



# Comune di TERNI

## Direzione Lavori Pubblici - Manutenzioni



# FUTURA

# LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI



Finanziato  
dall'Unione europea  
NextGenerationEU



Ministero dell'Istruzione  
e del Merito



Italiadomani  
PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA

### PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA



Missione 4 - Istruzione e Ricerca - Componente 1 - Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 3.3 "Piano messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole",  
**"ADEGUAMENTO SISMICO ED EFFICIENTAMENTO ENERGETICO SCUOLA ELEMENTARE CAMPITELLO,**  
Via del Rivo, 241" Finanziato dall'Unione europea - Next Generation EU.

CUP F41B22000490001

## PROGETTO ESECUTIVO

N. Revisione	Data	Contenuto della revisione	Redatto	Revisionato	Approvato
A.1.0	Aprile 2023	PRIMA EMISSIONE	Daniele Baffo	Daniele Baffo	Alvaro Baffo
Tav: <b>B.STR.3</b>		Nome del Documento: Relazione calcolo delle strutture			

Tipo di Documento:  Relazione	N° pagine documento:  -	Scala di rappresentazione:  -
-------------------------------------	-------------------------------	-------------------------------------

Livello di riservatezza	<b>PROGETTAZIONE RTP:</b>  <b>STUDIO BAFFO S.R.L.</b> Loc.San Lazzaro snc- 01022 BAGNOREGIO (VT) Tel: 0761-792773 fax: 0761-792999 E-mail: info@studiobaffo.it P.IVA 02136930563-Codice Fiscale 02136930563 Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627			<b>Società Geologica S.r.l.</b> Via Giandomartalo di Vitalone, 18 - TERNI (TR) Tel: 0744-402427 E-mail: info@societageologica.it CCIAA di Terni num. 01374990552 
Codice - numero seriale	ATRSCA	4	0	1

Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 1 di 88

## **INDICE**

<b>1</b>	<b>INTRODUZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>5</b>
2.1	Norme Specifiche Per Strutture Metalliche .....	5
<b>3</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE .....</b>	<b>7</b>
3.1	Fondazioni .....	7
3.2	Elevazioni.....	7
3.3	Orizzontamenti Di Piano .....	7
3.4	Orizzontamenti Di Copertura.....	8
<b>4</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE .....</b>	<b>9</b>
<b>5</b>	<b>RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE .....</b>	<b>10</b>
<b>6</b>	<b>CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI .....</b>	<b>11</b>
6.1	Proprietà Dei Materiali Determinate Dalle Prove In Situ Condotte .....	11
6.1.1	Conglomerato Cementizio .....	11
6.1.2	Acciaio Da Armatura .....	12
<b>7</b>	<b>AZIONI SULLE COSTRUZIONI .....</b>	<b>13</b>
7.1	Pesi Propri Dei Materiali Strutturali.....	13
7.2	Sovraccarichi.....	14
7.3	Azione Della Neve.....	16
7.4	Azione Del Vento .....	16
7.5	Calcolo Dell'azione Sismica.....	18
7.5.1	Individuazione Della Zona Sismica Di Appartenenza .....	18
7.5.2	Vita Nominale (§2.4.1 – D.M. 17-01-2018).....	18
7.5.3	Classe D'uso (§2.4.2 – D.M. 17-01-2018).....	18
7.5.4	Periodo Di Riferimento (§2.4.3 – D.M. 17-01-2018).....	19
7.5.5	Localizzazione Del Sito .....	19
7.5.6	Tipologia Del Suolo Di Fondazione (§3.2.2 D.M. 17-01-2018).....	20
7.5.7	Fattore Di Struttura .....	20
7.5.8	Definizione Spettri Di Risposta.....	20
<b>8</b>	<b>COMBINAZIONI DI CARICO .....</b>	<b>23</b>

### **Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 2 di 88

8.1	Combinazioni Non Sismiche Allo Slu .....	23
8.2	Combinazioni Non Sismiche Allo Sle .....	23
8.3	Combinazioni Sismiche Allo Slv .....	24
<b>9</b>	<b>METODI DI ANALISI ALLE AZIONI SISMICHE.....</b>	<b>26</b>
9.1	Analisi Statica Non Lineare .....	26
<b>10</b>	<b>MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA .....</b>	<b>31</b>
10.1	Scelte Di Modellazione .....	31
10.1.1	Blocco Scuola.....	31
10.1.2	Nuova Copertura In Carpenteria Metallica, Blocco Bagni E Scala Di Emergenza Esterna.....	33
<b>11</b>	<b>DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO .....</b>	<b>36</b>
11.1	Rinforzo Con Intonaco Armato In Frp .....	36
11.2	Nuova Copertura In Carpenteria Metallica .....	37
11.3	Chiusura Di Aperture Nei Setti Murariecon Muratura Ammorzata.....	37
11.4	Intervento Di Rinforzo A Taglio Delle Travi E Dei Nodi .....	38
<b>12</b>	<b>ANALISI SOLAI .....</b>	<b>39</b>
12.1	Piano Terra- Primo Impalcato .....	39
12.2	Solaio 1, Putrelle E Tavelloni.....	40
12.2.1	Analisi Dei Carichi .....	40
12.2.2	Modello .....	41
12.2.3	Calcoli.....	42
12.2.4	Post-Operam .....	43
12.3	Solaio 2, Putrelle E Tavelloni.....	48
12.3.1	Analisi Dei Carichi .....	48
12.3.2	Modello .....	50
12.3.3	Calcoli.....	50
12.3.4	Post-Operam .....	52
12.4	Solaio 4, Latero Cemento .....	57
12.4.1	Analisi Dei Carichi .....	57
12.4.2	Modello .....	59
12.4.3	Calcoli.....	59
12.4.4	Verifica.....	60
12.4.5	Post Operam .....	61
12.4.6	Analisi Dei Carichi .....	61

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 3 di 88

12.4.7	Modello .....	63
12.4.8	Calcoli.....	63
12.4.9	Verifica.....	64
12.5	Piano Primo – Secondo Impalcato .....	65
12.6	Solaio 3, Latero Cemento .....	66
12.6.1	Analisi Dei Carichi .....	66
12.6.2	Modello.....	67
12.6.3	Calcoli.....	68
12.6.4	Verifica.....	68
<b>13</b>	<b>ANALISI VULNERABILITA' SISMICA ANTE-OPERAM .....</b>	<b>69</b>
13.1	Calcolo Dell'indicatore Di Rischio Sismico Ante-Operam.....	69
13.1.1	Analisi Blocco Scuola.....	70
13.1.2	Analisi Blocco Bagni.....	71
13.1.3	Analisi Scala Di Emergenza Esterna.....	75
<b>14</b>	<b>ANALISI VULNERABILITA' SISMICA POST-OPERAM .....</b>	<b>80</b>
14.1	Calcolo Dell'indicatore Di Rischio Sismico Post-Operam.....	80
14.1.1	Blocco Scuola Post-Operam.....	81
14.1.2	Blocco Bagni Post-Operam.....	82
<b>15</b>	<b>VERIFICHE AI MECCANISMI LOCALI.....</b>	<b>86</b>
15.1	Ante-Operam Blocco Scuola .....	86
15.2	Post-Operam Blocco Scuola .....	87
<b>16</b>	<b>CONCLUSIONI .....</b>	<b>88</b>

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 4 di 88

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione di calcolo ha come oggetto **“Adeguamento sismico dell'edificio scolastico della Scuola Elementare Campitello sita in Terni, Via del Rivo, 241, di proprietà del Comune di Terni”**.

Il sito si trova ad un'altitudine di 167 m s.l.m. ed è individuato dalle seguenti coordinate geografiche:

WGS84:

42.5845 N;

12.6142 E.

Nella seguente immagine si riporta il plesso scolastico oggetto di analisi, individuato dal riquadro rosso.



Figura 1 - Ortofoto con individuazione dell'immobile oggetto di intervento

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 5 di 88

## 2 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La Normativa di riferimento per la determinazione del rischio sismico è di seguito elencata:

- D.M. 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle ‘Norme tecniche per le costruzioni’”;
- Circolare esplicativa n. 7 del 21 gennaio 2019 del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici;

### 2.1 NORME SPECIFICHE PER STRUTTURE METALLICHE

- UNI EN 1090: “Esecuzione di strutture di acciaio e di alluminio”

#### Acciai per profilati metallici

- UNI EN 10025 - 1: “Prodotti laminati a caldo di acciai per impieghi strutturali”
- UNI EN 10210 - 1: “Profilati cavi finiti a caldo di acciai non legati e a grano fine per impieghi strutturali”
- UNI EN 10219 - 1: “Profilati cavi saldati formati a freddo per impieghi strutturali di acciai non legati e a grano fine”

#### Bullonature

- UNI EN ISO 24016:2011: “Viti a testa esagonale con gambo parzialmente filettato - Categoria C”
- UNI EN ISO 898-1:2013: “Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio - Parte 1: Viti e viti prigioniere con classi di resistenza specificate - Filettature a passo grosso e a passo fine”
- UNI EN ISO 898-2:2012: “Caratteristiche meccaniche degli elementi di collegamento di acciaio al carbonio e acciaio legato - Parte 2: Dadi con classi di resistenza specificate - Filettatura a passo grosso e filettatura a passo fine”
- UNI EN 15048-1:2007: “Bulloneria strutturale non a serraggio controllato - Parte 1: Requisiti generali”

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 6 di 88

### Saldature

- UNI EN ISO 2560:2010: “Materiali di apporto per saldatura - Elettrodi rivestiti per saldatura manuale ad arco di acciai non legati e a grano fine – Classificazione”
- UNI EN ISO 4063:2011: “Saldatura e tecniche affini - Nomenclatura e codificazione numerica dei processi”
- UNI EN ISO 9606-1:2017: “Prove di qualificazione dei saldatori - Saldatura per fusione - Parte 1: Acciai”
- UNI EN 1011-1:2009: “Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura di materiali metallici - Parte 1: Guida generale per la saldatura ad arco”
- UNI EN 1011-2:2005: “Saldatura - Raccomandazioni per la saldatura dei materiali metallici - Parte 2: Saldatura ad arco di acciai ferritici”
- UNI EN ISO 9692-1:2013: “Saldatura e procedimenti connessi - Tipologie di preparazione dei giunti - Parte 1: Saldatura manuale ad arco con elettrodi rivestiti, saldatura ad arco con elettrodo fusibile sotto protezione di gas, saldatura a gas, saldatura TIG e saldatura mediante fascio degli acciai”
- UNI EN ISO 5817:2014: “Saldatura - Giunti saldati per fusione di acciaio, nichel, titanio e loro leghe (esclusa la saldatura a fascio di energia) - Livelli di qualità delle imperfezioni”
- UNI EN ISO 17635:2017: “Controllo non distruttivo delle saldature - Regole generali per i materiali metallici”
- UNI EN ISO 9712:2012: “Prove non distruttive - Qualificazione e certificazione del personale addetto alle prove non distruttive”
- UNI EN ISO 3834:2006: “Requisiti di qualità per la saldatura per fusione dei materiali metallici”
- UNI EN ISO 14731:2019: “Coordinamento delle attività di saldatura - Compiti e responsabilità”
- UNI EN ISO 15614-1:2019: Specifica e qualificazione delle procedure di saldatura per materiali metallici - Prove di qualificazione della procedura di saldatura - Parte 1: Saldatura ad arco e a gas degli acciai e saldatura ad arco del nichel e sue leghe.

---

#### **Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 7 di 88

### 3 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

Le strutture principali oggetto del presente progetto si possono suddividere in tre parti:

- blocco scuola
- blocco bagni
- scala di emergenza esterna

#### 3.1 FONDAZIONI

Le fondazioni del blocco scuola plesso sono di tipo diretto poggianti sul terreno ad una profondità tale da raggiungere un banco compatto e resistente.

Per quanto riguarda le fondazioni del blocco bagni e della scala di emergenza esterna le fondazioni sono anch'esse di tipo diretto, travi in c.a. poggianti sul banco consistente.

#### 3.2 ELEVAZIONI

Le strutture in elevazione sono costituite in muratura di mattoni e pietrame non squadrate per quanto riguarda il blocco scuola e da telai a travi e pilastri in calcestruzzo armato per quanto riguarda il blocco bagni e la scala di emergenza esterna.

#### 3.3 ORIZZONTAMENTI DI PIANO

I solai sono di due tipologie:

- 1) Solaio in putrelle e tavelloni;
- 2) Solaio in laterocemento.

La prima tipologia fa riferimento ad un solaio composto da travi acciaio (putrelle), laterizi (tavelloni) e un riempimento formato da materiale alleggerito e la si è riscontrata solo al primo impalcato del blocco scuola. Le travi in acciaio sono NP120 e NP200 e risultano disposte, le prime ad un interasse di 1 m, le seconde invece ad un interasse di 1,2 m.

La seconda tipologia è costituita sia da elementi in calcestruzzo armato con funzione resistiva-strutturale, sia da elementi in laterizio con funzione prevalentemente di alleggerimento e coibentazione. Questa tipologia è presente sia nel blocco scuola dove tutti i solai del secondo impalcato hanno questa tipologia, sia in tutti i solai del blocco bagni.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 8 di 88

### 3.4 ORIZZONTAMENTI DI COPERTURA

La copertura del blocco scuola è a padiglione ed è composta da un solaio in latero cemento il quale poggia su dei muri di mattoni forati.

La struttura di copertura del blocco bagni si presenta piana ed è realizzata con solai del tipo laterocemento.

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 9 di 88

## 4 CARATTERIZZAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

Per la caratterizzazione geotecnica dell'area si fa riferimento alla relazione geologica redatta dal Dott. Geol. Luca Latella, iscritto all'Ordine dei Geologi della Regione Umbria al n° 259.

L'area su cui insiste il fabbricato è stata definita in base alle sue caratteristiche litologiche, geomorfologiche e idrogeologiche. Lo scopo dell'analisi eseguita è quello di accertare ed analizzare in prospettiva sismica:

- Gli aspetti idrogeologici e morfologici del territorio;
- Le condizioni litologiche locali;
- I parametri geotecnici e sismici delle terre in situ.

Nello specifico le indagini eseguite sono:

- n° 1 prova penetrometrica dinamica superpesante;
- n° 1 prova sismica di tipo MASW.

Dalla relazione redatta dal Dott. Geol. Luca Latella emerge che:

- Dalla consultazione della cartografia P.A.I. (Piano assetto idrogeologico) l'area risulta stabile, solo in vicinanza vi è la presenza di una conoide attiva, che tuttavia in seguito ad un sopralluogo effettuato e dalle prove eseguite non va ad interferire con la fattibilità delle opere da realizzare;
- Durante l'esecuzione della 1 prova DPSH non è stato intercettato alcun livello di acquifero; tuttavia, da un censimento dei pozzi limitrofi la falda acquifera risulta sia ubicata oltre i – 15 metri dal piano attuale di campagna;
- Per quanto attiene la nuova normativa sismica, il sito in esame rientra nella categoria di suolo "B" Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s;
- La categoria topografica può essere assunta pari a T1: aree pianeggianti con inclinazione media <15°.
- Per quanto attiene la verifica a liquefazione quest'ultima non è stata realizzata poiché la falda acquifera principale si trova a -15.00 metri dal piano attuale di campagna e i terreni presenti non rientrano nel fuso granulometrico delle sabbie pulite soggette a liquefazione.

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 10 di 88

---

## 5 RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE

---

L'edificio è stato oggetto di un'indagine conoscitiva che ha visto susseguirsi operazioni di rilievo di carattere geometrico e strutturale, col fine di ottenere un livello di conoscenza LC2. Si è tenuto conto del fatto di non essere in possesso dei disegni originali strutturali, dunque è stata eseguita una campagna di indagini distruttive e non volta al determinare gli aspetti qualitativi e quantitativi delle strutture in esame.

Nello specifico sono state eseguite:

34 indagini termografiche;

20 indagini magnetometriche;

4 indagini video endoscopiche;

23 saggi ispettivi;

3 estrazioni di carote;

3 misure dello strato di carbonato;

2 estrazione delle barre di armatura;

1 indagini con martinetti piatti doppi e singoli.

Per maggiori dettagli sulle indagini condotte si rimanda agli elaborati B.STR.1 e B.STR.2.

---

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 11 di 88

## 6 CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

### 6.1 PROPRIETÀ DEI MATERIALI DETERMINATE DALLE PROVE IN SITU CONDOTTE

Le caratteristiche meccaniche dei materiali del complesso edilizio da utilizzarsi nelle verifiche numeriche sono state determinate in funzione delle risultanze sperimentali riportate nei Certificati di Prova redatti dalla SA.G.EDIL s.r.l..

#### 6.1.1 CONGLOMERATO CEMENTIZIO

Sono state eseguite 23 prove su carote di calcestruzzo estratte da pilastri del fabbricato. I risultati sperimentali sulla resistenza a compressione devono essere elaborati tramite opportuni coefficienti correttivi, al fine di ottenere una resistenza a compressione del materiale quanto più simile alla stessa che si ha in opera. Di seguito si riporta una tabella riassuntiva con i coefficienti adottati e con i risultati ottenuti.

ID. CAROTA	PIANO	ELEMENTO	Ø [mm]	H [mm]	H/Ø [-]	f_carota [MPa]	Coeff. geometrico [-]	Fattore di disturbo cfr. Tab C11.2.6.1 Circ. n. 7/2019 [-]	Coeff. Direz. [-]	Rc [MPa]	fc [MPa]
C1	1	PILASTRO	94	188	2,00	16,8	1,32	1,12	1,075	32,17	26,70
C2	1	PILASTRO	94	94	1,00	19,7	1,00	1,12	1,075	28,58	23,72
C3	1	TRAVE	94	94	1,00	13,8	1,00	1,15	1,075	20,55	17,06

Corretti i parametri di resistenza tramite i coefficienti di cui sopra la resistenza cilindrica media risulta:

$$f_{cm} = 22,49 \text{ MPa}$$

Per la determinazione dei parametri di resistenza da utilizzare nella verifica statica, si fa riferimento al §C8.7.2.2 della Circolare 21 gennaio 2019 n. 7; pertanto si determinano una resistenza a compressione per meccanismi fragili ed una per elementi duttili.

Per i meccanismi fragili si considera il coefficiente parziale  $\gamma_c$  pari a 1,5 (cfr. §4.1.2.1.1.1).

- $f_{cd, \text{duttile}} = f_{cm} / F.C.$ ;
- $f_{cd, \text{fragile}} = f_{cm} / (\gamma_c \cdot F.C.)$ .

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 12 di 88

Il fattore di confidenza (FC) è stato determinato sulla base della tabella C8.5.1.IV della circolare succitata e, per il livello di conoscenza LC2, è pari a 1,20.

Il modulo elastico è valutato secondo la formula 11.2.5 (§11.2.10.3, NTC18) come:

$$- E_{cm} = 22.000 \cdot (f_{cm}/10)^{0,3}$$

Risulta dunque:

$f_{cm}$	FC	$\gamma_c$	$f_{cd,duile}$	$f_{cd,fragile}$	$E_{cm}$
[MPa]	[-]	[-]	[MPa]	[MPa]	[GPa]
22,49	1,20	1,50	18,74	12,49	28,06

## 6.1.2 ACCIAIO DA ARMATURA

Sono state eseguite 2 prove su barre di armatura, al fine di verificare la classe di acciaio utilizzata. Di seguito si riporta la tabella riassuntiva con i risultati ottenuti.

ID. BARRA	PIANO	ELEMENTO	BLOCCO	Ø [mm]	$f_y$ [MPa]	$f_t$ [MPa]
B1	1	PILASTRO	Scala Esterna	20	453,57	660,69
B2	1	PILASTRO	Bagni	16	447,73	646,18

Le prove di trazione eseguite evidenziano che negli elementi in conglomerato cementizio armato sia stato utilizzato un acciaio del tipo **eB450c**, avente una tensione caratteristica di snervamento pari a:

$$\text{➤ } f_{yk} = 450 \text{ MPa.}$$

Pertanto, essendo la resistenza media ottenuta dalle prove effettuate decisamente superiore al valore caratteristico, si ritiene opportuno utilizzare nelle verifiche la resistenza caratteristica del materiale, divisa per il coefficiente parziale di sicurezza  $\gamma_s$ , pari a 1,15 (cfr. §4.1.2.1.1.3). Si ottiene:

$$\text{➤ } f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s = 391,30 \text{ MPa;}$$

$$\text{➤ } E_s = 210'000 \text{ MPa.}$$

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 13 di 88

## 7 AZIONI SULLE COSTRUZIONI

### 7.1 PESI PROPRI DEI MATERIALI STRUTTURALI

I pesi propri dei materiali strutturali sono determinati conformemente alla Tab. 3.1.I – Pesì dell'unità di volume dei principali materiali – § 3.1.2 del D.M. 17 gennaio 2018.

**Tab. 3.1.I - Pesì dell'unità di volume dei principali materiali**

MATERIALI	PESO UNITÀ DI VOLUME [kN/m³]
<b>Calcestruzzi cementizi e malte</b>	
Calcestruzzo ordinario	24,0
Calcestruzzo armato (e/o precompresso)	25,0
Calcestruzzi "leggeri": da determinarsi caso per caso	14,0 ÷ 20,0
Calcestruzzi "pesanti": da determinarsi caso per caso	28,0 ÷ 50,0
Malta di calce	18,0
Malta di cemento	21,0
Calce in polvere	10,0
Cemento in polvere	14,0
Sabbia	17,0
<b>Metalli e leghe</b>	
Acciaio	78,5
Ghisa	72,5
Alluminio	27,0
<b>Materiale lapideo</b>	
Tufo vulcanico	17,0
Calcare compatto	26,0
Calcare tenero	22,0
Gesso	13,0
Granito	27,0
Laterizio (pieno)	18,0
<b>Legnami</b>	
Conifere e pioppo	4,0 ÷ 6,0
Latifoglie (escluso pioppo)	6,0 ÷ 8,0
<b>Sostanze varie</b>	
Acqua dolce (chiara)	9,81
Acqua di mare (chiara)	10,1
Carta	10,0
Vetro	25,0

**Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 14 di 88

## 7.2 SOVRACCARICHI

I sovraccarichi accidentali sono stati determinati conformemente a quanto prescritto al § 3.1.4. del D.M. 17 gennaio 2018.

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

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
A	<b>Ambienti ad uso residenziale</b>			
	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	<b>Uffici</b>			
	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
C	<b>Ambienti suscettibili di affollamento</b>			
	Cat. C1 Aree con tavoli, quali scuole, caffè, ristoranti, sale per banchetti, lettura e ricevimento	3,00	3,00	1,00
	Cat. C2 Aree con posti a sedere fissi, quali chiese, teatri, cinema, sale per conferenze e attesa, aule universitarie e aule magne	4,00	4,00	2,00
	Cat. C3 Ambienti privi di ostacoli al movimento delle persone, quali musei, sale per esposizioni, aree d'accesso a uffici, ad alberghi e ospedali, ad atri di stazioni ferroviarie	5,00	5,00	3,00
	Cat. C4. Aree con possibile svolgimento di attività fisiche, quali sale da ballo, palestre, palcoscenici.	5,00	5,00	3,00
	Cat. C5. Aree suscettibili di grandi affollamenti, quali edifici per eventi pubblici, sale da concerto, palazzetti per lo sport e relative tribune, gradinate e piattaforme ferroviarie.	5,00	5,00	3,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita, con le seguenti limitazioni		
		≥ 4,00	≥ 4,00	≥ 2,00

**Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 15 di 88

Cat.	Ambienti	$q_k$ [kN/m <sup>2</sup> ]	$Q_k$ [kN]	$H_k$ [kN/m]
D	Ambienti ad uso commerciale			
	Cat. D1 Negozi	4,00	4,00	2,00
	Cat. D2 Centri commerciali, mercati, grandi magazzini	5,00	5,00	2,00
	Scale comuni, balconi e ballatoi	Secondo categoria d'uso servita		
E	Aree per immagazzinamento e uso commerciale ed uso industriale			
	Cat. E1 Aree per accumulo di merci e relative aree d'accesso, quali biblioteche, archivi, magazzini, depositi, laboratori manifatturieri	≥ 6,00	7,00	1,00*
	Cat. E2 Ambienti ad uso industriale	da valutarsi caso per caso		
F-G	Rimesse e aree per traffico di veicoli (esclusi i ponti)			
	Cat. F Rimesse, aree per traffico, parcheggio e sosta di veicoli leggeri (peso a pieno carico fino a 30 kN)	2,50	2 x 10,00	1,00**
	Cat. G Aree per traffico e parcheggio di veicoli medi (peso a pieno carico compreso fra 30 kN e 160 kN), quali rampe d'accesso, zone di carico e scarico merci.	5,00	da valutarsi caso per caso e comunque non minori di 2 x 50,00	1,00**
H-I-K	Coperture			
	Cat. H Coperture accessibili per sola manutenzione e riparazione	0,50	1,20	1,00
	Cat. I Coperture praticabili di ambienti di categoria d'uso compresa fra A e D	secondo categorie di appartenenza		
	Cat. K Coperture per usi speciali, quali impianti, eliporti.	da valutarsi caso per caso		

\* non comprende le azioni orizzontali eventualmente esercitate dai materiali immagazzinati.

\*\* per i soli parapetti o partizioni nelle zone pedonali. Le azioni sulle barriere esercitate dagli automezzi dovranno essere valutate caso per caso.

In particolare, si sono adottati i seguenti sovraccarichi accidentali:

- solai interni di piano primo: 3,00 kN/m<sup>2</sup>;
- solai di copertura non praticabile: 0,50 kN/m<sup>2</sup>;
- scale e ballatoi: 4,00 kN/m<sup>2</sup>.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 16 di 88

### 7.3 AZIONE DELLA NEVE

Il carico provocato dalla neve sulle coperture sarà valutato secondo l'espressione 3.4.1 delle NTC18 per cui:

q <sub>sk</sub>	kN/m <sup>2</sup>		Zona III – a <sub>s</sub> < 200 m
μ <sub>i</sub>	-	0.80	0° < α < 30°
C <sub>E</sub>	-	1.00	Aree in cui non è presente una significativa rimozione di neve sulla costruzione prodotta dal vento, a causa del terreno, altre costruzioni o alberi
C <sub>T</sub>	-	1.00	In assenza di uno specifico e documentato studio

Si evince un carico neve q<sub>s</sub> = 0.50 kN/m<sup>2</sup>.

### 7.4 AZIONE DEL VENTO

L'azione del vento è stata valutata conformemente a quanto riportato al § 3.3 delle NTC 2018.

Ai fini della corretta valutazione dell'azione del vento, la struttura è ubicata in Zona 3 (cfr.Tab. 3.3.I §3.3.1 delle NTC 2018). Pertanto, i parametri da utilizzare per determinare l'azione del vento sono i seguenti:

$$v_{b,0} = 27 \text{ m/s}, a_0 = 500 \text{ m e } k_s = 0.37 \text{ 1/s}$$

La velocità base di riferimento è dunque:

$$v_b = v_{b0} \cdot c_a = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

con  $v_{b0}$  velocità base di riferimento a livello del mare,  $c_a$  coefficiente di altitudine di valore unitario se  $a < a_0 = 500 \text{ m}$  come in questo caso.

La velocità di riferimento per il calcolo dell'azione del vento è:

$$v_r = v_b \cdot c_r = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}} \cdot 1 = 27 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

con  $v_b$  velocità base di riferimento e  $c_r$  coefficiente di ritorno da assumere pari a 1 per periodo di ritorno  $T_r = 50 \text{ anni}$ .

La pressione del vento è data, in accordo al §3.3.4 delle NTC 2018, da:

$$p = q_r c_e c_p c_d$$

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 17 di 88

con  $q_r$  pressione cinetica di riferimento (§ 3.3.6),  $c_e$  coefficiente di esposizione (§ 3.3.7),  $c_p$  coefficiente di pressione (§3.3.8) e  $c_d$  coefficiente dinamico (§3.3.9).

La pressione cinetica di riferimento  $q_r$  è data da:

$$q_r = \frac{1}{2} \rho v_r^2 = 455.6 \frac{N}{mq}$$

con  $\rho = 1,25 kg/m^3$  densità dell'aria e  $v_r$  velocità di riferimento calcolata in precedenza.

In accordo al § 3.3.7 il coefficiente di esposizione dipende dall'altezza  $z$  sul suolo del punto considerato, dalla topografia del terreno e dalla categoria di esposizione del sito ove sorge la costruzione.

Considerando per il manufatto in esame una classe di rugosità del terreno di tipo B ("Aree urbane (non di classe A), suburbane, industriali e boschive"), in accordo alla Tab. 3.3.III al § 3.3.7 sulla base dei grafici seguenti e dell'ubicazione dell'opera è possibile definire la categoria di esposizione.

Categoria di esposizione

ZONE 1,2,3,4,5						
A	--	IV	IV	V	V	V
B	--	III	III	IV	IV	IV
C	--	*	III	III	IV	IV
D	I	II	II	II	III	**
* Categoria II in zona 1,2,3,4 Categoria III in zona 5						
** Categoria III in zona 2,3,4,5 Categoria IV in zona 1						

ZONA 6					
A	--	III	IV	V	V
B	--	II	III	IV	IV
C	--	II	III	III	IV
D	I	I	II	II	III

ZONE 7,8			
A	--	--	IV
B	--	--	IV
C	--	--	III
D	I	II	*
* Categoria II in zona 8 Categoria III in zona 7			

ZONA 9		
A	--	I
B	--	I
C	--	I
D	I	I

Nel caso in esame la categoria di esposizione del sito risulta la IV.

Sulla base della Tab. 3.3.II al § 3.3.7 delle NTC 2018 è possibile definire per i parametri in esame i seguenti valori:

$$k_r = 0,22 \quad z_0 = 0,30 \, m \quad z_{min} = 8,00 \, m$$

Pertanto, ai fini del calcolo della pressione del vento a scopo cautelativo si assume un coefficiente di esposizione uniforme per tutta l'altezza della struttura pari a quello massimo.

$$c_e = c_{emax} = c_e(z_{max}) = k_r^2 c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right) \left[7 + c_t \ln\left(\frac{z}{z_0}\right)\right]$$

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 18 di 88

Nel caso in esame si ottiene:

$$c_e = 1.63$$

Per quanto concerne il valore del coefficiente di pressione (coefficiente aerodinamico)  $c_p$  esso vale:

$$- \quad c_p = 1,0$$

Infine, per quanto riguarda il coefficiente dinamico, a scopo cautelativo, come suggerito al § 3.3.9 delle NTC 2018, esso vale  $c_d = 1,00$ .

Pertanto, la pressione del vento agente risulta:

$$- \quad p = 0.75 \text{ KPa}$$

## 7.5 CALCOLO DELL'AZIONE SISMICA

### 7.5.1 INDIVIDUAZIONE DELLA ZONA SISMICA DI APPARTENENZA

Il sito in studio ricade nel comune di Terni (TR), che a sua volta nella classificazione sismica ricade nella zona sismica 2.

### 7.5.2 VITA NOMINALE (§2.4.1 – D.M. 17-01-2018)

L'opera in analisi rientra nel TIPO DI COSTRUZIONE 2 “Costruzioni con livelli di prestazione ordinari”, per il quale è prevista una vita nominale:

$$V_N \geq 50$$

### 7.5.3 CLASSE D'USO (§2.4.2 – D.M. 17-01-2018)

Ai sensi delle prescrizioni riportate al §2.4.2 del D.M. 17-01-'18, poiché la biblioteca è classificabile come “Costruzione il cui uso preveda affollamenti significativi”, essa ricade nella **Classe d'Uso III**. Da ciò deriva:

$$C_U = 1,5$$

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 19 di 88

#### 7.5.4 PERIODO DI RIFERIMENTO (§2.4.3 – D.M. 17-01-2018)

Il periodo di riferimento dell'opera vale:

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Nel caso in esame:

**$V_R = 75$  anni.**

**Tab. 2.4.I – Valori minimi della Vita nominale  $V_N$  di progetto per i diversi tipi di costruzioni**

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di $V_N$ (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

**Tab. 2.4.II – Valori del coefficiente d'uso  $C_U$**

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_U$	0,7	1,0	1,5	2,0

#### 7.5.5 LOCALIZZAZIONE DEL SITO

Il sito è localizzato dalle seguenti coordinate geografiche (WGS 84):

- 42.5845 N;
- 12.6142 E.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 20 di 88

#### 7.5.6 TIPOLOGIA DEL SUOLO DI FONDAZIONE (§3.2.2 D.M. 17-01-2018)

Per la caratterizzazione geotecnica dell'area si fa riferimento alla relazione geologica redatta dal dott. geol. Luca Latella.

Dagli studi condotti risulta, ai fini del calcolo sismico, un suolo di **categoria C** e categoria topografica **T1**.

#### 7.5.7 FATTORE DI STRUTTURA

Relativamente al blocco scuola, al blocco bagni e alle scale di emergenza esterne, il fattore di comportamento  $q$  utilizzato è pari a  **$q = 1,5$** .

Per quanto riguarda la nuova copertura in carpenteria metallica, in accordo con quanto espresso nelle NTC 2018, § 7.2.2, si opta per progettare tali strutture affinché presentino un comportamento strutturale non dissipativo, ovvero risponderanno elasticamente anche quando sottoposte alla combinazione di carico sismica allo SLV. Pertanto, sarà necessario verificare resistenza e stabilità degli elementi strutturali, mentre non si procederà alle verifiche delle capacità dissipative e di duttilità.

Coerentemente a tale scelta, si è ritenuto opportuno utilizzare un fattore di comportamento  $q$  pari a  **$q = 1,0$** .

Ciò comporta che lo spettro di progetto allo SLV coincida con lo spettro elastico allo SLV.

#### 7.5.8 DEFINIZIONE SPETTRI DI RISPOSTA

La determinazione degli spettri di risposta è stata effettuata sulla base dei parametri della NTC2018.

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

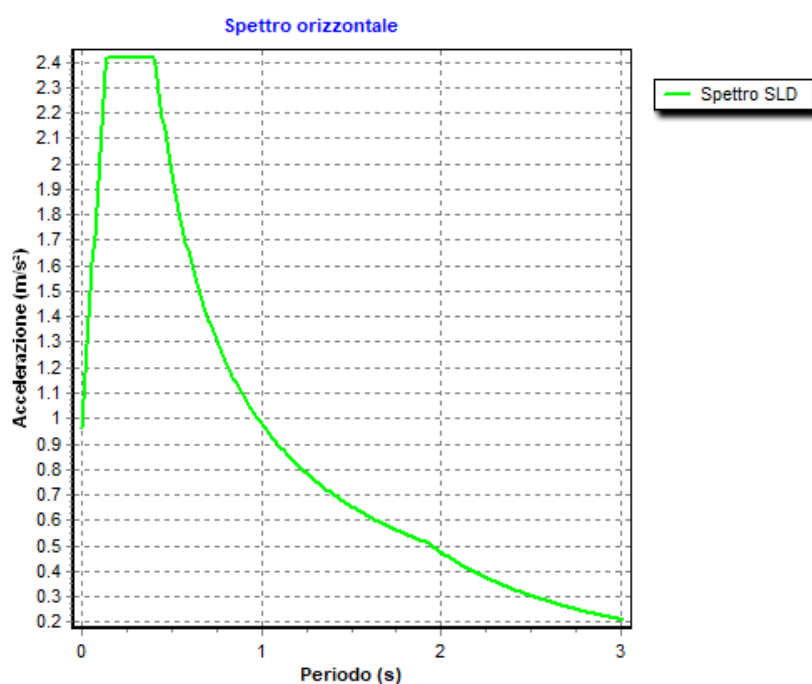
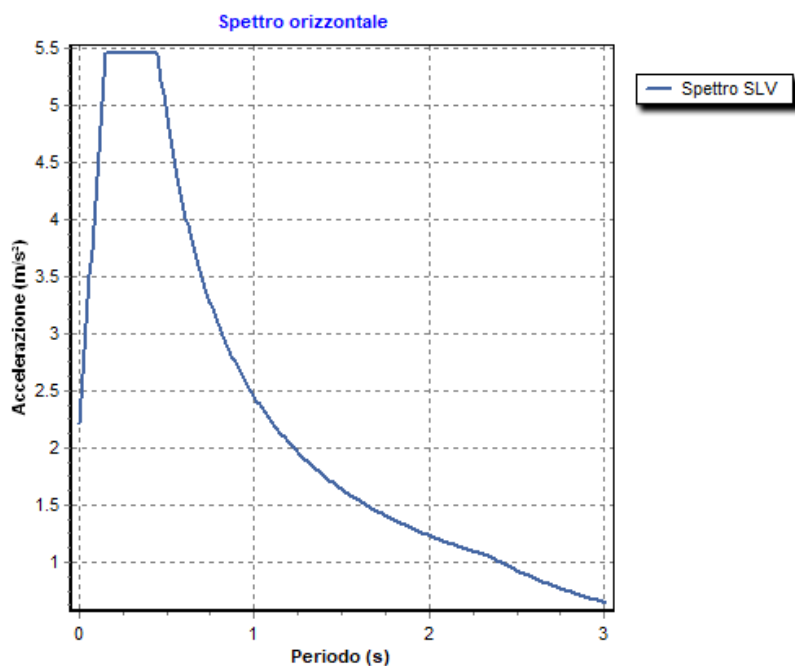
E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 21 di 88



### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

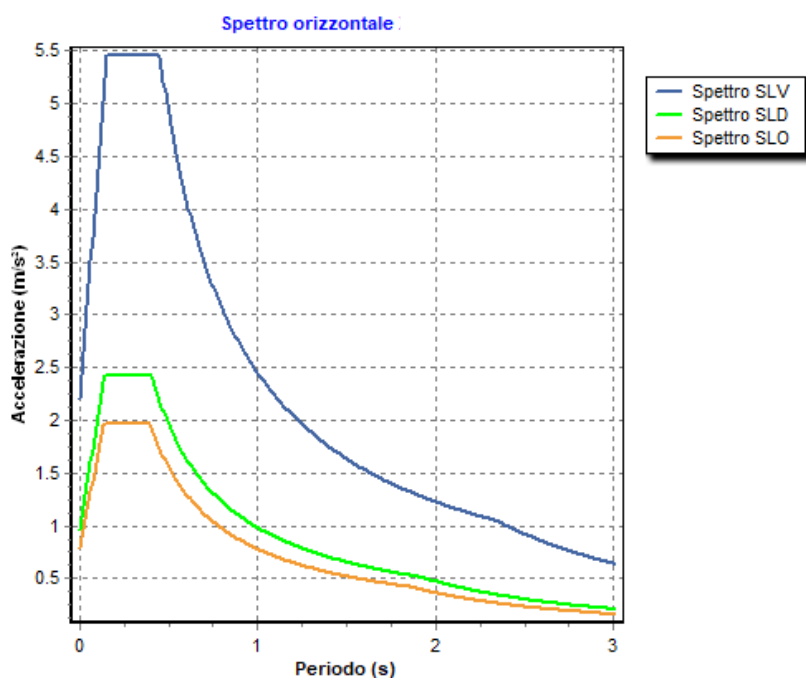
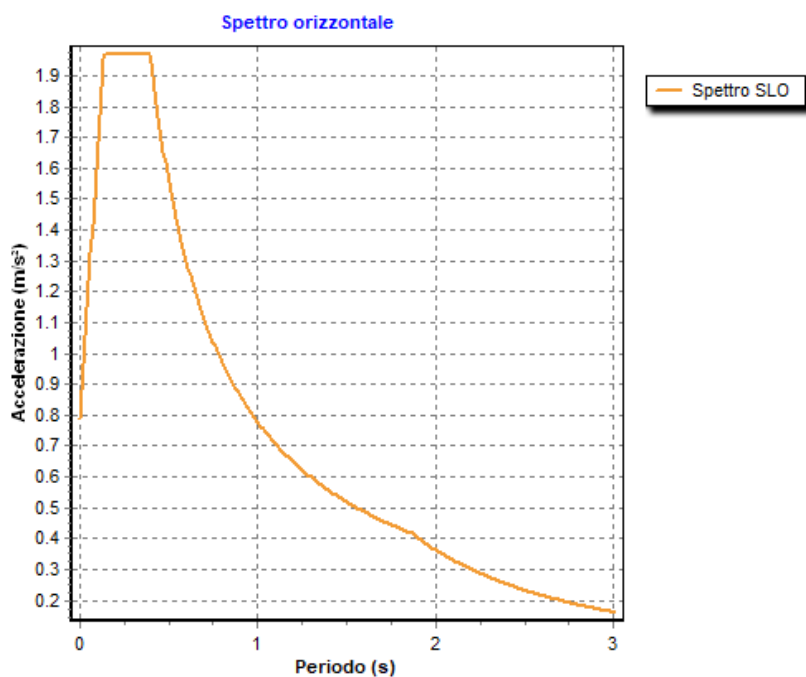
E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 22 di 88



## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 23 di 88

## 8 COMBINAZIONI DI CARICO

Di seguito vengono riportate le condizioni di carico utilizzate per le verifiche, nelle quali si ha:

- $G_1$ : carichi permanenti strutturali;
- $G_2$ : carichi permanenti non strutturali;
- $Q_{kj}$ : carichi variabili dominanti/secondari;
- E: azione sismica di riferimento.

### 8.1 COMBINAZIONI NON SISMICHE ALLO SLU

Per la valutazione delle azioni non sismiche allo SLU, sono state considerate tutte le combinazioni di carico per massimizzare le sollecitazioni e gli effetti sulle strutture, seguendo l'espressione al §2.5.3 NTC18:

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

In cui:

- $\gamma_{G1} = 1,3$
- $\gamma_{G2} = 1,5$
- $\gamma_{Q1} = 1,5$  (Neve)
- $\gamma_{Q2} = 1,5$  (Variabili cat. C, cat. H)
- $\Psi_{02} = 0,7$  (sovraccarichi solaio cat. C)
- $\Psi_{02} = 0,0$  (sovraccarichi solaio cat. H)
- $\Psi_{02} = 0,5$  (neve)
- $\Psi_{02} = 0,6$  (vento)

### 8.2 COMBINAZIONI NON SISMICHE ALLO SLE

Limitatamente alle nuove costruzioni quali le scale in carpenteria metallica e il passaggio scuola – palestra si rende necessario anche valutare gli Stati Limite di Esercizio. Per la valutazione delle azioni non sismiche allo SLE, sono state considerate tutte le combinazioni di carico per massimizzare le sollecitazioni e gli effetti sulle strutture, seguendo le espressioni al §2.5.3 NTC18:

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 24 di 88

- Combinazione caratteristica, cosiddetta rara, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) irreversibili:  
 $G_1 + G_2 + P + Q_{k1} + \psi_{02} \cdot Q_{k2} + \psi_{03} \cdot Q_{k3} + \dots$  [2.5.2]
- Combinazione frequente, generalmente impiegata per gli stati limite di esercizio (SLE) reversibili:  
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{11} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$  [2.5.3]
- Combinazione quasi permanente (SLE), generalmente impiegata per gli effetti a lungo termine:  
 $G_1 + G_2 + P + \psi_{21} \cdot Q_{k1} + \psi_{22} \cdot Q_{k2} + \psi_{23} \cdot Q_{k3} + \dots$  [2.5.4]

I coefficienti di combinazione  $\Psi_{2k}$  sono assunti conformemente a quanto indicato nella Tab.2.5.1 delle NTC2018:

**Tab. 2.5.1 – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
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 $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
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 $\leq 1000$ 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

### 8.3 COMBINAZIONI SISMICHE ALLO SLV

Per il calcolo delle combinazioni sismiche si fa riferimento al §3.2.3 NTC18, secondo la combinazione sismica indicata al §2.5.3 delle norme medesime.

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

I coefficienti di combinazione  $\Psi_{2k}$  sono assunti conformemente a quanto indicato nella Tab.2.5.1 delle NTC2018:

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 25 di 88

**Tab. 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione**

Categoria/Azione variabile	$\Psi_{0j}$	$\Psi_{1j}$	$\Psi_{2j}$
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 $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6

L'azione sismica E è data dalla combinazione delle due componenti  $E_x$  ed  $E_y$  (§7.3.5, NTC18):

- $E_x + 0.3E_y$
- $E_x - 0.3E_y$
- $-E_x + 0.3E_y$
- $-E_x - 0.3E_y$
- $0.3E_x + E_y$
- $-0.3E_x + E_y$
- $0.3E_x - E_y$
- $-0.3E_x - E_y$

Le 8 diverse combinazioni dell'azione sismica devono essere applicate al centro di massa, al quale, per tenere conto della variabilità spaziale dell'azione sismica e delle incertezze nella localizzazione delle masse, deve essere applicata un'eccentrica accidentale del 5% rispetto alla dimensione dell'edificio misurata perpendicolarmente alla direzione di applicazione dell'azione sismica (§7.2.6, NTC18).

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 26 di 88

## 9 METODI DI ANALISI ALLE AZIONI SISMICHE

Si è scelto di utilizzare il metodo di analisi statica non lineare (push-over). Lo spettro considerato è ridotto tramite il fattore di struttura  $q = 1,5$  per la valutazione degli Stati Limite Ultimi (SLV) delle strutture dell'edificio scolastico. Per la progettazione delle nuove scale in carpenteria metallica e del nuovo corpo di collegamento si è considerato lo spettro di risposta elastico.

### 9.1 ANALISI STATICA NON LINEARE

Il calcolo risolutivo della struttura è stato effettuato utilizzando un sistema di equazioni lineari (di dimensioni pari ai gradi di libertà), secondo la relazione:

$$\underline{u} = [\underline{K}]^{-1} \underline{F}$$

dove:  $\underline{F}$  = vettore dei carichi risultanti applicate ai nodi;

$\underline{u}$  = vettore dei cinematismi nodali;

$[\underline{K}]$  = matrice di rigidezza globale.

Tale analisi è stata ripetuta per tutte le condizioni presenti sulla struttura, identificati dai vettori dei carichi relativi a:

- carichi permanenti;
- carichi d'esercizio;
- delta termico;
- torsioni accidentali;

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 27 di 88

I valori delle eccentricità accidentali per le torsioni sono i seguenti:

	Torsioni Accidentali	
Imp. Reale	e <sub>x</sub> [cm]	e <sub>y</sub> [cm]
1	110.0	58.3
2	110.0	58.3
3	110.0	58.3
4	110.0	58.3

Per ogni impalcato reale si riportano i dati relativi alle rigidezze e ai baricentri:

	Rigidezze			Centro Massa		Centro Rigidezza	
Imp. Reale	Rig [KN/cm]	X Rig [KN/cm]	Y Rig. Tors. [KNcm]	X [cm]	Y [cm]	xR [cm]	yR [cm]
1	67047	51496	4513515709 8	1101.6	610.7	1090.7	744.5
2	8197	11110	7009451940	1110.4	578.7	1105.6	719.7
3	14381	11618	9813492265	1116.1	585.8	1189.6	800.3
4	143338	109959	1266268018 01	1098.0	586.7	1099.7	582.8

Il calcolo consiste nell'incrementare i carichi sismici fino a quando la struttura raggiunge il collasso.

La struttura viene schematizzata a telaio equivalente, costituita da elementi maschi, elementi fasce e nodi rigidi. Il maschio ha un comportamento elastico perfettamente plastico definito dal taglio ultimo ( $V_u$ ), dalla rigidezza ( $k$ ), dallo spostamento elastico ( $\delta_o$ ) e dallo spostamento ultimo ( $\delta_u$ )

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

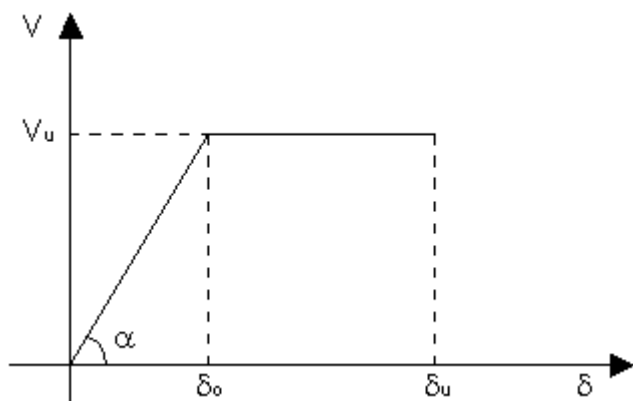
E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 28 di 88



Il calcolo del taglio ultimo si ottiene in accordo ai punti 7.8.2.2.1 e 7.8.2.2.2 del N.T.C. (vedi paragrafo “Pressoflessione e Taglio nel piano” della presente relazione). La rigidezza  $k$  si ottiene in funzione dei collegamenti vincolari agli estremi degli elementi. Nel caso di incastro – incastro vale:

$$k = 1 / [h^3 / (12EI) + 1.2h/(GA)]$$

dove:

$h$  è l'altezza dell'elemento

$E$  è il modulo elastico normale

$G$  è il modulo elastico tangenziale

$I$  è il momento d'inerzia della sezione trasversale rispetto all'asse baricentrico ortogonale al piano dell'elemento

$A$  è l'area della sezione trasversale

Lo spostamento elastico si ottiene dal rapporto tra il taglio ultimo e la rigidezza, mentre lo spostamento ultimo dipende dal tipo di rottura dell'elemento. Per normativa deve essere pari a 0.8% l'altezza della parete se la rottura avviene per flessione (punto 7.8.2.2.1 delle N.T.C.) e 0.4% l'altezza della parete se la rottura avviene per taglio (punto 7.8.2.2.2 delle N.T.C.).

Per la resistenza delle fasce si veda il paragrafo “Pressoflessione e Taglio nel piano” della presente relazione.

In fase elastica ogni elemento si considera incastrato agli estremi. Raggiunto il limite elastico cambia la configurazione di vincolo dell'elemento (si declassa in una biella compressa capace di trasmettere solo carichi verticali).

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 29 di 88

Il risultato consiste in un diagramma ("curva di capacità") dove in ascissa viene riportato lo spostamento di un punto di controllo (baricentro delle masse dell'ultimo piano) e in ordinata la forza totale orizzontale applicata alla struttura. Dalla curva di capacità è possibile ricavare la "capacità di spostamento" della struttura.

La verifica globale della struttura si considera soddisfatta se la capacità di spostamento è maggiore della "domanda di spostamento".

$$d^*_{\max} = S_{De}(T^*) \quad \text{per } T^* \geq T_c$$

$$d^*_{\max} = ((S_{De}(T^*)) / q^*) \cdot [1 + (q^* - 1) \cdot T_c / T^*] \quad \text{per } T^* < T_c$$

dove:

$d^*_{\max}$  è la domanda di spostamento.

$T^* = 2\pi\sqrt{m^* / k^*}$  è il periodo del sistema equivalente ad un grado di libertà.

$T_c$  riportato nella tabella 3.2.VI del punto 3.2.3.2.2 del D.M. 17/01/2018.

$m^* = \sum m_i \Phi_i$  è la massa partecipante del sistema equivalente.

$k^*$  è la rigidezza secante del sistema equivalente ad un grado di libertà.

$q^* = S_e(T^*)m^* / F^*_y$  è il rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente.

$S_{De}(T^*)$  è il valore dello spettro di risposta elastico degli spostamenti in corrispondenza del periodo  $T^*$ .

$S_e(T^*)$  è il valore dello spettro di risposta elastico delle accelerazioni in corrispondenza del periodo  $T^*$ .

$m_i$  è la massa di ogni impalcato della struttura.

$\Phi_i$  è il vettore che rappresenta il primo modo di vibrare della struttura.

$F^*_y$  è la forza di snervamento del sistema equivalente.

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 30 di 88

Il calcolo viene eseguito separatamente nelle due direzioni principali della struttura considerando due distribuzioni di forze applicate al baricentro delle masse di ogni impalcato: una di forze proporzionali alle masse (la prima del Gruppo 2 del punto 7.3.4.2 del D.M. 17/01/2018) ed una di forze proporzionali all'altezza degli impalcati (la prima del Gruppo 1 del punto 7.3.4.2 del DM 17/01/2018).

Nel primo caso le forze sono computate secondo le seguenti formule:

$$F_{ih} = F_H W_i / (\sum W_i);$$

$$F_H = S_d(T_i) W_{tot} \lambda$$

Nel secondo caso le forze sono computate secondo le seguenti formule:

$$F_{ih} = F_H (W_i z_i) / (\sum W_i z_i);$$

dove:

$z_i$  quota dell'impalcato

$S_d(T_i)$  ordinata spettro di risposta;

$\lambda = 0.85$  ( $N_{piani} \geq 3 - T_i \leq 2 T_c$ ) oppure 1.00 (in tutti gli altri casi);

$$W_i = (G_K + \sum_i \Psi_{Ei} Q_{ik});$$

---

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 31 di 88

## 10 MODELLAZIONE DELLA STRUTTURA

### 10.1 SCELTE DI MODELLAZIONE

Il calcolo di sollecitazioni e spostamenti negli elementi strutturali è condotto secondo le regole della scienza delle costruzioni, ipotizzando un comportamento elastico e lineare dei materiali.

Le verifiche sezionali di tutti gli elementi strutturali sono condotte seguendo il metodo semi-probabilistico agli stati limite.

La modellazione della struttura è eseguita tramite il metodo degli elementi finiti, schematizzando gli elementi strutturali come elementi collegati tra loro tramite i nodi posti alle estremità. L'implementazione di equazioni di congruenza delle deformazioni nei nodi permette al solutore di trovare, una volta assegnati opportunamente i carichi, le sollecitazioni nei vari elementi.

Sono stati realizzati modelli distinti per ogni opera strutturalmente indipendente, ovvero:

- Blocco Scuola
- Nuova Copertura in carpenteria metallica
- Blocco Bagni.
- Scale di emergenza esterne.

#### 10.1.1 BLOCCO SCUOLA

Per quanto riguarda l'edificio scolastico, al fine di garantire piena coerenza tra quanto costruito e quanto modellato, sono state prese in considerazione una serie di assunzioni. In particolare:

L'analisi numerica della struttura è stata condotta attraverso l'utilizzo del metodo degli elementi finiti ipotizzando un comportamento elastico-lineare.

Il modello di calcolo può essere articolato sulla base dell'ipotesi di impalcato rigido, in funzione della reale presenza di solai continui atti ad irrigidire tutto l'impalcato. Tale ipotesi viene realizzata attraverso l'introduzione di adeguate relazioni cinematiche tra i gradi di libertà dei nodi costituenti l'impalcato stesso.

Relativamente alle fondazioni, le norme NTC 2018, al paragrafo § 8.3 “Valutazione della Sicurezza”, asseriscono che: *“Qualora sia necessario effettuare la valutazione della sicurezza della costruzione, la verifica del sistema di fondazione è obbligatoria solo se sussistono condizioni che possano dare luogo a fenomeni di instabilità globale o se si verifica una delle seguenti condizioni:*

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 32 di 88

- *nella costruzione siano presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti delle fondazioni o dissesti della stessa natura si siano prodotti nel passato;*
- *siano possibili fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione per effetto: di condizioni morfologiche sfavorevoli, di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, delle azioni sismiche di progetto;*
- *siano possibili fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione dovuti alle azioni sismiche di progetto.*

*Allo scopo di verificare la sussistenza delle predette condizioni, si farà riferimento alla documentazione disponibile e si potrà omettere di svolgere indagini specifiche solo qualora, a giudizio esplicitamente motivato del professionista incaricato, sul volume di terreno significativo e sulle fondazioni sussistano elementi di conoscenza sufficienti per effettuare le valutazioni precedenti.”.*

Con riferimento ai punti sopracitati:

- le indagini visive condotte hanno permesso di concludere che non sono presenti importanti dissesti attribuibili a cedimenti in fondazione;
- dalla genesi del fabbricato non sono stati effettuati interventi strutturali mirati alla risoluzione di problemi connessi a dissesti provocati da cedimenti fondali. Pertanto, è lecito supporre che non solo attualmente non si riscontrano problematiche collegate a problemi delle strutture di fondazione, ma che queste non si siano mai riscontrate dalla genesi del fabbricato ad oggi;
- non sono presenti condizioni morfologiche sfavorevoli e/o di modificazioni apportate al profilo del terreno in prossimità delle fondazioni, tali da giustificare la possibilità dell'insorgere di fenomeni di ribaltamento e/o scorrimento della costruzione;
- l'entità dell'azione sismica di verifica è tale da scongiurare l'insorgere di fenomeni di liquefazione del terreno di fondazione.

Pertanto, è lecito omettere le verifiche di sicurezza sia delle fondazioni esistenti, sia del terreno di fondazione interessato dagli effetti dell'azione sismica sul fabbricato.

Ciò premesso, la base delle strutture è stata modellata come incastrata al suolo di fondazione.

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 33 di 88

## 10.1.2 NUOVA COPERTURA IN CARPENTERIA METALLICA, BLOCCO BAGNI E SCALA DI EMERGENZA ESTERNA

Il modello geometrico (mesh) della struttura è basato sull'utilizzo dei seguenti elementi:

### - Nodi

Si definiscono nodi, entità geometriche determinate tramite le tre coordinate nel riferimento globale.

I nodi, nello spazio tridimensionale, posseggono tre gradi di libertà traslazionali e tre rotazionali.

Essi sono posizionati in modo da definire gli estremi degli elementi finiti e, di regola, in ogni discontinuità strutturale, di carico, di caratteristiche meccaniche, di campo di spostamento.

### - Vincoli e Molle

I gradi di libertà possono essere vincolati, bloccando il cinematismo nella direzione voluta o assegnando "molle" applicate ai nodi tramite valori di rigidità finiti.

Un vincolo assegna a priori un valore di spostamento nullo, e quindi la variabile corrispondente viene eliminata.

### - Vincoli interni

Tali vincoli servono a definire le modalità di trasmissione degli sforzi dall'elemento finito ai nodi. Ciò viene associato al concetto di trasferimento della rigidità. Generalmente l'elemento considerato è rigidamente connesso ai nodi che lo definiscono, in modo da bloccare tutti i gradi di libertà relativi. È possibile, comunque "rilasciare" le caratteristiche delle sollecitazioni, in modo da svincolare i gradi di libertà corrispondenti. Nel caso particolare, il modello utilizzato consente di svincolare le tre rotazioni intorno agli assi locali dell'asta.

### - Aste

Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo delimitate da due nodi (i nodi di estremità).

Per questi elementi generalmente la funzione interpolante è quella del modello analitico per cui la mesh non influisce sensibilmente sulla convergenza. Le aste sono dotate di rigidità assiale, flessionale, e a taglio, secondo il modello classico della trave inflessa di Eulero- Bernoulli. Alla singola asta è possibile associare una sezione costante per tutta la sua lunghezza.

---

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 34 di 88

#### - Asta su suolo elastico

Si tratta di elementi finiti monodimensionali ad asse rettilineo, di definizione simile alle aste. Sono utili a modellare travi di fondazione, considerate poggianti su suolo alla Winkler, e reagenti sia rispetto alle componenti traslazionali di cinematisma, sia rotazionali.

#### - Lastra-Piastra

Si tratta di elementi finiti bidimensionali, definiti da tre o quattro nodi, posti ai vertici rispettivamente di un triangolo o di un quadrilatero irregolare. La geometria reale dell'elemento viene ricondotta ad un triangolo rettangolo (elemento a tre nodi) o ad un quadrato definito nella trattazione isoparametrica.

L'elemento lastra-piastra non ha rigidità per la rotazione intorno all'asse perpendicolare al suo piano e viene trattato secondo la teoria di Mindlin-Reissner. Nel modello considerato si tiene conto dell'accoppiamento tra azioni flessionali e membranali.

#### - Forze e coppie concentrate

Per la risoluzione statica della struttura, tutti i carichi applicati agli elementi vengono trasferiti ai nodi. Ciò avviene in automatico per il peso delle aste, delle piastre, delle pareti, dei pannelli di carico presenti sulle aste e per la distribuzione di carico applicate agli elementi bidimensionali. Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di forze e coppie ai nodi.

Le forze sono dirette lungo le tre direzioni del sistema di riferimento globale ed in entrambi i versi per ogni direzione.

Le coppie concentrate sono riferite ai tre assi del riferimento globale, in entrambi i versi di rotazione di ciascun asse.

#### - Carichi distribuiti

Il modello di calcolo consente anche l'introduzione di carichi ripartiti sulle aste e di distribuzione di carico su piastre e pareti.

I carichi ripartiti sulle aste possono essere riferiti sia al riferimento globale, sia al riferimento locale, lungo le tre direzioni ed in entrambe i versi. È possibile anche introdurre carichi distribuiti torcenti agenti intorno all'asse dell'asta ed in entrambe i versi di rotazione.

Tutti i tipi di carico ripartito devono avere forma trapezia.

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 35 di 88

Sugli elementi bidimensionali, che fanno parte della mesh di piastre e pareti, è possibile assegnare una distribuzione uniforme, avente le caratteristiche di una pressione diretta ortogonalmente all'elemento.

- Pannelli di carico

Il pannello di carico è un concetto legato alla reale distribuzione di carichi gravanti sulle aste. Ne fanno parte: solai, balconi, scale.

Da tali pannelli, di forma irregolare come definiti dalla geometria dell'input, si passa alla quantificazione dei carichi trapezoidali ripartiti sulle aste. Per meglio simulare l'effetto dei pannelli, vengono generati in modo automatico anche dei carichi ripartiti torcenti, anch'essi di forma trapezia, relativi ai carichi distribuiti equivalenti al pannello.

- Sezioni

Le sezioni assegnabili alle aste sono definite attraverso le caratteristiche geometrico-elastiche, i moduli di resistenza plastici (sezioni in acciaio) ed il materiale.

---

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 36 di 88

## 11 DESCRIZIONE DEGLI INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO

Il progetto di adeguamento sismico ha definito una serie di interventi strutturali specifici, quali:

- Rinforzo delle pareti in muratura tramite un intonaco armato in FRP;
- Realizzazione di una nuova copertura in acciaio del blocco scuola;
- Chiusura di aperture nei setti murari con muratura ammorzata;
- Rinforzo a taglio delle travi del primo impalcato del blocco bagni mediante fasciatura ad U in FRP.
- Rinforzo mediante fasciatura in FRP dei nodi del primo impalcato del blocco bagni.

### 11.1 RINFORZO CON INTONACO ARMATO IN FRP

Il progetto prevede il rinforzo al primo piano della parete sud-ovest e della parete longitudinale centrale mediante l'intervento di rinforzo a taglio/trazione di muratura portante (pietra, mattoni, tufo) eseguito mediante un "intonaco armato a basso spessore" impiegando le reti in FRP in abbinamento a malte bicomponenti fibrorinforzate ad elevata duttilità.

Successivamente alla rimozione degli intonaci e alla preparazione del supporto si procede al rinforzo della muratura come di seguito:

- Realizzare sulla muratura fori di diametro 16 mm, con un'incidenza di 4 fori al mq.
- Pulire i fori mediante aria compressa.
- Iniettare nei fori il fissaggio chimico epossidico oppure il fissaggio chimico a base di resina vinilestere.
- Inserimento di connettore in fibra di carbonio e la resina termoindurente.
- Regolarizzare le pareti murarie con un primo strato di malta bicomponente fibrorinforzata ad elevata duttilità in uno spessore di 10 mm.
- Posizionare sullo strato di malta fresco, la rete strutturale in fibra di carbonio garantendo una sovrapposizione longitudinale tra fasce consecutive pari a circa 15 cm.
- Applicare, nelle zone in cui è stata posizionata la rete, il secondo strato di malta bicomponente fibrorinforzata per uno spessore di 15 mm, quando il primo è ancora fresco.

L'intervento va eseguito in entrambi i lati della muratura, sia interna che esterna.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 37 di 88

Per maggiori dettagli si rimanda alla tavola C.STR.1) Stato di progetto: Interventi di adeguamento sismico delle murature.

## 11.2 NUOVA COPERTURA IN CARPENTERIA METALLICA

Il progetto prevede la demolizione della copertura attuale e la realizzazione di una nuova copertura in acciaio. La nuova copertura è costituita da un sistema di capriate (travi reticolari) in acciaio poggianti sul nuovo cordolo sommitale che verrà realizzato contestualmente alla nuova copertura. Il solaio di copertura è così composto:

- Arcarecci HEA120
- Lamiera grecata collaborante (HI-BOND 75/P 760) con 3cm di getto di completamento,
- 10 cm di isolante in stiferite
- Un pannello OSB sp. 18mm
- Guaina ardesiata
- Manto di copertura con tegole portoghesi

Per la carpenteria e i dettagli costruttivi si rimanda alle tavole di progetto C.STR.3, C.STR.4, CSTR.5

## 11.3 CHIUSURA DI APERTURE NEI SETTI MURARIECON MURATURA AMMORZATA

Dalle analisi condotte si sono riscontrate delle carenze strutturali in presenza di alcune aperture le quali dividono le pareti in muratura in due maschi murari. Queste ne indeboliscono la capacità portante così da non soddisfare la verifica a carichi verticali sia al piano terra che al piano primo.

Per l'intervento in oggetto si è deciso di chiudere le aperture le quali comportano criticità alla struttura con muratura ammorzata nella muratura esistente così da garantire continuità nei setti murari.

Poiché l'edificio ha struttura portante in muratura l'incremento di peso dovuto all'intervento si ritiene trascurabile sia in termini di carichi in fondazione, sia in termini di aumento della massa sismica.

---

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 38 di 88

#### 11.4 INTERVENTO DI RINFORZO A TAGLIO DELLE TRAVI E DEI NODI

Le travi e i nodi deficitarie in termini di capacità portante nei confronti delle azioni sismiche e/o non sismiche vengono rinforzate a flessione ed a taglio mediante apposizione di fasce in fibra di carbonio con matrice epossidica.

I rinforzi a taglio consistono in fasce ad “U” collocate all'intradosso dell'elemento. Analogamente ai pilastri, anche i rinforzi a flessione delle travi sono resi solidali alla struttura in c.a. mediante angolari metallici e bulloni in corrispondenza dei nodi trave-pilastro.

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 39 di 88

## 12 ANALISI SOLAI

Nel presente capitolo sono riportate le verifiche delle varie tipologie di solai presenti nell'edificio.

### 12.1 PIANO TERRA- PRIMO IMPALCATO

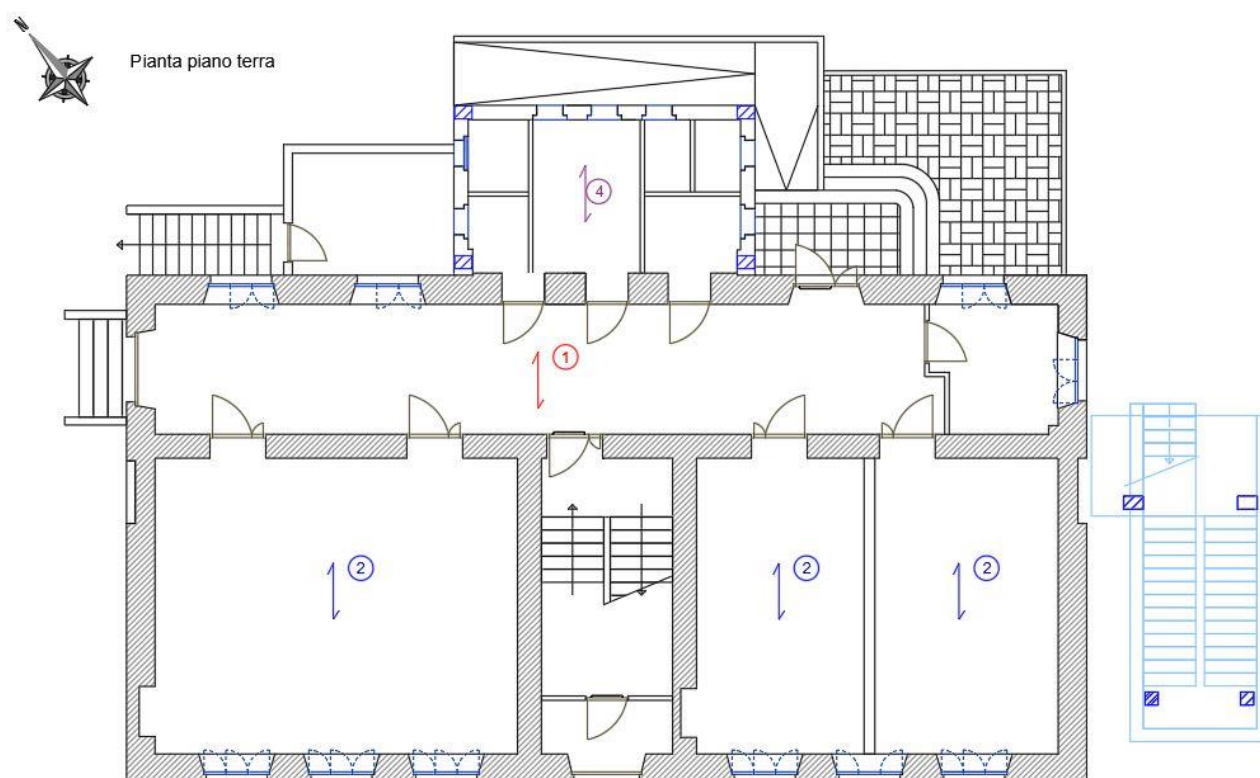


Figura 72 – Solaio primo impalcato

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 40 di 88

## 12.2 SOLAIO 1, PUTRELLE E TAVELLONI

Per la verifica dei solai con putrelle e tavelloni è stato adottato uno schema di calcolo con trave semplicemente appoggiata.

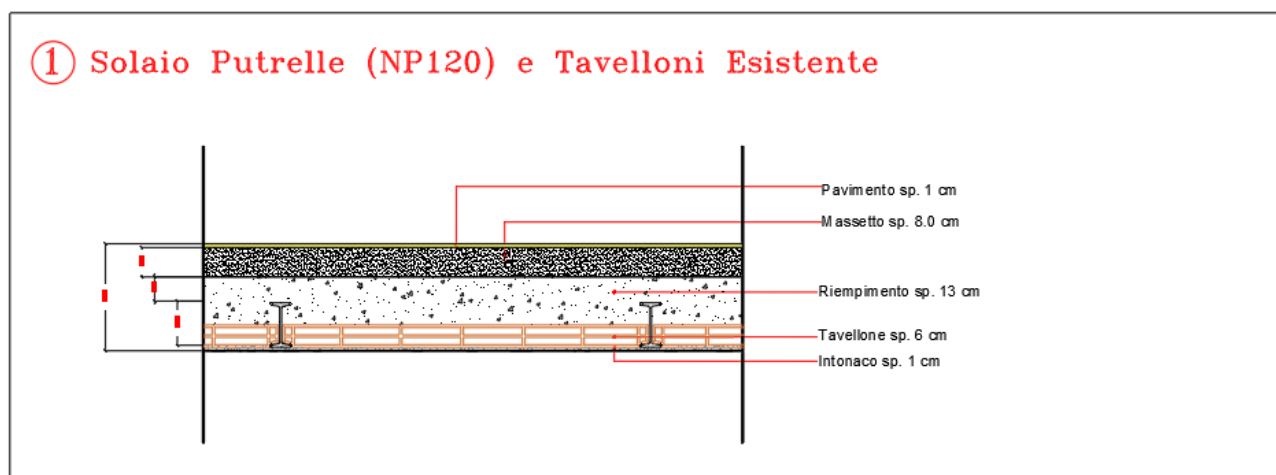


Figura 83 – Sezione solaio 1

### 12.2.1 ANALISI DEI CARICHI

Per il calcolo dei carichi permanenti del solaio sono stati considerati tutti gli elementi costitutivi rilevati in sede di sopralluogo. Il peso degli elementi al metro lineare [kg/m] è stato ottenuto con la seguente formula:

$$P = P_v \cdot S \cdot i$$

dove:  $P_v$  = Peso di volume;  $S$  = Spessore;  $i$  = interasse

I carichi variabili sono distinti per destinazione d'uso come indicato da tabella 3.1.II NTC- D.M. 2018. Si fa riferimento alla categoria C1, avendo un solaio di un edificio scolastico, quindi  $q_k = 300$  [kg/m²].

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi (SLU) si utilizza la Combinazione fondamentale:

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

Dati i valori dei carichi caratteristici permanenti  $G_k$  e variabili  $Q_k$ , moltiplicandoli per opportuni coefficienti di sicurezza si ottengono i valori di esercizio.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 41 di 88

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

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

La combinazione dei carichi in considerazione è quella più sfavorevole, così da poter valutare le sollecitazioni massime agenti sul solaio in esame.

PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI						
Elemento	Peso [Kg/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Interasse [m]	Peso [Kg/m]	Coefficiente $\gamma_{G1}$
Profilo NP120				1	11.1	1.3
Tavelloni	650	0.06	39	1	39	1.3
Riempimento	2000	0.13	260	1	260	1.3
<b>totale</b>				<b>G1</b>	<b>310.1</b>	<b>g1</b>
						<b>403.13</b>

PESO PROPRIO ELEMENTI NON STRUTTURALI						
Elemento	Peso [Kg/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Interasse [m]	Peso [Kg/m]	Coefficiente $\gamma_{G2}$
Pavimento	2200	0.01	22	1	22	1.5
Massetto	1800	0.08	144	1	144	1.5
Intonaco	2000	0.01	20	1	20	1.5
Controsoffitto			24	1	24	1.5
<b>totale</b>				<b>G2</b>	<b>210</b>	<b>g2</b>
						<b>315</b>

$Q_{VAR}$ [Kg/m <sup>2</sup> ]	Coefficiente $\gamma_{Qi}$	Interasse [m]
300	1.5	1
		450
		450

<b>P [kg/m]</b>	<b>1168.13</b>
-----------------	----------------

**Figura 9** - Analisi dei carichi solaio 1

## 12.2.2 MODELLO

Il modello utilizzato per il calcolo delle caratteristiche della sollecitazione è quello della trave appoggiata-appoggiata. La lunghezza della trave è stata incrementata di un 5% per tener conto dell'effettiva luce in virtù dell'appoggio.

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 42 di 88

### 12.2.3 CALCOLI

Note le caratteristiche geometriche della sezione, i carichi permanenti e di esercizio agenti per il solaio, è stata calcolata nella sezione di mezzaria la sollecitazione di momento massima:

$$M_{ed} = PL^2/8 = 1168,13 \text{ [Kg/m]} * 3,15^2 \text{ [m}^2\text{]} / 8 = 1448,84 \text{ [kgm]}$$

#### 12.2.3.1 Verifica momento

Per la verifica dei solai con putrelle e tavelloni è stato adottato uno schema di calcolo con trave semplicemente appoggiata.

$$- M_{RES} (NP120) = W_{EL} * f_{yd} = 54,7 \text{ [cm}^3\text{]} * 165,7 \text{ [N/mm}^2\text{]} = 906,4 \text{ daNm}$$

Con:

Dato che  $M_{res}/M_{ed}$  è uguale a 0,62 dunque inferiore all'unità, la verifica risulta non soddisfatta.

$$- FRECCIA = 5 * w * L^4 / 384 * E * I = 5 * 678 \text{ [kg/m}^2\text{]} * 3,15^4 \text{ [m}^4\text{]} / 384 * 2,1 * 10^{11} \text{ [N/m}^2\text{]} * 328 \text{ [cm}^4\text{]} = 0,012$$

Dove 678 kg/m è il  $q_{SLE}$  dato dalla seguente formula:  $G_1 + G_2 + Q_{VAR} * \psi = 344,1 + 124 + (300 * interasse) * 0,7$

Avendo considerato il caso di solai in generale dove  $\delta_{max}/L = 1/250 = 0,04$  quindi si ha che la deformazione è verificata.

#### 12.2.3.2 Verifica a taglio

Per svolgere la verifica a taglio si è fatto riferimento al § 4.2.4.1.2.4 delle NTC18, il cui taglio resistente in assenza di torsione risulta:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \sqrt{3} * \gamma$$

Con:

$$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f, \text{ per profilati I e H caricati nel piano dell'anima}$$

$f_{yk}$  espresso in MPa

$\gamma_{M0}$  pari a 1,05

A è l'area lorda del profilato in mm<sup>2</sup>

b è la larghezza delle ali del profilato in mm

$t_f$  è lo spessore delle ali in mm

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 43 di 88

$t_w$  è lo spessore dell'anima in mm

$r$  è il raggio di raccordo tra l'anima e le ali in mm

la verifica a taglio risulta essere soddisfatta se  $V_{Rd} \geq V_{Ed}$

Dato che  $V_{Rd}$  è uguale a 71,24 kN e  $V_{Ed}$  è uguale a 18,4 la verifica a taglio è soddisfatta.

## 12.2.4 POST-OPERAM

Per ovviare alle problematiche riscontrate durante le verifiche del momento resistente si interviene utilizzando il rinforzo strutturale di connettori a piolo Nelson e soletta fibrorinforzata alleggerita collaborante. Di seguito vengono riportati i calcoli:

### ① Solaio Putrelle (NP120) e Tavelloni Esistente Consolidato con Pioli Nelson

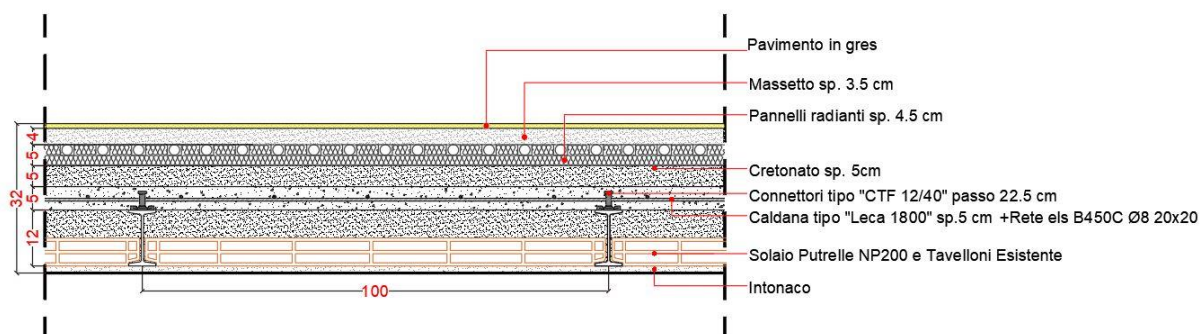


Figura 104 – Sezione solaio 1 Post Operam

## SOLAIO 1:

### Tipologia:

- Soletta piena
- Trave puntellata
- Trave in semplice appoggio con carichi uniformemente distribuiti

### Coefficienti di sicurezza:

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 44 di 88

Azioni - Permanenti strutturali: 1.30  
 Azioni - Permanenti non strutturali: 1.30  
 Azioni - Variabili: 1.50  
 Materiali - Acciaio: 1.10  
 Materiali - Calcestruzzo: 1.50  
 Materiali - Connettori: 1.25  
 Materiali - Lamiera grecata: 1.10  
 Materiali - Acciaio per barre: 1.15

Limite all'inflessione delta 2:  $L / 350$

Limite all'inflessione finale:  $L / 250$

### Geometria

Luce di calcolo: 315.0 cm  
 Interasse travi: 100.0 cm  
 Spessore soletta: 5.0 cm  
 Base efficace: 78.8 cm

Profilo: IPN 120

ha: 120.0 mm  
 bf: 58.0 mm  
 tf: 7.7 mm  
 bfi: 58.0 mm  
 tfi: 7.7 mm  
 tw: 5.1 mm  
 r0: 5.1 mm  
 r1: 3.1 mm

Area: 1420.0 mm<sup>2</sup>

---

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 45 di 88

Iy: 328.0 cm<sup>4</sup>

Wy Sup: 54700.0 mm<sup>3</sup>

Wy Inf: 54700.0 mm<sup>3</sup>

W Ply: 63600.0 mm<sup>3</sup>

Acciaio S235

fy: 235 N/mm<sup>2</sup>

Es: 210000 N/mm<sup>2</sup>

Calcestruzzo: Leca CLS 1800

fck: 41 N/mm<sup>2</sup>

Rck: 45 N/mm<sup>2</sup>

Densità: 19.50 kN/m<sup>3</sup>

E cm: 25000 N/mm<sup>2</sup>

#### Carichi

Peso proprio: 1.09 kN/m<sup>2</sup>

Altri p.p.: 1.65 kN/m<sup>2</sup>

Sottofondo: 0.37 kN/m<sup>2</sup>

Pavimento: 0.30 kN/m<sup>2</sup>

Tramezzi: 1.00 kN/m<sup>2</sup>

Altri perm.: 0.00 kN/m<sup>2</sup>

Variabili: 3.00 kN/m<sup>2</sup>

#### Fase 1+2 - sezione mista - SLU - STATO LIMITE ULTIMO

Classe sezione mista: 1

Calcolo elastico

Azioni: 11.53 kN/m

Posizione asse neutro: 5.71 cm

Altezza totale: 17.00 cm

#### **Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 46 di 88

Momento sollecitante - MEd: 14.3 kNm  
 Momento resistente - MRd: 14.9 kNm  
 Verifica momento: 0.96  
 Taglio sollecitante - VEd: 18.2 kNm  
 Taglio resistente - VRd: 75.5 kN  
 Verifica taglio: 0.24

#### Fase 1+2 - SLS - STATO LIMITE DI SERVIZIO

Delta 0 - pre-monta iniziale: 0.0 mm  
 Delta 1 - Sezione: mista - Carichi: P.p. + Perm.: 2.7 mm  
 Delta 2 - Sezione: mista - Carichi: Var.+ viscosità: 2.3 mm  
 Delta 2 da ritiro: 3.1 mm  
 Delta 2 totale: 5.4 mm = L / 583  
 Delta finale totale: 8.1 mm = L / 388  
 Asse neutro elastico dall'estradosso: 5.7 cm  
 Coefficiente di omogeneizzazione istantaneo: 8.40  
 Momento di inerzia sezione omog. istantaneo: 1212.6 cm<sup>4</sup>  
 Coefficiente di omogeneizzazione - n: 16.80  
 Momento di inerzia sezione omog.: 1015.7 cm<sup>4</sup>  
 Incremento freccia per interazione incompleta - i: 1.00  
 Frequenza fondamentale naturale: 9.5 Hz  
 calcolata con combinazione frequente. Psi1= 0.7

#### Fase 1+2 - sezione mista - Connessione

Connessione elastica

Compressione nella soletta in calcestruzzo:

Nc data dai connettori posizionati(kN): 108

---

#### **Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 47 di 88

Nc,f relativa al completo ripristino di resistenza(kN): 303

Nc,el relativa al massimo momento elastico Mel,Rd (kN): 139

Tipo Connettore: CTF 12/40

Altezza: 40 mm

Resistenza del connettore - Prd: 30.90 kN

Resistenza connessione PRd \* k: 30.90 kN

Connettore rigido.

Distribuzione uniforme:

L= 315.0 cm

Numero connettori= 14

Passo= 22.5 cm

Fase 1+2 - sezione mista - Armatura trasversale in acciaio B450C

Soletta: 1.8 cm<sup>2</sup>/m

Note:

Il connettore va disposto con l'asse dei chiodi a 45° rispetto all'asse della trave.

Spessore ala inferiore a 8 mm. Come indicato nell'ETA i valori di resistenza del connettore sono ridotti in proporzione allo spessore dell'ala.

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 48 di 88

## 12.3 SOLAIO 2, PUTRELLE E TAVELLONI

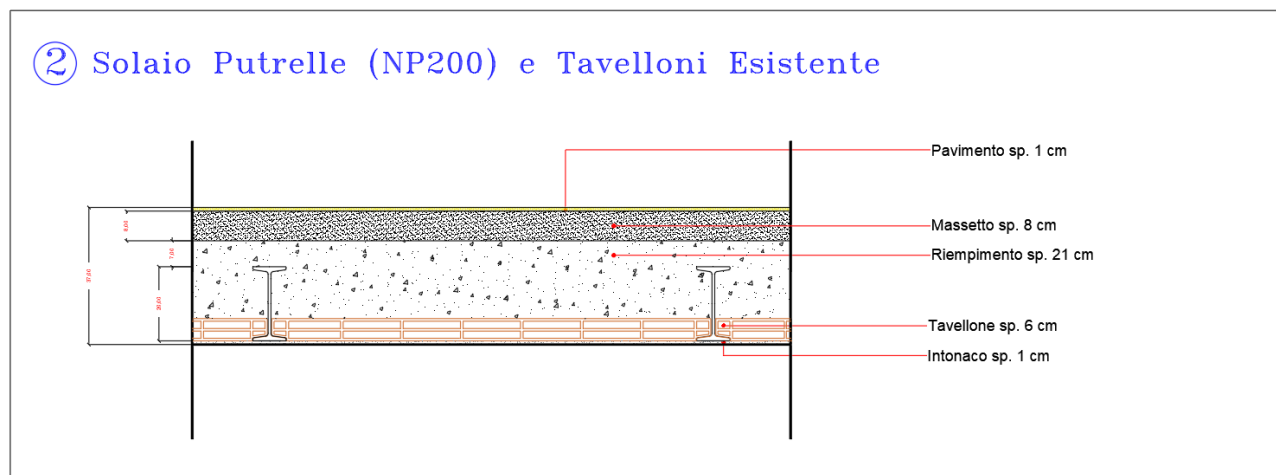


Figura 11 – Sezione solaio 2

### 12.3.1 ANALISI DEI CARICHI

Per il calcolo dei carichi permanenti del solaio sono stati considerati tutti gli elementi costitutivi rilevati in sede di sopralluogo. Il peso degli elementi al metro lineare [kg/m] è stato ottenuto con la seguente formula:

$$P = P_v \cdot S \cdot i$$

dove:  $P_v$  = Peso di volume;  $S$  = Spessore;  $i$  = interasse

I carichi variabili sono distinti per destinazione d'uso come indicato da tabella 3.1.II NTC- D.M. 2018. Si fa riferimento alla categoria C1, avendo un solaio di un edificio scolastico, quindi  $q_k = 300$  [kg/m<sup>2</sup>].

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi (SLU) si utilizza la Combinazione fondamentale:

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

Dati i valori dei carichi caratteristici permanenti  $G_k$  e variabili  $Q_k$ , moltiplicandoli per opportuni coefficienti di sicurezza si ottengono i valori di esercizio.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 49 di 88

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

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

La combinazione dei carichi in considerazione è quella più sfavorevole, così da poter valutare le sollecitazioni massime agenti sul solaio in esame.

PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI						
Elemento	Peso [Kg/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Interasse [m]	Peso [Kg/m]	Coefficiente $\gamma_{G1}$
Profilo NP120				1.2	11.1	1.3
Tavelloni	650	0.06	39	1.2	46.8	1.3
Riempimento	2000	0.21	420	1.2	504	1.3
totale				G1	561.9	g1
						730.47

PESO PROPRIO ELEMENTI NON STRUTTURALI						
Elemento	Peso [Kg/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Interasse [m]	Peso [Kg/m]	Coefficiente $\gamma_{G2}$
Pavimento	2200	0.01	22	1.2	26.4	1.5
Massetto	1800	0.08	144	1.2	172.8	1.5
Intonaco	2000	0.01	20	1.2	24	1.5
Controsoffitto			24	1.2	28.8	1.5
totale				G2	252	g2
						378

$Q_{VAR}$ [Kg/m <sup>2</sup> ]	Coefficiente $\gamma_{Qi}$	Interasse [m]
300	1.5	1.2
		450
		540

P [kg/m]	1648.47
----------	---------

**Figura 11 - Analisi dei carichi**

**Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 50 di 88

### 12.3.2 MODELLO

Il modello utilizzato per il calcolo delle caratteristiche della sollecitazione è quello della trave appoggiata-appoggiata.

La lunghezza della trave è stata incrementata di un 5% per tener conto dell'effettiva luce in virtù dell'appoggio.

### 12.3.3 CALCOLI

Note le caratteristiche geometriche della sezione, i carichi permanenti e di esercizio agenti per il solaio, è stata calcolata nella sezione di mezzaria la sollecitazione di momento massima:

$$M_{ed} = PL^2/8 = 1648,47 \text{ [Kg/m]} * 7,14^2 \text{ [m}^2\text{]} / 8 = 10504,8 \text{ [kgm]}$$

#### 12.3.3.1 Verifica

$$- M_{RES} (NP200) = W_{EL} * f_{yd} = 214 \text{ [cm}^3\text{]} * 165,7 \text{ [N/mm}^2\text{]} = 3546 \text{ daNm}$$

Dato che  $M_{res}/M_{ed}$  è uguale a 0,33 dunque inferiore all'unità, la verifica risulta non soddisfatta.

$$- FRECCIA = 5 * w * L^4 / 384 * E * I = 5 * 828,4 \text{ [kg/m}^2\text{]} * 7,14^4 \text{ [m]} / 384 * 2,1 * 10^{11} \text{ [N/m}^2\text{]} * 2140 \text{ [cm}^4\text{]} = 0,062$$

Dove 828,4 kg/m è il  $q_{SLE}$  dato dalla seguente formula:  $G_1 + G_2 + Q_{VAR} * \psi = 431,3 + 52 + (300 * interasse) * 0,7$

Avendo considerato il caso di solai in generale dove  $\delta_{max}/L = 1/250 = 0,04$  quindi si ha che la deformazione è verificata.

#### 12.3.3.2 Verifica a taglio

Per svolgere la verifica a taglio si è fatto riferimento al § 4.2.4.1.2.4 delle NTC18, il cui taglio resistente in assenza di torsione risulta:

$$V_{c,Rd} = A_v * f_{yk} / \sqrt{3} * \gamma$$

Con:

$$A_v = A - 2 * b * t_f + (t_w + 2 * r) * t_f, \text{ per profilati I e H caricati nel piano dell'anima}$$

$f_{yk}$  espresso in MPa

$\gamma_{M0}$  pari a 1,05

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 51 di 88

A è l'area lorda del profilato in mm<sup>2</sup>

b è la larghezza delle ali del profilato in mm

t<sub>f</sub> è lo spessore delle ali in mm

t<sub>w</sub> è lo spessore dell'anima in mm

r è il raggio di raccordo tra l'anima e le ali in mm

La verifica a taglio risulta essere soddisfatta se  $V_{Rd} \geq V_{Ed}$  dato che  $V_{Rd}$  è uguale a 172,44 KN e  $V_{Ed}$  è uguale a 58,8KN.

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilaria@studiobaffo.it](mailto:ilaria@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 52 di 88

#### 12.3.4 POST-OPERAM

Viene saldato metà profilo IPE 330 per aumentare il momento d'inerzia e risolvere le problematiche dovute al momento flettente ed inoltre si interviene utilizzando il rinforzo strutturale di connettori a piolo Nelson e soletta fibrorinforzata alleggerita collaborante. Di seguito vengono riportati i calcoli:

##### ② Solaio Putrelle (NP200) e Tavelloni Esistente Consolidato con IPE330 e Pioli Nelson

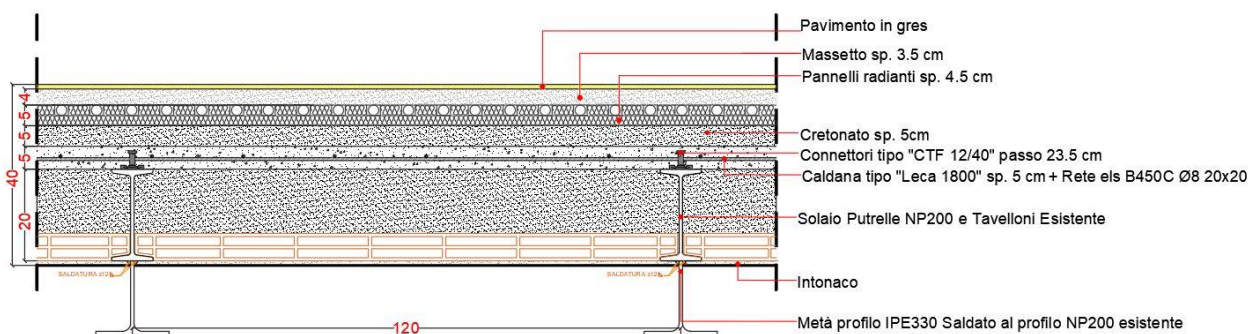


Figura 125 – Sezione solaio 2 Post Operam

#### SOLAIO 2:

##### Tipologia

- Soletta piena
- Trave puntellata
- Trave in semplice appoggio con carichi uniformemente distribuiti
- Ambiente secco

##### Coefficienti di sicurezza:

- Azioni - Permanenti strutturali: 1.30
- Azioni - Permanenti non strutturali: 1.30
- Azioni - Variabili: 1.50
- Materiali - Acciaio: 1.10
- Materiali - Calcestruzzo: 1.50
- Materiali - Connettori: 1.25

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 53 di 88

- Materiali - Lamiera grecata: 1.10

- Materiali - Acciaio per barre: 1.15

Limite all'inflessione delta 2:  $L / 350$

Limite all'inflessione finale:  $L / 250$

### Geometria

- Luce di calcolo: 714.0 cm

- Interasse travi: 120.0 cm

- Spessore soletta: 5.0 cm

- Base efficace: 120.0 cm

Profilo: utente

ha: 365.0 mm

bf: 90.0 mm

tf: 11.3 mm

bfi: 160.0 mm

tfi: 11.5 mm

tw: 7.5 mm

r0: 0.0 mm

r1: 0.0 mm

Area: 5423.5 mm<sup>2</sup>

Iy: 11048.4 cm<sup>4</sup>

Wy Sup: 527986.6 mm<sup>3</sup>

Wy Inf: 709391.0 mm<sup>3</sup>

W Ply: 702145.2 mm<sup>3</sup>

Acciaio S235

fy: 235 N/mm<sup>2</sup>

Es: 210000 N/mm<sup>2</sup>

Calcestruzzo: Leca CLS 1800

### **Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 54 di 88

fck: 41 N/mm<sup>2</sup>

Rck: 45 N/mm<sup>2</sup>

Densità: 19.50 kN/m<sup>3</sup>

E cm: 25000 N/mm<sup>2</sup>

#### Carichi

Peso proprio: 1.33 kN/m<sup>2</sup>

Altri p.p.: 3.33 kN/m<sup>2</sup>

Sottofondo: 1.37 kN/m<sup>2</sup>

Pavimento: 0.30 kN/m<sup>2</sup>

Tramezzi: 1.00 kN/m<sup>2</sup>

Altri perm.: 0.00 kN/m<sup>2</sup>

Variabili: 3.00 kN/m<sup>2</sup>

#### Fase 1+2 - sezione mista - SLU - STATO LIMITE ULTIMO

Classe sezione mista: 1

Calcolo elastico

Azioni: 16.83 kN/m

Posizione asse neutro: 16.62 cm

Altezza totale: 41.50 cm

Momento sollecitante - MEd: 107.3 kNm

Momento resistente - MRd: 109.5 kNm

Verifica momento: 0.98

Taglio sollecitante - VEd: 60.1 kNm

Taglio resistente - VRd: 337.7 kN

Verifica taglio: 0.18

#### Fase 1+2 - SLS - STATO LIMITE DI SERVIZIO

---

#### **Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 55 di 88

Delta 0 - pre-monta iniziale: 0.0 mm

Delta 1 - Sezione: mista - Carichi: P.p. + Perm.: 5.0 mm

Delta 2 - Sezione: mista - Carichi: Var.+ viscosità: 3.7 mm

Delta 2 da ritiro: 4.7 mm

Delta 2 totale: 8.4 mm = L / 854

Delta finale totale: 13.4 mm = L / 533

Asse neutro elastico dall'estradosso: 16.6 cm

Coefficiente di omogeneizzazione istantaneo: 8.40

Momento di inerzia sezione omog. istantaneo: 28114.1 cm<sup>4</sup>

Coefficiente di omogeneizzazione - n: 16.80

Momento di inerzia sezione omog.: 22939.7 cm<sup>4</sup>

Incremento freccia per interazione incompleta - i: 1.00

Frequenza fondamentale naturale: 7.3 Hz

calcolata con combinazione frequente. Psi1= 0.7

#### Fase 1+2 - sezione mista - Connessione

Connessione elastica

Compressione nella soletta in calcestruzzo:

Nc data dai connettori posizionati(kN): 241

Nc,f relativa al completo ripristino di resistenza(kN): 1159

Nc,el relativa al massimo momento elastico Mel,Rd (kN): 433

Tipo Connettore: CTF 12/40

Altezza: 40 mm

Resistenza del connettore - Prd: 32.10 kN

#### **Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 56 di 88

Resistenza connessione PRd \* k: 32.10 kN

Connettore rigido.

Distribuzione uniforme:

L= 714.0 cm

Numero connettori= 30

Passo= 23.8 cm

Fase 1+2 - sezione mista - Armatura trasversale in acciaio B450C

Soletta: 1.7 cm<sup>2</sup>/m

Note:

Il connettore va disposto con l'asse dei chiodi a 45° rispetto all'asse della trave.

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 57 di 88

## 12.4 SOLAIO 4, LATERO CEMENTO

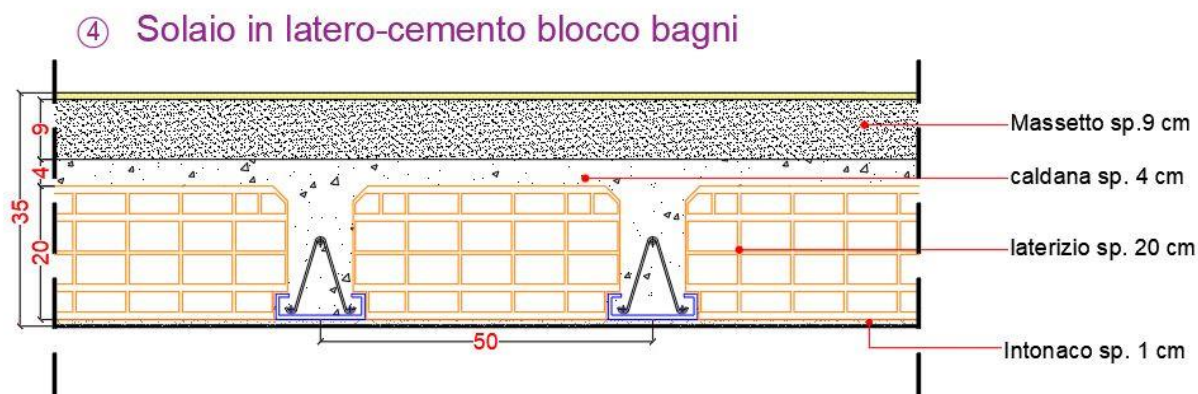


Figura 136 – Sezione solaio 4

### 12.4.1 ANALISI DEI CARICHI

Per il calcolo dei carichi permanenti del solaio sono stati considerati tutti gli elementi costitutivi rilevati in sede di sopralluogo. Il peso degli elementi al metro lineare [kg/m] è stato ottenuto con la seguente formula:

$$P = P_v \cdot S \cdot i$$

dove:  $P_v$  = Peso di volume;  $S$  = Spessore;  $i$  = interasse

I carichi variabili sono distinti per destinazione d'uso come indicato da tabella 3.1.II NTC- D.M. 2018. Si fa riferimento alla categoria C1, avendo un solaio di un edificio scolastico, quindi  $q_k = 300$  [kg/m<sup>2</sup>].

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi (SLU) si utilizza la Combinazione fondamentale:

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

Dati i valori dei carichi caratteristici permanenti  $G_k$  e variabili  $Q_k$ , moltiplicandoli per opportuni coefficienti di sicurezza si ottengono i valori di esercizio.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 58 di 88

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

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

La combinazione dei carichi in considerazione è quella più sfavorevole, così da poter valutare le sollecitazioni massime agenti sul solaio in esame.

PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI						
Elemento	Peso [Kg/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Interasse [m]	Peso [Kg/m]	Coefficiente $\gamma_{G1}$
Travetto	2500	0.2	100	0.5	50	1.3
Pignatta	800	0.2	128	0.5	64	1.3
Caldana	2500	0.04	100	0.5	50	1.3
<b>totale</b>				<b>G1</b>	<b>164 g1</b>	<b>213.2</b>

PESO PROPRIO ELEMENTI NON STRUTTURALI						
Elemento	Peso [Kg/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Interasse [m]	Peso [Kg/m]	Coefficiente $\gamma_{G2}$
Pavimento	2200	0.01	22	0.5	11	1.5
Massetto	1800	0.09	162	0.5	81	1.5
Intonaco	2000	0.01	20	0.5	10	1.5
Controsoffitto			24	0.5	12	1.5
<b>totale</b>				<b>G2</b>	<b>114 g2</b>	<b>171</b>

$Q_{VAR}$ [Kg/m <sup>2</sup> ]	Coefficiente $\gamma_{Qi}$	Interasse [m]
300	1.5	0.5
		450
		225

<b>P [kg/m]</b>	<b>609.2</b>
-----------------	--------------

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 59 di 88

#### 12.4.2 MODELLO

Il modello utilizzato per il calcolo delle caratteristiche della sollecitazione è quello della trave semi-incastata.

La lunghezza della trave è stata incrementata di un 5% per tener conto dell'effettiva luce in virtù dell'appoggio.

#### 12.4.3 CALCOLI

Note le caratteristiche geometriche della sezione, i carichi permanenti e di esercizio agenti per il solaio, è stata calcolata nella sezione di mezzaria la sollecitazione di momento massima:

$$M_{ed} = PL^2 / 12 = 609,2 \text{ [Kg/m]} * 3,70^2 \text{ [m}^2\text{]} / 12 = 694,99 \text{ [kgm]}$$

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 60 di 88

#### 12.4.4 VERIFICA

Verifica C.A. S.L.U. - File

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica

**Titolo:** Ante Operam Solaio 4

N° strati barre 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	4
2	10	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	0.90	22

**Tipo Sezione**

☐ Rettan.re ☐ Trapezi

☒ a T ☐ Circolare

☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni**

S.L.U. Metodo n

N<sub>Ed</sub> 0 kN

M<sub>xEd</sub> 0 kNm

M<sub>yEd</sub> 0

**P.to applicazione N**

☒ Centro ☐ Baricentro cls

☐ Coord.[cm] xN 0 yN 0

**Tipo rottura**

Lato acciaio - Acciaio snervato

**Metodo di calcolo**

☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-

☐ Metodo n

**Tipo flessione**

☒ Retta ☐ Deviata

**Materiali**

B450C C25/30

$\epsilon_{su}$  67.5 ‰  $\epsilon_{c2}$  2 ‰

$f_{yd}$  391.3 N/mm²  $\epsilon_{cu}$  3.5 ‰

$E_s$  200,000 N/mm²  $f_{cd}$  14.17

$E_s/E_c$  15  $f_{cc}/f_{cd}$  0.8 ?

$\epsilon_{syd}$  1.957 ‰  $\sigma_{c,adm}$  9.75

$\sigma_{s,adm}$  255 N/mm²  $\tau_{co}$  0.6

$\tau_{c1}$  1.829

M<sub>xRd</sub> 7.65 kN m

$\sigma_c$  -14.17 N/mm²

$\sigma_s$  391.3 N/mm²

$\epsilon_c$  2.217 ‰

$\epsilon_s$  67.5 ‰

d 22 cm

x 0.699 x/d 0.0318

$\delta$  0.7

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N

L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Il solaio risulta dunque verificato.

Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 61 di 88

#### 12.4.5 POST OPERAM

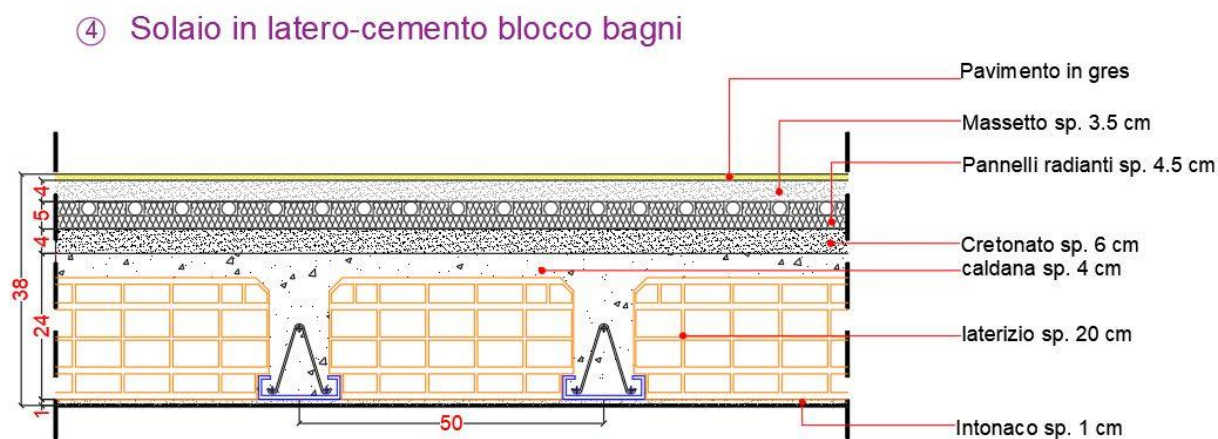


Figura 147 – Sezione solaio 4 – post operam

Negli interventi previsti dall'adeguamento sismico non vengono apportate modifiche strutturali al solaio di tipo 4 in quanto risulta verificato.

Vengono altresì eseguite solamente modifiche ai carichi, seguite dalle dovute verifiche.

#### 12.4.6 ANALISI DEI CARICHI

Per il calcolo dei carichi permanenti del solaio sono stati considerati tutti gli elementi costitutivi rilevati in sede di sopralluogo. Il peso degli elementi al metro lineare [kg/m] è stato ottenuto con la seguente formula:

$$P = P_V \cdot S \cdot i$$

dove:  $P_V$  = Peso di volume;  $S$  = Spessore;  $i$  = interasse

I carichi variabili sono distinti per destinazione d'uso come indicato da tabella 3.1.II NTC- D.M. 2018. Si fa riferimento alla categoria C1, avendo un solaio di un edificio scolastico, quindi  $q_k = 300$  [kg/m²].

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi (SLU) si utilizza la Combinazione fondamentale:

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

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 62 di 88

Dati i valori dei carichi caratteristici permanenti  $G_k$  e variabili  $Q_k$ , moltiplicandoli per opportuni coefficienti di sicurezza si ottengono i valori di esercizio.

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

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili $Q$	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

La combinazione dei carichi in considerazione è quella più sfavorevole, così da poter valutare le sollecitazioni massime agenti sul solaio in esame.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 63 di 88

PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI						
Elemento	Peso [Kg/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Interasse [m]	Peso [Kg/m]	Coefficiente γ <sub>G1</sub>
Travetto	2500	0.2	100	0.5	50	1.3
Pignatta	800	0.2	128	0.5	64	1.3
Caldana	2500	0.04	100	0.5	50	1.3
totale				G1	164	g1
						213.2

PESO PROPRIO ELEMENTI NON STRUTTURALI						
Elemento	Peso [Kg/m³]	Spessore [m]	Peso [Kg/m²]	Interasse [m]	Peso [Kg/m]	Coefficiente $\gamma_{G2}$
Pavimento in gres		0.01	30	0.5	15	1.5
Cretonato	1300	0.04	52	0.5	26	1.5
Pannelli radianti	50	0.05	2.5	0.5	1.25	1.5
Massetto leggero	1300	0.04	52	0.5	26	1.5
Controsoffitto			24	0.5	12	1.5
totale				G2	80.25	g2
						120.375

$Q_{VAR}$ [Kg/m <sup>2</sup> ]	Coefficiente $\gamma_{Q1}$	Interasse [m]
300	1.5	0.5
		450
		225

<b>P [kg/m]</b>	<b>558.575</b>
-----------------	----------------

#### 12.4.7 MODELLO

Il modello utilizzato per il calcolo delle caratteristiche della sollecitazione è quello della trave semi-incastata.

La lunghezza della trave è stata incrementata di un 5% per tener conto dell'effettiva luce in virtù dell'appoggio.

#### 12.4.8 CALCOLI

Note le caratteristiche geometriche della sezione, i carichi permanenti e di esercizio agenti per il solaio, è stata calcolata nella sezione di mezzaria la sollecitazione di momento massima:

$$M_{ed} = PL^2 / 12 = 558,57 \text{ [Kg/m]} * 3,70^2 \text{ [m}^2\text{]} / 12 = 636,23 \text{ [kgm]}$$

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 64 di 88

#### 12.4.9 VERIFICA

Per le verifiche si rimanda al paragrafo 11.12.4 in quanto il momento agente di progetto risulta inferiore al momento agente ante-operam e il momento resistente risulta lo stesso. Di conseguenza il solaio 4 risulta verificato.

---

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 65 di 88

## 12.5 PIANO PRIMO – SECONDO IMPALCATO

Pianta piano primo

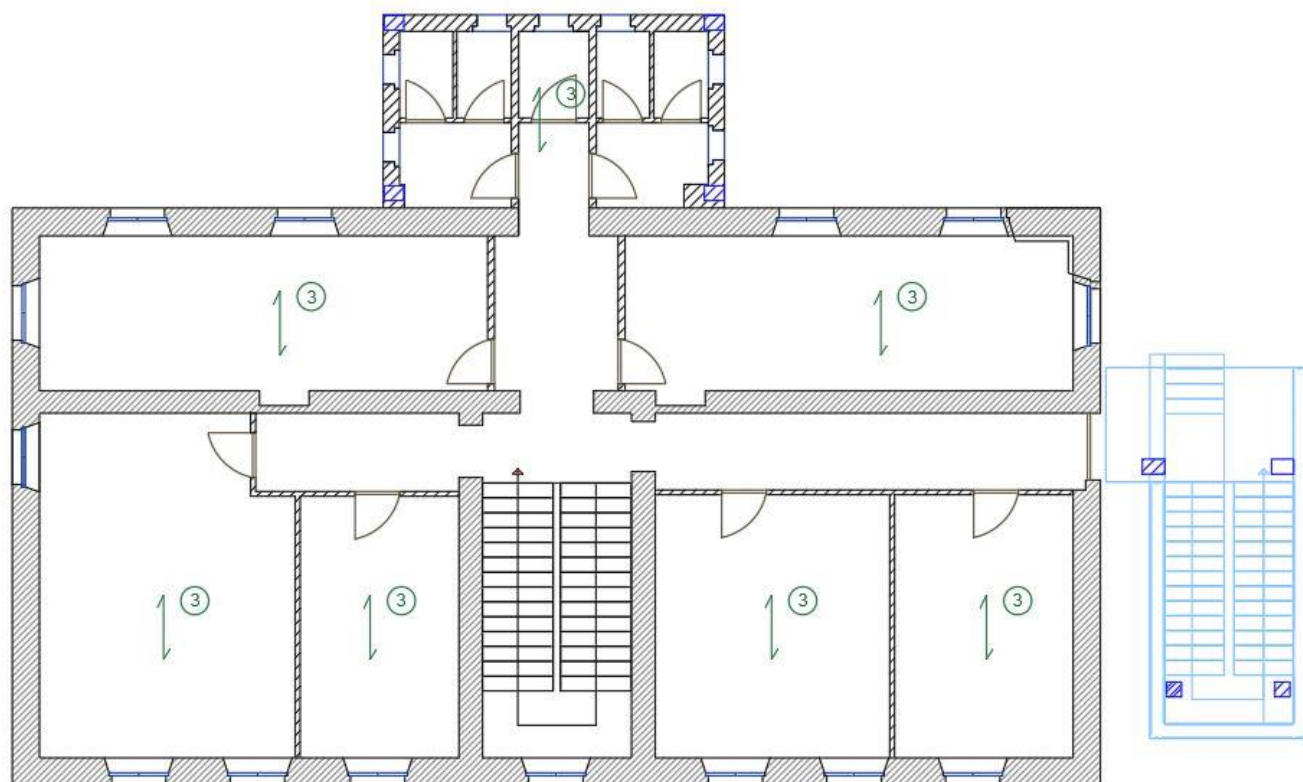


Figura 78 – Pianta secondo impalcato

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 66 di 88

## 12.6 SOLAIO 3, LATERO CEMENTO

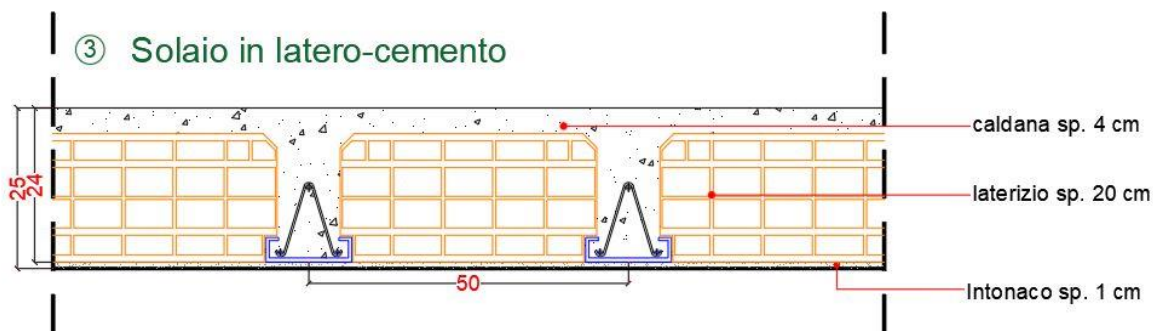


Figura 159 – Sezione solaio 3

### 12.6.1 ANALISI DEI CARICHI

Per il calcolo dei carichi permanenti del solaio sono stati considerati tutti gli elementi costitutivi rilevati in sede di sopralluogo. Il peso degli elementi al metro lineare [kg/m] è stato ottenuto con la seguente formula:

$$P = P_v \cdot S \cdot i$$

dove:  $P_v$  = Peso di volume;  $S$  = Spessore;  $i$  = interasse

I carichi variabili sono distinti per destinazione d'uso come indicato da tabella 3.1.II NTC- D.M. 2018. Si fa riferimento alla categoria C1, avendo un solaio di un edificio scolastico, quindi  $q_k = 300$  [kg/m<sup>2</sup>].

Ai fini delle verifiche degli stati limite ultimi (SLU) si utilizza la Combinazione fondamentale:

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

Dati i valori dei carichi caratteristici permanenti  $G_k$  e variabili  $Q_k$ , moltiplicandoli per opportuni coefficienti di sicurezza si ottengono i valori di esercizio.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 67 di 88

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

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1	A2
Carichi permanenti $G_1$	Favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali $G_2^{(1)}$	Favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,8	0,8	0,8
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Azioni variabili Q	Favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

La combinazione dei carichi in considerazione è quella più sfavorevole, così da poter valutare le sollecitazioni massime agenti sul solaio in esame.

PESO PROPRIO ELEMENTI STRUTTURALI						
Elemento	Peso [Kg/m <sup>3</sup> ]	Spessore [m]	Peso [Kg/m <sup>2</sup> ]	Interasse [m]	Peso [Kg/m]	Coefficiente $\gamma_{G1}$
Travetto	2500	0.2	100	0.5	50	1.3
Pignatta	800	0.2	128	0.5	64	1.3
Caldana	2500	0.04	100	0.5	50	1.3
Intonaco	2000	0.01	20	0.5	10	1.5
<b>totale</b>				<b>G1</b>	<b>174</b>	<b>g1</b>
						<b>226.2</b>

$Q_{VAR}$ [Kg/m <sup>2</sup> ]	Coefficiente $\gamma_{Qi}$	Interasse [m]
50	1.5	0.5
		75
		37.5

<b>P [kg/m]</b>	<b>263.7</b>
-----------------	--------------

## 12.6.2 MODELLO

Il modello utilizzato per il calcolo delle caratteristiche della sollecitazione è quello della trave semi-incastata.

La lunghezza della trave è stata incrementata di un 5% per tener conto dell'effettiva luce in virtù dell'appoggio.

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 68 di 88

### 12.6.3 CALCOLI

Note le caratteristiche geometriche della sezione, i carichi permanenti e di esercizio agenti per il solaio, è stata calcolata nella sezione di mezzaria la sollecitazione di momento massima:

$$M_{ed} = PL^2/12 = 263,7 \text{ [Kg/m]} * 3,70^2 \text{ [m}^2\text{]} / 12 = 300,83 \text{ [kgm]}$$

### 12.6.4 VERIFICA

Verifica C.A. S.L.U. - File: \_ □ ×

File Materiali Opzioni Visualizza Progetto Sez. Rett. Sismica Normativa: ?

**Titolo:** Ante Operam Solaio 3

N° strati barre: 1 Zoom

N°	b [cm]	h [cm]
1	50	4
2	10	20

N°	As [cm²]	d [cm]
1	0.59	22

**Tipo Sezione**  
☐ Rettan.re ☐ Trapezi  
☒ a T ☐ Circolare  
☐ Rettangoli ☐ Coord.

**Sollecitazioni**  
S.L.U. Metodo n  
N<sub>Ed</sub> 0 0 kN  
M<sub>xEd</sub> 0 kNm  
M<sub>yEd</sub> 0 0

**P.to applicazione N**  
☒ Centro ☐ Baricentro cls  
☐ Coord.[cm] xN 0  
yN 0

**Tipo rottura**  
Lato acciaio - Acciaio snervato

**Materiali**  

**B450C**  
ε<sub>su</sub> 67.5 ‰  
f<sub>yd</sub> 391.3 N/mm²  
E<sub>s</sub> 200,000 N/mm²  
E<sub>s</sub>/E<sub>c</sub> 15  
ε<sub>syd</sub> 1.957 ‰  
σ<sub>s,adm</sub> 255 N/mm²

**C25/30**  
ε<sub>c2</sub> 2 ‰  
ε<sub>cu</sub> 3.5  
f<sub>cd</sub> 14.17  
f<sub>cc</sub>/f<sub>cd</sub> 0.8  
σ<sub>c,adm</sub> 9.75  
τ<sub>co</sub> 0.6  
τ<sub>c1</sub> 1.829

M<sub>xRd</sub> 5.031 kN m

σ<sub>c</sub> -13.78 N/mm²  
σ<sub>s</sub> 391.3 N/mm²  
ε<sub>c</sub> 1.67 ‰  
ε<sub>s</sub> 67.5 ‰  
d 22 cm  
x 0.531 x/d 0.02415  
δ 0.7

**Metodo di calcolo**  
☒ S.L.U.+ ☐ S.L.U.-  
☐ Metodo n

**Tipo flessione**  
☒ Retta ☐ Deviata

N° rett. 100

Calcola MRd Dominio M-N  
L<sub>0</sub> 0 cm Col. modello

☐ Precompresso

Il solaio risulta dunque verificato.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 69 di 88

## 13 ANALISI VULNERABILITA' SISMICA ANTE-OPERAM

### 13.1 CALCOLO DELL'INDICATORE DI RISCHIO SISMICO ANTE-OPERAM

Con l'analisi non Lineare (push-over) è stato possibile determinare per ogni condizione di carico il massimo sisma che la struttura è in grado di sopportare senza oltrepassare il dato stato limite. Il massimo sisma è espresso in termini di accelerazione di picco al suolo ( $PGA_{CLV}$ ). In accordo con l'OPCM 3274 il livello di sicurezza sismico può essere espresso in termini di rapporto tra la capacità di accelerazione e la domanda di accelerazione (ovvero l'accelerazione di picco al suolo prevista dalla normativa per un dato stato limite).

Si definiscono due tipi di indicatori di rischio: il primo dato dal rapporto fra capacità e domanda in termini di PGA ed il secondo espresso dall'analogo rapporto fra i periodi di ritorno dell'azione sismica.

Il primo rapporto è concettualmente lo stesso utilizzato come indicatore di rischio per le verifiche sismiche effettuate per l'Annualità 2004, quindi in coerenza con gli Allegati all'Ordinanza 3274/03 e s.m.i. e con il Decreto del Capo Dipartimento di Protezione Civile n. 3685/03.

Tale indicatore, nel nuovo quadro normativo di riferimento determinatosi con le nuove NTC, non è sufficiente a descrivere compiutamente il rapporto fra le azioni sismiche, vista la maggiore articolazione della definizione di queste ultime. Esso, tuttavia, continua a rappresentare una *"scala di percezione"* del rischio, ormai largamente utilizzata e con la quale è bene mantenere una affinità.

Viene quindi introdotto il secondo rapporto, fra i periodi di ritorno di Capacità e Domanda. Quest'ultimo, però, darebbe luogo ad una scala di rischio molto diversa a causa della conformazione delle curve di pericolosità (*accelerazione o ordinata spettrale in funzione del periodo di ritorno*), che sono tipicamente concave. Al fine di ottenere una scala di rischio simile alla precedente, quindi, il rapporto fra i periodi propri viene elevato ad un coefficiente *"a"* = **1/2,43** ottenuto dall'analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale.

$S_t$  : fattore di amplificazione topografica.

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 70 di 88

$S_s$  : fattore di suolo.

$A_{gCLV}$  : accelerazione massima di base.

$A_{gDLV}$  : accelerazione di riferimento..

$PGA_{CLV}$  : accelerazione di picco al suolo ( $PGA_{CLV} = S_t \cdot S_s \cdot A_{gCLV}$ ).

$PGA_{DLV}$  : accelerazione di picco al suolo di riferimento ( $PGA_{DLV} = S_t \cdot S_s \cdot A_{gDLV}$ ).

$\alpha_{PGA,V}$  : indicatore di rischio in termini di accelerazione ( $PGA_{CLV} / PGA_{DLV}$ ).

$T_{RCLV}$  : periodo di ritorno associato al raggiungimento dello stato limite.

$T_{RDLV}$  : periodo di ritorno associato all'azione sismica del luogo.

$\alpha_{TR,V}$  : indicatore di rischio in termini di periodo di ritorno ( $T_{RCLV} / T_{RDLV}$ )<sup>a</sup>.

### 13.1.1 ANALISI BLOCCO SCUOLA

Cond.	$S_t$	$S_s$	$A_{gCLV}$	$A_{gDLV}$	$PGA_{CLV}$	$PGA_{DLV}$	$\alpha_{PGA,V}$	$T_{RCLV}$	$T_{RDLV}$	$\alpha_{TR,V}$
Cond_X_1(+); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.1850	0.1880	0.2220	0.2256	0.9840	684	712	0.9836
Cond_X_1(+); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.1850	0.1880	0.2220	0.2256	0.9840	684	712	0.9836
Cond_X_1(+); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.1850	0.1880	0.2220	0.2256	0.9840	684	712	0.9836
Cond_X_1(+); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.1850	0.1880	0.2220	0.2256	0.9840	684	712	0.9836
Cond_X_1(-); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.1840	0.1880	0.2208	0.2256	0.9787	675	712	0.9783
Cond_X_1(-); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.1840	0.1880	0.2208	0.2256	0.9787	675	712	0.9783
Cond_X_1(-); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.1840	0.1880	0.2208	0.2256	0.9787	675	712	0.9783
Cond_X_1(-); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.1840	0.1880	0.2208	0.2256	0.9787	675	712	0.9783
Cond_X_2(+); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.1615	0.1880	0.1938	0.2256	0.8590	491	712	0.8582
Cond_X_2(+); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.1610	0.1880	0.1932	0.2256	0.8564	487	712	0.8553
Cond_X_2(+); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.1610	0.1880	0.1932	0.2256	0.8564	487	712	0.8553
Cond_X_2(+); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.1610	0.1880	0.1932	0.2256	0.8564	487	712	0.8553
Cond_X_2(-); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.1600	0.1880	0.1920	0.2256	0.8511 *	480	712	0.8502
Cond_X_2(-); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.1600	0.1880	0.1920	0.2256	0.8511 *	480	712	0.8502
Cond_X_2(-); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.1600	0.1880	0.1920	0.2256	0.8511 *	480	712	0.8502
Cond_X_2(-); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.1600	0.1880	0.1920	0.2256	0.8511 *	480	712	0.8502
Cond_Y_1(+); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.1865	0.1880	0.2238	0.2256	0.9920	698	712	0.9919
Cond_Y_1(+); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.1870	0.1880	0.2244	0.2256	0.9947	702	712	0.9942

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA	
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 71 di 88	

Cond_Y_1(+); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.1925	0.1880	0.2310	0.2256	1.0239	754	712	1.0239
Cond_Y_1(+); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.1940	0.1880	0.2328	0.2256	1.0319	768	712	1.0316
Cond_Y_1(-); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.3570	0.1880	0.2508	0.2256	1.1118	3402	712	1.9034
Cond_Y_1(-); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.1925	0.1880	0.2310	0.2256	1.0239	754	712	1.0239
Cond_Y_1(-); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.3735	0.1880	0.2497	0.2256	1.1067	3798	712	1.9916
Cond_Y_1(-); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.3635	0.1880	0.2498	0.2256	1.1074	3555	712	1.9382
Cond_Y_2(+); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.1615	0.1880	0.1938	0.2256	0.8590	491	712	0.8582
Cond_Y_2(+); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.1615	0.1880	0.1938	0.2256	0.8590	491	712	0.8582
Cond_Y_2(+); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.1670	0.1880	0.2004	0.2256	0.8883	533	712	0.8877
Cond_Y_2(+); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.2585	0.1880	0.2049	0.2256	0.9083	1548	712	1.3766
Cond_Y_2(-); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.1695	0.1880	0.2028	0.2256	0.8991	553	712	0.9012
Cond_Y_2(-); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.1675	0.1880	0.2010	0.2256	0.8910	537	712	0.8904
Cond_Y_2(-); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.1735	0.1880	0.2010	0.2256	0.8909	585	712	0.9223
Cond_Y_2(-); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.3570	0.1880	0.2060	0.2256	0.9133	3402	712	1.9034

Indicatori di rischio della struttura

$$\alpha_{PGA,V} = 0.8511$$

$$\alpha_{TR,V} = 0.8502$$

### 13.1.2 ANALISI BLOCCO BAGNI

#### Valori di riferimento

$$PGA_{SLV} = 0.2256 \text{ g}$$

$$PGA_{SLD} = 0.0984 \text{ g}$$

$$Tr_{SLV} = 712 \text{ anni}$$

$$Tr_{SLD} = 75 \text{ anni}$$

#### Indicatori di rischio

Stato Limite	Rapp. PGA	(Rapp. Tr) <sup>a</sup>
per la vita ( $\alpha_{uv}$ )	0.0798	0.2716
di inagibilità ( $\alpha_{ed}$ )	1.0976	1.0926
per l'espulsione tamponamenti ( $\alpha_{ut}$ )	2.2872	1.6698

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 72 di 88

### Riepilogo PGA

ag SLV = 0.0150g

ag SLD = 0.0900g

PGA SLV = 0.0180g

PGA SLD = 0.1080g

Tr SLV = 30 anni

Tr SLD = 93 anni

### Valori PGA differenziati per elemento.

- Pilastri

				PGA				Indicatore di Rischio			
Pilastro	Asta	Imp.	Filo	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	9	Piano 1	1	0.288g (PreFle)	0.108g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	1.2766	1.0976	-	-
2	17	Piano 2	1	0.864g (PreFle)	0.144g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	3.8298	1.4634	-	-
3	10	Piano 1	2	0.288g (PreFle)	0.108g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	1.2766	1.0976	-	-
4	18	Piano 2	2	0.864g (PreFle)	0.144g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	3.8298	1.4634	-	-
5	11	Piano 1	3	0.288g (PreFle)	0.108g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	1.2766	1.0976	-	-
6	19	Piano 2	3	0.864g (PreFle)	0.144g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	3.8298	1.4634	-	-
7	12	Piano 1	4	0.288g (PreFle)	0.108g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	1.2766	1.0976	-	-
8	20	Piano 2	4	0.864g (PreFle)	0.144g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	3.8298	1.4634	-	-

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 73 di 88

- Travi

				PGA				Indicatore di Rischio			
Camp	Asta	Imp.	Fili	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	5	Piano 1	1-2	0.126g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	0.5585	-	-	-
2	6	Piano 1	1-4	0.018g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	0.0798	-	-	-
3	7	Piano 1	2-3	0.018g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	0.0798	-	-	-
4	8	Piano 1	4-3	0.126g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	0.5585	-	-	-
5	13	Piano 2	1-2	0.534g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.3670	-	-	-
6	14	Piano 2	1-4	0.480g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.1277	-	-	-
7	15	Piano 2	2-3	0.480g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.1277	-	-	-
8	16	Piano 2	4-3	0.534g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.3670	-	-	-
9	1	Fondazione	1-2	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
10	2	Fondazione	1-4	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
11	3	Fondazione	2-3	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
12	4	Fondazione	4-3	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-

- Nodi Strutturali

			PGA				Indicatore di Rischio			
Nodo	Imp.	Filo	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	Fondazione	1	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
2	Fondazione	2	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
3	Fondazione	3	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
4	Fondazione	4	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-

**Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 74 di 88

5	Piano 1	1	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
6	Piano 1	2	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
7	Piano 1	3	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
8	Piano 1	4	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
9	Piano 2	1	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
10	Piano 2	2	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
11	Piano 2	3	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
12	Piano 2	4	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-

---

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 75 di 88

#### - Tamponamenti

			PGA	Indicatore di Rischio
Tamponamento	Imp.	Fili	SLV	SLV
1	Fondazione	1-2	0.516g (Tamponamento)	2.2872
2	Fondazione	1-4	0.534g (Tamponamento)	2.3670
3	Fondazione	2-3	0.534g (Tamponamento)	2.3670
4	Fondazione	4-3	0.516g (Tamponamento)	2.2872
5	Piano 1	1-2	0.606g (Tamponamento)	2.6862
6	Piano 1	1-4	0.930g (Tamponamento)	4.1223
7	Piano 1	2-3	0.930g (Tamponamento)	4.1223
8	Piano 1	4-3	0.606g (Tamponamento)	2.6862

### 13.1.3 ANALISI SCALA DI EMERGENZA ESTERNA

#### Valori di riferimento

$PGA_{SLV}$	= 0.2256 g
$PGA_{SLD}$	= 0.0984 g
$Tr_{SLV}$	= 712 anni
$Tr_{SLD}$	= 75 anni

#### Indicatori di rischio

Stato Limite	Rapp. PGA	(Rapp. Tr) <sup>a</sup>
per la vita ( $\alpha_{uv}$ )	1.0372	1.0534
di inagibilità ( $\alpha_{eD}$ )	2.9268	3.5814

#### Riepilogo PGA

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 76 di 88

ag SLV = 0.1950g  
ag SLD = 0.2400g  
PGA SLV = 0.2340g  
PGA SLD = 0.2880g  
Tr SLV = 808 anni  
Tr SLD = 1665 anni

#### Valori PGA differenziati per elemento.

- Pilastri

				PGA				Indicatore di Rischio			
Pilastro	Asta	Imp.	Filo	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	16, 27	Piano 2	2	0.726g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	3.2181	-	-	-
2	17, 28	Piano 2	3	1.068g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	4.7340	-	-	-
3	18, 29, 41	Piano 3	6	0.450g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.9947	-	-	-
4	19	Piano 1	8	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
5	30	Piano 2	8	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
6	42	Piano 3	8	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-

- Travi

				PGA				Indicatore di Rischio			
Camp	Asta	Imp.	Fili	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	20	Piano 2	2-19	0.252g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.1170	-	-	-
2	23	Piano 2	21-2	0.768g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	3.4043	-	-	-
3	24	Piano 2	19-3	0.294g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.3032	-	-	-

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA	
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 77 di 88	

4	26	Piano 2	3-20	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
5	31	Piano 3	7-5	0.702g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	3.1117	-	-	-
6	33	Piano 3	5-8	0.642g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.8457	-	-	-
7	34	Piano 3	6-7	0.306g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.3564	-	-	-
8	37	Piano 3	24-6	0.426g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.8883	-	-	-
9	38	Piano 3	8-25	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
10	1	Fondazio ne	1-2	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
11	2	Fondazio ne	2-3	0.396g (PortFond)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.7553	-	-	-
12	3	Fondazio ne	2-6	0.744g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	3.2979	-	-	-
13	4	Fondazio ne	4-3	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
14	5	Fondazio ne	3-5	0.420g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.8617	-	-	-
15	6	Fondazio ne	5-7	1.056g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	4.6809	-	-	-
16	7	Fondazio ne	7-6	1.044g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	4.6277	-	-	-
17	8	Fondazio ne	6-10	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
18	9	Fondazio ne	7-14	0.708g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	3.1383	-	-	-
19	10	Fondazio ne	9-8	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
20	11	Fondazio ne	8-11	0.294g (PortFond)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.3032	-	-	-
21	12	Fondazio ne	12-11	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
22	13	Fondazio ne	11-14	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
23	15	Fondazio ne	14-13	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-

- Nodi Strutturali

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 78 di 88

			PGA				Indicatore di Rischio			
Nodo	Imp.	Filo	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	Fondazione	2	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
2	Fondazione	3	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
3	Fondazione	6	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
4	Fondazione	8	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
5	Piano 2	2	0.336g (Nodo)		Non eseguita	Non eseguita	1.4894	-	-	-
6	Piano 2	3	0.648g (Nodo)		Non eseguita	Non eseguita	2.8723	-	-	-
7	Piano 3	6	0.510g (Nodo)		Non eseguita	Non eseguita	2.2606	-	-	-
8	Piano 3	8	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-

- Pareti

			PGA				Indicatore di Rischio			
Parete	Imp.	Fili	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	Piano 1	5-7	0.612g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.7128	-	-	-
2	Piano 1	8-5	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
3	Piano 1	11-14	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
4	Piano 2	7-5	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
5	Piano 2	5-8	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-

- Piastre

			PGA		Indicatore di Rischio	
Piastra	Imp.	Fili	SLV	SLC	SLV	SLC
1	Piano 1	15, 16, 8, 11, 14, 7	Non trovato	Non eseguita	-	-

**Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 79 di 88

<b>2</b>	Piano 2	14, 18, 17, 11	0.702g (TaglioTors)	Non eseguita	3.1117	-
<b>3</b>	Piano 2	18, 7, 5, 8, 17	0.498g (TaglioTors)	Non eseguita	2.2074	-
<b>4</b>	Piano 2	8, 7, 19, 3, 20	0.282g (TaglioTors)	Non eseguita	1.2500	-
<b>5</b>	Piano 3	20, 3, 2, 21, 23, 22	0.324g (TaglioTors)	Non eseguita	1.4362	-
<b>6</b>	Piano 3	21, 2, 19, 7, 6, 24	0.234g (TaglioTors)	Non eseguita	1.0372	-
<b>7</b>	Piano 3	24, 6, 7, 5, 8, 25, 27, 26	0.240g (TaglioTors)	Non eseguita	1.0638	-

---

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 80 di 88

## 14 ANALISI VULNERABILITA' SISMICA POST-OPERAM

### 14.1 CALCOLO DELL'INDICATORE DI RISCHIO SISMICO POST-OPERAM

Con l'analisi non Lineare (push-over) è stato possibile determinare per ogni condizione di carico il massimo sisma che la struttura è in grado di sopportare senza oltrepassare il dato stato limite. Il massimo sisma è espresso in termini di accelerazione di picco al suolo ( $PGA_{CLV}$ ). In accordo con l'OPCM 3274 il livello di sicurezza sismico può essere espresso in termini di rapporto tra la capacità di accelerazione e la domanda di accelerazione (ovvero l'accelerazione di picco al suolo prevista dalla normativa per un dato stato limite).

Si definiscono due tipi di indicatori di rischio: il primo dato dal rapporto fra capacità e domanda in termini di PGA ed il secondo espresso dall'analogo rapporto fra i periodi di ritorno dell'azione sismica. Il primo rapporto è concettualmente lo stesso utilizzato come indicatore di rischio per le verifiche sismiche effettuate per l'Annualità 2004, quindi in coerenza con gli Allegati all'Ordinanza 3274/03 e s.m.i. e con il Decreto del Capo Dipartimento di Protezione Civile n. 3685/03. Tale indicatore, nel nuovo quadro normativo di riferimento determinatosi con le nuove NTC, non è sufficiente a descrivere compiutamente il rapporto fra le azioni sismiche, vista la maggiore articolazione della definizione di queste ultime. Esso, tuttavia, continua a rappresentare una “scala di percezione” del rischio, ormai largamente utilizzata e con la quale è bene mantenere una affinità.

Viene quindi introdotto il secondo rapporto, fra i periodi di ritorno di Capacità e Domanda. Quest'ultimo, però, darebbe luogo ad una scala di rischio molto diversa a causa della conformazione delle curve di pericolosità (*accelerazione o ordinata spettrale in funzione del periodo di ritorno*), che sono tipicamente concave. Al fine di ottenere una scala di rischio simile alla precedente, quindi, il rapporto fra i periodi propri viene elevato ad un coefficiente “a” = 1/2,43 ottenuto dall'analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale.

$S_t$  : fattore di amplificazione topografica.

$S_s$  : fattore di suolo.

$A_{gCLV}$  : accelerazione massima di base.

$A_{gDLV}$  : accelerazione di riferimento.

$PGA_{CLV}$  : accelerazione di picco al suolo ( $PGA_{CLV} = S_t \cdot S_s \cdot A_{gCLV}$ ).

$PGA_{DLV}$  : accelerazione di picco al suolo di riferimento ( $PGA_{DLV} = S_t \cdot S_s \cdot A_{gDLV}$ ).

$\alpha_{PGA,V}$  : indicatore di rischio in termini di accelerazione ( $PGA_{CLV} / PGA_{DLV}$ ).

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 81 di 88

$T_{RCLV}$  : periodo di ritorno associato al raggiungimento dello stato limite.

$T_{RDLV}$  : periodo di ritorno associato all'azione sismica del luogo.

$\alpha_{TR,V}$  : indicatore di rischio in termini di periodo di ritorno ( $T_{RCLV} / T_{RDLV}$ )<sup>a</sup>.

#### 14.1.1 BLOCCO SCUOLA POST-OPERAM

Cond.	$S_t$	$S_s$	$A_{gCLV}$	$A_{gDLV}$	$PGA_{CLV}$	$PGA_{DLV}$	$a_{PGA,V}$	$T_{RCLV}$	$T_{RDLV}$	$\alpha_{TR,V}$
Cond_X_1(+); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.2845	0.1880	0.3414	0.2256	1.5133	1955	712	1.5154
Cond_X_1(+); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.2835	0.1880	0.3402	0.2256	1.5080	1939	712	1.5103
Cond_X_1(+); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.2845	0.1880	0.3414	0.2256	1.5133	1955	712	1.5154
Cond_X_1(+); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.2830	0.1880	0.3396	0.2256	1.5053	1930	712	1.5074
Cond_X_1(-); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.2835	0.1880	0.3402	0.2256	1.5080	1939	712	1.5103
Cond_X_1(-); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.2835	0.1880	0.3402	0.2256	1.5080	1939	712	1.5103
Cond_X_1(-); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.2830	0.1880	0.3396	0.2256	1.5053	1930	712	1.5074
Cond_X_1(-); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.2830	0.1880	0.3396	0.2256	1.5053	1930	712	1.5074
Cond_X_2(+); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.2495	0.1880	0.2961	0.2256	1.3123	1419	712	1.3282
Cond_X_2(+); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.2485	0.1880	0.2928	0.2256	1.2978	1406	712	1.3231
Cond_X_2(+); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.2490	0.1880	0.2960	0.2256	1.3119	1413	712	1.3259
Cond_X_2(+); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.2480	0.1880	0.2932	0.2256	1.2998	1399	712	1.3204
Cond_X_2(-); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.2490	0.1880	0.2927	0.2256	1.2973	1413	712	1.3259
Cond_X_2(-); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.2485	0.1880	0.2923	0.2256	1.2958	1406	712	1.3231
Cond_X_2(-); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.2485	0.1880	0.2926	0.2256	1.2972	1406	712	1.3231
Cond_X_2(-); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.2485	0.1880	0.2923	0.2256	1.2959	1406	712	1.3231
Cond_Y_1(+); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.2620	0.1880	0.3144	0.2256	1.3936	1599	712	1.3951
Cond_Y_1(+); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.2630	0.1880	0.3149	0.2256	1.3959	1614	712	1.4004
Cond_Y_1(+); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.2650	0.1880	0.3127	0.2256	1.3860	1644	712	1.4111
Cond_Y_1(+); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.2630	0.1880	0.3156	0.2256	1.3989	1614	712	1.4004
Cond_Y_1(-); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.2700	0.1880	0.3232	0.2256	1.4326	1721	712	1.4379
Cond_Y_1(-); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.2675	0.1880	0.3210	0.2256	1.4229	1682	712	1.4244
Cond_Y_1(-); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.2700	0.1880	0.3224	0.2256	1.4291	1721	712	1.4379
Cond_Y_1(-); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.2715	0.1880	0.3210	0.2256	1.4230	1744	712	1.4458
Cond_Y_2(+); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.2325	0.1880	0.2623	0.2256	1.1625	1195	712	1.2375
Cond_Y_2(+); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.2335	0.1880	0.2619	0.2256	1.1611	1207	712	1.2426
Cond_Y_2(+); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.2355	0.1880	0.2591	0.2256	1.1484 *	1233	712	1.2535

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA	
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 82 di 88	

Cond_Y_2(+); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.2350	0.1880	0.2623	0.2256	1.1628	1227	712	1.2510
Cond_Y_2(-); E(+); S2(+)	1.00	1.20	0.2390	0.1880	0.2695	0.2256	1.1947	1278	712	1.2722
Cond_Y_2(-); E(+); S2(-)	1.00	1.20	0.2360	0.1880	0.2732	0.2256	1.2111	1239	712	1.2561
Cond_Y_2(-); E(-); S2(+)	1.00	1.20	0.2405	0.1880	0.2685	0.2256	1.1901	1298	712	1.2803
Cond_Y_2(-); E(-); S2(-)	1.00	1.20	0.2405	0.1880	0.2699	0.2256	1.1962	1298	712	1.2803

Indicatori di rischio della struttura

$$\alpha_{PGA,V} = 1.1484 \quad \alpha_{TR,V} = 1.2535$$

#### 14.1.2 BLOCCO BAGNI POST-OPERAM

##### Valori di riferimento

$$PGA_{SLV} = 0.2256 \text{ g}$$

$$PGA_{SLD} = 0.0984 \text{ g}$$

$$Tr_{SLV} = 712 \text{ anni}$$

$$Tr_{SLD} = 75 \text{ anni}$$

##### Indicatori di rischio

Stato Limite	Rapp. PGA	(Rapp. Tr) <sup>a</sup>
per la vita ( $\alpha_{uv}$ )	1.2234	1.3320
di inagibilità ( $\alpha_{ed}$ )	1.0366	1.0374
per l'espulsione tamponamenti ( $\alpha_{ut}$ )	2.2872	1.6698

##### Riepilogo PGA

$$ag_{SLV} = 0.2300 \text{ g}$$

$$ag_{SLD} = 0.0850 \text{ g}$$

$$PGA_{SLV} = 0.2760 \text{ g}$$

$$PGA_{SLD} = 0.1020 \text{ g}$$

$$Tr_{SLV} = 1429 \text{ anni}$$

$$Tr_{SLD} = 82 \text{ anni}$$

##### Valori PGA differenziati per elemento.

- Pilastri

##### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 83 di 88

				PGA				Indicatore di Rischio			
Pilastro	Asta	Imp.	Filo	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	9	Piano 1	1	0.276g (PreFle)	0.102g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	1.2234	1.0366	-	-
2	17	Piano 2	1	0.858g (PreFle)	0.138g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	3.8032	1.4024	-	-
3	10	Piano 1	2	0.276g (PreFle)	0.102g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	1.2234	1.0366	-	-
4	18	Piano 2	2	0.858g (PreFle)	0.138g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	3.8032	1.4024	-	-
5	11	Piano 1	3	0.276g (PreFle)	0.102g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	1.2234	1.0366	-	-
6	19	Piano 2	3	0.858g (PreFle)	0.138g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	3.8032	1.4024	-	-
7	12	Piano 1	4	0.276g (PreFle)	0.102g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	1.2234	1.0366	-	-
8	20	Piano 2	4	0.858g (PreFle)	0.138g (CapDef)	Non eseguita	Non eseguita	3.8032	1.4024	-	-

- Travi

				PGA				Indicatore di Rischio			
Camp	Asta	Imp.	Fili	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	5	Piano 1	1-2	0.294g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.3032	-	-	-
2	6	Piano 1	1-4	0.276g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.2234	-	-	-
3	7	Piano 1	2-3	0.276g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.2234	-	-	-
4	8	Piano 1	4-3	0.294g (PreFle)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	1.3032	-	-	-
5	13	Piano 2	1-2	0.528g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.3404	-	-	-
6	14	Piano 2	1-4	0.480g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.1277	-	-	-
7	15	Piano 2	2-3	0.480g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.1277	-	-	-
8	16	Piano 2	4-3	0.528g (TaglioTors)	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	2.3404	-	-	-

## Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 84 di 88

9	1	Fondazio ne	1-2	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
10	2	Fondazio ne	1-4	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
11	3	Fondazio ne	2-3	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
12	4	Fondazio ne	4-3	Non trovato	Non trovato	Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-

- Nodi Strutturali

			PGA				Indicatore di Rischio			
Nodo	Imp.	Filo	SLV	SLD	SLC	SLO	SLV	SLD	SLC	SLO
1	Fondazion e	1	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
2	Fondazion e	2	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
3	Fondazion e	3	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
4	Fondazion e	4	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
5	Piano 1	1	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
6	Piano 1	2	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
7	Piano 1	3	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
8	Piano 1	4	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
9	Piano 2	1	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
10	Piano 2	2	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
11	Piano 2	3	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-
12	Piano 2	4	Non trovato		Non eseguita	Non eseguita	-	-	-	-

**Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 85 di 88

- Tamponamenti

			PGA	Indicatore di Rischio
Tamponamento	Imp.	Fili	SLV	SLV
1	Fondazione	1-2	0.516g (Tamponamento)	2.2872
2	Fondazione	1-4	0.534g (Tamponamento)	2.3670
3	Fondazione	2-3	0.534g (Tamponamento)	2.3670
4	Fondazione	4-3	0.516g (Tamponamento)	2.2872
5	Piano 1	1-2	1.026g (Tamponamento)	4.5479
6	Piano 1	1-4	Non trovato	-
7	Piano 1	2-3	Non trovato	-
8	Piano 1	4-3	1.026g (Tamponamento)	4.5479

---

**Studio Baffo S.r.l.**

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627





Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 86 di 88

## 15 VERIFICHE AI MECCANISMI LOCALI

La valutazione della sicurezza delle costruzioni esistenti in muratura richiede anche la verifica degli stati limite alle azioni non sismiche ed i meccanismi di dissesto locale per le azioni sismiche.

### 15.1 ANTE-OPERAM BLOCCO SCUOLA

Allo stato ante-Operam, per quanto concerne i meccanismi locali, si hanno invece maschi murari (tutti collocati nel piano terra) che vanno in crisi per ribaltamento semplice con  $F_s$  ben inferiori all'Unità

Tip. Mecc.	: tipologia di meccanismo
Fili	: numero dei fili fissi che interessano il meccanismo
Cerniera	: coordinate della cerniera
Rotazione	: verso di rotazione degli elementi
$\alpha_0$	: moltiplicatore di collasso minimo
$e^*$	: frazione di massa partecipante
$a^*_0$	: accelerazione spettrale
$S$	: Fattore di suolo
$PGA_{CLV}$	: accelerazione di picco al suolo ( $PGA_{CLV} = S \cdot Ag_{CLV}$ )
$PGA_{DLV}$	: accelerazione di picco al suolo di riferimento ( $PGA_{DLV} = S \cdot Ag_{DLV}$ )
$\alpha_{uv}$	: indicatore di rischio

								SLV		
Tip. Mecc.	Fili	Cerniera [cm]	Rotazione	$\alpha_0$	$e^*$	$a^*_0$ [cm/sec <sup>2</sup> ]	$S$	$PGA_{CLV}$	$PGA_{DLV}$	$\alpha_{uv}$
Ribaltamento Semplice	5, 4	30.00 , 683.00	Orario	0.10	0.94	74.68	1.20	0.076	0.226	0.335

								SLD		
Tip. Mecc.	Fili	Cerniera [cm]	Rotazione	$\alpha_0$	$e^*$	$a^*_0$ [cm/sec <sup>2</sup> ]	$S$	$PGA_{CLV}$	$PGA_{DLV}$	$\alpha_{uv}$
Ribaltamento Semplice	5, 4	30.00 , 683.00	Orario	0.10	0.94	74.68	1.20	0.037	0.098	0.378

#### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 87 di 88

## 15.2 POST-OPERAM BLOCCO SCUOLA

A seguito degli interventi di progetto descritti si ha che tutte le verifiche per i meccanismi locali risultano soddisfatte ai sensi delle NTC 2018.

Per i maschi presenti in copertura si ha infatti che nell'ambito della realizzazione della nuova copertura, tutti i muri perimetrali verranno demoliti, eliminando contestualmente anche Eventuali criticità.

Tip. Mecc. : tipologia di meccanismo

Fili : numero dei fili fissi che interessano il meccanismo

Cerniera : coordinate della cerniera

Rotazione : verso di rotazione degli elementi

$\alpha_0$  : moltiplicatore di collasso minimo

$e^*$  : frazione di massa partecipante

$a^*_0$  : accelerazione spettrale

S : Fattore di suolo

$PGA_{CLV}$  : accelerazione di picco al suolo ( $PGA_{CLV} = S \cdot Ag_{CLV}$ )

$PGA_{DLV}$  : accelerazione di picco al suolo di riferimento ( $PGA_{DLV} = S \cdot Ag_{DLV}$ )

$\alpha_{uv}$  : indicatore di rischio

								SLV		
Tip. Mecc.	Fili	Cerniera [cm]	Rotazione	$\alpha_0$	$e^*$	$a^*_0$ [cm/sec <sup>2</sup> ]	S	$PGA_{CLV}$	$PGA_{DLV}$	$\alpha_{uv}$
Ribaltamento Semplice	3, 4	-30.00 , 683.00	Antiorario	0.25	0.89	207.69	1.20	0.251	0.226	1.112

								SLD		
Tip. Mecc.	Fili	Cerniera [cm]	Rotazione	$\alpha_0$	$e^*$	$a^*_0$ [cm/sec <sup>2</sup> ]	S	$PGA_{CLV}$	$PGA_{DLV}$	$\alpha_{uv}$
Ribaltamento Semplice	3, 4	-30.00 , 683.00	Antiorario	0.25	0.89	207.69	1.20	0.124	0.098	1.256

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627



Relazione Relazione generale				Tipo documento: Documento di testo		Codice di identif. ATRSCA
Data: 13/01/2022.	Autore DB	Verifica DB	Approv. AB	Ed. 1	Rev. 0	Pagina 88 di 88

## 16 CONCLUSIONI

Per l'analisi globale ante-Operam si ha un indicatore di rischio inferiore all'unità, **il che significa che la struttura non è in grado di resistere al sisma di progetto previsto da normativa NTC 2018. Con la presente fase progettuale, mediante gli interventi descritti, il fabbricato, per lo SLV, si riesce a raggiungere allo stato post-Operam un livello di sicurezza adeguato pari a 1,15.**

Quanto detto vale anche per le verifiche ai carichi non sismici e per i meccanismi locali.

Nella tabella seguente sono riportati sinteticamente tutti i livelli di sicurezza ottenuti:

Ante OPERAM				POST OPERAM		
SLV (indicatore di rischio sismico)	SLV (indicatore di rischio sismico)	VERIFICHE STATICHE	MECCANISMI LOCALI	SLV (INDICATORE DI RISCHIO SISMICO)	VERIFICHE STATICHE	MECCANISMI LOCALI
Blocco Scuola	0.8511	0.33	0.335	1.1484	1.0205	1.112
Blocco Bagni	0.079	>1	/	1.2234	>1	/
Scala Esterna	1.0372	>1	/	/	/	/

### Studio Baffo S.r.l.

Loc. San Lazzaro snc – 01022 Bagnoregio (VT), Tel: 0761-792773 – Telefax: 0761-792999

E-mail: [ilario@studiobaffo.it](mailto:ilario@studiobaffo.it)

P.IVA 02136930563 - Codice Fiscale 02136930563

Codice Ateco 711220 N.REA VT-155627

