 0,80 \Rightarrow Q_1 = 0.8 \text{ kN/mq}$$

Sulla base di quanto sopra riportato, possiamo assumere un carico costante della neve su entrambe le falde e pari a **0.80 kN/mq**.

lo schema di carico applicato è il seguente:



 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.55 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.5.4 - AZIONE SISMICA DI PROGETTO

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si considerano i seguenti parametri:

Coordinate sito – Campi Bisenzio:

Latitudine: 43.8196

Longitudine: 11.1375

Caratteristiche del terreno ipotizzate:

Categoria di sottosuolo: C

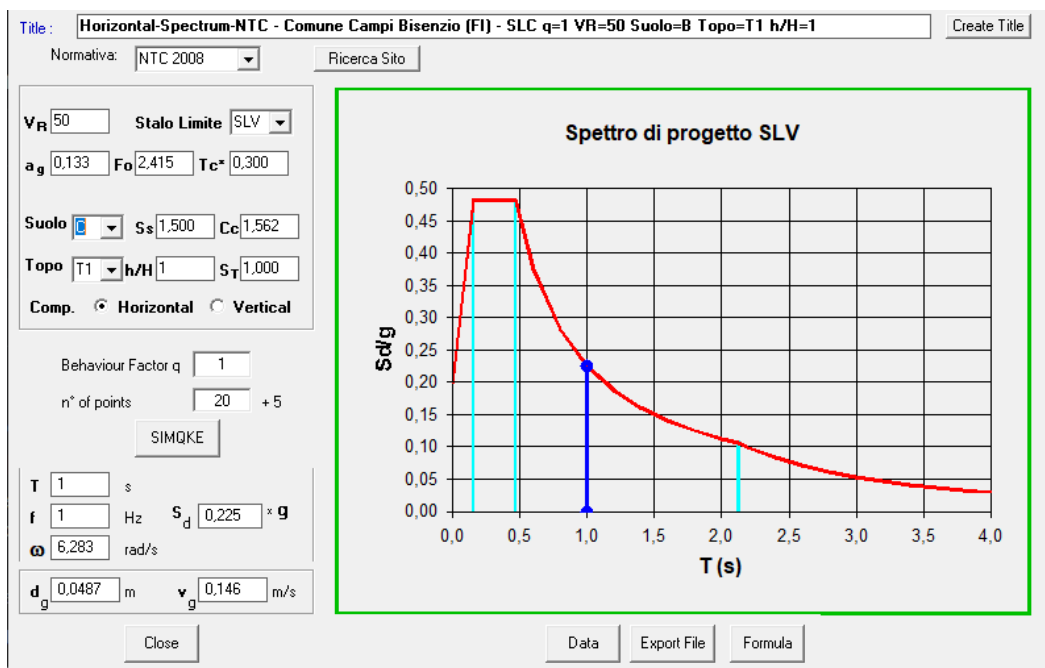
Caratteristiche topografiche: T1

Le analisi condotte per la verifica sismica globale del fabbricato sia nello stato di fatto che di progetto sono analisi dinamica lineare.

Le analisi condotte per le verifiche dei cinematismi fuori piano sono analisi del tipo cinematica lineare.

Per la verifica in riferimento al comportamento sismico globale, attraverso l'analisi dinamica lineare, le verifiche sono condotte allo stato limite ultimo nei confronti dello stato limite di salvaguardia della vita SLV.

Si riportano di seguito gli spettri utilizzati per la definizione dell'azione sismica.




GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.56 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.5.5 - COMBINAZIONE DELLE AZIONI

Ai fini delle verifiche degli stati limite, si definiscono le seguenti combinazioni delle azioni.

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

$$\gamma_{G1} \cdot G_1 + \gamma_{G2} \cdot G_2 + \gamma_P \cdot P + \gamma_{Q1} \cdot Q_{k1} + \gamma_{Q2} \cdot \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \gamma_{Q3} \cdot \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.1]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.2]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.3]$$

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

$$G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots \quad [2.5.4]$$

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

$$E + G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.5]$$

- Combinazione eccezionale, impiegata per gli stati limite ultimi connessi alle azioni eccezionali A:

$$G_1 + G_2 + P + A_d + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \dots \quad [2.5.6]$$

Gli effetti dell'azione sismica saranno valutati tenendo conto delle masse associate ai seguenti carichi gravitazionali:

$$G_1 + G_2 + \sum_j \psi_{2j} Q_{kj} \quad [2.5.7]$$

Tab. 2.6.1 – Coefficienti parziali per le azioni o per l'effetto delle azioni nelle verifiche SLU

		Coefficiente	EQU	A1	A2
		γ_P			
Carichi permanenti G_1	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_{Qi}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

⁽¹⁾ Nel caso in cui l'intensità dei carichi permanenti non strutturali o di una parte di essi (ad es. carichi permanenti portati) sia ben definita in fase di progetto, per detti carichi o per la parte di essi nota si potranno adottare gli stessi coefficienti parziali validi per le azioni permanenti.

I coefficienti di combinazione utilizzati vengono riportati nella seguente tabella:

Tab. 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione


Categoria/Azione variabile	ψ_{0j}	ψ_{1j}	ψ_{2j}
Categoria A - Ambienti ad uso residenziale	0,7	0,5	0,3
Categoria B - Uffici	0,7	0,5	0,3
Categoria C - Ambienti suscettibili di affollamento	0,7	0,7	0,6
Categoria D - Ambienti ad uso commerciale	0,7	0,7	0,6
Categoria E - Aree per immagazzinamento, uso commerciale e uso industriale Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F - Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso ≤ 30 kN)	0,7	0,7	0,6

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.57 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023


Categoria G – Rimesse, parcheggi ed aree per il traffico di veicoli (per autoveicoli di peso > 30 kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H - Coperture accessibili per sola manutenzione	0,0	0,0	0,0
Categoria I – Coperture praticabili	da valutarsi caso per caso		
Categoria K – Coperture per usi speciali (impianti, eliporti, ...)			
Vento	0,6	0,2	0,0
Neve (a quota ≤ 1000 m s.l.m.)	0,5	0,2	0,0
Neve (a quota > 1000 m s.l.m.)	0,7	0,5	0,2
Variazioni termiche	0,6	0,5	0,0

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

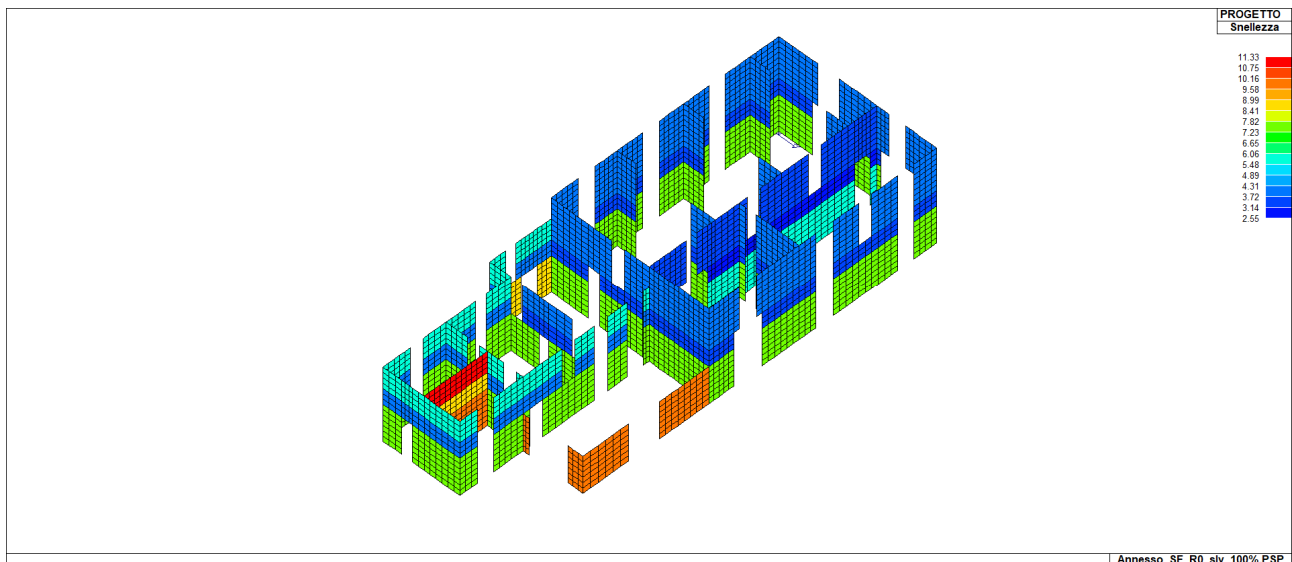
 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.58 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.6. - STATO DI FATTO - ANALISI DI VULNERABILITA PER CARICHI VERTICALI

5.6.1 - CONTROLLO SNELLEZZA MURATURE

Dalla prima analisi dello stato di fatto non si evidenziano alcuni maschi murari che presentano una snellezza superiore al limite prevista da normativa per la snellezza convenzionale definita dalla seguente relazione (§4.5.4 NTC-18):

$$\lambda = h_0 / t < 20$$



5.6.2 - VERIFICHE STATICHE DELLE MURATURE

Si riportano le verifiche allo SLU delle murature allo stato di fatto. In alcuni maschi murari le verifiche a carichi verticali previste dalla normativa non sono soddisfatte. Per queste murature, allo stato di progetto, è previsto un intervento di rinforzo.

GPA srl

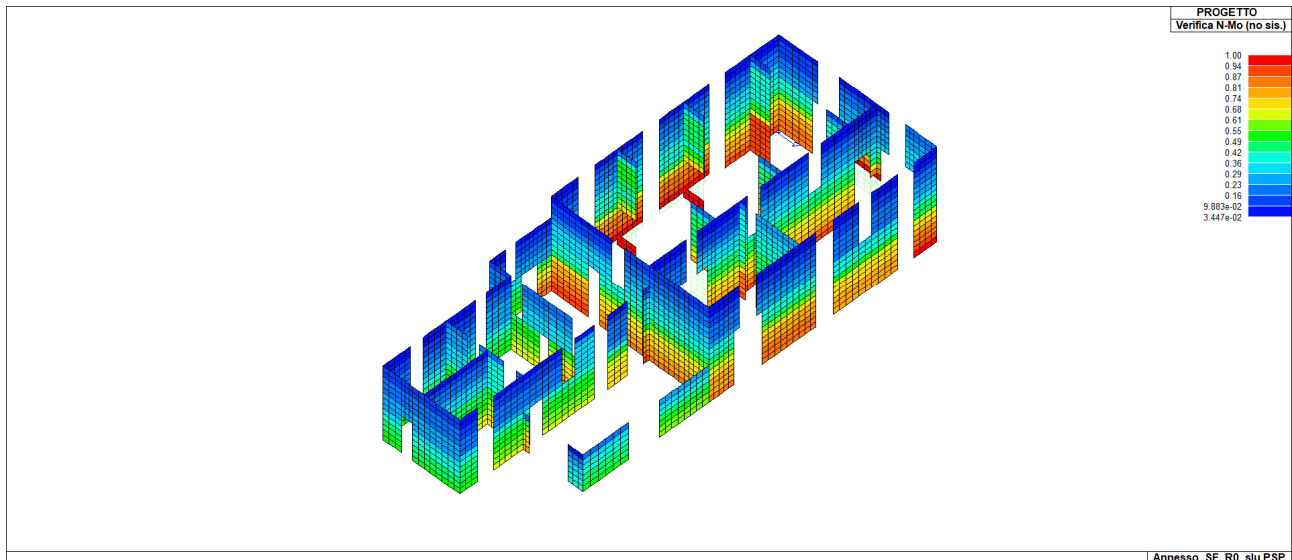
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

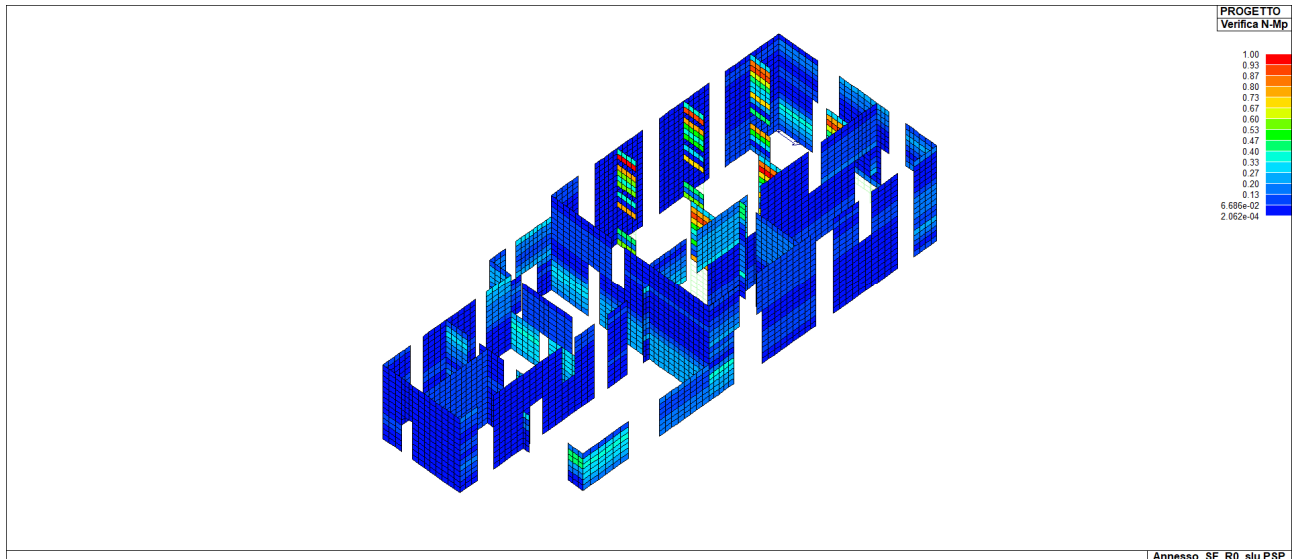
Verifica a presso flessione fuori piano (§4.5.6.2 NTC-18)

Non sono colorati i maschi murari in cui le verifiche non sono soddisfatte



Verifica a presso flessione nel piano (§7.8.2.2.1 NTC-18)

Non sono colorati i maschi murari in cui le verifiche non sono soddisfatte




GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

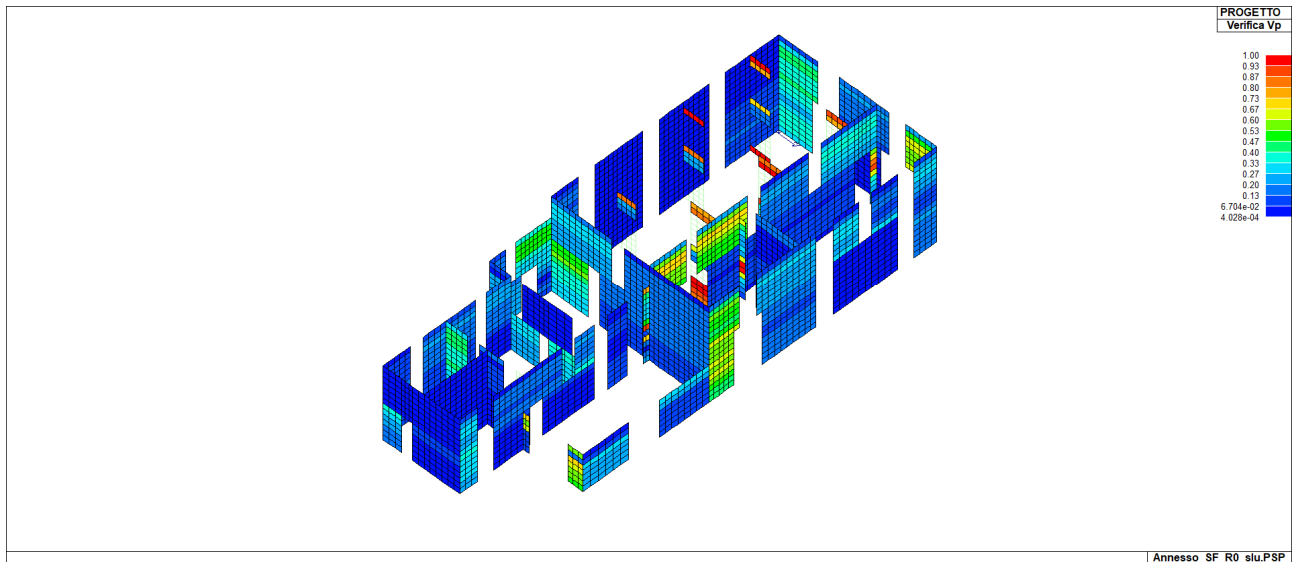
Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

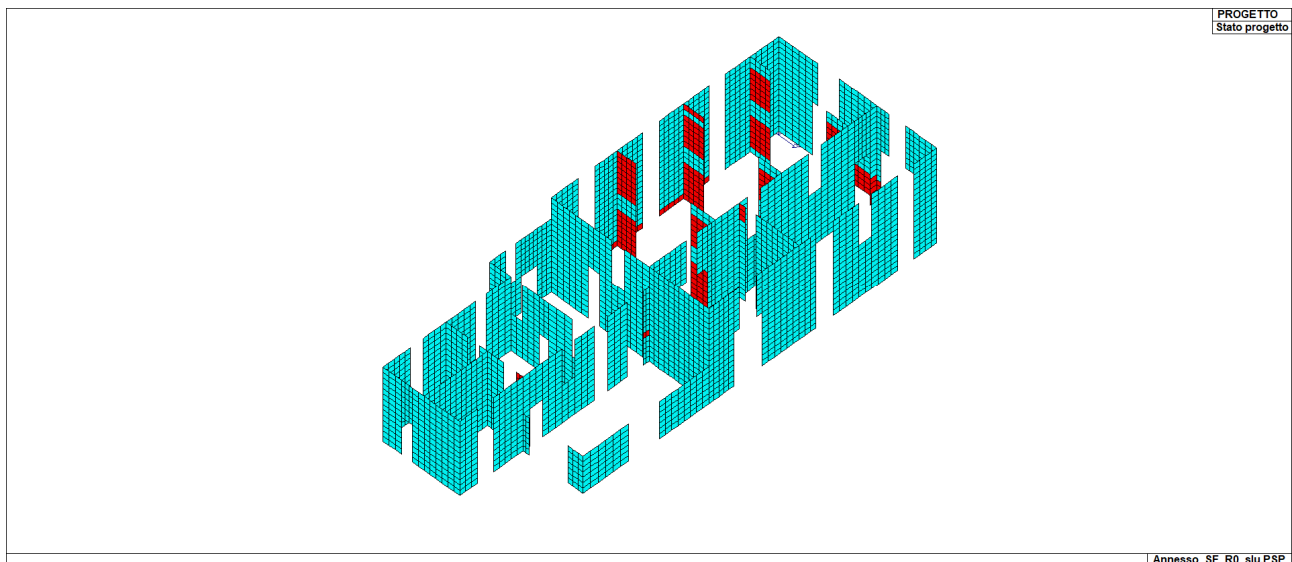
 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.60 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

Verifica a taglio nel piano (§7.8.2.2.2 NTC-18)

Non sono colorati i maschi murari in cui le verifiche non sono soddisfatte



In conclusione, si evidenziano le murature che presentano una verifica non soddisfatta e che quindi prevedono intervento di rinforzo




GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.61 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.6.3 - VERIFICHE STATICHE DEI SOLAI

Visto lo stato di degrado dei solai esistenti non si procede alla verifica statica degli stessi. In fase di progetto per ripristinare le condizioni di sicurezza richieste dalla norma vigente, si ipotizza la demolizione e ricostruzione di tutti gli impalcati (piano primo e copertura).

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

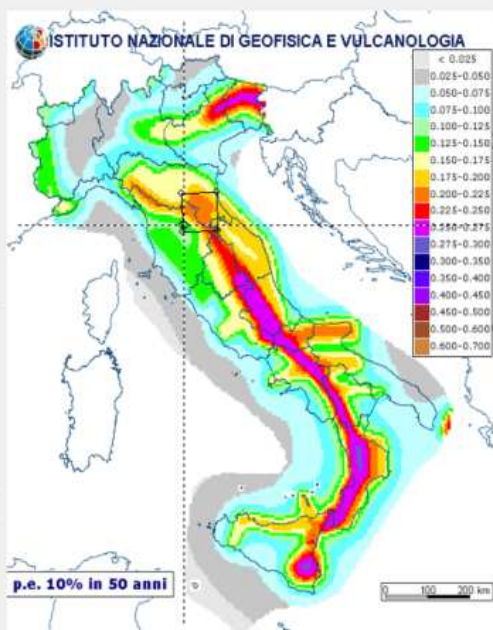
5.7. - STATO DI FATTO - ANALISI DI VULNERABILITA' PER CARICHI SISMICI

5.7.1 - DETERMINAZIONE INDICE DI VULNERABILITÀ SISMICA

Per l'analisi sismica si procede con un'analisi dinamica lineare con spettro di risposta.

Per la determinazione dell'indice di vulnerabilità sismica del fabbricato allo stato di fatto si procede in modo iterativo scalando lo spettro sismico di progetto fino ad ottenere tutte le verifiche sulle murature soddisfatte. In particolare, nel caso in esame si procede scalando lo spettro al 25% dello spettro di progetto previsto dalle vigenti normative.

Valutazione della pericolosità sismica



ISTITUTO NAZIONALE DI GEOFISICA E VULCANOLOGIA

Legenda pericolosità sismica:

- < 0.025
- 0.025-0.050
- 0.050-0.075
- 0.075-0.100
- 0.100-0.125
- 0.125-0.150
- 0.150-0.175
- 0.175-0.200
- 0.200-0.225
- 0.225-0.250
- 0.250-0.275
- 0.275-0.300
- 0.300-0.350
- 0.350-0.400
- 0.400-0.450
- 0.450-0.500
- 0.500-0.500
- 0.600-0.700

p.e. 10% in 50 anni

Nota: per il calcolo dei parametri sismici
 1) inserire le coordinate geografiche 2) introdurre Vn e Cu

Per le isole è possibile utilizzare come località: gruppo isole N
 [con N = 1,2,3,4,5]

Vertici della maglia elementare INGV [riferimento ED50]			
Id nodo	Longitudine	Latitudine	Distanza [km]
19835	11.135	43.811	1.154
19836	11.204	43.813	5.297
19614	11.202	43.863	6.892
19613	11.133	43.861	4.484

Coordinate geografiche [riferimento WGS84]

Località:

Longitudine: Latitudine:

Applica la Rappresentazione Sismica Locale

Parametri per le forme spettrali

	Pver	Tr	ag [g]	Fo	T*c
SLO	100	1	0.0140	2.393	0.174
SLD	100	1.05	0.0143	2.395	0.175
SLV	98.89	11.11	0.0332	2.503	0.226
SLC	91.6	20.19	0.0411	2.531	0.241

Periodo di riferimento per l'azione sismica

Vita Vn [anni]	Coefficiente uso Cu	Periodo Vr [anni]	Livello di sicurezza
<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="1"/>	<input type="text" value="50"/>	<input type="text" value="25"/>


Rimuovi limiti Vr e Tr (di norma NO)

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

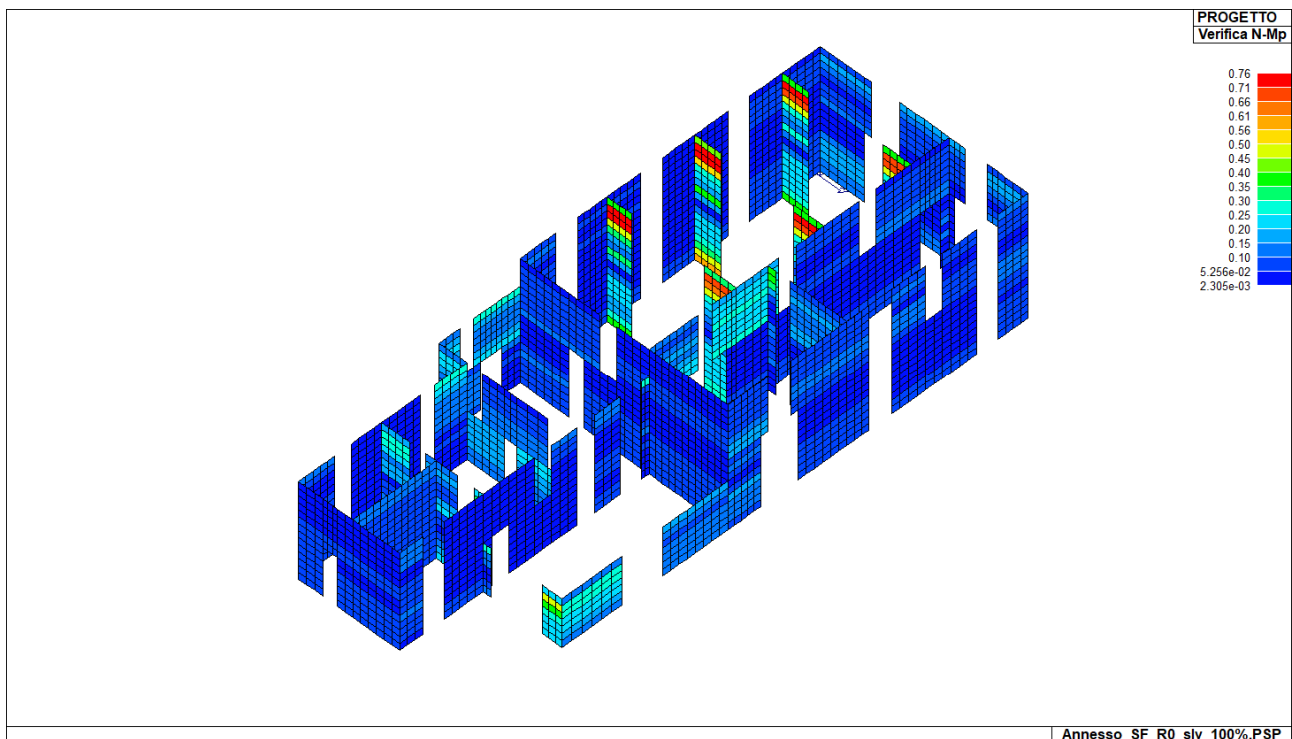
Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.63 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

Nel seguito si riportano le verifiche sulle murature previste da normativa sotto carichi sismici ridotti al 20% rispetto a quelli previsti allo SLV per la categoria di terreno considerata. Si evidenzia che con questi carichi tutti i maschi murari sono verificati.

Verifica a presso flessione fuori piano (§7.8.2.2.3 NTC-18)




GPA srl

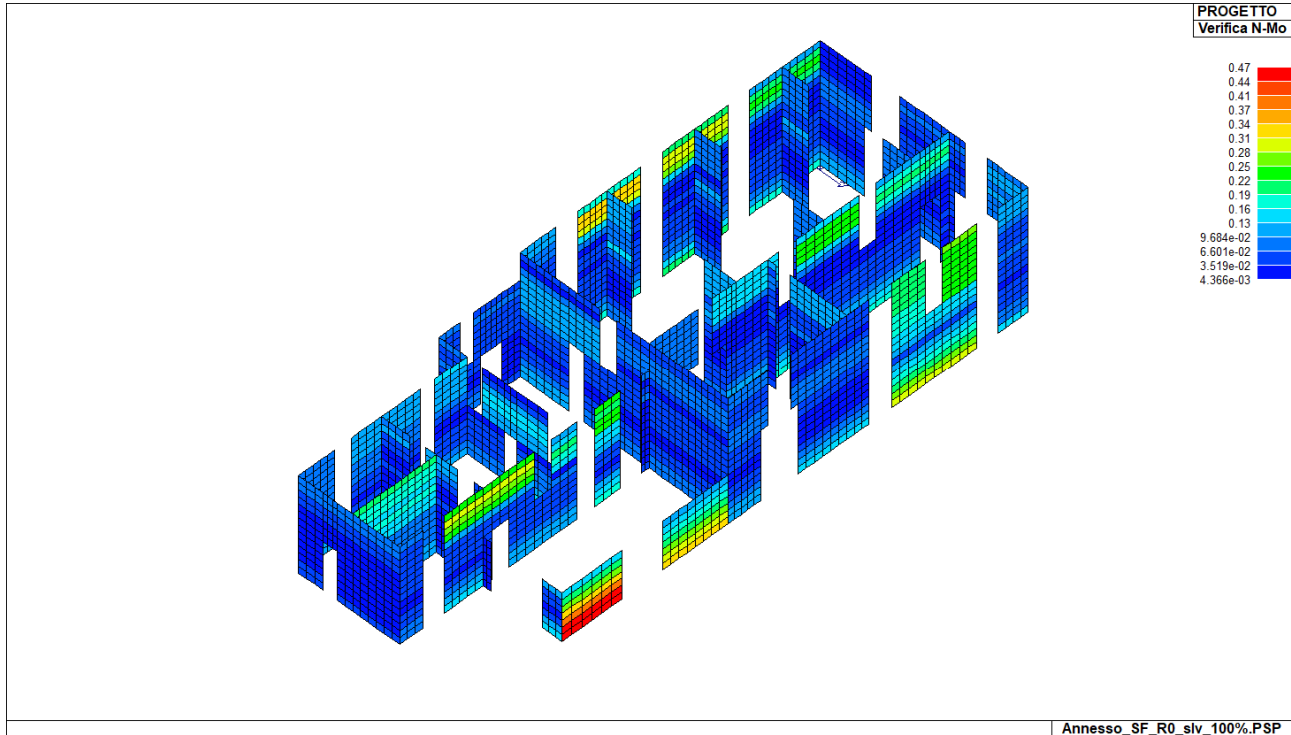
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.64 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

Verifica a presso flessione nel piano (§7.8.2.2.1 NTC-18)



Come si può notare le verifiche risultano soddisfatte con i carichi sismici ridotti al 20%.


L'indice di vulnerabilità sismica allo stato di fatto risulta pertanto **Is = 0.20**

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.65 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.8. - STATO DI PROGETTO – VERIFICHE PER CARICHI VERTICALI

5.8.1 - VERIFICHE STATICHE NUOVI SOLAI IN LEGNO

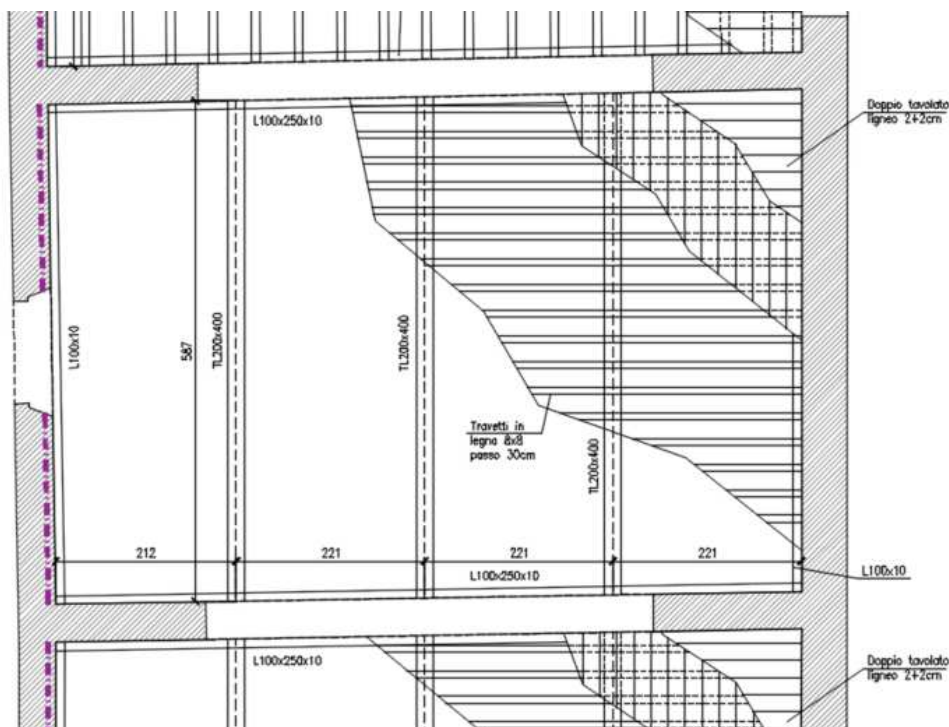
5.8.1.1 - SOLAIO DI INTERPIANO

5.8.1.1.1 - TRAVI PRINCIPALI

Si prevedono travi in legno C24 di varie dimensioni in base alla luce a al passo delle stesse.

TRAVE 20X40cm

Si riporta di seguito la verifica della trave di altezza massima 20x40cm. l'interasse risulta 2.20m e la luce massima è pari a 5.85m. di seguito uno stralcio ddei dettagli riportati negli elaborati grafici




GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO		MOD21
			Pag.66 di 89
			Revisione 01
			Data Maggio 2023


Tipo materiale:		C24		Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).	
Controllo qualità	SI	$\gamma_M = 1.45$			
Sezione				Valori caratteristici di rigidezza	
b =		200	mm	mod. elast. parall. medio	$E_{0,mean} = 11000$ MPa
h =		400	mm	mod. elast. parall. caratt.	$E_{0,05} = 7400$ MPa
l =		5.85	m	mod. elast. ortog. medio	$E_{90,mean} = 370$ MPa
Peso proprio del legno		5.00	kN/m ³	modulo di taglio medio	$G_{mean} = 690$ MPa
q_{G1k} = (peso pr. trave) =		0.40	kN/m	Valori caratteristici di resistenza	
Carichi agenti per metro quadro				flessione	$f_{m,k} = 24.00$ MPa
i (Interasse) =		2.20	m	traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,k} = 14.50$ MPa
q_{G1k} = (permanente) =		0.40	kN/m ²	traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,k} = 0.40$ MPa
q_{G2k} = (perm. non str) =		0.75	kN/m ²	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,k} = 21.00$ MPa
q_{Vk} = (variabile) =		3.00	kN/m ²	compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,k} = 2.50$ MPa
Carichi puntuali in mezzeria				taglio e torsione	$f_{v,k} = 4.00$ MPa
P_{Gk} = (permanente) =		0.00	kN	Classe di servizio:	1
P_{Gk} = (perm. non str) =		0.00	kN	Carichi accidentali:	Cat. B - Uffici
P_{Vk} = (variabile) =		0.00	kN	$q_{G1k} = q_{G1k} + q_{PPk} =$	1.28 kN/m
Distanza tra ritegni torsionali				$q_{G2k} = q_{G2k} i =$	1.65 kN/m
$l_{3,eff} =$	6.65	m		$q_{Vk} = q_{Vk} i =$	6.60 kN/m
tipo app:	estremità	$l_{app} =$	100 mm	Controfreccia:	$U_0 = 0$ mm
appoggio:	discont.	$b_{app} =$	200 mm	Limiti di freccia:	$U_{2,ist} = l / 400$
		dist. bordo a:	0 mm	$U > 30\%$ NO	$U_{net,fin} = l / 300$
Resistenza al fuoco:				R60	$U_{fin} = l / 300$
Sollecitazioni massime			Tensioni		
$V_3 =$	41.06	kN	$\tau_d = 1,5 V_3 / h b_{ef} =$	1.15	N/mm ²
$M_{22} =$	60.06	kN m	$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	11.26	N/mm ²
$M_{33} =$	0.00	kN m	$\sigma_{m,3,d} = M_{33} / W_{33} =$	0.00	N/mm ²
$N =$	0.00	kN	$\sigma_{c,0,d} = N / A =$	0.00	N/mm ²
$V_2 =$	0.00	kN	$\sigma_{c,90,d} = V_3 / (b l_{app-calcolo}) =$	1.37	N/mm ²
Coefficienti		Resistenze di calcolo			
$k_{mod} =$	0.80	$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M =$	13.24	N/mm ²	
$\gamma_M =$	1.45	$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M =$	2.21	N/mm ²	
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.55	$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.38	N/mm ²	
		$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} / \gamma_M =$	14.48	N/mm ²	
$\lambda_{rel,m} = (l_{3,eff} h)^{0.5} / b =$	8.15		<12 STABILE PER FLESSOTORSIONE		
Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit}			(sbandamento nel piano debole 1-2)		
$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00		secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018		
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.53		snellezza a flessione		
$f_{m,k} =$	24.00		resistenza caratteristica a flessione		
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	86.80 N/mm ²		tensione di flessione critica		
$l_{3,eff} =$	6.65 m		lunghezza efficace		
$E_{0,05} =$	7400 N/mm ²		modulo elastico parallelo caratteristico		
$G_{mean} =$	690 N/mm ²		modulo di taglio medio		
$E_{mean} =$	11000 N/mm ²		modulo elastico parallelo medio		

GPA srl

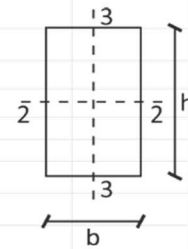
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.67 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$			
$l_{app-calcolo} =$	150.0 mm	determinato secondo eq. [7.10]	
$k_{c,90} =$	1.00	parametro	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$			$\eta = 0.85 \leq 1$
$\eta = \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} \leq 1$			$\eta = 0.00 \leq 1$
Verifica di stabilità (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.85 \leq 1$
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = t_d / f_{v,d} \leq 1$			$\eta = 0.52 \leq 1$
Verifica a compressione all'appoggio			
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} \cdot f_{c,90,d}) \leq 1$			$\eta = 0.99 \leq 1$
Verifica a pressoflessione			
sez. rettangolare	$\rightarrow k_m = 0.70$		
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + k_m (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.85 \leq 1$
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.60 \leq 1$
Verifica della freccia di inflessione			
Controfreccia:	$u_0 = 0$ mm		
Valori di deformata >0 se verso il basso			
Componenti della freccia di inflessione:			
u_1	freccia dovuta ai carichi permanenti		
u_2	freccia dovuta ai carichi variabili		
$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$	freccia netta (finale al netto della controfreccia)		
$u_{fin} = u_1 + u_2$	freccia finale (o freccia totale)		
	$u_{2,ist}$	$l / 400 =$	14.63 mm
Limiti:	$u_{net,fin}$	$l / 300 =$	19.50 mm
	$u_{net,fin}$	$l / 300 =$	19.50 mm
$l =$	5.85 m		
Parametri:			
$G_{mean} =$	690 MPa	Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018: Classe di servizio della struttura: 1 Coefficienti: $k_{def} = 0.60$ $\Psi_{2t} = 0.30$	
$E_{mean} =$	11000 MPa		
$q_{G1k} =$	1.28 kN/m		
$q_{G2k} =$	1.65 kN/m		
$q_{Vk} =$	6.60 kN/m		
$P_{G1k} =$	0.00 kN/m		
$P_{G2k} =$	0.00 kN/m		
$P_{Vk} =$	0.00 kN/m		
Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili			
$q = q_{Vk} =$	6.60 kN/m		
$P = P_{Vk} =$	0.00 kN		
$u_{2,ist} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) =$			9.19 mm
$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$			$\eta = 0.63 \leq 1$




GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

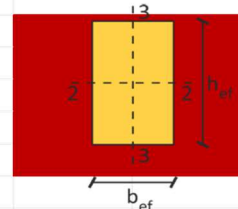
	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.68 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023


Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$	
$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	12.48 kN/m
$P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	0.00 kN
$u_{net,fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) - u_0 =$	17.38 mm
$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$	$\eta = 0.89 \leq 1$

Verifica della freccia totale finale u_{fin}	
$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	12.48 kN/m
$P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	0.00 kN
$u_{fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) =$	17.38 mm
$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim}$	$\eta = 0.89 \leq 1$

Verifiche in condizione di incendio **Normativa: NTC 17/01/2018 + DT206:2018**

Sezione integra		Resistenza al fuoco richiesta: R60	
b =	200 mm		
h =	400 mm		
Metodo della sezione efficace		LEGNO MASSICCIO C24	
b _n =	0.80 mm/min	Valori di calcolo dei moduli di elasticità	
t _{fi,req} =	60.0 min	mod. elast. parall.	E _{0,fi,d} = 9250 MPa
d _{char} = β _n t _{fi,req} =	48.0 mm	mod. elast. ortog.	E _{90,fi,d} = 463 MPa
k ₀ =	1.00	modulo di taglio	G _{fi,d} = 863 MPa
d ₀ =	7.0 mm	Valori di calcolo di resistenza	
d _{ef} = d _{char} + k ₀ d ₀ =	55.0 mm	flessione	f _{m,fi,d} = 30.00 MPa
N.° superfici esposte al fuoco		traz. parallela alle fibre	f _{t,0,fi,d} = 18.13 MPa
lateralmente:	2	traz. ortog. alle fibre	f _{t,90,fi,d} = 0.50 MPa
riduzione di b:	2 d _{ef}	compr. parallela alle fibre	f _{c,0,fi,d} = 26.25 MPa
inferiormente e superiormente:	1	compr. ortog. alle fibre	f _{c,90,fi,d} = 3.13 MPa
riduzione di h:	1 d _{ef}	taglio	f _{v,fi,d} = 5.00 MPa
Sezione efficace		Coefficienti di calcolo utilizzati:	
b _{ef} =	90.0 mm	k _{mod,fi} = 1.00	k _{mod,fi} k _{fi} / γ _{M,fi} = 1.25
h _{ef} =	345.0 mm	k _{fi} = 1.25	
b _{ef,τ} =	60.3 mm	γ _{M,fi} = 1.00	
A = b _{ef} h _{ef} =	31050 mm ²		
J ₂₂ = b _{ef} h _{ef} ³ / 12 =	307977188 mm ⁴		
W ₂₂ = b _{ef} h _{ef} ² / 6 =	1785375 mm ³		
Combinazione di carico		Ψ _{2,i} =	0.30
F _d = 1,0 G _{1k} + 1,0 G _{2k} + Ψ _{2,1} Q _{var,k}	→	q _d =	4.91 kN/m
	→	P _d =	0.00 kN
Sollecitazioni massime			
l =	5.85 m		
V ₃ =	14.36 kN		
M ₂₂ =	21.00 kNm		



 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.69 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023


Tensioni di progetto			
$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef} =$	1.04 Mpa		
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	11.76 Mpa		
Lunghezza efficace (per sbandamento nel piano debole 1-2)		$l_{3,eff} =$	6.65 m
Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$			
$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) =	0.83	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018	
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5} =$	0.97	snellezza a flessione	
$f_{m,k} =$	24.00 Mpa	resistenza caratteristica a flessione	
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	25.47 Mpa	tensione di flessione critica	
$l_{3,eff} =$	6.65 m	lunghezza efficace	
$E_{0,fi,d} =$	9250 Mpa	modulo elastico parallelo caratteristico	
Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$			
$l_{app-calcolo} =$	150 mm	determinato secondo eq. [7.10]	
$k_{c,90} =$	1.00	parametro	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$		$\eta = 0.39$	≤ 1
Verifica di stabilit� (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$		$\eta = 0.47$	≤ 1
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = t_d / f_{v,fi,d} \leq 1$		$\eta = 0.21$	≤ 1
Verifica a compressione all'appoggio			
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$		$\eta = 0.34$	≤ 1

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.70 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.8.1.1.2 - TRAVETTI SECONDARI

Si prevedono travetti in legno C24 di dimensioni 8x10cm poste a passo 0,30m. La luce massima della trave risulta pari a 2,20m.

Tipo materiale:		C24		Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).		
Controllo qualità	SI	$\gamma_M = 1.45$				
Sezione				Valori caratteristici di rigidezza		
b =		80	mm	mod. elast. parall. medio	$E_{0,mean}$	11000 MPa
h =		100	mm	mod. elast. parall. caratt.	$E_{0,05}$	7400 MPa
l =		2.20	m	mod. elast. ortog. medio	$E_{90,mean}$	370 MPa
Peso proprio del legno		5.00	kN/m ³	modulo di taglio medio	G_{mean}	690 MPa
Q_{G1k} = (peso pr. trave) =		0.04	kN/m	Valori caratteristici di resistenza		
Carichi agenti per metro quadro				flessione	$f_{m,k}$	24.00 MPa
i (Interasse) =		0.30	m	traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,k}$	14.50 MPa
Q_{G1k} = (permanente) =		0.20	kN/m ²	traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,k}$	0.40 MPa
Q_{G2k} = (perm. non str) =		0.75	kN/m ²	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,k}$	21.00 MPa
Q_{Vk} = (variabile) =		3.00	kN/m ²	compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,k}$	2.50 MPa
Carichi puntuali in mezzera				taglio e torsione	$f_{v,k}$	4.00 MPa
P_{Gk} = (permanente) =		0.00	kN	Classe di servizio:	1	
P_{Gk} = (perm. non str) =		0.00	kN	Carichi accidentali:	Cat. B - Uffici	
P_{Vk} = (variabile) =		0.00	kN	$Q_{G1k} = Q_{G1k} i + Q_{PPk} =$		0.10 kN/m
Distanza tra ritegni torsionali				$Q_{G2k} = Q_{G2k} i =$		0.23 kN/m
$l_{3,eff} =$	2.40	m		$Q_{Vk} = Q_{Vk} i =$		0.90 kN/m
tipo app:	estremità	l_{app}	80 mm	Controfreccia:	$U_0 =$	0 mm
appoggio:	discont.	b_{app}	80 mm	Limiti di freccia:	$U_{2,ist}$	l / 400
		dist. bordo a:	0 mm	$U > 30\%$	NO	$U_{net,fin}$
						l / 300


Sollecitazioni massime		Tensioni			
$V_3 =$	2.00 kN	$\tau_d = 1,5 V_3 / h b_{ef} =$		0.56	N/mm ²
$M_{22} =$	1.10 kN m	$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$		8.25	N/mm ²
$M_{33} =$	0.00 kN m	$\sigma_{m,3,d} = M_{33} / W_{33} =$		0.00	N/mm ²
$N =$	0.00 kN	$\sigma_{c,0,d} = N / A =$		0.00	N/mm ²
$V_2 =$	0.00 kN	$\sigma_{c,90,d} = V_3 / (b l_{app-calcolo}) =$		0.26	N/mm ²
Coefficienti		Resistenze di calcolo			
$k_{mod} =$	0.80	$f_{m,d} = k_n f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M =$	14.36		N/mm ²
$\gamma_M =$	1.45	$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M =$	2.21		N/mm ²
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.55	$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.38		N/mm ²
		$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} / \gamma_M =$	14.48		N/mm ²
$\lambda_{,m} = (l_{3,eff} h)^{0.5} / b =$	6.12	<12 STABILE PER FLESSOTORSIONE			

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

	ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
			Pag.71 di 89
			Revisione 01
			Data Maggio 2023

Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit}		(sbandamento nel piano debole 1-2)
$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.41	snellezza a flessione
$f_{m,k} =$	26.03	resistenza caratteristica a flessione
$\sigma_{m,crit} = 0.78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	153.92 N/mm ²	tensione di flessione critica
$l_{3,eff} =$	2.40 m	lunghezza efficace
$E_{0,05} =$	7400 N/mm ²	modulo elastico parallelo caratteristico
$G_{mean} =$	690 N/mm ²	modulo di taglio medio
$E_{mean} =$	11000 N/mm ²	modulo elastico parallelo medio

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$	
$l_{app-calcolo} =$	96.7 mm
$k_{c,90} =$	1.00
Verifica di resistenza a flessione	
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$	$\eta = 0.57 \leq 1$
$\eta = \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} \leq 1$	$\eta = 0.00 \leq 1$
Verifica di stabilit� (svergolamento)	
$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$	$\eta = 0.57 \leq 1$
Verifica di resistenza a taglio	
$\eta = t_d / f_{v,d} \leq 1$	$\eta = 0.25 \leq 1$
Verifica a compressione all'appoggio	
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$	$\eta = 0.19 \leq 1$
Verifica a pressoflessione	
sez. rettangolare $\rightarrow k_m =$	0.70
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + k_m (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$	$\eta = 0.57 \leq 1$
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$	$\eta = 0.40 \leq 1$

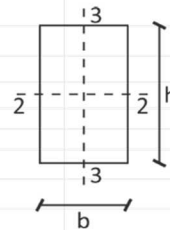
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 =$ 0 mm

Valori di deformata >0 se verso il basso

Componenti della freccia di inflessione:

u_1	freccia dovuta ai carichi permanenti
u_2	freccia dovuta ai carichi variabili
$u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$	freccia netta (finale al netto della controfreccia)
$u_{fin} = u_1 + u_2$	freccia finale (o freccia totale)



$u_{2,ist} \quad l / 400 = 5.50 \text{ mm}$

Limiti: $u_{net,fin} \quad l / 300 = 7.33 \text{ mm}$

$u_{net,fin} \quad l / 300 = 7.33 \text{ mm}$

$l =$ 2.20 m

Parametri:

$G_{mean} =$	690 MPa
$E_{mean} =$	11000 MPa
$q_{G1k} =$	0.10 kN/m
$q_{G2k} =$	0.23 kN/m
$q_{Vk} =$	0.90 kN/m
$P_{G1k} =$	0.00 kN/m
$P_{G2k} =$	0.00 kN/m
$P_{Vk} =$	0.00 kN/m


Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:	
Classe di servizio della struttura:	1
Coefficienti:	$k_{def} = 0.60$
	$\Psi_{2l} = 0.30$

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.72 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023


Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili			
$q = q_{V_k} =$	0.90 kN/m		
$P = P_{V_k} =$	0.00 kN		
$u_{2,ist} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) =$			3.86 mm
$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$			$\eta = 0.70 \leq 1$
Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$			
$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{V_k} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	1.58 kN/m		
$P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{V_k} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	0.00 kN		
$u_{net,fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) - u_0 =$			6.79 mm
$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$			$\eta = 0.93 \leq 1$
Verifica della freccia totale finale u_{fin}			
$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{V_k} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	1.58 kN/m		
$P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{V_k} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	0.00 kN		
$u_{fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) =$			6.79 mm
$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim}$			$\eta = 0.93 \leq 1$

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
		Pag.73 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.8.1.2 - SOLAIO COPERTURA

5.8.1.2.1 - TRAVI PRINCIPALI

Si prevedono travi in legno C24 di dimensioni 20x36cm poste a passo 2,00m. La luce massima della trave risulta pari a 6,00m.

Tipo materiale:	C24		Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).	
Controllo qualità	SI	$\gamma_M = 1.45$		
Sezione			Valori caratteristici di rigidezza	
b =	200	mm	mod. elast. parall. medio	$E_{0,mean}$ 11000 MPa
h =	360	mm	mod. elast. parall. caratt.	$E_{0,05}$ 7400 MPa
l =	6.00	m	mod. elast. ortog. medio	$E_{90,mean}$ 370 MPa
Peso proprio del legno	5.00	kN/m ³	modulo di taglio medio	G_{mean} 690 MPa
Q_{G1k} = (peso pr. trave) =	0.36	kN/m	Valori caratteristici di resistenza	
Carichi agenti per metro quadro			flessione	$f_{m,k}$ 24.00 MPa
i (Interasse) =	2.00	m	traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,k}$ 14.50 MPa
Q_{G1k} = (permanente) =	0.40	kN/m ²	traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,k}$ 0.40 MPa
Q_{G2k} = (perm. non str) =	1.20	kN/m ²	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,k}$ 21.00 MPa
Q_{Vk} = (variabile) =	0.80	kN/m ²	compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,k}$ 2.50 MPa
Carichi puntuali in mezzeria			taglio e torsione	$f_{v,k}$ 4.00 MPa
P_{G1k} = (permanente) =	0.00	kN	Classe di servizio:	1
P_{G1k} = (perm. non str) =	0.00	kN	Carichi accidentali:	Neve (<1000 m)
P_{Vk} = (variabile) =	0.00	kN	$Q_{G1k} = Q_{G1k} + Q_{PPk} =$	1.16 kN/m
Distanza tra ritegni torsionali			$Q_{G2k} = Q_{G2k} i =$	2.40 kN/m
$l_{3,eff} =$	6.72	m	$Q_{Vk} = Q_{Vk} i =$	1.60 kN/m
tipo app:	estremità	l_{app} 80 mm	Controfreccia:	$u_0 =$ 0 mm
appoggio:	discont.	b_{app} 200 mm	Limiti di freccia:	$u_{2,ist}$ 1 / 400
		dist. bordo a: 0 mm	U>30% NO	$u_{net,fin}$ 1 / 300
Resistenza al fuoco:		R60		u_{fin} 1 / 300


Sollecitazioni massime		Tensioni	
$V_3 =$	15.32 kN	$\tau_d = 1,5 V_3 / h b_{ef} =$	0.48 N/mm ²
$M_{22} =$	22.99 kN m	$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	5.32 N/mm ²
$M_{33} =$	0.00 kN m	$\sigma_{m,3,d} = M_{33} / W_{33} =$	0.00 N/mm ²
$N =$	0.00 kN	$\sigma_{c,0,d} = N / A =$	0.00 N/mm ²
$V_2 =$	0.00 kN	$\sigma_{c,90,d} = V_3 / (b l_{app-calcolo}) =$	0.64 N/mm ²
Coefficienti		Resistenze di calcolo	
$k_{mod} =$	0.60	$f_{m,d} = k_{\eta} f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M =$	9.93 N/mm ²
$\gamma_M =$	1.45	$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.66 N/mm ²
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.41	$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.03 N/mm ²
		$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} / \gamma_M =$	14.48 N/mm ²
$\lambda_{m} = (l_{3,eff} h)^{0.5} / b =$	7.78	<12 STABILE PER FLESSOTORSIONE	
Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit}		(sbandamento nel piano debole 1-2)	
$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018	
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.50	snellezza a flessione	
$f_{m,k} =$	24.00	resistenza caratteristica a flessione	
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	95.44 N/mm ²	tensione di flessione critica	
$l_{3,eff} =$	6.72 m	lunghezza efficace	
$E_{0,05} =$	7400 N/mm ²	modulo elastico parallelo caratteristico	
$G_{mean} =$	690 N/mm ²	modulo di taglio medio	
$E_{mean} =$	11000 N/mm ²	modulo elastico parallelo medio	

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

	ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
			Pag.74 di 89
			Revisione 01
			Data Maggio 2023

Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$			
$l_{app-calcolo} =$	120.0 mm	determinato secondo eq. [7.10]	
$k_{c,90} =$	1.00	parametro	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$			$\eta = 0.54 \leq 1$
$\eta = \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} \leq 1$			$\eta = 0.00 \leq 1$
Verifica di stabilità (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.54 \leq 1$
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = t_d / f_{v,d} \leq 1$			$\eta = 0.29 \leq 1$
Verifica a compressione all'appoggio			
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$			$\eta = 0.62 \leq 1$
Verifica a pressoflessione			
sez. rettangolare	$\rightarrow k_m = 0.70$		
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + k_m (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.54 \leq 1$
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$			$\eta = 0.38 \leq 1$

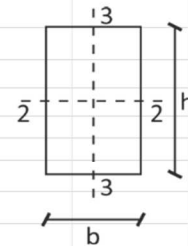
Verifica della freccia di inflessione
--

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata >0 se verso il basso

Componenti della freccia di inflessione:

u_1 freccia dovuta ai carichi permanenti
 u_2 freccia dovuta ai carichi variabili
 $u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$ freccia netta (finale al netto della controfreccia)
 $u_{fin} = u_1 + u_2$ freccia finale (o freccia totale)



$u_{2,ist} \quad l / 400 = 15.00$ mm

Limiti: $u_{net,fin} \quad l / 300 = 20.00$ mm

$u_{net,fin} \quad l / 300 = 20.00$ mm

$l = 6.00$ m

Parametri:

$G_{mean} = 690$ MPa
 $E_{mean} = 11000$ MPa
 $q_{G1k} = 1.16$ kN/m
 $q_{G2k} = 2.40$ kN/m
 $q_{Vk} = 1.60$ kN/m
 $P_{G1k} = 0.00$ kN/m
 $P_{G2k} = 0.00$ kN/m
 $P_{Vk} = 0.00$ kN/m


Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:		
Classe di servizio della struttura:		1
Coefficienti:	$k_{def} =$	0.60
	$\Psi_{2t} =$	0.00

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

	ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
			Pag.75 di 89
			Revisione 01
			Data Maggio 2023

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili			
$q = q_{Vk} =$	1.60 kN/m		
$P = P_{Vk} =$	0.00 kN		
$u_{2,ist} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) =$			3.33 mm
$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim}$			$\eta = 0.22 \leq 1$
Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$			
$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	7.30 kN/m		
$P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	0.00 kN		
$u_{net,fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) - u_0 =$			15.19 mm
$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim}$			$\eta = 0.76 \leq 1$
Verifica della freccia totale finale u_{fin}			
$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	7.30 kN/m		
$P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) =$	0.00 kN		
$u_{fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) =$			15.19 mm
$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim}$			$\eta = 0.76 \leq 1$


Verifiche in condizione di incendio		Normativa: NTC 17/01/2018 + DT206:2018	
Sezione integra			
$b =$	200 mm	Resistenza al fuoco richiesta:	R60
$h =$	360 mm		
Metodo della sezione efficace		LEGNO MASSICCIO C24	
$b_n =$	0.80 mm/min	Valori di calcolo dei moduli di elasticità	
$t_{fi,req} =$	60.0 min	mod. elast. parall.	$E_{0,fi,d} = 9250$ MPa
$d_{char} = \beta_n t_{fi,req} =$	48.0 mm	mod. elast. ortog.	$E_{90,fi,d} = 463$ MPa
$k_0 =$	1.00	modulo di taglio	$G_{fi,d} = 863$ MPa
$d_0 =$	7.0 mm	Valori di calcolo di resistenza	
$d_{ef} = d_{char} + k_0 d_0 =$	55.0 mm	flessione	$f_{m,fi,d} = 30.00$ MPa
N.° superfici esposte al fuoco		traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,fi,d} = 18.13$ MPa
lateralmente:	2	traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,fi,d} = 0.50$ MPa
riduzione di b:	$2 d_{ef}$	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,fi,d} = 26.25$ MPa
inferiormente e superiormente:	1	compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,fi,d} = 3.13$ MPa
riduzione di h:	$1 d_{ef}$	taglio	$f_{v,fi,d} = 5.00$ MPa
Sezione efficace		Coefficienti di calcolo utilizzati:	
$b_{ef} =$	90.0 mm	$k_{mod,fi} = 1.00$	$k_{mod,fi} k_{fi} / \gamma_{M,fi} = 1.25$
$h_{ef} =$	305.0 mm	$k_{fi} = 1.25$	
$b_{ef,t} =$	60.3 mm	$\gamma_{M,fi} = 1.00$	

GPA srl

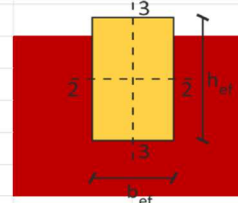
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com


Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.76 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

$A = b_{ef} h_{ef} =$		27450 mm ²			
$J_{22} = b_{ef} h_{ef}^3 / 12 =$		212794688 mm ⁴			
$W_{22} = b_{ef} h_{ef}^2 / 6 =$		1395375 mm ³			
Combinazione di carico	$\Psi_{2,i} =$	0.00			
$F_d = 1,0 G_{1k} + 1,0 G_{2k} + \Psi_{2,1} Q_{var,k}$	$\rightarrow q_d =$	3.56 kN/m			
	$\rightarrow P_d =$	0.00 kN			
Sollecitazioni massime					
$l =$		6.00 m			
$V_3 =$		10.68 kN			
$M_{22} =$		16.02 kNm			
Tensioni di progetto					
$\tau_d = 1,5 V_3 / h_{ef} b_{ef} =$		0.87 Mpa			
$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$		11.48 Mpa			
Lunghezza efficace (per sbandamento nel piano debole 1-2)			$l_{3,eff} =$	6.72 m	
Calcolo dei coefficienti di sbandamento laterale k_{crit} (sbandamento nel piano debole 1-2) e di $k_{c,90}$					
$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$) =		0.87		secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018	
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0,5} =$		0.92		snellezza a flessione	
$f_{m,k} =$		24.00 Mpa		resistenza caratteristica a flessione	
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$		28.51 Mpa		tensione di flessione critica	
$l_{3,eff} =$		6.72 m		lunghezza efficace	
$E_{0,fi,d} =$		9250 Mpa		modulo elastico parallelo caratteristico	
Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$					
$l_{app-calcolo} =$		120 mm		determinato secondo eq. [7.10]	
$k_{c,90} =$		1.00		parametro	
Verifica di resistenza a flessione					
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,fi,d} \leq 1$				$\eta = 0.38$	≤ 1
Verifica di stabilità (svergolamento)					
$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,fi,d}) \leq 1$				$\eta = 0.44$	≤ 1
Verifica di resistenza a taglio					
$\eta = t_d / f_{v,fi,d} \leq 1$				$\eta = 0.17$	≤ 1
Verifica a compressione all'appoggio					
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$				$\eta = 0.32$	≤ 1



 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.77 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.8.1.2.2 - TRAVETTI SECONDARI

Si prevedono travetti in legno C24 di dimensioni 8x8cm posti a passo 0,30m. La luce massima della trave risulta pari a 2,00m.


Tipo materiale:		C24		Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).			
Controllo qualità	SI	$\gamma_M = 1.45$					
Sezione				Valori caratteristici di rigidezza			
b =		80	mm	mod. elast. parall. medio	$E_{0,mean}$		11000 MPa
h =		80	mm	mod. elast. parall. caratt.	$E_{0,05}$		7400 MPa
l =		2.20	m	mod. elast. ortog. medio	$E_{90,mean}$		370 MPa
Peso proprio del legno		5.00	kN/m ³	modulo di taglio medio	G_{mean}		690 MPa
q_{G1k} = (peso pr. trave) =		0.03	kN/m	Valori caratteristici di resistenza			
Carichi agenti per metro quadro				flessione	$f_{m,k}$		24.00 MPa
i (Interasse) =		0.30	m	traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,k}$		14.50 MPa
q_{G1k} = (permanente) =		0.20	kN/m ²	traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,k}$		0.40 MPa
q_{G2k} = (perm. non str) =		1.20	kN/m ²	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,k}$		21.00 MPa
q_{Vk} = (variabile) =		0.80	kN/m ²	compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,k}$		2.50 MPa
Carichi puntuali in mezzeria				taglio e torsione	$f_{v,k}$		4.00 MPa
P_{Gk} = (permanente) =		0.00	kN	Classe di servizio:		1	
P_{Gk} = (perm. non str) =		0.00	kN	Carichi accidentali:		Neve (<1000 m)	
P_{Vk} = (variabile) =		0.00	kN	$q_{G1k} = q_{G1k} i + q_{PPk} =$			0.09 kN/m
Distanza tra ritegni torsionali				$q_{G2k} = q_{G2k} i =$			0.36 kN/m
$l_{3,eff}$ =	2.36	m		$q_{Vk} = q_{Vk} i =$			0.24 kN/m
tipo app:	estremità	l_{app}	80 mm	Controfreccia:	$u_0 =$	0 mm	
appoggio:	discont.	b_{app}	80 mm	Limiti di freccia:	$u_{2,ist}$	l / 300	
		dist. bordo a:	0 mm	U>30% NO	$u_{net,fin}$	l / 250	

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

	ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
			Pag.78 di 89
			Revisione 01
			Data Maggio 2023


Sollecitazioni massime		Tensioni					
$V_3 =$	1.12 kN	$\tau_d = 1,5 V_3 / h b_{ef} =$		0.39	N/mm ²		
$M_{22} =$	0.62 kN m	$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$		7.23	N/mm ²		
$M_{33} =$	0.00 kN m	$\sigma_{m,3,d} = M_{33} / W_{33} =$		0.00	N/mm ²		
$N =$	0.00 kN	$\sigma_{c,0,d} = N / A =$		0.00	N/mm ²		
$V_2 =$	0.00 kN	$\sigma_{c,90,d} = V_3 / (b l_{app-calcolo}) =$		0.15	N/mm ²		
Coefficienti		Resistenze di calcolo					
$k_{mod} =$	0.90	$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M =$	16.89		N/mm ²		
$\gamma_M =$	1.45	$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M =$	2.48		N/mm ²		
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.62	$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.55		N/mm ²		
		$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} / \gamma_M =$	14.48		N/mm ²		
$\lambda_{rel,m} = (l_{3,eff} h)^{0.5} / b =$	5.43	<12 STABILE PER FLESSOTORSIONE					
Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit}				(sbandamento nel piano debole 1-2)			
$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00			secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018			
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.37			snellezza a flessione			
$f_{m,k} =$	27.22			resistenza caratteristica a flessione			
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	195.66 N/mm ²			tensione di flessione critica			
$l_{3,eff} =$	2.36 m			lunghezza efficace			
$E_{0,05} =$	7400 N/mm ²			modulo elastico parallelo caratteristico			
$G_{mean} =$	690 N/mm ²			modulo di taglio medio			
$E_{mean} =$	11000 N/mm ²			modulo elastico parallelo medio			
Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$							
$l_{app-calcolo} =$	93.3 mm			determinato secondo eq. [7.10]			
$k_{c,90} =$	1.00			parametro			
Verifica di resistenza a flessione							
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$				$\eta = 0.43$	≤ 1		
$\eta = \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} \leq 1$				$\eta = 0.00$	≤ 1		
Verifica di stabilità (svergolamento)							
$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$				$\eta = 0.43$	≤ 1		
Verifica di resistenza a taglio							
$\eta = t_d / f_{v,d} \leq 1$				$\eta = 0.16$	≤ 1		
Verifica a compressione all'appoggio							
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$				$\eta = 0.10$	≤ 1		
Verifica a pressoflessione							
sez. rettangolare	$\rightarrow k_m = 0.70$						
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + k_m (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$				$\eta = 0.43$	≤ 1		
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$				$\eta = 0.30$	≤ 1		

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.79 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

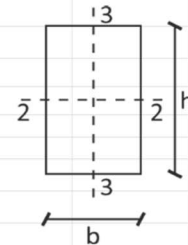
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata >0 se verso il basso

Componenti della freccia di inflessione:

u_1 freccia dovuta ai carichi permanenti
 u_2 freccia dovuta ai carichi variabili
 $u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$ freccia netta (finale al netto della controfreccia)
 $u_{fin} = u_1 + u_2$ freccia finale (o freccia totale)



Limiti:	$u_{2,ist}$	$l / 300$	=	7.33 mm
	$u_{net,fin}$	$l / 250$	=	8.80 mm
	$u_{net,fin}$	$l / 250$	=	8.80 mm
$l =$		2.20 m		

Parametri:

$G_{mean} =$	690 MPa
$E_{mean} =$	11000 MPa
$q_{G1k} =$	0.09 kN/m
$q_{G2k} =$	0.36 kN/m
$q_{Vk} =$	0.24 kN/m
$P_{G1k} =$	0.00 kN/m
$P_{G2k} =$	0.00 kN/m
$P_{Vk} =$	0.00 kN/m

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:		
Classe di servizio della struttura:		1
Coefficienti:	$k_{def} =$	0.60
	$\Psi_{2i} =$	0.00

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 0.24$ kN/m
 $P = P_{Vk} = 0.00$ kN

$u_{2,ist} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) = 1.99$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} \quad \eta = 0.27 \leq 1$

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 0.96$ kN/m
 $P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 0.00$ kN

$u_{net,fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) - u_0 = 7.98$ mm


$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} \quad \eta = 0.91 \leq 1$

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 0.96$ kN/m
 $P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 0.00$ kN

$u_{fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) = 7.98$ mm

$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} \quad \eta = 0.91 \leq 1$

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO		MOD21
			Pag.80 di 89
			Revisione 01
			Data Maggio 2023

5.8.1.3 - SOLAIO COPERTURA LOGGIA

5.8.1.3.1 - TRAVI PRINCIPALI

Si prevedono travi in legno C24 di dimensioni 20x36cm poste a passo 2.0m. La luce massima della trave risulta pari a 4,75m.


Tipo materiale:		C24		Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).		
Controllo qualità	SI	$\gamma_M = 1.45$				
Sezione				Valori caratteristici di rigidezza		
b =		200	mm	mod. elast. parall. medio	$E_{0,mean}$	11000 MPa
h =		360	mm	mod. elast. parall. caratt.	$E_{0,05}$	7400 MPa
l =		4.75	m	mod. elast. ortog. medio	$E_{90,mean}$	370 MPa
Peso proprio del legno		5.00	kN/m ³	modulo di taglio medio	G_{mean}	690 MPa
Q_{G1k} = (peso pr. trave) =		0.36	kN/m	Valori caratteristici di resistenza		
Carichi agenti per metro quadro				flessione	$f_{m,k}$	24.00 MPa
i (Interasse) =		2.00	m	traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,k}$	14.50 MPa
Q_{G1k} = (permanente) =		2.00	kN/m ²	traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,k}$	0.40 MPa
Q_{G2k} = (perm. non str) =		0.60	kN/m ²	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,k}$	21.00 MPa
Q_{Vk} = (variabile) =		0.80	kN/m ²	compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,k}$	2.50 MPa
Carichi puntuali in mezzeria				taglio e torsione	$f_{v,k}$	4.00 MPa
P_{Gk} = (permanente) =		0.00	kN	Classe di servizio:	3	
P_{Gk} = (perm. non str) =		0.00	kN	Carichi accidentali:	Neve (<1000 m)	
P_{Vk} = (variabile) =		0.00	kN	$Q_{G1k} = Q_{G1k} + Q_{PPk} =$		4.36 kN/m
Distanza tra ritegni torsionali				$Q_{G2k} = Q_{G2k} i =$		1.20 kN/m
$l_{3,eff} =$	5.47	m		$Q_{Vk} = Q_{Vk} i =$		1.60 kN/m
tipo app:	estremità	l_{app}	200 mm	Controfreccia:	$u_0 =$	0 mm
appoggio:	discont.	b_{app}	80 mm	Limiti di freccia:	$u_{2,ist}$	l / 400
		dist. bordo a:	0 mm	U>30% NO	$u_{net,fin}$	l / 300

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

	ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSE	MOD21
			Pag.81 di 89
			Revisione 01
			Data Maggio 2023


Sollecitazioni massime		Tensioni	
$V_3 =$	17.74 kN	$\tau_d = 1,5 V_3 / h b_{ef} =$	0.55 N/mm ²
$M_{22} =$	21.06 kN m	$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$	4.88 N/mm ²
$M_{33} =$	0.00 kN m	$\sigma_{m,3,d} = M_{33} / W_{33} =$	0.00 N/mm ²
$N =$	0.00 kN	$\sigma_{c,0,d} = N / A =$	0.00 N/mm ²
$V_2 =$	0.00 kN	$\sigma_{c,90,d} = V_3 / (b l_{app-calcolo}) =$	0.85 N/mm ²
Coefficienti		Resistenze di calcolo	
$k_{mod} =$	0.50	$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M =$	8.28 N/mm ²
$\gamma_M =$	1.45	$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.38 N/mm ²
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.34	$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M =$	0.86 N/mm ²
		$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} / \gamma_M =$	14.48 N/mm ²
$\lambda_{rel,m} = (l_{3,eff} h)^{0.5} / b =$	7.02	<12 STABILE PER FLESSOTORSIONE	
Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit}		(sbandamento nel piano debole 1-2)	
$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00	secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018	
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.45	snellezza a flessione	
$f_{m,k} =$	24.00	resistenza caratteristica a flessione	
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	117.25 N/mm ²	tensione di flessione critica	
$l_{3,eff} =$	5.47 m	lunghezza efficace	
$E_{0,05} =$	7400 N/mm ²	modulo elastico parallelo caratteristico	
$G_{mean} =$	690 N/mm ²	modulo di taglio medio	
$E_{mean} =$	11000 N/mm ²	modulo elastico parallelo medio	
Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$			
$l_{app-calcolo} =$	260.0 mm	determinato secondo eq. [7.10]	
$k_{c,90} =$	1.00	parametro	
Verifica di resistenza a flessione			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$		$\eta = 0.59$	≤ 1
$\eta = \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} \leq 1$		$\eta = 0.00$	≤ 1
Verifica di stabilità (svergolamento)			
$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$		$\eta = 0.59$	≤ 1
Verifica di resistenza a taglio			
$\eta = t_d / f_{v,d} \leq 1$		$\eta = 0.40$	≤ 1
Verifica a compressione all'appoggio			
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$		$\eta = 0.99$	≤ 1
Verifica a pressoflessione			
sez. rettangolare	$\rightarrow k_m = 0.70$		
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + k_m (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$		$\eta = 0.59$	≤ 1
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$		$\eta = 0.41$	≤ 1

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.82 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

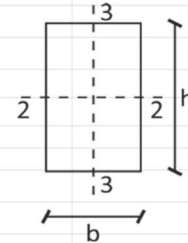
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata >0 se verso il basso

Componenti della freccia di inflessione:

u_1 freccia dovuta ai carichi permanenti
 u_2 freccia dovuta ai carichi variabili
 $u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$ freccia netta (finale al netto della controfreccia)
 $u_{fin} = u_1 + u_2$ freccia finale (o freccia totale)



	$u_{2,ist}$	$l / 400$	=	11.88 mm
Limiti:	$u_{net,fin}$	$l / 300$	=	15.83 mm
	$u_{net,fin}$	$l / 300$	=	15.83 mm
$l =$		4.75 m		

Parametri:

$G_{mean} = 690$ MPa
 $E_{mean} = 11000$ MPa
 $q_{G1k} = 4.36$ kN/m
 $q_{G2k} = 1.20$ kN/m
 $q_{Vk} = 1.60$ kN/m
 $P_{G1k} = 0.00$ kN/m
 $P_{G2k} = 0.00$ kN/m
 $P_{Vk} = 0.00$ kN/m

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:	
Classe di servizio della struttura:	3
Coefficienti:	$k_{def} = 2.00$
	$\Psi_{2i} = 0.00$

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 1.60$ kN/m
 $P = P_{Vk} = 0.00$ kN

$$u_{2,ist} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) = 1.35 \text{ mm}$$

$$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} \quad \eta = 0.11 \leq 1$$

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 18.28$ kN/m
 $P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 0.00$ kN

$$u_{net,fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) - u_0 = 15.41 \text{ mm}$$


$$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} \quad \eta = 0.97 \leq 1$$

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 18.28$ kN/m
 $P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 0.00$ kN

$$u_{fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) = 15.41 \text{ mm}$$

$$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} \quad \eta = 0.97 \leq 1$$

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.83 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.8.1.3.2 - TRAVETTI SECONDARI

Si prevedono travetti in legno C24 di dimensioni 8x8cm posti a passo 0,30m. La luce massima della trave risulta pari a 2,00m.


Tipo materiale:		C24		Proprietà del legno secondo la normativa europea UNI EN 14080 (lamellare), EN338 (massiccio), UNI EN 300 (OSB).		
Controllo qualità	SI	$\gamma_M = 1.45$				
Sezione				Valori caratteristici di rigidezza		
b =		100	mm	mod. elast. parall. medio	$E_{0,mean}$	11000 MPa
h =		100	mm	mod. elast. parall. caratt.	$E_{0,05}$	7400 MPa
l =		2.00	m	mod. elast. ortog. medio	$E_{90,mean}$	370 MPa
Peso proprio del legno		5.00	kN/m ³	modulo di taglio medio	G_{mean}	690 MPa
q_{G1k} = (peso pr. trave) =		0.05	kN/m	Valori caratteristici di resistenza		
Carichi agenti per metro quadro				flessione	$f_{m,k}$	24.00 MPa
i (Interasse) =		0.30	m	traz. parallela alle fibre	$f_{t,0,k}$	14.50 MPa
q_{G1k} = (permanente) =		1.80	kN/m ²	traz. ortog. alle fibre	$f_{t,90,k}$	0.40 MPa
q_{G2k} = (perm. non str) =		0.60	kN/m ²	compr. parallela alle fibre	$f_{c,0,k}$	21.00 MPa
q_{Vk} = (variabile) =		0.80	kN/m ²	compr. ortog. alle fibre	$f_{c,90,k}$	2.50 MPa
Carichi puntuali in mezzeria				taglio e torsione	$f_{v,k}$	4.00 MPa
P_{Gk} = (permanente) =		0.00	kN	Classe di servizio:	3	
P_{Gk} = (perm. non str) =		0.00	kN	Carichi accidentali:	Neve (<1000 m)	
P_{Vk} = (variabile) =		0.00	kN	$q_{G1k} = q_{G1k} i + q_{PPk} =$		0.59 kN/m
Distanza tra ritegni torsionali				$q_{G2k} = q_{G2k} i =$		0.18 kN/m
$l_{3,eff}$ =	2.20	m		$q_{Vk} = q_{Vk} i =$		0.24 kN/m
tipo app:	estremità	l_{app}	80 mm	Controfreccia:	$u_0 =$	0 mm
appoggio:	discont.	b_{app}	80 mm	Limiti di freccia:	$u_{2,ist}$	l / 300
		dist. bordo a:	0 mm	$U > 30\%$	NO	$u_{net,fin}$
						l / 250

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

	ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
			Pag.84 di 89
			Revisione 01
			Data Maggio 2023


Sollecitazioni massime		Tensioni					
$V_3 =$	1.04 kN	$\tau_d = 1,5 V_3 / h b_{ef} =$		0.23	N/mm ²		
$M_{22} =$	0.52 kN m	$\sigma_{m,2,d} = M_{22} / W_{22} =$		3.11	N/mm ²		
$M_{33} =$	0.00 kN m	$\sigma_{m,3,d} = M_{33} / W_{33} =$		0.00	N/mm ²		
$N =$	0.00 kN	$\sigma_{c,0,d} = N / A =$		0.00	N/mm ²		
$V_2 =$	0.00 kN	$\sigma_{c,90,d} = V_3 / (b l_{app-calcolo}) =$		0.13	N/mm ²		
Coefficienti		Resistenze di calcolo					
$k_{mod} =$	0.50	$f_{m,d} = k_h f_{m,k} k_{mod} / \gamma_M =$	8.97		N/mm ²		
$\gamma_M =$	1.45	$f_{v,d} = f_{v,k} k_{mod} / \gamma_M =$	1.38		N/mm ²		
$k_{mod} / \gamma_M =$	0.34	$f_{c,90,d} = f_{c,90,k} k_{mod} / \gamma_M =$	0.86		N/mm ²		
		$f_{c,0,d} = f_{c,0,k} / \gamma_M =$	14.48		N/mm ²		
$\lambda_{rel,m} = (l_{3,eff} h)^{0.5} / b =$	4.69	<12 STABILE PER FLESSOTORSIONE					
Calcolo del coefficiente di sbandamento laterale k_{crit}				(sbandamento nel piano debole 1-2)			
$k_{crit} =$ (formule in funzione di $\lambda_{rel,m}$)	1.00			secondo (4.4.12) di NTC 17/01/2018			
$\lambda_{rel,m} = (f_{m,k} / \sigma_{m,crit})^{0.5} =$	0.31			snellezza a flessione			
$f_{m,k} =$	26.03			resistenza caratteristica a flessione			
$\sigma_{m,crit} = 0,78 b^2 / (l_{3,eff} h) E_{0,05} =$	262.36 N/mm ²			tensione di flessione critica			
$l_{3,eff} =$	2.20 m			lunghezza efficace			
$E_{0,05} =$	7400 N/mm ²			modulo elastico parallelo caratteristico			
$G_{mean} =$	690 N/mm ²			modulo di taglio medio			
$E_{mean} =$	11000 N/mm ²			modulo elastico parallelo medio			
Calcolo del coefficiente di compressione ortogonale $k_{c,90}$							
$l_{app-calcolo} =$	96.7 mm			determinato secondo eq. [7.10]			
$k_{c,90} =$	1.00			parametro			
Verifica di resistenza a flessione							
$\eta = \sigma_{m,2,d} / f_{m,d} \leq 1$				$\eta = 0.35$	≤ 1		
$\eta = \sigma_{m,3,d} / f_{m,d} \leq 1$				$\eta = 0.00$	≤ 1		
Verifica di stabilità (svergolamento)							
$\eta = \sigma_{m,2,d} / (k_{crit} \cdot f_{m,d}) \leq 1$				$\eta = 0.35$	≤ 1		
Verifica di resistenza a taglio							
$\eta = t_d / f_{v,d} \leq 1$				$\eta = 0.17$	≤ 1		
Verifica a compressione all'appoggio							
$\eta = \sigma_{c,90,d} / (k_{c,90,d} f_{c,90,d}) \leq 1$				$\eta = 0.16$	≤ 1		
Verifica a pressoflessione							
sez. rettangolare	$\rightarrow k_m = 0.70$						
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + k_m (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$				$\eta = 0.35$	≤ 1		
$\eta = (\sigma_{c,0,d} / f_{c,0,d})^2 + k_m (\sigma_{m,2,d} / f_{m,d}) + (\sigma_{m,1,d} / f_{m,d}) \leq 1$				$\eta = 0.24$	≤ 1		

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.85 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

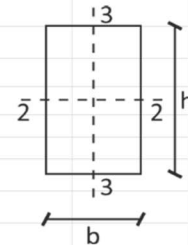
Verifica della freccia di inflessione

Controfreccia: $u_0 = 0$ mm

Valori di deformata >0 se verso il basso

Componenti della freccia di inflessione:

u_1 freccia dovuta ai carichi permanenti
 u_2 freccia dovuta ai carichi variabili
 $u_{net} = u_1 + u_2 - u_0$ freccia netta (finale al netto della controfreccia)
 $u_{fin} = u_1 + u_2$ freccia finale (o freccia totale)



Limiti:	$u_{2,ist}$	$l / 300$	=	6.67 mm
	$u_{net,fin}$	$l / 250$	=	8.00 mm
	$u_{net,fin}$	$l / 250$	=	8.00 mm

$l = 2.00$ m

Parametri:

$G_{mean} = 690$ MPa
 $E_{mean} = 11000$ MPa
 $q_{G1k} = 0.59$ kN/m
 $q_{G2k} = 0.18$ kN/m
 $q_{Vk} = 0.24$ kN/m
 $P_{G1k} = 0.00$ kN/m
 $P_{G2k} = 0.00$ kN/m
 $P_{Vk} = 0.00$ kN/m

Valori di k_{def} secondo la tabella 4.4.V di NTC 17/01/2018:	
Classe di servizio della struttura:	3
Coefficienti:	$k_{def} = 2.00$
	$\Psi_{2i} = 0.00$

Verifica della freccia istantanea $u_{2,ist}$ per i soli carichi variabili

$q = q_{Vk} = 0.24$ kN/m
 $P = P_{Vk} = 0.00$ kN

$u_{2,ist} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) = 0.57$ mm

$\eta = u_{2,ist} / u_{2,ist,lim} \quad \eta = 0.08 \leq 1$

Verifica della freccia netta finale $u_{net,fin}$

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 2.55$ kN/m
 $P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 0.00$ kN

$u_{net,fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) - u_0 = 6.02$ mm

$\eta = u_{net,fin} / u_{net,fin,lim} \quad \eta = 0.75 \leq 1$

Verifica della freccia totale finale u_{fin}

$q = (q_{G1k} + q_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + q_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 2.55$ kN/m
 $P = (P_{G1k} + P_{G2k}) \cdot (1 + k_{def}) + P_{Vk} \cdot (1 + \Psi_{2i} \cdot k_{def}) = 0.00$ kN

$u_{fin} = 5q l^4 / (384 E_{0,mean} J_{22}) + 1,2 q l^2 / (8 G_{mean} A) + P l^3 / (48 E_{0,mean} J_{22}) = 6.02$ mm


$\eta = u_{fin} / u_{fin,lim} \quad \eta = 0.75 \leq 1$

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.86 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

5.8.2 - VERIFICHE DELLE MURATURE

5.8.2.1 - RINFORZI SULLE MURATURE PREVISTI DA PROGETTO

Gli interventi di rinforzo previsti sulle murature sono finalizzati al raggiungimento dei seguenti obiettivi:

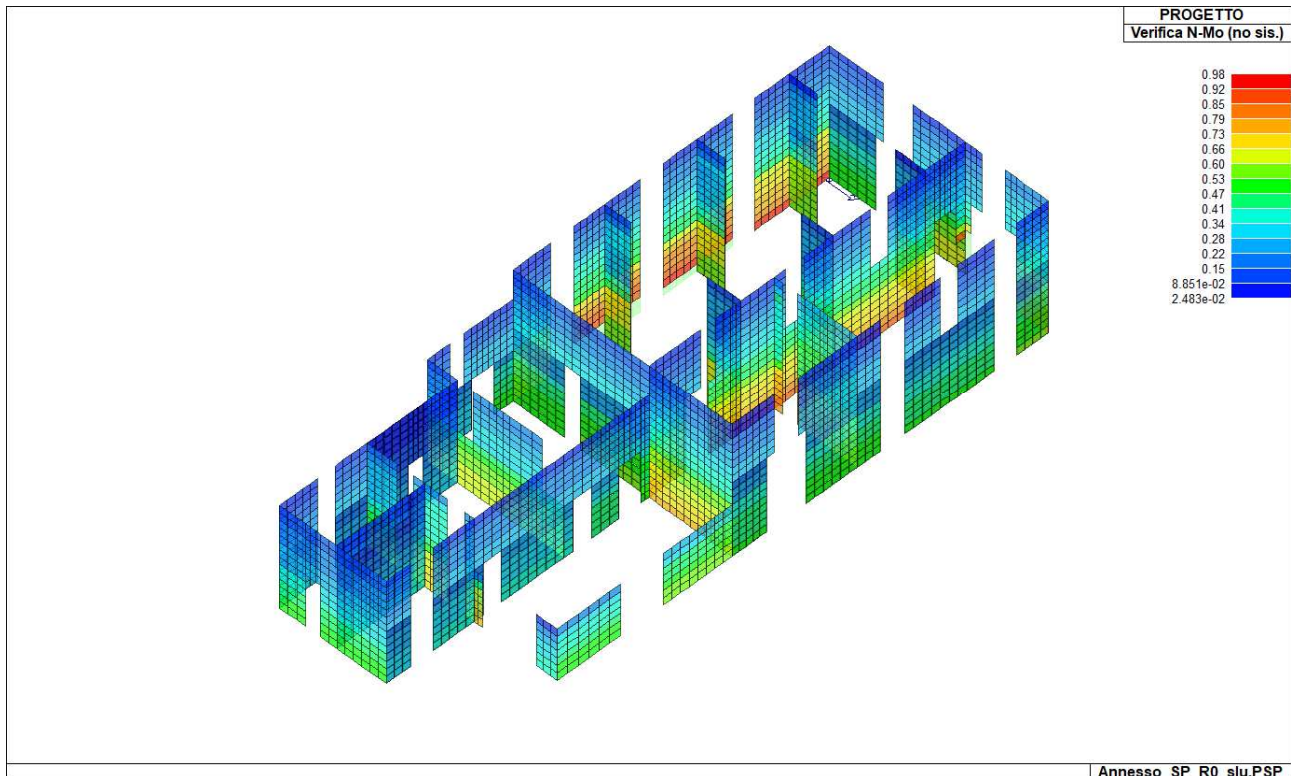
- Soddisfare tutte le verifiche statiche previste dalle vigenti normative allo SLU
- Ottenere un miglioramento sismico del fabbricato

La disposizione in pianta dei rinforzi da effettuare è riportata negli elaborati grafici di progetto.

5.8.2.2 - VERIFICA DELLE MURATURE PER CARICHI VERTICALI

Si riportano le verifiche delle murature per carichi verticali allo SLU considerando i rinforzi previsti da progetto.

Verifica a presso flessione fuori piano (§4.5.6.2 NTC-18)




GPA srl

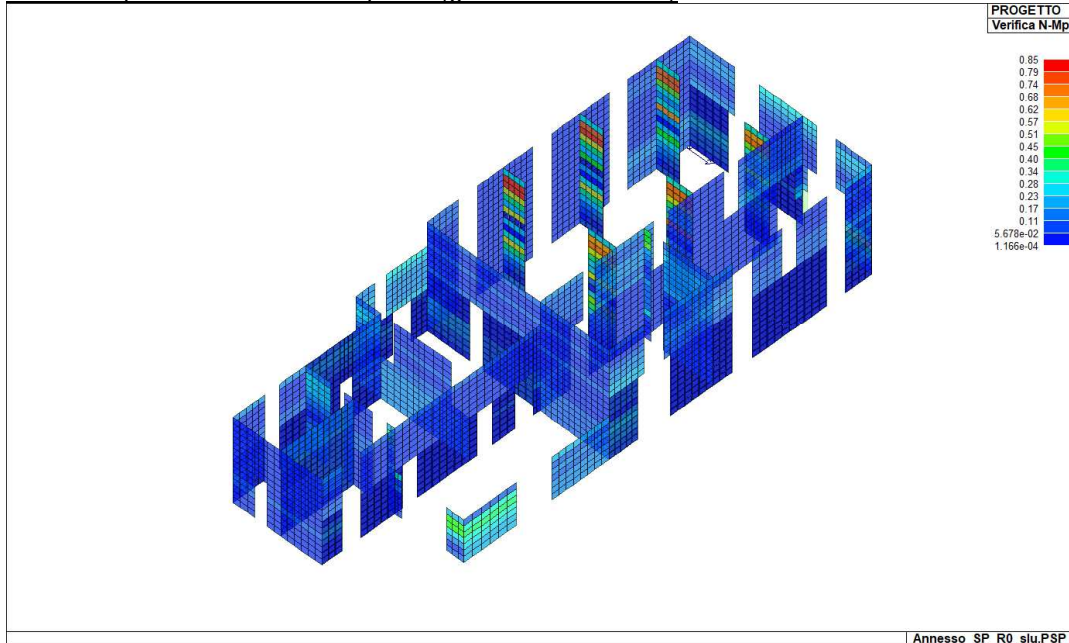
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

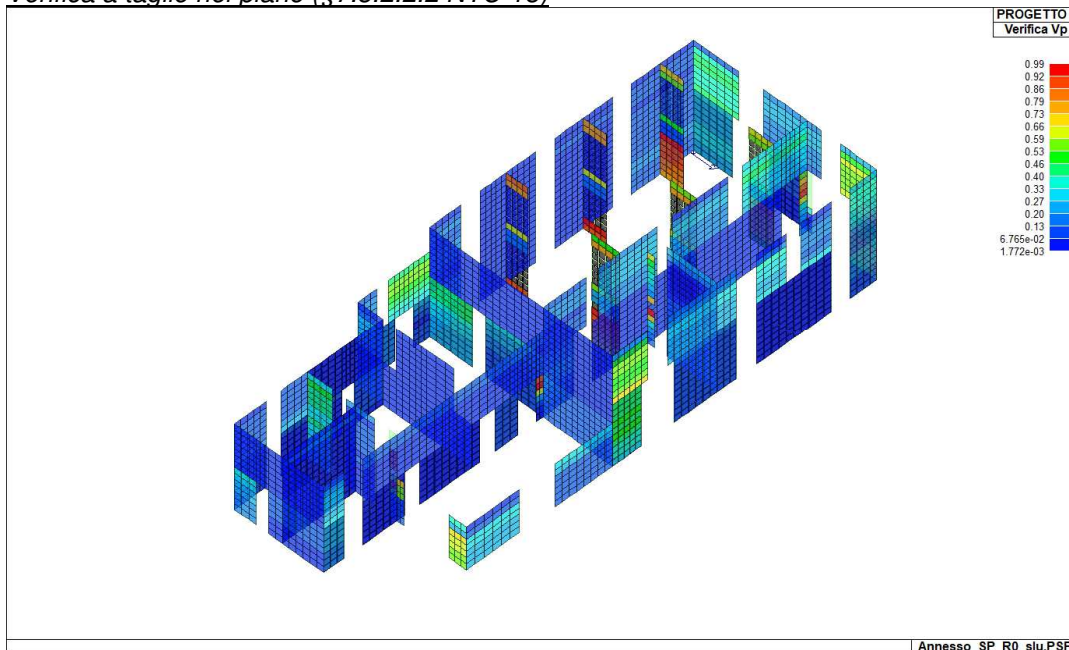
www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.87 di 89
		Revisione 01
		Data Maggio 2023

Verifica a presso flessione nel piano (§7.8.2.2.1 NTC-18)



Verifica a taglio nel piano (§7.8.2.2.2 NTC-18)




Come si può osservare dalle immagini sopra riportate tutte le verifiche risultano soddisfatte.

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.88 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

5.9. - STATO DI PROGETTO – VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA PER CARICHI SISMICI

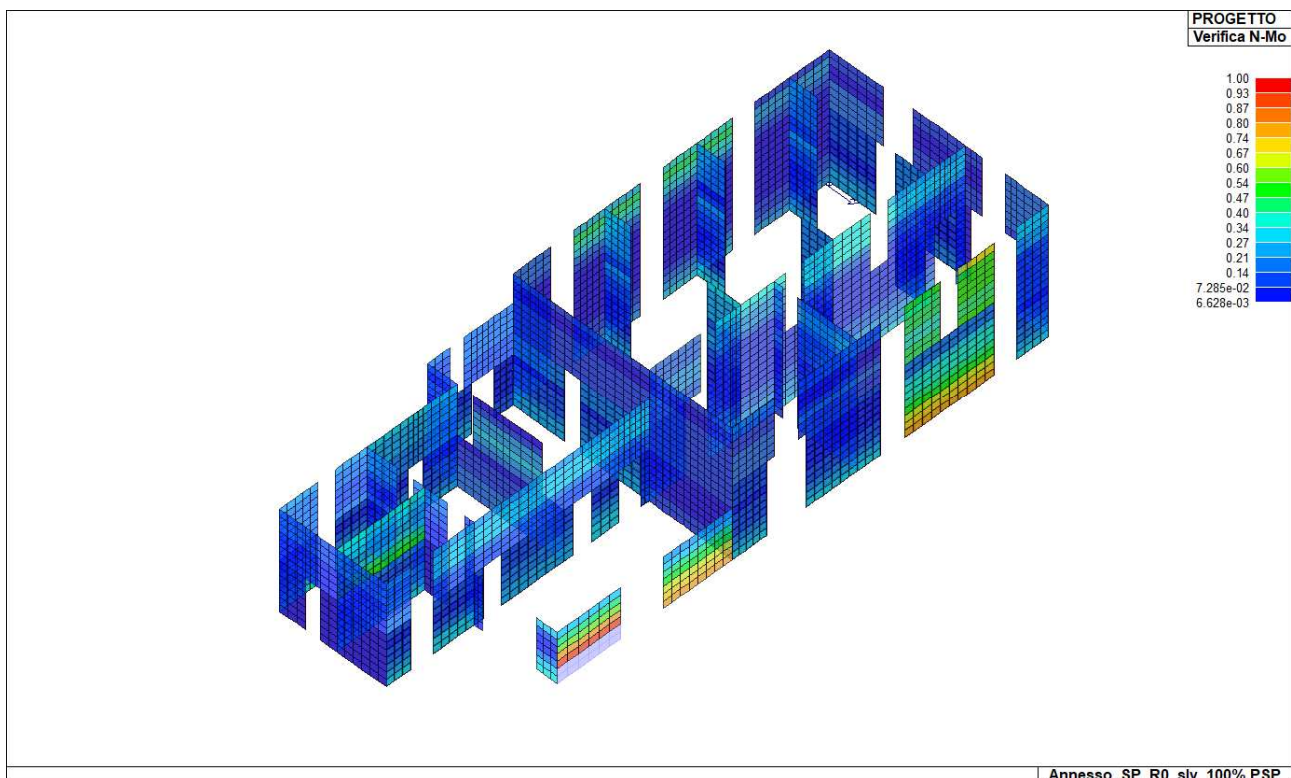
5.9.1 - DETERMINAZIONE INDICE VULNERABILITÀ SISMICA POST-INTERVENTO

Allo stesso modo di come fatto per lo stato di fatto, si determina l'indice di vulnerabilità sismica allo stato di progetto scalando l'azione sismica di progetto fino a che tutte le verifiche previste da normativa non risultano soddisfatte.

Nel caso specifico si arriva alla verifica di tutte le verifiche allo SLV quando l'azione sismica vale il 40% dell'azione sismica prevista da normativa per edificio di nuova costruzione.

Di seguito si riportano le verifiche allo SLV con l'azione sismica ridotta al 40%. Come si può osservare tutte le verifiche risultano soddisfatte.

Verifica a presso flessione fuori piano (§7.8.2.2.3 NTC-18)




GPA srl

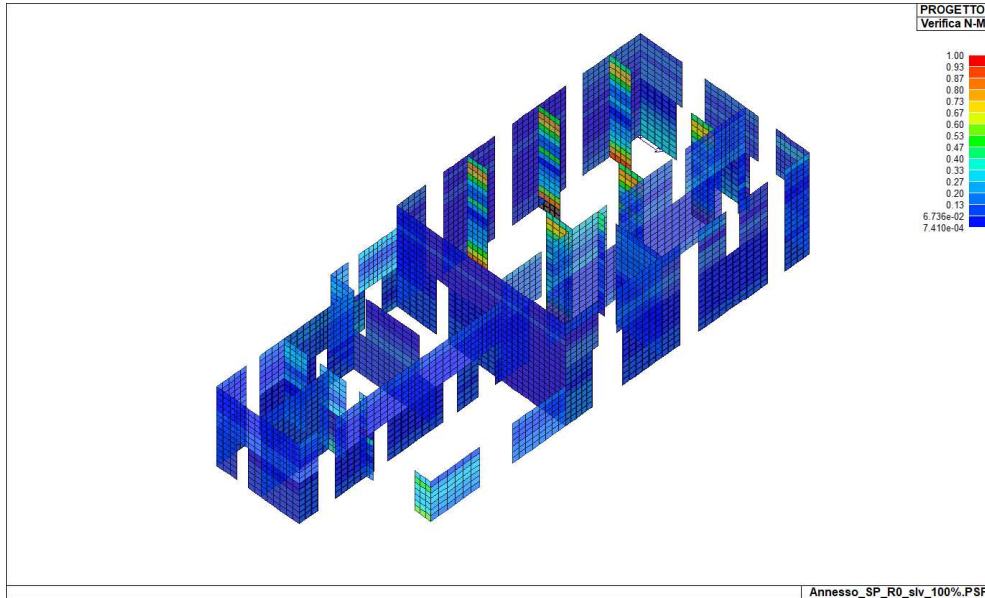
Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

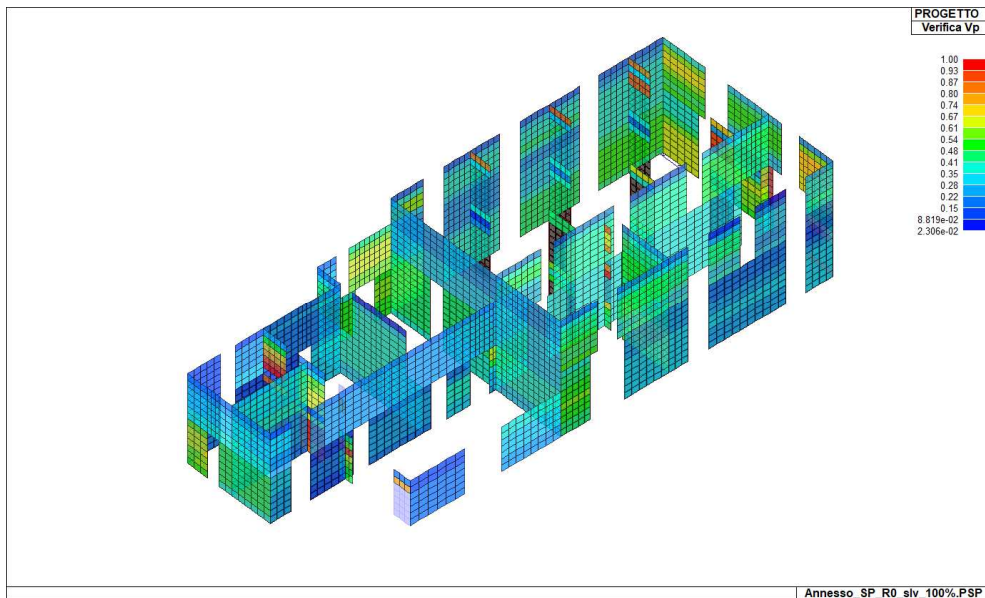
www.gpapartners.com

 GPA ARCHITECTURE ENGINEERING PROJECT MANAGEMENT CONSULTING PARTNERS	RELAZIONE TECNICA STRUTTURE VILLA RUCELLAI SETTECENTESCA e ANNESSO	MOD21
		Pag.89 di 89
		Revisione 01 Data Maggio 2023

Verifica a presso flessione nel piano (§7.8.2.2.1 NTC-18)



Verifica a taglio nel piano (§7.8.2.2.2 NTC-18)



Come si può notare le verifiche risultano soddisfatte con i carichi sismici ridotti al 40%.

L'indice di vulnerabilità sismica allo stato di fatto risulta pertanto **$I_s = 0.40$**

GPA srl

Sede Legale e Amministrativa: Via G. da S. Giovanni, 87-52027 S. Giovanni V.no (AR) - T. 055.9139124 – F. 055.9110878 pec info@pec.gpapartners.com

Sede Operativa: Via Leone X, 3 - 50129 Firenze - T. 055.468291 - F. 055.46829215 e-mail info@gpapartners.com

www.gpapartners.com