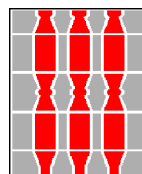




COMUNE DI DERUTA



REGIONE DELL'UMBRIA

**POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020. PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DELL' EDIFICIO SCOLASTICO DI SANT'ANGELO DI CELLE.**



**SCUOLA ELEMENTARE - VIA DANTE ALIGHIERI, SAN ANGELO DI CELLE - DERUTA (PG)**



Via Orazio Tramontani n.52,  
P. S. Giovanni 06135 Perugia,  
tel. 075/394485 fax. 075/395926  
E-mail: mtprogetti@mtprogetti.it  
Pec: umberto.tassi2@ingpec.eu  
P.IVA 01983250547

*Committente:*  
**AREA TECNICA DEL COMUNE DI DERUTA**  
Geom. Marco Ricciarelli

OGGETTO:

RELAZIONE TECNICA

TAV.:

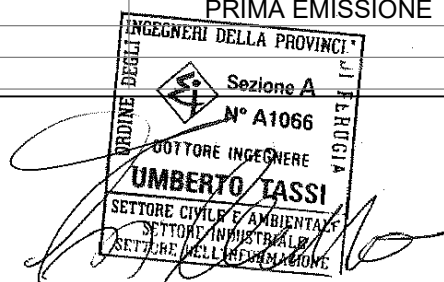
**RT**

SCALA: -

PLOTTAGGIO: -

FILE: 1809 RT

REV.	DATA	REDATTO	APPROVATO	MOTIVAZIONE
A	06/06/2018	P.GIULIANI	U. TASSI	PRIMA EMISSIONE
B				
C				



# **PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO ED ENERGETICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE**

**Relazione introduttiva**

**Relazione strutturale**

**Relazione geologica e geotecnica**

**Relazione sismica**

**Relazione sui materiali**

**Progetto di fattibilità – interventi di miglioramento sismico**

**Progetto di fattibilità – interventi di efficientamento energetico**

## **SANT'ANGELO DI CELLE**

<b>0. RELAZIONE INTRODUTTIVA .....</b>	<b>4</b>
0.1. OGGETTO .....	4
0.2. INTRODUZIONE .....	4
0.3. NORME DI RIFERIMENTO .....	5
0.4. INQUADRAMENTO GENERALE .....	5
<b>1. RELAZIONE STRUTTURALE.....</b>	<b>6</b>
1.1. DATI DIMENSIONALI E SCHEMI PLANO-ALTIMETRICI .....	6
1.1.1. Dati dimensionali .....	6
<b>2. RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA.....</b>	<b>8</b>
<b>3. RELAZIONE SISMICA .....</b>	<b>17</b>
3.1. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO.....	17
<b>4. RELAZIONE SUI MATERIALI.....</b>	<b>20</b>
4.1. EDIFICIO ESISTENTE – MATERIALI E LIVELLO DI CONOSCENZA .....	20
4.2. ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA.....	24
4.3. FIBRE DI VETRO .....	25
4.4. MALTA PER INTONACO ARMATO.....	29
4.5. ADESIVO MONOCOMPONENTE .....	29
4.6. BLOCCHI PER LA REALIZZAZIONE DELLE NUOVE PARETI IN POROTON .....	30
<b>5. PROGETTO DI FATTIBILITA' - INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO .....</b>	<b>31</b>
5.1. VERIFICHE NUMERICHE .....	31
5.1.1. Descrizione degli interventi .....	31
5.1.2. Analisi dei carichi.....	31
5.1.3. Identificazione e descrizione del modello di calcolo strutturale .....	32
5.1.4. Condizioni di carico elementari .....	34
5.1.5. Valutazione sicurezza – analisi sismica .....	35
5.1.5.1. Verifica Globale – Analisi Pushover .....	35
5.1.6. Valutazione della sicurezza – analisi per carichi statici .....	40
5.2. RIEPILOGO E COMMENTO DEI RISULTATI. ....	42
5.2.1. Riepilogo degli indicatori di rischio sismici .....	42
<b>6. PROGETTO DI FATTIBILITA' - INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO.....</b>	<b>43</b>

POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE\_\_

## 0. RELAZIONE INTRODUTTIVA

### 0.1. OGGETTO

La presente relazione si riferisce allo studio di fattibilità degli interventi di miglioramento sismico ed energetico dell'edificio scolastico ospitante la Scuola Elementare di Sant'Angelo di Celle sito in Via Dante Alighieri nel Comune di Deruta.

Tali interventi si inquadrano in quelli ammissibili a contributo per il programma POR FESR 2014/2020. Tutto quanto qui descritto trova fondamento nel vecchio studio di vulnerabilità sismica e sui rilievi precedentemente effettuati.

### 0.2. INTRODUZIONE

L'edificio scolastico di Sant'Angelo di Celle è una costruzione realizzata in muratura ordinaria tradizionale, composta da un unico corpo di fabbrica del tutto simile agli altri edifici scolastici esistenti nel Comune di Deruta e Comuni limitrofi.

E' ubicato in prossimità del centro abitato di Sant'Angelo subito dopo il bivio con la strada statale "Marscianese" lungo via Dante Alighieri.



Figura 1: Sito di interesse e vista in pianta della struttura in esame

E' stato progettato e realizzato nei primi anni del 1900 e oggetto di un intervento di ristrutturazione ed

adeguamento alle norme di sicurezza e abbattimento delle barriere architettoniche nel 2002. Si è trattato, altresì, di un intervento di miglioramento sismico generalizzato, in cui si sono eseguite opere strutturali puntuali, come architravature di porte, sia opere di carattere globali come incatenatura del primo solaio. Gli interventi progettati furono comunque secondari alle opere impiantistiche e alle opere per l'abbattimento delle barriere architettoniche, cioè sono stati eseguiti in funzione delle altre tipologie d'intervento. Infatti, in quella fase non sono stati eseguiti interventi generalizzati per un miglioramento delle caratteristiche meccaniche di tutte le murature portanti, né si intervenne sulla copertura, peraltro già oggetto di un intervento nel 1981. Lo stesso intervento di rifacimento del tetto, infatti, pur avendo reso funzionale la copertura non è sicuramente in linea con le vigenti normative in special modo quelle riguardanti la sismica. I precedenti interventi non si possono definire di miglioramento sismico globale anche se hanno permesso di conseguire un miglioramento generale del comportamento strutturale dell'edificio sia per la fase statica sia per la fase sismica.

### **0.3. NORME DI RIFERIMENTO**

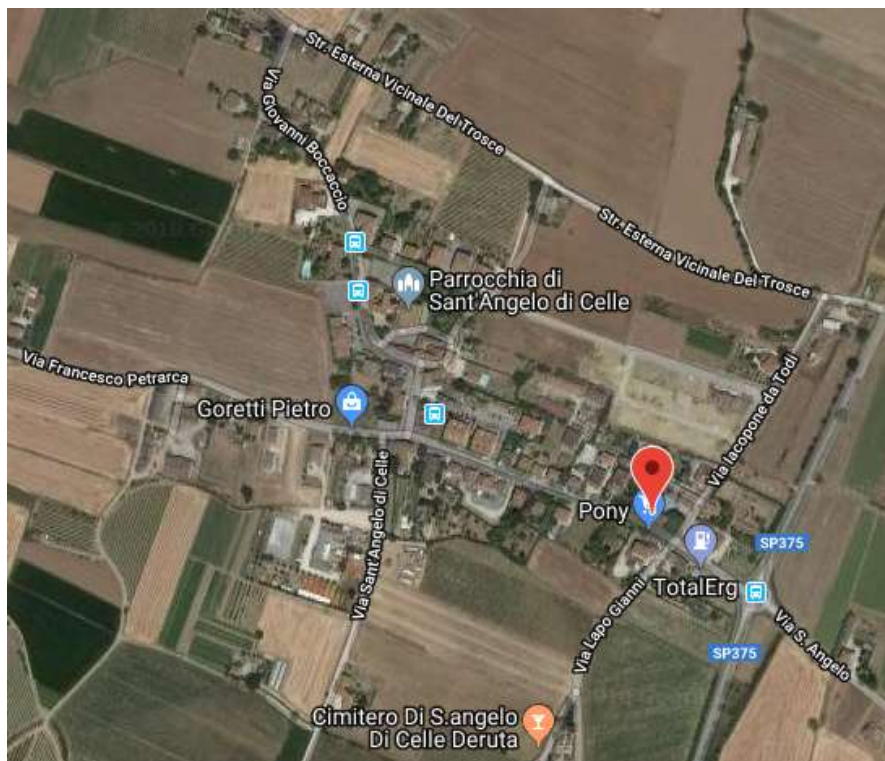
#### ***Normativa adottata per le verifiche tecniche***

La verifica di vulnerabilità sismica si rifà alle seguenti normative nazionali o regionali:

- D.M. del 17/01/2018.
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici del 02/02/2009 n°617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al DM 14 gennaio 2008
- Ordinanza PCM 3274 del 20 Marzo 2003

### **0.4. INQUADRAMENTO GENERALE**

L'immagine seguente mette in evidenza il posizionamento dell'edificio rispetto al centro di Sant'Angelo di Celle e la sua collocazione rispetto alle costruzioni adiacenti. E' censito catastalmente al Foglio n. 15 – Part. 80.



## 1. RELAZIONE STRUTTURALE

### 1.1. DATI DIMENSIONALI E SCHEMI PLANO-ALTIMETRICI

#### 1.1.1. Dati dimensionali

Il volume complessivo dell'edificio è di circa 4200 m<sup>3</sup>, è costituito da un piano terra, rialzato di circa 80 cm rispetto alla quota dei giardini, da un piano primo e piano di sottotetto in parte praticabile. Al piano terra sono poste due aule, uno spazio per le attività motorie (palestra) e i servizi igienici. Al piano superiore vi sono tre aule, una sala tv, un piccolo ambiente per attività varie, un piccolo ambiente ad uso segreteria ed i servizi igienici.

In merito al progetto originale dell'edificio non si hanno notizie sebbene si ritiene che sia stato realizzato nei primi anni del 1900 con un'architettura tipica di quel periodo caratterizzata da altezze d'interpiano superiori a 4,00 m, ampie finestre ad arco a tutto sesto, servizi caratterizzati da piccole finestrate posti ai lati corti, corpo scale centrato rispetto al lato di maggior lunghezza e decentrato completamente rispetto al lato corto, corridoio centrale di smistamento.

La costruzione presenta le seguenti caratteristiche strutturali:

- fondazioni a cordolo continue in pietra, di sezione maggiore rispetto alla muratura sovrastante, con piano di posa approfondito rispetto al piano terra esterno;
- struttura portante costituita da pietre arenarie con malta cementizia e mattoni pieni nel

sottotetto;

- solaio di piano terra rialzato di circa 80 cm rispetto al terreno esterno ed è costituito da un vespaio in ciottoli sovrastato da un battuto di cemento atto a fissare la pavimentazione; solaio di piano primo e del sottotetto in laterocemento tipo sap;
- scale in c.a. con gradini vincolati alle pareti laterali consolidate con intonaco armato;
- tramezzi in laterizio in parte forati ed in parte pieni

In merito alle murature che costituiscono la struttura portante, va evidenziato che alla fine degli anni settanta ed inizio degli anni ottanta sono state consolidate mediante intonaco cementizio sia interno che esterno.

Nel 1981, durante interventi di manutenzione e rifacimento del tetto, il solaio d'interpiano è stato oggetto di collaudo da parte dell'Ing. Giuseppe Tosti con una prova di carico con risultati più che soddisfacenti. I successivi interventi non hanno, pertanto, interessato tale orizzontamento anche in considerazione del fatto che non vi sono stati né cambi d'uso né variazioni di sovraccarichi dovute ad un cambio di normativa.

Nel 2002 l'edificio è stato oggetto di un intervento di ristrutturazione ed adeguamento alle norme di sicurezza e abbattimento delle barriere architettoniche. Si è trattato, altresì, di un intervento di miglioramento sismico generalizzato che ha previsto:

- lo svuotamento parziale del pacchetto del piano rialzato con la costituzione di una soletta di 10 cm armata con rete e spezzoni inseriti sulle murature del piano per dare una solida base di appoggio e di fatto incatenare tutte le murature portanti al piano terra per sopperire alla mancanza di cordoli alla stessa quota;
- l'inserimento di tiranti metallici al piano primo per aumentare l'effetto "scatola" dell'edificio;
- realizzazione di pareti armate in corrispondenza dei setti verticali del vano scale;
- inserimento di una nuova parete portante con relativa fondazione e predisposizione di un ulteriore corpo fondale per future realizzazioni di pareti di controventamento;
- è stata eseguita, a distanza di 20 anni, un ulteriore prova di carico, che ha dato risultati soddisfacenti, tramite carichi puntuali equivalenti trasmetti da martinetti oleodinamici collegati ad una centralina di carico;

Dall'analisi della struttura allo stato attuale, sulla base dei documenti a disposizione, dalle ricognizioni effettuate e dei saggi condotti, emergono le seguenti considerazioni:

1. la copertura è in parte di tipo spingente realizzata con travetti prefabbricati di tipo "Varese" con doppio tavellonato e una caldana di superficie non armata;



2. le finestre presentano un'ampia svasatura in corrispondenza delle spalle laterali che riducono l'ampiezza dei maschi murari compresi tra le aperture stesse del perimetro dell'edificio;
3. la copertura insiste su pilastri in muratura in mattoni pieni in falso;
4. l'intervento di miglioramento realizzato nel 2002 presenta un miglior comportamento locale soprattutto per effetto dei tiranti metallici posti in corrispondenza del primo impalcato. Va comunque messa in evidenza l'esigenza di estendere tale intervento anche a livello del solaio di sottotetto così da impedire ulteriori cinematismi ai piani superiori al primo.

## 2. RELAZIONE GEOLOGICA E GEOTECNICA

### 2.1. DESCRIZIONE GEOTECNICA E DEL SISTEMA FONDALE

Per la definizione delle caratteristiche stratigrafiche, geotecniche e sismiche dell'area in esame si è fatto riferimento al piano di indagini geognostiche (prova penetrometrica dinamica, sondaggio a distruzione), idrogeologiche (rilievi piezometrici), geotecniche (elaborazione dati penetrometrici ed esecuzione analisi geotecniche di laboratorio) e sismiche (prova sismica MASW e HVSR) condotte sull'ampliamento dell'edificio scolastico nel 2012



**Figura 2 Estratto CTR**

L'area in studio si inserisce all'interno della vasta pianura alluvionale del fiume Tevere, all'interno dell'abitato di Sant'Angelo di Celle.

I terreni di sedime sono costituiti da Depositi alluvionali terrazzati che occupano complessivamente

uno spessore pari a circa 5.60 m; tali Depositi poggiano in profondità su un sottostante Basamento Fluvio- lacustre del villafranchiano costituito da prevalenti argille limose azzurre, compatte e leggermente sovraconsolidate.

Il basamento Marnoso-arenaceo risulta collocato a notevoli profondità (> 100 m dal piano campagna) e non interferente con le opere in progetto.

I terreni di copertura sono costituiti dall'alto verso il basso da:

#### *Strato 1: Terreno vegetale e di riporto*

Si tratta di terreno vegetale e di riporto, con uno spessore massimo di circa 1.40 m.

Il livello, a basso e/o bassissimo grado di addensamento, risulta non idoneo come terreno fondale, oltre che pervaso da un gran numero di apparati radicali.

#### *Strato 2: Depositi alluvionali terrazzati – Sabbie limose debolmente ghiaiose*

Il livello "2", rappresenta la porzione superiore di Depositi Alluvionali terrazzati, ed è costituito da prevalenti sabbie limose, in stato addensato, con rari clasti ghiaiosi sub-centimetrici. Tale livello è presente fino alla profondità massima di m 2.40 dal piano campagna.

#### *Strato 3: Depositi alluvionali terrazzati – Ghiaie sabbiose e sabbie ghiaiose*

Il livello "3", è costituito da Depositi alluvionali a prevalente componente ghiaio-sabbiosa, parzialmente in falda idrica. Tale livello è presente fino alla profondità massima di m 4.0 dal piano campagna, e risulta poco compressibile.

#### *Strato 4: Depositi alluvionali terrazzati – Sabbie limose*

La porzione basale dei Depositi alluvionali terrazzati, risulta ancora costituito da sabbie e sabbie limose, debolmente sabbiose. Tale livello è presente fino alla profondità massima di m 5.6 dal piano campagna, risulta poco compressibile e poggia direttamente su un sottostante basamento argillo - limoso villafranchiano.

#### *Strato 5: Depositi fluvio-lacustri villafranchiani – Argille limose*

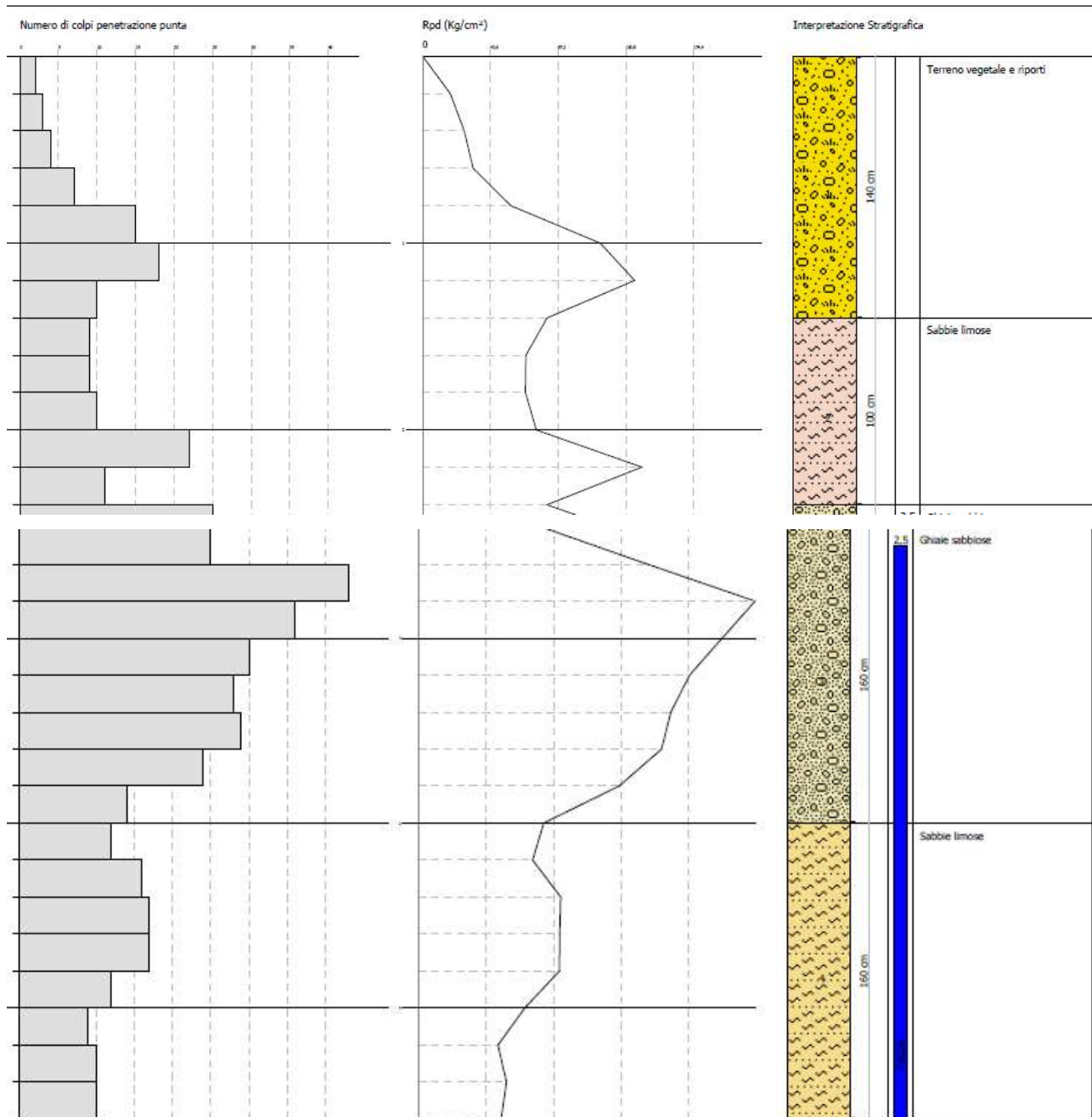
Al di sotto dei Depositi alluvionali terrazzati, è presente un basamento fluvio-lacustre del villafranchiano, costituito in superficie da prevalenti argille limose azzurre.

I rilievi idrogeologici esperiti hanno mostrato la presenza di una falda freatica alla profondità media di m 2,5 dal piano campagna, collocata entro i Depositi alluvionali terrazzati, ma da misurazione eseguite in aree limitrofe si evidenzia come tale falda può risalire fino a circa m 1.50 dal piano campagna.

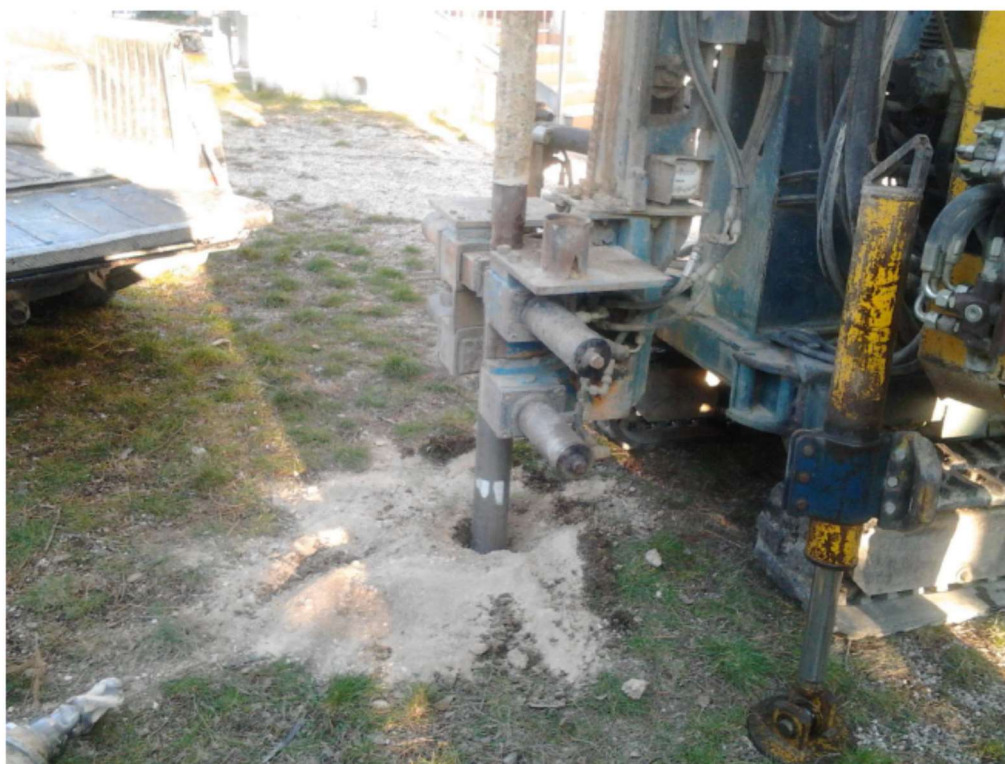
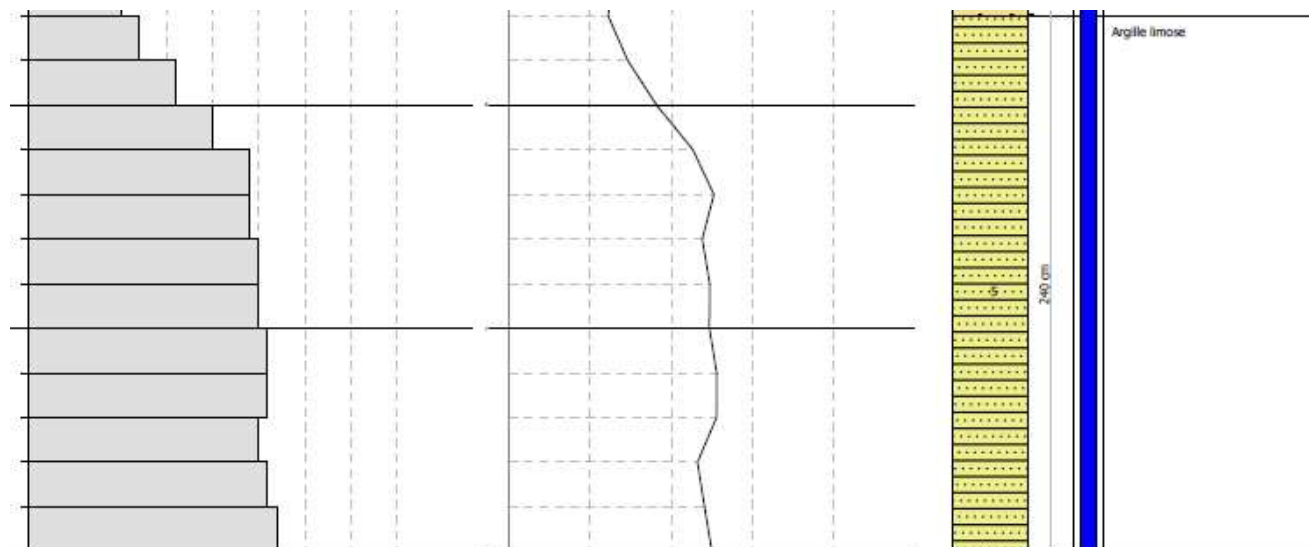
Per la ricostruzione dell'assetto litostratigrafico e geotecnico dell'area, nonché quello della

valutazione delle caratteristiche di risposta sismica dell'area sono state eseguite nel 2012 una prova penetrometrica dinamica, un sondaggio a rotazione superficiale finalizzato anche al prelievo di un campione indisturbato mentre dal punto di vista sismico è stata eseguita un'indagine sismica tipo Masw integrata da una indagine sismica tipo HVSR, finalizzate al rilievo delle Vs30 e della frequenza di sito.

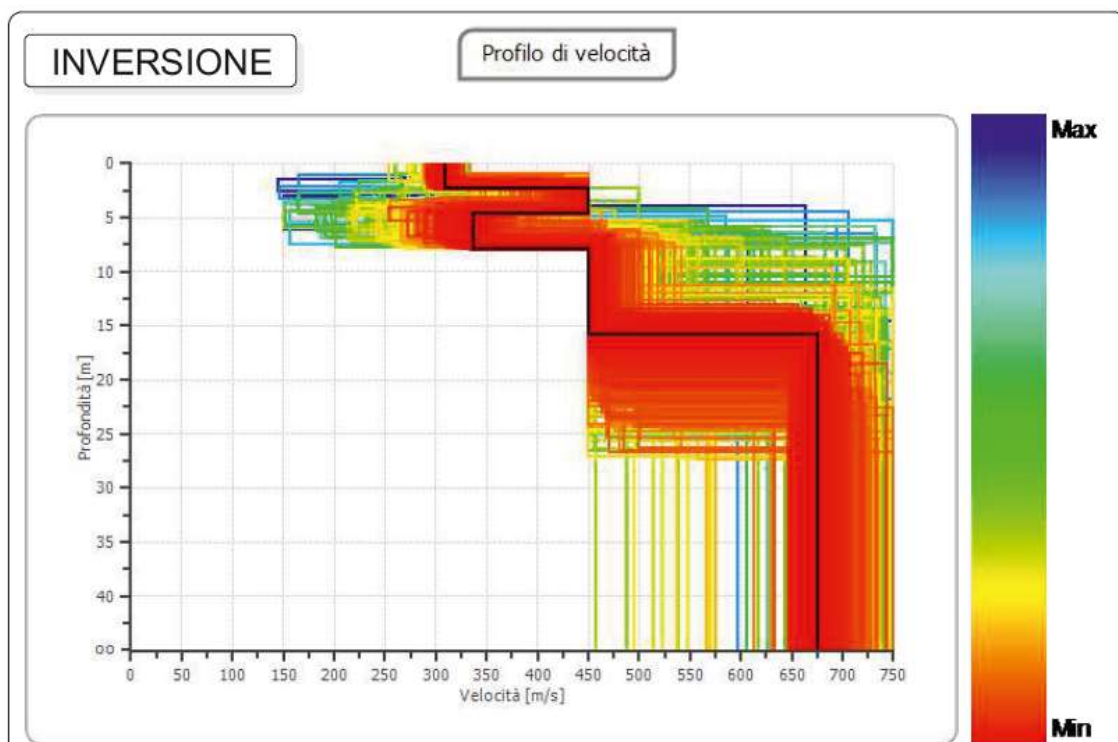
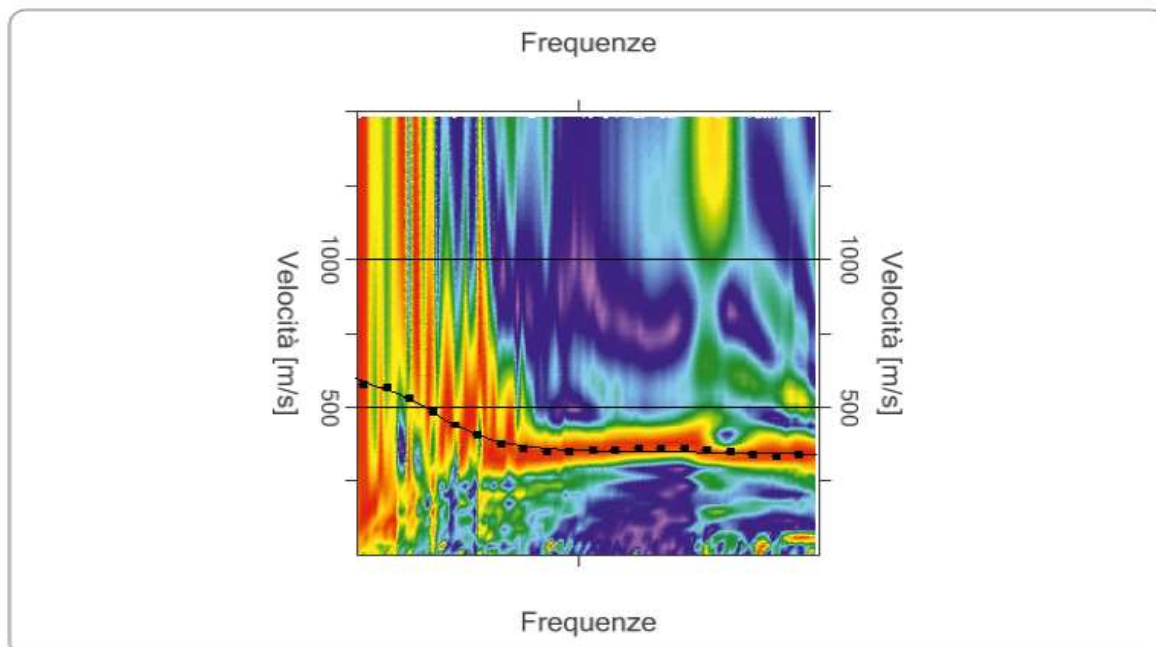
### Risultati prova penetrometrica



POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE\_\_



## Risultati delle prove geofisiche: Masw e sismica passiva HVSR





POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE



Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Peso unità volume [kg/mc]	Coefficient e Poisson	Falda	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2,29	2,29	2000,0	0,3	No	577,8	308,9
2	4,69	2,40	1850,0	0,3	Si	841,7	449,9
3	7,89	3,19	1800,0	0,3	Si	629,2	336,3
4	15,76	7,87	2000,0	0,3	Si	842,5	450,3
5	∞	∞	1800,0	0,3	Si	1262,2	674,7

Profondità piano di posa  
[m]

0,00

Vs30 [m/sec]

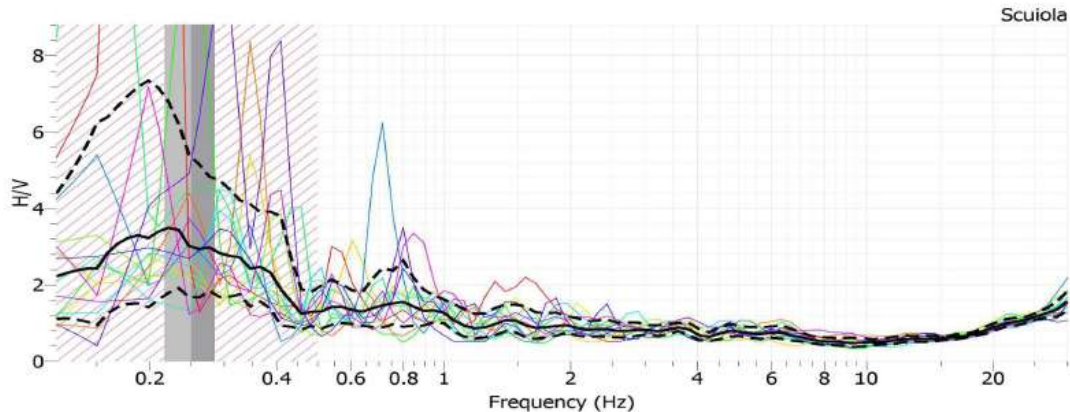
493,07

Categoria di suolo

B

Suolo di tipo B: Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT,30 > 50 nei terreni a grana grossa e cu,30 > 250 kPa nei terreni a grana fina).

RAPPORTO H/V - Frequenza di sito = 0.25 Hz - Dev. standard = 0,03 Hz



Risultati prove di laboratorio sul prelievo del campione.



**CARATTERISTICHE FISICHE GENERALI, PROPRIETÀ  
INDICE E GRANDEZZE DI STATO**



Committente: Dott. Geol. Simone SFORNA per conto del Comune di DERUTA

Riferimento: Scuola Elementare S. Angelo di Celle

Località: S. Angelo di Celle, Deruta (PG)

N° Certificato 12/151

N° Verbale accettazione 12/14

Data emissione 28/02/12

Data ricevimento 17/02/12

Sondaggio S1 Campione C1 Profondità 1,40 – 1,50 m

Descrizione Sabbia limosa con ghiaia

**DETERMINAZIONE DEL PESO DI VOLUME**

Norma ASTM D 1178

Provino	1	2	3
Peso fustella (gr)			
Peso fustella + campione umido (gr)			
Peso campione umido (gr)			
Volume fustella (cm³)			
Peso di volume $\gamma$ (KN/m³)			
<b>MEDIA</b>		(KN/m³)	

**DETERMINAZIONE DEL PESO SPECIFICO**

Norma ASTM D 854

Picnometro	1	2
Peso campione secco (gr)		
Peso picnometro (gr)		
Peso picnometro + acqua (gr)		
Peso picn. + acqua + camp. (gr)		
Temperatura (°C)		
Peso specifico $\gamma_s$ (KN/m³)		
<b>MEDIA</b>		(KN/m³)

**DETERMINAZIONE DEL CONTENUTO D'ACQUA**

Norma ASTM D 2216

Provino	1	2	3
Peso contenitore (gr)	20,23	17,85	
Peso cont. + peso camp. Umida (gr)	92,81	76,88	
Peso cont. + peso camp. Secca (gr)	89,87	74,45	
Peso camp. Secca (gr)	69,64	56,60	
Contenuto in acqua W (%)	4,22	4,29	
<b>MEDIA</b>	4,26	(%)	

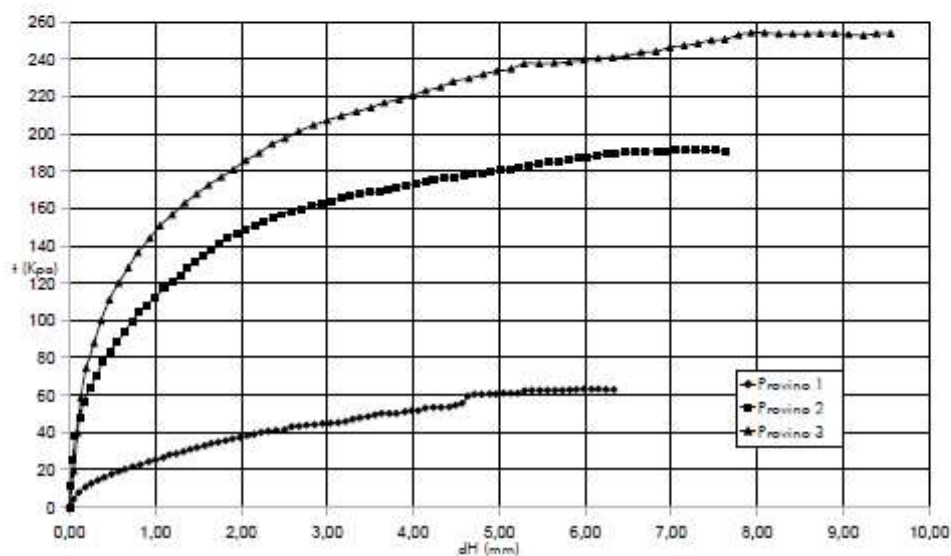
**DETERMINAZIONE GRANDEZZE DI STATO**

$\gamma_s = \gamma / (1 + W)$	
Peso di volume secco $\gamma_d$	KN/m³
$\gamma_{sat} = \gamma_s + n \gamma_w$	
Peso di volume saturo $\gamma_{sat}$	KN/m³
$e = (\gamma_s / \gamma_w) - 1$	
Indice dei vuoti e	
$n = \gamma_w / \gamma_s$	
Porosità n	
$G = (\gamma_s / e) W$	
Grado di saturazione S	%

POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

Sondaggio	S1	Campione	C1	Profondità	1,40 – 1,50 m			
Descrizione	Sabbia limosa con ghiaia							
Tipo prova: CONSOLIDATA DRENATA								
Dimensioni provini				Inizio prova	18/02/2012		Velocità prova	
Lato (mm)	Altezza (mm)	Area (cm²)	Volume (cm³)	Fine prova	27/02/2012		0,0050 mm/min	
60,00	22,00	36,00	79,20	PROVINO	1	2	3	
caratteristiche iniziali	peso di volume			KN/m³	17,14	17,74	17,73	
	indice dei vuoti				0,58	0,53	0,53	
	grado di saturazione				0,19	0,21	0,21	
consolidazione	pressione verticale $\sigma$			KPa	98,07	294,20	392,27	
	tempo di consolidazione $t$			H	24	24	24	
	altezza finale			mm	20,88	19,93	17,24	
	cedimento finale			mm	0,52	0,34	0,47	
caratteristiche finali	contenuto in acqua finale $W_f$			%	14,44	14,34	12,74	
	peso di volume secco			KN/m³	17,49	18,63	22,07	

PROVA DI TAGLIO - Diagramma tensione vs cedimenti orizzontali





Nonostante le informazioni geotecniche e geologiche fornite si vuole specificare che la sovrastruttura di fatto non presenta segni di cedimenti dovuto a carenze fondali. L'intervento proposto di fatto non comporta variazioni di carico sugli elementi, nonostante il lieve incremento di rigidità delle pareti murarie, e di conseguenza sul sistema fondale. Per quanto detto e in base a quanto riportato al paragrafo C8A.5.11 della Circ. 617/09 per gli edifici in muratura, non si andranno a verificare le strutture di fondazione esistenti.

Si riporta il suddetto paragrafo:

*“È in genere possibile omettere interventi sulle strutture di fondazione, nonché le relative verifiche, qualora siano contemporaneamente presenti tutte le condizioni seguenti:*

*x) nella costruzione non siano presenti importanti dissesti di qualsiasi natura attribuibili a cedimenti delle fondazioni e sia stato accertato che dissesti della stessa natura non si siano prodotti neppure in precedenza;*

*y) gli interventi progettati non comportino sostanziali alterazioni dello schema strutturale del fabbricato;*

*z) gli stessi interventi non comportino rilevanti modificazioni delle sollecitazioni trasmesse alle fondazioni;*

*aa) siano esclusi fenomeni di ribaltamento della costruzione per effetto delle azioni sismiche”.*

Tali ipotesi sono state poi riadattate nell'attuale normativa e trascritte al paragrafo 8.3 riportato in parte a seguire.

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:

- 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.

### 3. RELAZIONE SISMICA

#### 3.1. AZIONE SISMICA DI RIFERIMENTO

Ai sensi del DM 17/01/2018 “Norme tecniche per le costruzioni” ai fini della determinazione delle azioni sismiche gravanti sulle opere in progetto, risulta necessaria la conoscenza della cosiddetta “**pericolosità sismica di base**” e della risposta sismica locale, ossia della “**categoria di sottosuolo**”.

La pericolosità sismica viene introdotta in termini di accelerazione orizzontale massima attesa in condizioni di campo libero su sito di riferimento e suolo rigido (Tipo “A” secondo la Tab. 3.2.II) con superficie topografica orizzontale ( $a_g$ ), di ordinate dello spettro di risposta elastico in termini di accelerazione ( $S_e(T)$ ), con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  definito in fase di scelte progettuali (vedi tabella 3.2.I delle norme sotto riportata).

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

Stati Limite		$P_{VR}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Le forme spettrali vengono dunque definite, in funzione delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento (da 30 a 2475 anni), a partire dai seguenti parametri di sito:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima al sito;

$F_o$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale.

$T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

#### Vita nominale della costruzione

-  $V_N \geq 50$  anni  $\Rightarrow$  “Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale” - Tab. 2.4.I, punto 2, D.M. 17-01-2018.

**Tabella 2.4.I** – Vita nominale  $V_N$  per diversi tipi di opere

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva <sup>1</sup>	$\leq 10$
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	$\geq 50$
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	$\geq 100$

POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLO' DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

### Classe d'uso

- Classe III ⇒ “Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie [...] Dighe rilevanti per il loro eventuale collasso”.

### Periodo di riferimento per l'azione sismica

- $V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.50 = 75$  anni

⇒  $C_U = 1.5$  per Classe d'uso III - Tab. 2.4.II, DM 17/01/2018.

### Ubicazione dell'opera

Al fine della determinazione dei parametri di sito, è necessaria la conoscenza dell'ubicazione dell'opera. Nel caso in oggetto le coordinate del sito di costruzione risultano (ED50):

⇒ Ubicazione fabbricato: **12.379834° E** - **42.999716° N**

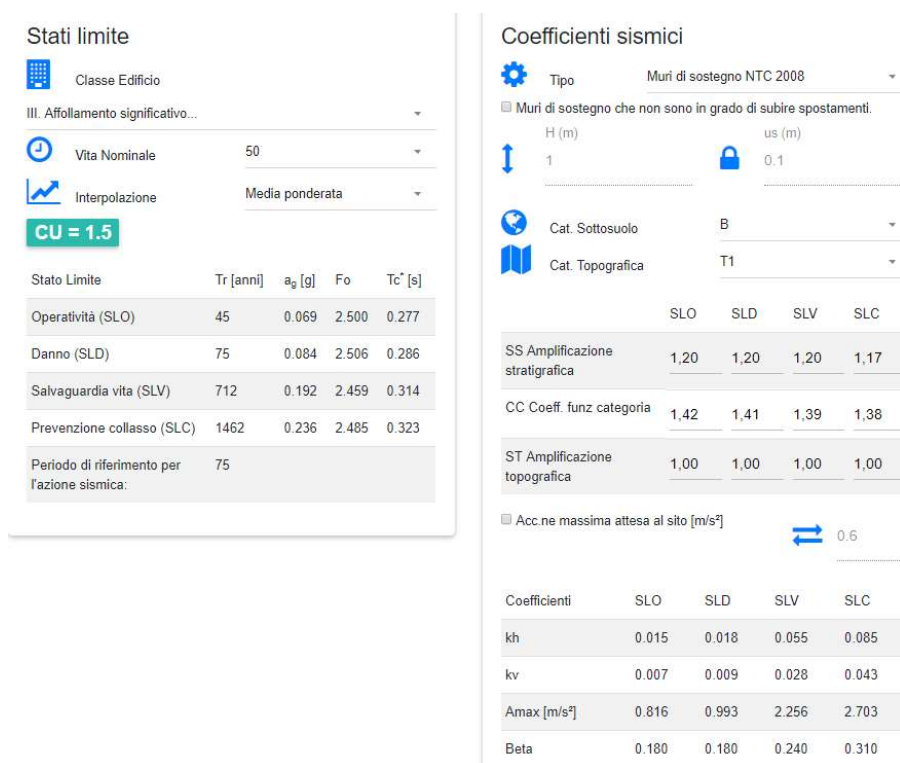


Figura 3 Coordinate geografiche

### Condizioni topografiche

Le condizioni topografiche sono tali da considerare la costruzione ricadente nella categoria “T1” della Tab. 3.2.IV del DM 17/01/2018.

POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

**Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

### Categoria di sottosuolo

La categoria di sottosuolo individuata tra quelle previste nella Tabella 3.2.II del DM 17/01/2018, è la “**B**”.

Nella cartografia comunale la zona ricade nelle zone stabili suscettibili di amplificazioni locali – Aree fondovalle con depositi alluvionali.

#### Elementi areali

- 1 - Zone suscettibili di instabilità - Aree caratterizzate da movimenti franosi attivi
- 2 - Zone suscettibili di instabilità - Aree caratterizzate da movimenti franosi quiescenti
- 3 - Zone suscettibili di instabilità - Aree potenzialmente franose o esposte a rischio di frana
- 4 - Zone suscettibili di instabilità - Aree con terreni di fondazione particolarmente scadenti (riporti poco addensati, terreni granulari fini con falda superficiale)
- 5 - Zone suscettibili di instabilità - Aree interessate da deformazioni dovute a faglie attive e capaci
- 6 - Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali - Aree di fondovalle con depositi alluvionali
- 7 - Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali - Aree pedemontane di falda di detrito o cono di deiezione
- 14 - Zone stabili



**Figura 4 Stralcio cartografia comunale pericolosità sismica**

## 4. RELAZIONE SUI MATERIALI

Nell'esecuzione delle opere e per la stima della vulnerabilità di quello esistente è previsto l'impiego dei seguenti materiali.

### 4.1. Edificio esistente – materiali e Livello di Conoscenza

Trattandosi di edifici esistenti la valutazione della sicurezza è normalmente affetta da un grado di incertezza diverso da quello degli edifici di nuova progettazione. Ciò comporta l'impiego di adeguati fattori di confidenza (FC) nelle verifiche di sicurezza dipendenti dalla completezza e dall'affidabilità dell'informazione disponibile e quindi dal grado di conoscenza del manufatto raggiunto a seguito delle indagini effettuate.

Il livello di conoscenza acquisito determina il metodo di analisi e i fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali.

Lo studio di vulnerabilità sismica del fabbricato eseguito nel 2006 era stato condotto con un livello di conoscenza limitato della struttura LC1, in virtù della accurata campagna prove che verrà condotta nella fase di progetto definitivo si è ipotizzato, per questa fase di studio di fattibilità, un **livello di conoscenza adeguato della struttura LC2 e il relativo fattore di confidenza FC=1,2**.

Sulla base delle informazioni reperite dall'analisi di vulnerabilità sismica del 2006 e dai sopralluoghi effettuati si sono rilevate due differenti tipologie murarie:

- Muratura in pietrame;
- Muratura in mattoni pieni e malta di calce nel sottotetto (rifacimento della copertura nel 1981).



POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLO' DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

Tipologia di muratura	$f_m$ (N/cm <sup>2</sup> )	$\tau_0$ (N/cm <sup>2</sup> )	E (N/mm <sup>2</sup> )	G (N/mm <sup>2</sup> )	w (kN/m <sup>3</sup> )
	Min-max	min-max	min-max	min-max	
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	100 180	2,0 3,2	690 1050	230 350	19
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e nucleo interno	200 300	3,5 5,1	1020 1440	340 480	20
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	260 380	5,6 7,4	1500 1980	500 660	21
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	140 240	2,8 4,2	900 1260	300 420	16
Muratura a blocchi lapidei squadriati	600 800	9,0 12,0	2400 3200	780 940	22
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	240 400	6,0 9,2	1200 1800	400 600	18
Muratura in mattoni semipieni con malta cementizia (es.: doppio UNI foratura < 40%)	500 800	24 32	3500 5600	875 1400	15
Muratura in blocchi laterizi semipieni (perc. foratura < 45%)	400 600	30,0 40,0	3600 5400	1080 1620	12
Muratura in blocchi laterizi semipieni, con giunti verticali a secco (perc. foratura < 45%)	300 400	10,0 13,0	2700 3600	810 1080	11
Muratura in blocchi di calcestruzzo o argilla espansa (perc. foratura tra 45% e 65%)	150 200	9,5 12,5	1200 1600	300 400	12
Muratura in blocchi di calcestruzzo semipieni (foratura < 45%)	300 440	18,0 24,0	2400 3520	600 880	14

Tabella C8A.2.2 - Coefficienti correttivi dei parametri meccanici (indicati in Tabella C8A.2.1) da applicarsi in presenza di: malta di caratteristiche buone o ottime; giunti sottili; ricorsi o listature; sistematiche connessioni trasversali; nucleo interno particolarmente scadente e/o ampio; consolidamento con iniezioni di malta; consolidamento con intonaco armato.

Tipologia di muratura	Malta buona	Giunti sottili (<10 mm)	Ricorsi o listature	Connessioni trasversale	Nucleo scadente e/o ampio	Iniezione di miscele leganti	Intonaco armato *
Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)	1,5	-	1,3	1,5	0,9	2	2,5
Muratura a conci sbozzati, con paramento di limitato spessore e	1,4	1,2	1,2	1,5	0,8	1,7	2
Muratura in pietre a spacco con buona tessitura	1,3	-	1,1	1,3	0,8	1,5	1,5
Muratura a conci di pietra tenera (tufo, calcarenite, ecc.)	1,5	1,5	-	1,5	0,9	1,7	2
Muratura a blocchi lapidei squadriati	1,2	1,2	-	1,2	0,7	1,2	1,2
Muratura in mattoni pieni e malta di calce	1,5	1,5	-	1,3	0,7	1,5	1,5

\* Valori da ridurre convenientemente nel caso di pareti di notevole spessore (p.es. > 70 cm).

Nel modello di calcolo sono state utilizzate le seguenti tipologie murarie (Tab. C8A.2.1) con i relativi valori di riferimento dei parametri meccanici:

- *Tipologia Muraria:* Muratura in pietrame disordinata (ciottoli, pietre erratiche e irregolari)
  - $f_m = 140 \text{ N/cm}^2$
  - $\tau_0 = 2.6 \text{ N/cm}^2$
  - $E = 870 \text{ N/mm}^2$
  - $G = 290 \text{ N/mm}^2$
  - $W = 19 \text{ kN/m}^3$
- *Tipologia Muraria:* Muratura in mattoni pieni e malta di calce
  - $f_m = 320 \text{ N/cm}^2$
  - $\tau_0 = 7.6 \text{ N/cm}^2$
  - $E = 1500 \text{ N/mm}^2$
  - $G = 500 \text{ N/mm}^2$
  - $W = 18 \text{ kN/m}^3$

Di seguito le caratteristiche dei materiali inserite nella modellazione.

POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

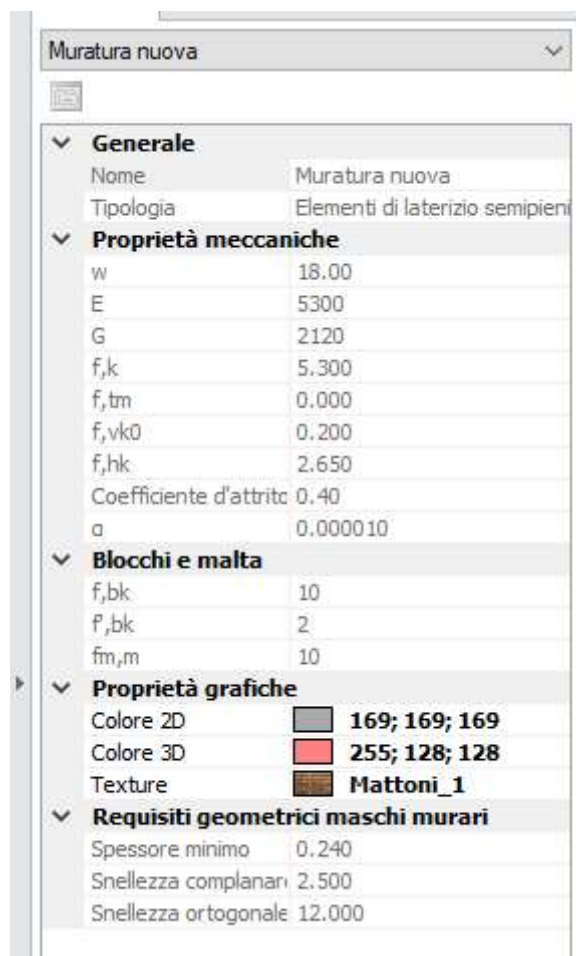
Muratura in pietrame	
<b>Generale</b>	
Nome	Muratura in pietrame
Tipologia	Pietrame disordinata
Fattore di Confidenz	1.20
<b>Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	870
G	290
<b>Resistenze</b>	
Valori	Medi
$f_{,m}$	1.400
$\tau_{,0}$	0.026
$f_{,tm}$	0.140
$f_{,hm}$	0.700
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	19.00
Coefficiente d'attrito	0.40
$\alpha$	0.000010
> Coefficienti correttivi	
<b>Proprietà grafiche</b>	
Colore 2D	169; 169; 169
Colore 3D	245; 222; 179
Texture	Pietra_1
<b>Requisiti geometrici maschi murari</b>	

Blocchi Poroton	
<b>Generale</b>	
Nome	Blocchi Poroton
Tipologia	Blocchi laterizi semipieni
Fattore di Confidenz	1.20
<b>Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	4500
G	1350
<b>Resistenze</b>	
Valori	Medi
$f_{,m}$	5.000
$\tau_{,0}$	0.350
$f_{,tm}$	0.500
$f_{,hm}$	2.500
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	12.00
Coefficiente d'attrito	0.40
$\alpha$	0.000010
> Coefficienti correttivi	
<b>Proprietà grafiche</b>	
Colore 2D	0; 0; 0
Colore 3D	255; 165; 0
Texture	Pietra_1
<b>Requisiti geometrici maschi murari</b>	

Muratura mattoni pieni	
<b>Generale</b>	
Nome	Muratura mattoni pieni
Tipologia	Mattoni pieni e malta di calce
Fattore di Confidenz	1.35
<b>Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	1500
G	500
<b>Resistenze</b>	
Valori	Medi
$f_{,m}$	3.200
$\tau_{,0}$	0.076
$f_{,tm}$	0.320
$f_{,hm}$	1.600
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	18.00
Coefficiente d'attrito	0.40
$\alpha$	0.000010
> Coefficienti correttivi	
<b>Proprietà grafiche</b>	
Colore 2D	0; 0; 0
Colore 3D	255; 165; 0
Texture	Pietra_1
<b>Requisiti geometrici maschi murari</b>	

Mattoni Pieni	
<b>Generale</b>	
Nome	Mattoni Pieni
Tipologia	Pietrame disordinata
Fattore di Confidenz	1.35
<b>Moduli elastici</b>	
Valori	Medi
E	870
G	290
<b>Resistenze</b>	
Valori	Medi
$f_{,m}$	1.400
$\tau_{,0}$	0.026
$f_{,tm}$	0.140
$f_{,hm}$	0.700
<b>Altre proprietà meccaniche</b>	
w	20.00
Coefficiente d'attrito	0.40
$\alpha$	0.000010
> Coefficienti correttivi	
<b>Proprietà grafiche</b>	
Colore 2D	0; 0; 0
Colore 3D	184; 134; 11
Texture	Pietra_1
<b>Requisiti geometrici maschi murari</b>	
Spessore minimo	0.300
Snellezza complanari	2.000
Snellezza ortogonale	10.000





## 4.2. ACCIAIO PER CARPENTERIA METALLICA

Per la realizzazione dei tiranti metallici, delle cerchiature e dei cordoli di piano si utilizzeranno acciai conformi alle norme armonizzate della serie UNI EN 10025 (per i laminati), UNI EN 10210 (per i tubi senza saldatura) e UNI EN 10219-1 (per i tubi saldati), recanti la Marcatura CE, cui si applica il sistema di attestazione della conformità 2+.

Per la realizzazione delle parti in acciaio è previsto l'impiego di acciaio laminato di tipo S 275.

Nel calcolo, seguendo quanto riportato al paragrafo 11.3.4.1 del D.M. 14.01.2008, sono stati assunti per questo tipo di acciaio i valori nominali delle tensioni caratteristiche di snervamento  $f_{yk}$  e di rottura  $f_{tk}$  riportati nella tabella seguente:

**Tabella 1 – Laminati a caldo con profili a sezione cava**

Qualità dell'acciaio	Spessore nominale dell'elemento			
	$t \leq 40$ mm		$40 \text{ mm} \leq t \leq 80$ mm	
	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{yk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]	$f_{tk}$ [N/mm <sup>2</sup> ]
S 275	275	430	255	410

In sede di progettazione sono stati assunti i seguenti valori nominali delle proprietà del

materiale:

modulo elastico  $E = 210.000 \text{ [N/mm}^2\text{]}$   
 modulo di elasticità trasversale  $G = E / [2 (1 + \nu)] \text{ [N/mm}^2\text{]}$   
 coefficiente di Poisson  $\nu = 0,3$   
 coefficiente di espansione termica lineare  $\alpha = 12 \cdot 10^{-6} \text{ per } ^\circ\text{C}^{-1} \text{ (per } t \leq 100 \text{ } ^\circ\text{C})$   
 densità  $\rho = 7850 \text{ [kg/m}^3\text{]}$

Secondo quanto indicato al paragrafo 11.3.4.6.1, i bulloni, conformi per le caratteristiche dimensionali alle norme UNI EN ISO 4016:2002 e UNI 5592:1968, devono appartenere alle sotto indicate classi della norma UNI EN ISO 898-1:2001, associate nel modo indicato nella seguente tabella:

	Normali			Ad alta resistenza	
Vite	4.6	5.6	6.8	8.8	10.8
Dado	4	5	6	8	10

Le tensioni di snervamento  $f_{yb}$  e di rottura  $f_{tb}$  delle viti (bulloni) appartenuti alle classi indicate nella precedente tabella sono riportate nella seguente tabella:

Classe	4.6	5.6	6.8	8.8	10.8
$f_{yb} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	240	300	480	649	900
$f_{tb} \text{ [N/mm}^2\text{]}$	400	500	600	800	1000

Le giunzioni saldate saranno effettuate in conformità alle prescrizioni del paragrafo 11.3.4.5 del D.M. 14.1.2008.

Le modalità di accettazione ed i controlli verranno effettuati in accordo con le Normative citate (D.M. 14.1.2008).

#### 4.3. FIBRE DI VETRO

Si andrà a realizzare un intonaco armato mediante il sistema Ri-Struttura-Murature della ditta Fibranet. Di seguito sono riportate le informazioni delle diverse componenti.

# FIBREBUILD

SISTEMI PER IL RINFORZO STRUTTURALE

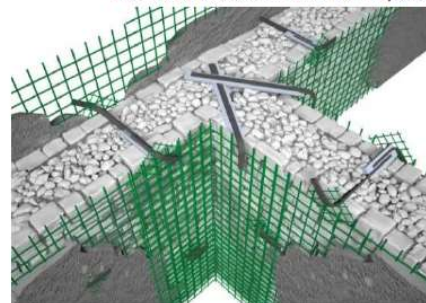
## FIBREBUILD RI-STRUTTURA - MURATURE

sistema di intonaco armato sottile con rete preformata in GFRP per il rinforzo di murature

**FIBREBUILD RI-STRUTTURA** (Fabric Reinforced Cementitious Matrix) è il sistema di rinforzo strutturale di Fibre Net che utilizza reti, connettori e accessori preformati in GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) abbinati a malte a base di calce o cementizie, per realizzare degli intonaci armati sottili, collaboranti, reversibili e collegati trasversalmente, che migliorano le resistenze al taglio, alla flessione e alla compressione della muratura.

### SCHEDA TECNICA DI SISTEMA FIBREBUILD RI-STRUTTURA - MURATURE

doc. FB SYS 01A001IT - rev. 1.3 - 06/2016



### COMPONENTI DEL SISTEMA

#### RETE FB MESH

Rete in GFRP prodotta con tecnologia Texturusion™, le cui barre sono costituite da fibre di vetro lunghe impregnate con resina termoindurente di tipo epossidico-vinilestere. Nella formazione della rete le fibre delle due direzioni sono intrecciate ortogonalmente in modo da creare una maglia monolitica.

Caratteristiche	Valore	Valore
Spessore medio della rete	3 mm	5 mm
Sezione nominale della singola barra della rete	10 mm <sup>2</sup>	20 mm <sup>2</sup>
Dimensioni della maglia	33x33 mm / 33x66 mm / 66x66 mm / 99x99 mm	
Resistenza a trazione della barra	3,5 kN	5,7 kN
Allungamento a rottura della barra	1,5 %	1,1 %
Rigidezza assiale media a trazione della barra EA	230 kN	540 kN
Resistenza a strappo media del nodo	---	≥ 0,20 kN
Reazione al fuoco*	A2	A2
Potere calorifico	7,99 MJ/Kg	7,99 MJ/Kg



\* Valutato considerando rete FB MESH 66x66T96AR interposta in uno spessore da 30 mm di malta premiscelata FIBREBUILD NHL 8MPa classificata A1.

#### ANGOLARE FBANG

Elemento preformato in rete in GFRP piegato ad angolo retto.

Caratteristiche	Valore	
Dimensioni dell'angolare	330x330 mm, altezza 2 m	
Sezione nominale della singola barra della rete	10 mm <sup>2</sup>	20 mm <sup>2</sup>
Dimensioni della maglia	33x33 mm, 66x66 mm, 99x99 mm	
Resistenza a trazione della barra	3,5 kN	5,7 kN
Allungamento a rottura della barra	1,5 %	1,1 %
Rigidezza assiale media a trazione della barra EA	230 kN	540 kN



#### CONNETTORE FB CON

Connettore a "L" in GFRP per il collegamento della rete FB MESH alla muratura, realizzato con fibra di vetro AR pretensionata e impregnata con resina termoindurente di tipo vinilestere-epossidico.

Caratteristiche	Valore
Dimensioni del connettore	lato lungo: da 10 a 100 cm, lato corto: 10 cm
Sezione del connettore	10x7 mm
Resistenza a trazione della barra	31 kN
Allungamento a rottura	1,7 %
Rigidezza assiale media a trazione EA	1847 kN



# FIBREBUILD

SISTEMI PER IL RINFORZO STRUTTURALE

**SCHEDA TECNICA RIASSUNTIVA**  
**FBMESH T96AR e T192AR**  
doc. FB 01 STC 001 IT 01 - 0316

## RETE IN GFRP

FBMESH T96AR e T192AR

maglia da 33x33 mm a 99x99 mm

*adatta per il rinforzo strutturale di murature, solai, massetti e volte, per il consolidamento e la protezione del calcestruzzo e delle pavimentazioni storiche*

FBMESH Rete preformata in GFRP (Glass Fiber Reinforced Polymer) di Fibre Net prodotta con tecnologia Texturion™, le cui barre sono costituite da fibre di vetro alcalino-resistenti impregnate con resina termoindurente epossidica-vinilestere. Nella formazione della rete le fibre nelle due direzioni sono intrecciate ortogonalmente in modo da creare una maglia monolitica.

### CONFORME A LINEE GUIDA CNR-DT 200 R1/2013 e CNR-DT 203/2006

Caratteristiche geometriche	u.d.m.	33x33 T96	33x66 T96	66x66 T96	99x99 T96	66x66 T192	99x99 T192
Spessore medio	mm	3	3	3	3	5	5
Sezione nominale della singola barra	mm <sup>2</sup>	10	10	10	10	20	20
Area nominale fibre	mm <sup>2</sup>	3,8	3,8	3,8	3,8	7,6	7,6
Dimensione della maglia (AxB)	mm	33x33	33x66	66x66	99x99	66x66	99x99
Barre/metro/lato	---	30	30 e 15	15	10	15	10
Peso	g/m <sup>2</sup>	1000	750	500	350	1000	700

Caratteristiche meccaniche	Normativa	33x33 T96	33x66 T96	66x66 T96	99x99 T96	66x66 T192	99x99 T192
Resistenza a trazione della singola barra	ISO 527-4,5:97	3,5 kN	3,5 kN	3,5 kN	3,5 kN	5,7 kN	5,7 kN
Allungamento a rottura	ISO 527-4,5:97	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,5 %	1,1 %	1,1 %
Rigidità assiale media a trazione EA	ISO 527-4,5:97	230 kN	230 kN	230 kN	230 kN	540 kN	540 kN

Caratteristiche chimico-fisiche	Normativa	Valore
Fibra di vetro	ASTM C1666M-07	vetro AR - ZrO <sub>2</sub> ≥ 16 %
Sezione della fibra	ISO 1889:1986	19-24 μm
Resina termoindurente	---	epossidico-vinilestere
Densità resina	---	1,1 g/cm <sup>3</sup>
Temperatura di distorsione termica T <sub>g</sub>	DIN 53445	120 °C
Coefficiente di dilatazione termica	---	6-7x10 <sup>-6</sup> cm/cm°C
Conduttività termica	---	0,25 kcal/mh°C
Rapporto in peso fibra/resina	---	65/35 %
Radiotrasparenza a 1 GHz	MIL-STD-285	max 1 ΔdB
Comportamento a esposizione a raggi UV	ASTM G154-2006	nessun difetto (scala grigi 5)
Comportamento a calore, freddo, umidità	ISO 9142:04	nessun difetto (n. cicli 21)
Riciclabilità	Protocollo CSI	cert. n. 140001
Colore	---	verde 6018 (RAL)
Comportamento al fuoco*	EN 13501 - 1: 2009	A2
Potere calorifico	7,99 MJ/Kg	7,99 MJ/Kg



POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

### **MODALITA' DI POSA**

1. Rimozione dell'intonaco esistente e delle parti ammalorate e scarifica di circa 10 – 15 mm dei giunti di allettamento per favorire l'aderenza della malta. Eventuale ricostruzione di parti di murature mancanti o particolarmente danneggiate
2. Esecuzione di fori del diametro di 24 mm per i connettori passanti nel numero previsto da progetto, da realizzarsi in zone compatte della muratura, preferibilmente con utensili a rotazione. È sufficiente un foro di diametro 14 – 18 mm laddove si prevede un solo connettore (fori non passanti o rinforzo su un solo lato della muratura)
3. Pulizia dei fori e della muratura con aria compressa, lavaggio e bagnatura della superficie a saturazione (dove possibile) e applicazione di un primo strato di rinzafo al paramento murario
4. Messa in opera della rete srotolando il rotolo dall'alto verso il basso, fra il ponteggio e la muratura
5. Fissaggio provvisorio della rete alla muratura con chiodi da carpenteria per permettere il corretto posizionamento e il taglio della rete in corrispondenza della aperture. Il taglio della rete viene realizzato per mezzo di cesoie e/o tronchesi da cantiere o con smerigliatrice angolare. Sovrapporre le fasce di rete per circa 15 cm al fine di garantire la continuità meccanica. Non piegare la rete ad angolo vivo per evitare l'eventuale rottura delle fibre.
6. Montaggio degli angolari in corrispondenza degli spigoli sovrapponendoli alla rete già stesa per 15 cm
7. Inserimento del connettore in GFRP di lunghezza pari allo spessore della muratura. Se necessario, taglio della parte eccedente del connettore in GFRP con dischi diamantati per laterizio
8. Posa della rete in GFRP sull'altro lato del paramento murario
9. Inserimento nel foro del secondo connettore in GFRP, creando una sovrapposizione di almeno 10 – 15 cm, e iniezione di resina epossidica tixotropica per solidarizzare i due elementi. Ove previsto, applicazione dei fazzoletti di ripartizione
10. Applicazione di un nuovo strato di intonaco di malta con le caratteristiche di progetto, di spessore minimo pari a circa 30 mm per lato. Al fine di evitare fessurazioni della malta da intonaco, gli elementi in GFRP dovranno essere coperti da almeno 1 cm di malta. La rete deve essere posizionata in mezzzeria dello spessore di malta.

POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

#### 4.4. MALTA PER INTONACO ARMATO

La malta dovrà garantire una resistenza minima di 15 Mpa. Di seguito le caratteristiche tecniche.

**FIBREBUILD**  
SISTEMI PER IL RINFORZO STRUTTURALE

SCHEDA TECNICA  
**FBCALCEM15MPa**  
doc. FB 01.5TC 050 IT 02 - rev. 02 - 04/2017

**FIBREBUILD INTONACO**

FBCALCEM15MPa

PREMISCELATO A BASE CALCE PER APPLICAZIONI STRUTTURALI

*adatto per il rinforzo strutturale di manufatti in muratura, sottoposti a cedimenti e fessurazioni dovuti ad eventi sismici e a scarsa resistenza meccanica*

Caratteristiche	Normativa	Valore
Classe e tipologia	EN 998-1	CS IV - GP
Aspetto	-	Polvere
Colore	-	Biancastro
Granulometria	-	0 ÷ 1,5 mm
Massa volumica apparente	-	1,40 ± 0,1 kg/L
Acqua di impasto	-	18 %
Massa volumica apparente dell'impasto	EN 1015-6	1,80 ± 0,1 kg/L
Temperatura di applicazione	-	+5°C ÷ +35°C
Temperatura di esercizio	-	-30°C ÷ +90°C
Spessore minimo di applicazione	-	8 mm
Spessore massimo di applicazione	-	30 mm per strato
Applicazione	-	Meccanica-Manuale
Assorbimento d'acqua per capillarità	EN 1015-18	W2 (≤ 0,20 kg/m <sup>2</sup> ·h <sup>0,5</sup> )
Permeabilità al vapore acqueo	EN 1015-19	15 / 35
Resistenza alla compressione - 28 giorni	EN 1015-11	CS IV (≥ 15 MPa)
Resistenza alla flessione - 28 giorni	EN 1015-11	≥ 1,5 MPa
Adesione al supporto in laterizio	EN 1015-12	≥ 0,5 MPa (FP: A)
Adesione al supporto in cls	EN 1015-12	≥ 1,0 MPa (FP: A)
Modulo elastico a compressione	EN 13412	≤ 10 GPa
Contenuto in cloruri	EN 1015-17	≤ 0,05 %
Conducibilità termica λ <sub>10dry</sub> (P = 50 %)	EN 1745	0,83 W/m.K
Euroclasse di reazione al fuoco	EN 13501-1	A1
Consumo	-	14 kg/m <sup>2</sup> x cm
Confezione kg	-	sacco 25 kg
Stoccaggio in luogo asciutto	-	12 mesi

Lo spessore dell'intonaco deve essere di almeno 3 cm

#### 4.5. ADESIVO MONOCOMPONENTE

Adesivo monocomponente all'acqua a base di dispersione poliuretanica per impregnazione di tessuto in fibra di vetro tipo MAPEWRAP EQ ADHESIVE

Resistenza a trazione : 5.25 N/mm<sup>2</sup>

#### 4.6. BLOCCHI PER LA REALIZZAZIONE DELLE NUOVE PARETI IN POROTON

Elementi tipo blocco in laterizio forato (percentuale <45%) della ditta FBM di Marsciano con le seguenti caratteristiche tecniche:

Dimensioni (S x L x H): 25x30x18			
Caratteristiche blocco	Tipo: Elemento HD per muratura portante in zona sismica		
	Massa volumica lorda	Kg/m <sup>3</sup>	919
	Massa volumica netta	Kg/m <sup>3</sup>	1671
	Percentuale di foratura	%	45
	Resistenza media a compressione in direzione dei carichi verticali (fbm):	N/mm <sup>2</sup>	24,2
	Resistenza caratteristica a compressione in direzione dei carichi verticali (fbk):	N/mm <sup>2</sup>	20,1
	Resistenza caratteristica a compressione in direzione ortogonale (fbk1):	N/mm <sup>2</sup>	5,4
	Resistenza termica del blocco (R)	°Km <sup>2</sup> /W	1,28
	Conduttività termica equivalente del blocco (λ eq)	W/°Km	0,19
Parete	Massa superficiale <sup>(1)</sup>	Kg/m <sup>2</sup>	235
	Potere fonoisolante R <sub>w</sub> <sup>(2)</sup>	dB	48
	Resistenza al fuoco <sup>(3)</sup>	REI	120
	Sostanze pericolose	/	assenti
	Coefficiente di diffusione al vapore acqueo	μ (=δa/ δ)	5/10
	Note: (1) Spessore dei giunti di 10 mm (2) Spessore dell'intonaco 1 cm su ambo i lati (3) Con intonaco tradizionale (1 cm su ambo i lati ovvero 2 cm sul lato esposto al fuoco)		
Caratteristiche muratura	Valori riferiti alla parete con spessore 25 cm		malta normale      malta termica
	Trasmittanza termica (con intonaco normale int. ed est.) U	W/°Km <sup>2</sup>	0,70      0,67
	Trasmittanza termica (con intonaco normale int. e termoisolante est.) U	W/°Km <sup>2</sup>	0,58      0,56
	Trasmittanza termica (con intonaco termoisolante int. ed est.) U	W/°Km <sup>2</sup>	0,49      0,48
	Note: Malta normale λ= 0,83 W/°Km Malta termica λ= 0,25 W/°Km Intonaco normale λ= 0,54 W/°Km (spessore 1,5 cm) Intonaco termoisolante λ= 0,06 W/°Km (spessore 2 cm)		

Malta per muratura di classe M10 con resistenza minima di 10MPa.

## 5. PROGETTO DI FATTIBILITÀ' - INTERVENTI DI MIGLIORAMENTO SISMICO

### 5.1. VERIFICHE NUMERICHE

#### 5.1.1. Descrizione degli interventi

Le verifiche strutturali eseguite si basano sullo studio di vulnerabilità precedente. Gli interventi proposti dovranno garantire il raggiungimento di un IR sismico almeno pari a 0.6, ovvero conseguire un livello di sicurezza sismico almeno pari al 60% di una costruzione di nuova realizzazione.

Nel dettaglio saranno eseguite:

- Demolizione dei setti in falso del sottotetto;
- Demolizione della copertura pesante esistente e realizzazione di una nuova in capriate in acciaio e pannello sandwich;
- Setto murario di controventamento al piano terra in blocchi Poroton di spessore pari a 30 cm, per il setto in oggetto era già stata prevista la trave di fondazione negli interventi del 2002;
- Chiusura di nicchie;
- Aumento della capacità resistenziale della muratura con intervento di intonaco armato su entrambe le facce murarie con fibre di vetro.

#### 5.1.2. Analisi dei carichi

Nel presente paragrafo si stimano i carichi che gravano sulla struttura in accordo con le prescrizioni contenute al capitolo 2 del D.M. 14/01/2008.

##### Primo Impalcato

*Carico permanente strutturale totale caratteristico .....  $G_{1k} = 250 \text{ kg/m}^2$*

*Carico permanente non strutturale totale caratteristico ...  $G_{2k} = 200 \text{ kg/m}^2$*

*Carico variabile caratteristico (Cat. C1 – Scuole).....  $Q_{1k} = 300 \text{ kg/m}^2$*

##### Impalcato Sottotetto

*Carico permanente strutturale totale caratteristico .....  $G_{1k} = 250 \text{ kg/m}^2$*

*Carico permanente non strutturale totale caratteristico ...  $G_{2k} = 150 \text{ kg/m}^2$*

*Carico variabile caratteristico (Cat. H – Manutenzione) ...  $Q_{1k} = 50 \text{ kg/m}^2$*

##### Impalcato Copertura – nuova in travi in acciaio e pannello sandwich

*Carico permanente strutturale totale caratteristico .....  $G_{1k} = 250 \text{ kg/m}^2$*

*Carico permanente non strutturale totale caratteristico ...  $G_{2k} = 100 \text{ kg/m}^2$*



*Carico variabile caratteristico (Neve).....* **$Q_{1k} = 100 \text{ kg/m}^2$**

### 5.1.3. Identificazione e descrizione del modello di calcolo strutturale

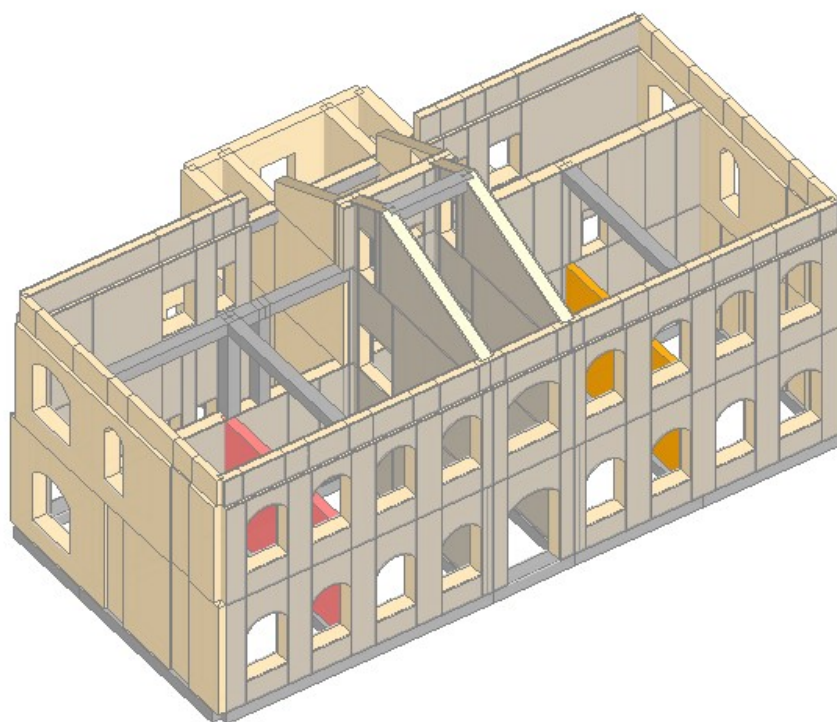
L'edificio è stato modellato con schema tridimensionale a telaio equivalente (software AEDES PCM 2018) con aste deformabili e tratti rigidi a definire la luce non deformabile dei maschi murari. Le rigidezze degli elementi murari sono state calcolate considerando sia il contributo flessionale sia quello tagliante, si è considerata una rigidezza fessurata pari al 50% di quella non fessurata (7.8.1.5.2 NTC 2018).

Le fasce di piano (sottofinestra, soprafinestra e sovraporta) sono state modellate con delle bielle per non trascurare il peso proprio e allo stesso tempo così da massimizzare le azioni sui maschi.

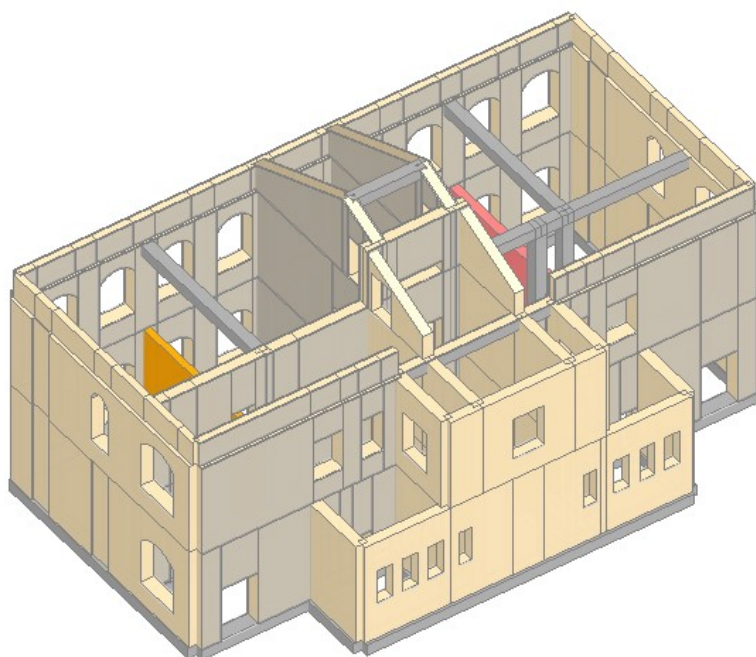
Ai maschi murari sono state attribuite le caratteristiche meccaniche riportate nel paragrafo "Relazione sui materiali".

Le fondazioni sono state modellate come aste su suolo elastico (Winkler) anche se in analisi Non Lineare la struttura è stata considerata incastrata alla base.

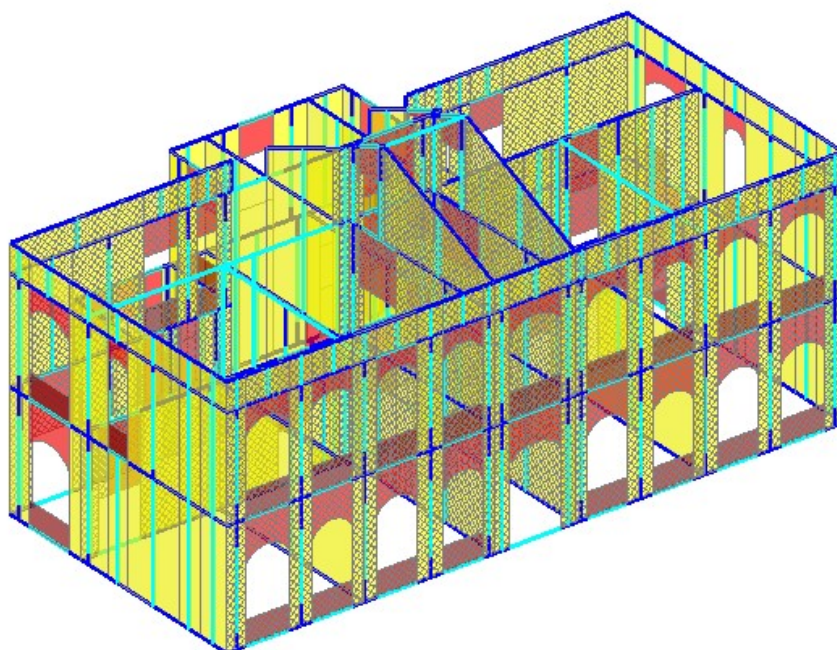
I carichi verticali relativi ai solai vengono assunti direttamente dal codice di calcolo una volta assegnati i valori di carico strutturali, permanenti portati e accidentali del solaio assegnati come carico per unità di superficie. I solai sono stati considerati deformabili in quanto non rispecchianti quanto richiesto dalla normativa.

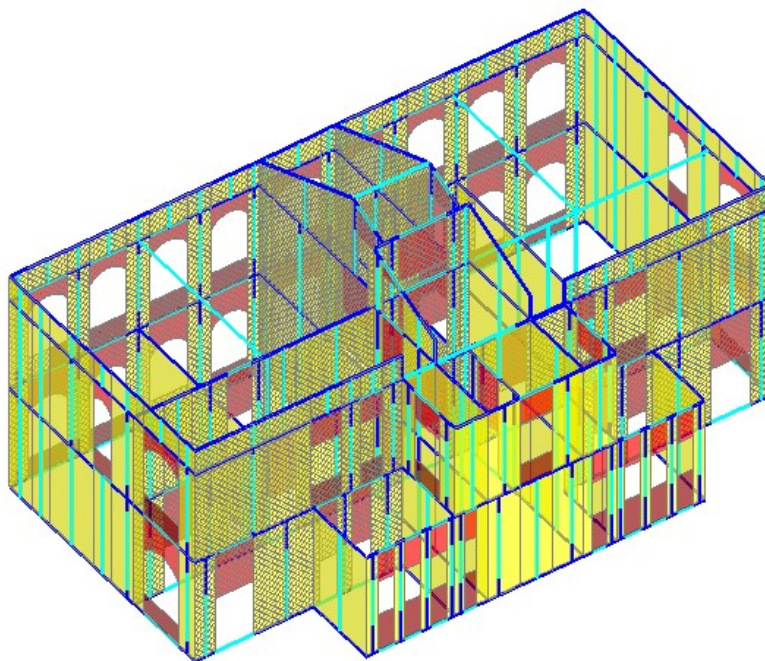


POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

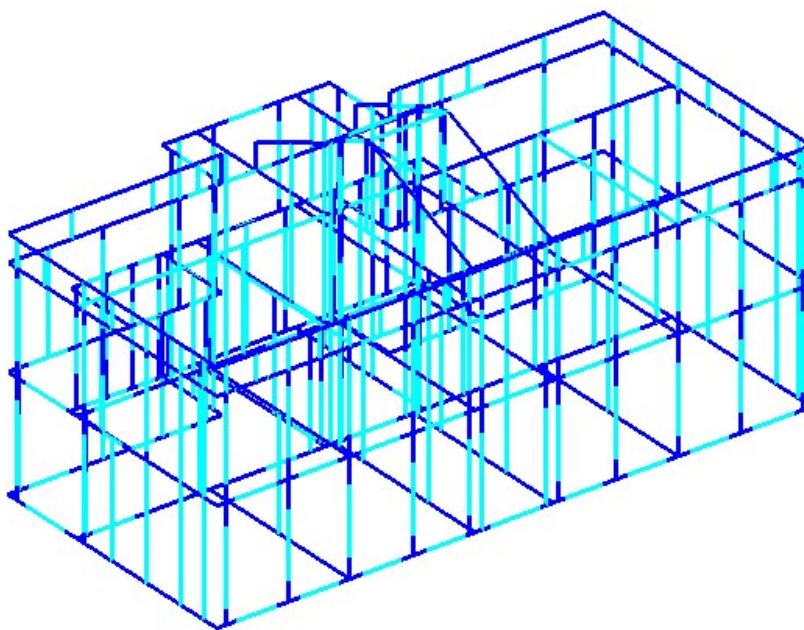


*Modello di calcolo 3D con evidenziate le diverse tipologie murarie*





*Discretizzazione Modello di Calcolo*



*Modello di calcolo Unifilare*

#### **5.1.4. Condizioni di carico elementari**

Per le verifiche agli stati limite si sono seguite le combinazioni definite dalla norma [1] a paragrafo 2.5.3. dove i valori dei coefficienti parziali sono definiti in tabella 2.5.II e i valori dei



coefficienti di combinazione sono definiti in tabella 2.5.I.

- Combinazione sismica, impiegata per gli stati limite ultimi e di esercizio connessi all'azione sismica E (v. § 3.2):

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

Tabella 2.5.I – Valori dei coefficienti di combinazione

Categoria/Azione variabile	$\psi_{0i}$	$\psi_{1i}$	$\psi_{2i}$
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 Biblioteche, archivi, magazzini e ambienti ad uso industriale	1,0	0,9	0,8
Categoria F Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $\leq 30$ kN)	0,7	0,7	0,6
Categoria G Rimesse e parcheggi (per autoveicoli di peso $> 30$ kN)	0,7	0,5	0,3
Categoria H Coperture	0,0	0,0	0,0
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

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

		Coefficiente $\gamma_F$	EQU	A1 STR	A2 GEO
Carichi permanenti	favorevoli	$\gamma_{G1}$	0,9	1,0	1,0
	sfavorevoli		1,1	1,3	1,0
Carichi permanenti non strutturali <sup>(1)</sup>	favorevoli	$\gamma_{G2}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3
Carichi variabili	favorevoli	$\gamma_{Qi}$	0,0	0,0	0,0
	sfavorevoli		1,5	1,5	1,3

<sup>(1)</sup>Nel caso in cui i carichi permanenti non strutturali (ad es. carichi permanenti portati) siano compiutamente definiti si potranno adottare per essi gli stessi coefficienti validi per le azioni permanenti.

### 5.1.5. Valutazione sicurezza – analisi sismica

#### 5.1.5.1. Verifica Globale – Analisi Pushover

L'analisi sismica globale è stata condotta attraverso un'analisi statica non lineare (Pushover) nei confronti dello Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) utilizzando le seguenti distribuzioni di forze, indipendentemente dalla percentuale di massa partecipante del primo modo:

- Gruppo 1 – Distribuzioni principali  
Distribuzione di forze proporzionale alle forze statiche.
- Gruppo 2 – Distribuzioni secondarie

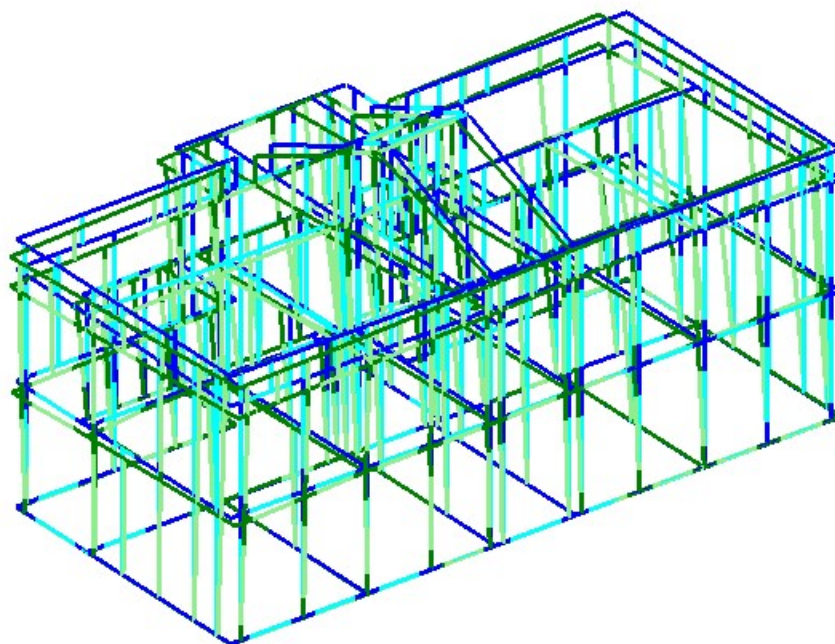
### Distribuzione uniforme di forze.

L'analisi fornisce un confronto in termini di spostamento tra capacità globale della struttura e domanda cui la stessa è soggetta per la presenza dell'evento sismico per i diversi stati limite. Lo spostamento del nodo di controllo, considerato al piano più alto verrà confrontato con quello richiesto alla struttura. Durante l'analisi Pushover la singola parete raggiunge lo stato limite ultimo (punto di collasso) per uno spostamento orizzontale determinato dal drift (spostamento ultimo) che nel caso di resistenza ultima per pressoflessione complanare è pari allo 1% dell'altezza del pannello e dello 0.5% H nel caso di resistenza ultima per Taglio. Si eseguono, inoltre, verifiche in direzione ortogonale 'per pressoflessione fuori piano, in modo simile alle complanari.

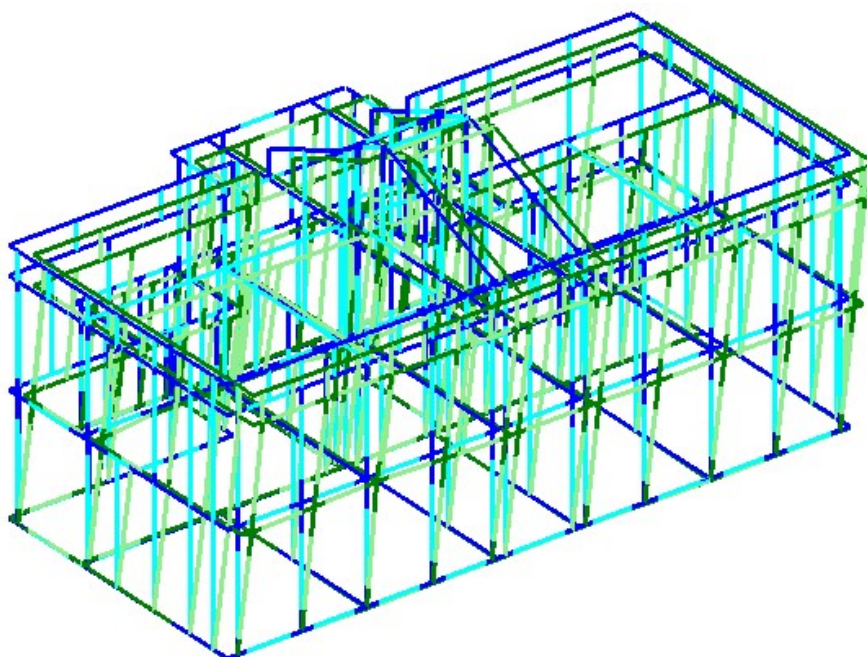
Le curve di capacità della struttura (sistema a più gradi di libertà: M-GDL) vengono rappresentate in diagrammi che riportano in ascisse lo spostamento del punto di controllo, ed in ordinate il taglio globale alla base. Per ogni curva, attraverso le relazioni di equivalenza dinamica, riportate al punto C7.3.4.1, viene definita la corrispondente curva del sistema ad 1 grado di libertà equivalente 1-GDL, e successivamente il diagramma bilineare, attraverso il quale è possibile definire la domanda sismica (spostamento richiesto secondo lo spettro di risposta) del sistema 1-GDL, ricondotta infine alla domanda per il sistema M-GDL.

Sulle curve di capacità lo Stato Limite di Danno SLD è identificato con il punto caratterizzato dallo spostamento minore tra quello corrispondente al raggiungimento della massima forza e quello per il quale lo spostamento relativo fra due punti sulla stessa verticale appartenenti a piani consecutivi eccede il 3 per mille dell'altezza di piano. Lo Stato Limite Ultimo SLV coincide, invece, con il punto caratterizzato dallo spostamento corrispondente ad una riduzione della forza non superiore al 20% del massimo.

Prima di eseguire l'analisi statica non lineare è stata effettuata l'analisi dinamica modale con cui si sono valutati i modi di vibrare della struttura, di seguito i principali modi di vibrare traslazionali.



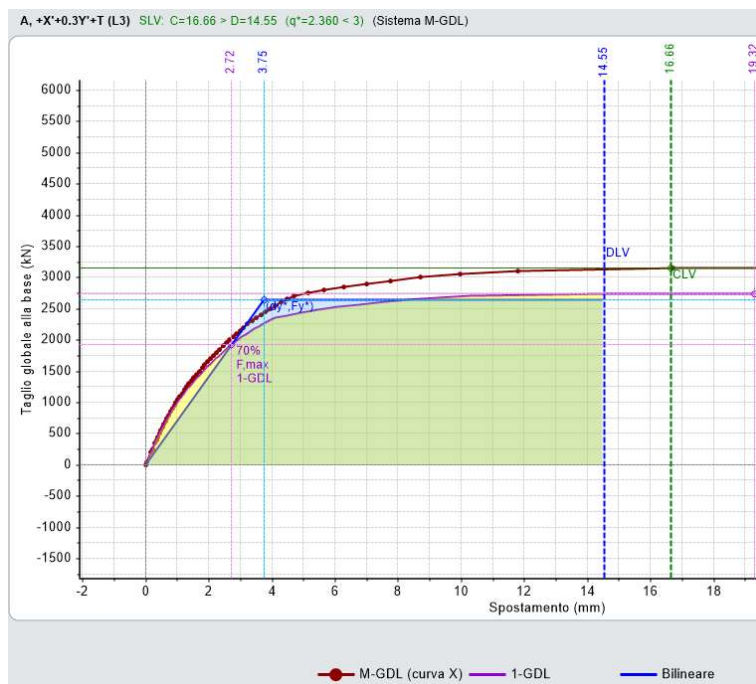
*Primo modo di vibrare traslazionale direz. X*



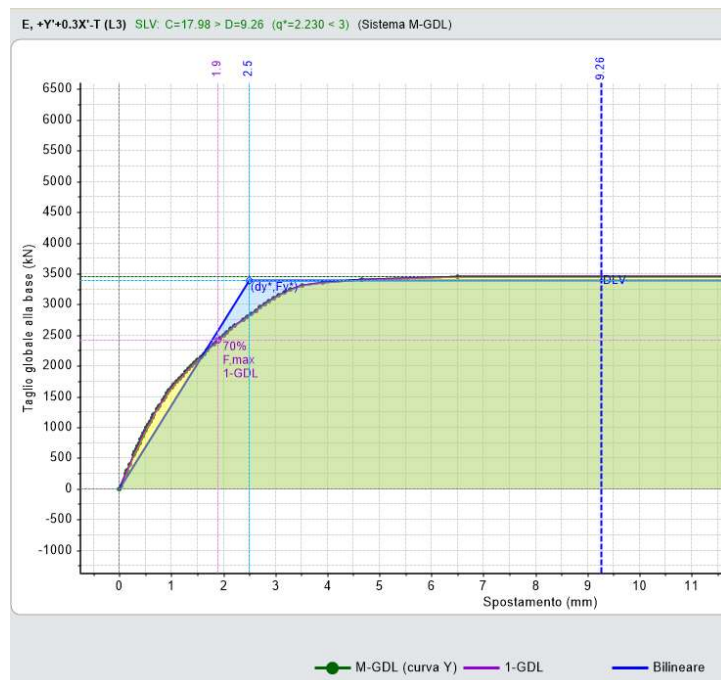
*Primo modo di vibrare traslazionale direz. Y*

Di seguito vengono riportate le curve di capacità più significative ottenute dal modello di calcolo. Per maggiori dettagli relativi alle curve di capacità elaborate dall'analisi si rimanda ai tabulati di calcolo allegati.

POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE



*Curva di Capacità Tipo*



*Curva di Capacità Tipo*

Per ogni curva di capacità ed ogni stato limite analizzato, il risultato della verifica è esprimibile sotto forma di un coefficiente di sicurezza, dato dal rapporto fra capacità e domanda. Di seguito si riportano i valori degli indici di rischio ottenuti dalle curve di capacità.



POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLO' DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

N°curva	Corrente	Vista	Distr.	Direz.	Direz.2	Mt	Control	$\zeta$ ,PGA(SLV)	$\zeta$ ,TR(SLV)	VN,CLV
1		<input checked="" type="checkbox"/>	A	+X'	+0.3Y'	+	L3	1.107	1.430	72
2		<input type="checkbox"/>	A	+X'	+0.3Y'	-	L3	1.094	1.360	68
3		<input type="checkbox"/>	A	+X'	-0.3Y'	+	L3	1.094	1.382	69
4		<input type="checkbox"/>	A	+X'	-0.3Y'	-	L3	1.102	1.406	70
5		<input type="checkbox"/>	A	+Y'	+0.3X'	+	L3	0.877	0.639	32
6		<input type="checkbox"/>	A	+Y'	+0.3X'	-	L3	0.894	0.692	35
7		<input type="checkbox"/>	A	+Y'	-0.3X'	+	L3	0.877	0.650	33
8		<input type="checkbox"/>	A	+Y'	-0.3X'	-	L3	0.877	0.650	33
9		<input type="checkbox"/>	A	-X'	+0.3Y'	+	L3	1.107	1.430	72
10		<input type="checkbox"/>	A	-X'	+0.3Y'	-	L3	1.107	1.455	73
11		<input type="checkbox"/>	A	-X'	-0.3Y'	+	L3	1.124	1.537	77
12		<input type="checkbox"/>	A	-X'	-0.3Y'	-	L3	1.094	1.360	68
13		<input type="checkbox"/>	A	-Y'	+0.3X'	+	L3	0.890	0.687	34
14		<input type="checkbox"/>	A	-Y'	+0.3X'	-	L3	0.890	0.681	34
15		<input type="checkbox"/>	A	-Y'	-0.3X'	+	L3	0.894	0.699	35
16		<input type="checkbox"/>	A	-Y'	-0.3X'	-	L3	0.799	0.497	25
17		<input type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'	+	L3	0.981	0.934	47
18		<input type="checkbox"/>	E	+X'	+0.3Y'	-	L3	1.007	1.000	50
19		<input type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'	+	L3	1.102	1.406	70
20		<input type="checkbox"/>	E	+X'	-0.3Y'	-	L3	1.107	1.455	73
21		<input type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'	+	L3	1.315	3.270	164
22		<input type="checkbox"/>	E	+Y'	+0.3X'	-	L3	1.315	3.270	164
23		<input type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'	+	L3	1.159	1.775	89
24		<input type="checkbox"/>	E	+Y'	-0.3X'	-	L3	1.202	2.090	105
25		<input type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'	+	L3	1.016	1.041	52
26		<input type="checkbox"/>	E	-X'	+0.3Y'	-	L3	1.037	1.105	55
27		<input type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'	+	L3	1.020	1.069	53
28		<input type="checkbox"/>	E	-X'	-0.3Y'	-	L3	1.033	1.087	54
29		<input type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'	+	L3	0.916	0.754	38
30		<input type="checkbox"/>	E	-Y'	+0.3X'	-	L3	0.916	0.744	37
31		<input type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'	+	L3	0.920	0.768	38
32		<input type="checkbox"/>	E	-Y'	-0.3X'	-	L3	0.842	0.576	29

### Indici di rischio sismico - stato di progetto

I valori sopra riportati sono riferiti allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita e sono espressi sia in termini di PGA (accelerazione di picco al suolo) che in termini di TR (tempi di ritorno). I due valori non sono uguali data la non linearità del legame fra PGA e TR, possono risultare paragonabili se l'espressione in termini di tempi di ritorno viene elevata per il coefficiente 0.41 derivante dall'analisi statistica delle curve di pericolosità a livello nazionale.

L'indice di rischio sismico dell'edificio scolastico ospitante la Scuola Elementare di Sant'Angelo di Celle nello stato di progetto è di 0.799 in termini di PGA accelerazione di picco al suolo e di 0.750 in termini di  $T_R$  tempi di ritorno.

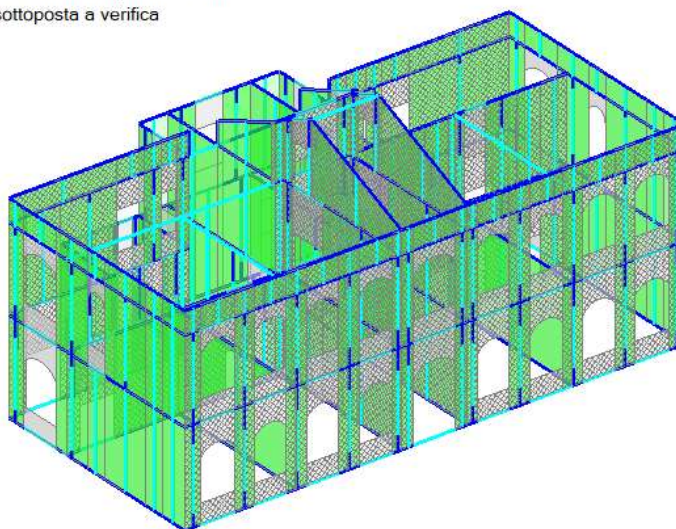


### 5.1.6. Valutazione della sicurezza – analisi per carichi statici

Di seguito vengono riportate le verifiche di sicurezza in condizioni statiche (non sismiche) ed i valori del coefficiente di sicurezza relativo alle diverse verifiche eseguite (presso-flessione complanare, taglio per fessurazione diagonale, presso-flessione ortogonale).

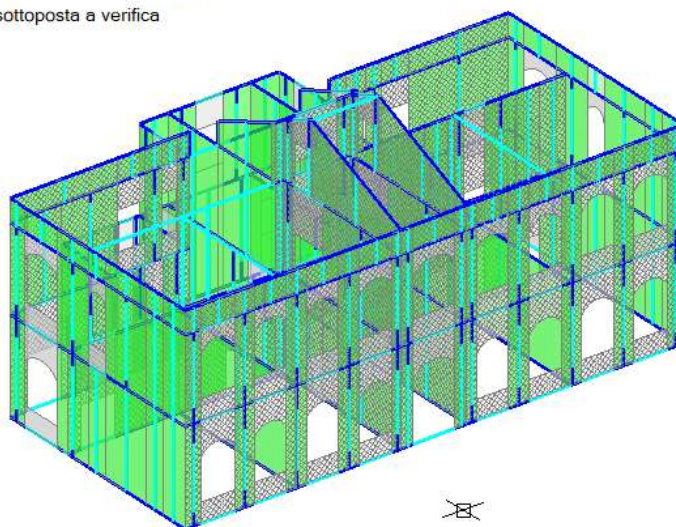
#### Verifiche di sicurezza

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



*Verifiche Presso flessione Complanare*

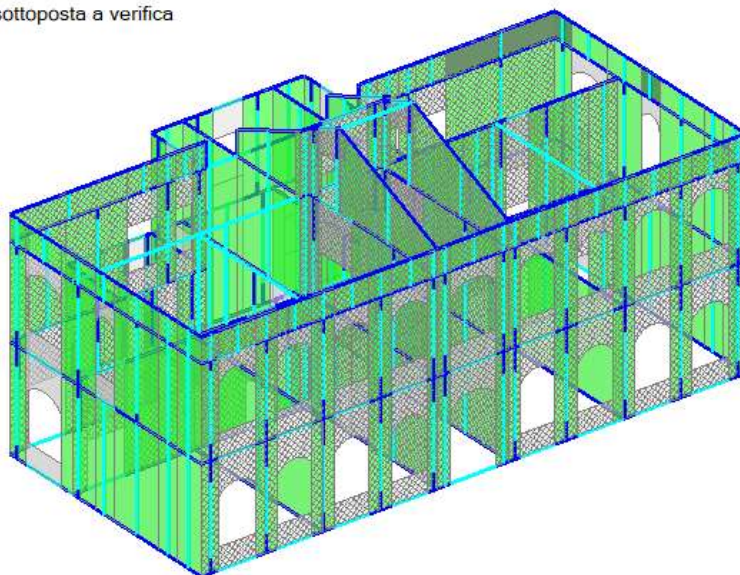
- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



*Verifiche Presso flessione Ortogonale*

POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

- Verifica soddisfatta
- Verifica non soddisfatta
- Verifica soddisfatta per azioni nulle
- Verifica non soddisfatta per azioni non consentite
- Verifica non soddisfatta per instabilità
- Asta non sottoposta a verifica



*Verifiche Taglio per Fessurazione diagonale*

### Coefficiente di Sicurezza

Analisi Statica Lineare, NON Sismica (D.M.17.1.2018)		
<b>Analisi Statica Lineare NON Sismica [§4.5.5]</b>		
<b>Verifiche di sicurezza per Edifici in Muratura</b>		
<b>SLU di salvaguardia della Vita (SLV)</b>		
<b>Verifica di Resistenza (RES)</b>		
<b>Involuppo CCC</b>		
Pressofless. complanare [§4.5.6]	1.071	100%
Taglio scorrimento [§4.5.6]		
Taglio fessuraz. diag. [§4.5.6]	3.185	100%
Pressofless. ortogonale (da modello 3D)	1.467	100%

*Coefficiente di Sicurezza*

## 5.2. RIEPILOGO E COMMENTO DEI RISULTATI.

### 5.2.1. Riepilogo degli indicatori di rischio sismici

Nelle tabelle sottostanti sono riportati gli indici di rischio a seguito degli interventi di miglioramento sismico proposti con confronto tra stato di fatto e stato di progetto.

L'indice di rischio sismico dello stato attuale dell'edificio scolastico ospitante la Scuola Elementare di Sant'Angelo di Celle allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita è di 0.441 in termini di PGA accelerazione di picco al suolo e di 0.377 in termini di  $T_R$  tempi di ritorno.

Stato Limite	Indice di Rischio - Stato Attuale	
	Modello globale	
	PGA	TR
SLV	0.441	0.377

*Indice di Rischio Sismico – Stato Attuale*

Di seguito gli indici di rischio sismico nello stato di progetto.

Stato Limite	Indice di Rischio - Stato Progetto	
	Modello globale	
	PGA	TR
SLV	0.799	0.750

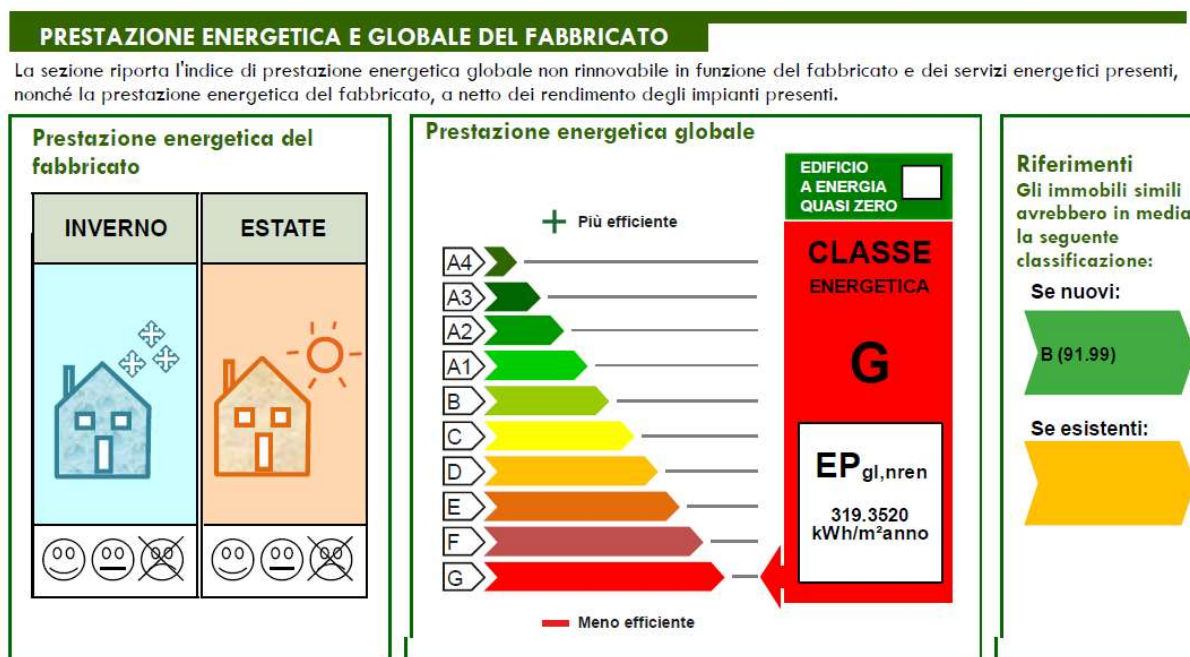
*Indice di Rischio Sismico – Stato di progetto*

Gli interventi di miglioramento proposti sono atti a ripristinare e rafforzare la capacità portante dell'edificio così come richiesto dalla Normativa cogente al punto 8.4.2. in quanto si riduce la vulnerabilità dell'edificio e si consegue un livello di sicurezza sismico pari al 75% di quello previsto per nuove costruzioni.

## 6. PROGETTO DI FATTIBILITA' - INTERVENTI DI EFFICIENTAMENTO ENERGETICO

Volendo stimare le proprietà termiche dell'edificio e le sue prestazioni energetiche, a seguito di un attento rilievo, si è proceduto alla realizzazione dell'Attestato di Prestazione Energetica dello stato di fatto. Si precisa che l'edificio è stato oggetto di precedente intervento di riqualificazione dell'impianto nel 2002 dove si è provveduto all'isolamento del sistema di distribuzione e alla sostituzione della caldaia. In seguito a quanto emerso dall'analisi dello stato di fatto e alla luce delle carenze delle proprietà termiche dell'involucro edilizio si è provveduto ad intervenire su alcune parti dello stesso cercando di limitare così le dispersioni termiche verso l'esterno. Di seguito si riporta la sintesi dell'Attestato di Prestazione Energetica e la descrizione sommaria degli interventi proposti con quantificato il miglioramento ottenibile dal singolo intervento, espresso in termini di  $E_{Ph,nren}$ . Allo stato di fatto l'edificio risulta essere classabile come di classe G con prestazioni energetiche basse sia in inverno che in estate.

### STATO DI FATTO

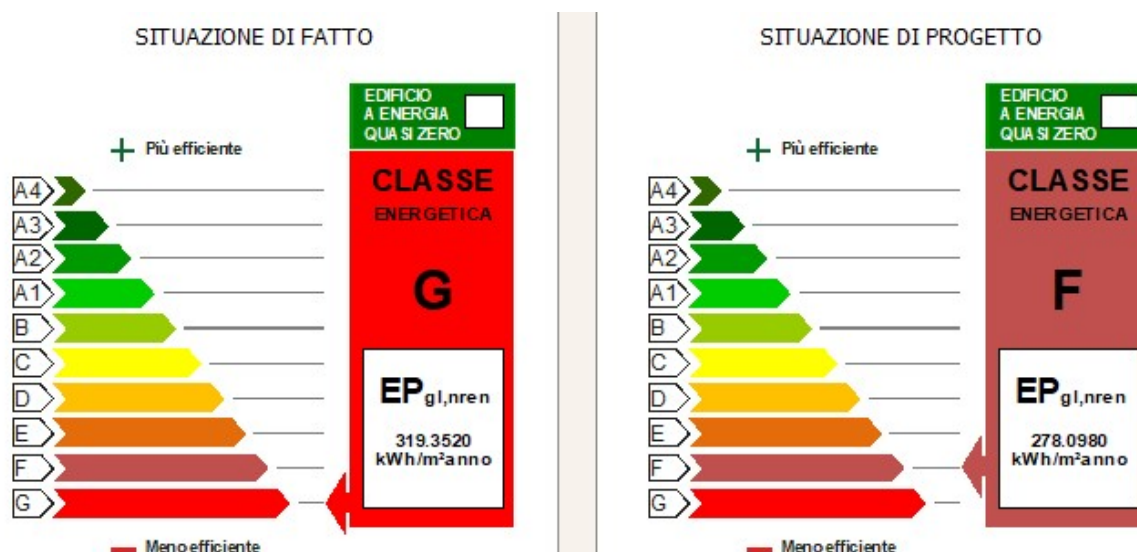




POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLO' DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA E RISTRUTTURAZIONE IMPORTANTE					
INTERVENTI RACCOMANDATI E RISULTATI CONSEGUIBILI					
Codice	TIPO DI INTERVENTO RACCOMANDATO	Comporta una Ristrutturazione importante	Tempo di ritorno dell'investimento anni	Classe Energetica raggiungibile con l'intervento ( $EP_{gl,nren}$ kWh/m <sup>2</sup> anno)	CLASSE ENERGETICA raggiungibile se si realizzano tutti gli interventi raccomandati
REN1	Realizzazione di coibentazione sul sottotetto fino ad un valore di trasmittanza pari a 0.28 W/mqK	No	9.0	F (278.09)	F 236.52 kWh/m <sup>2</sup> anno
REN2	Sostituzione delle vetrate e degli infissi. Vetri doppi basso-emissivi ( $U_g=1.0$ W/mqk; $U_w=1.2$ W/mqk)	No	15.0	F (277.87)	

#### - Coibentazione solaio confinante verso ambiente non climatizzato

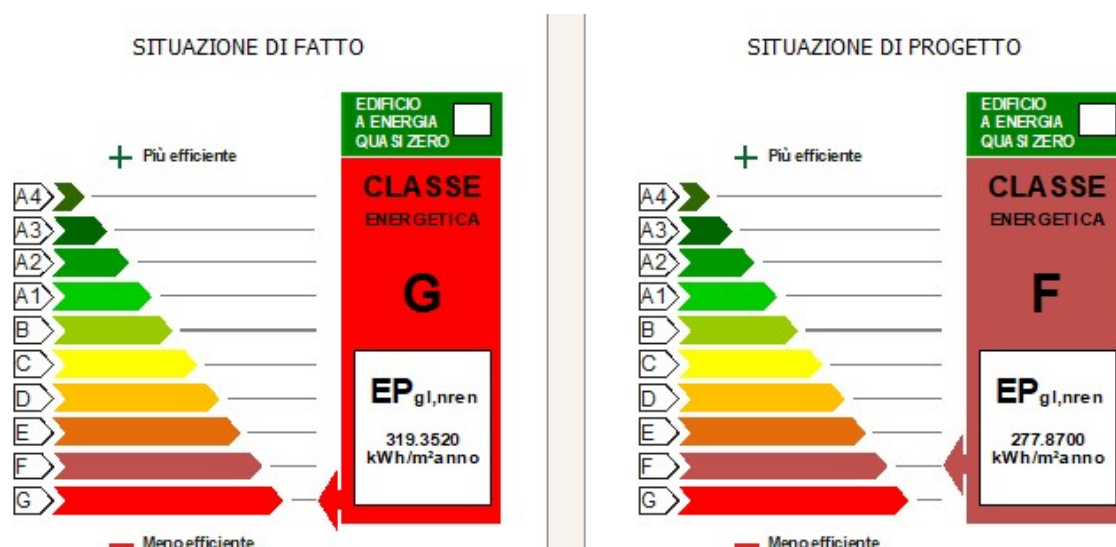


Per il solaio di sottotetto si prevede il seguente miglioramento della trasmittanza:

Trasmittanza stato di fatto  $U_{sdf}$ : 1.722 W/mqK

Trasmittanza stato di progetto  $U_{im}$ : 0.28 W/mqK

#### - Sostituzione serramenti



Per le nuove specchiature vetrate si prevedono i seguenti nuovi valori di trasmittanza:

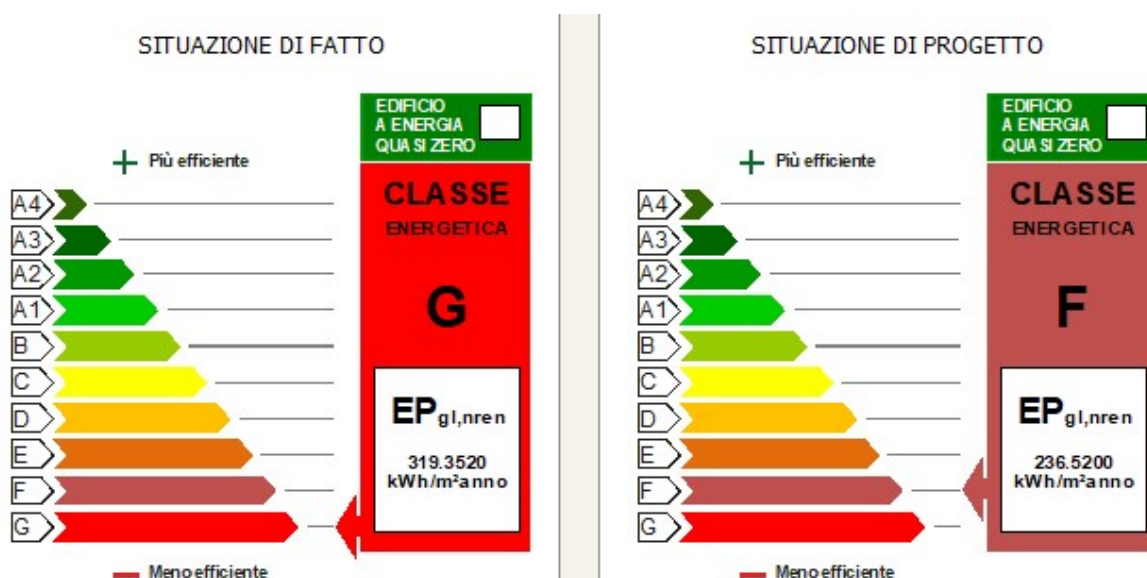


POR FESR 2014/2020, Asse 8, Azioni 8.3.1 e 8.4.1. D.L. n. 104/2013, convertito in Legge n. 128/2013, Decreto interministeriale 08/01/2018. DGR n. 486 del 14/05/2018. Programmazione di interventi per l'edilizia scolastica 2018/2020 - PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA PER IL MIGLIORAMENTO SISMICO DEGLI EDIFICI SCOLASTICI DI PONTENUOVO, SAN NICOLÒ DI CELLE E SANT'ANGELO DI CELLE

Trasmittanza telaio  $U_{g\_telaio}$ : 1.00 W/mqK

Trasmittanza vetri  $U_{w_{im}}$ : 1.2 W/mqK

La realizzazione di tutti gli interventi porta al salto di almeno una classe energetica passando da un  $EP_{gl,nren}$  di 319.3520 kWh/mqanno a 236.52 kWh/mqanno così come visibile nell'immagine sottostante. Oltre ai benefici dal punto di vista del contenimento dei consumi e quindi dei costi si ha anche una notevole diminuzione dell'emissione di CO<sub>2</sub>.



## 7. CONCLUSIONI

Gli interventi proposti garantiscono il raggiungimento del livello di sicurezza minimo richiesto dalle nuove norme tecniche NTC 18 e pari ad un indice di rischio sismico pari almeno allo 0.6 ovvero pari al 60% di quanto richiesto ad una nuova struttura con stessa destinazione d'uso e stessa posizione geografica. Di seguito si riportano gli indici ante e post opera.

Stato Limite	Indice di Rischio - Stato Attuale	
	Modello globale	
	PGA	TR
SLV	0.441	0.377

*Indice di Rischio Sismico – Stato Attuale*

Stato Limite	Indice di Rischio - Stato Progetto	
	Modello globale	
	PGA	TR
SLV	0.799	0.750

*Indice di Rischio Sismico – Stato di progetto*

Si sottolinea l'importanza di intervenire su questa parte di plesso scolastico in quanto un suo grave danneggiamento durante un evento sismico potrebbe causare gravi danni alla parte dell'ampliamento se pur questa sia stata progettata e realizzata con le NTC 08.

Dal punto di vista energetico invece si nota come gli interventi conferiscano al fabbricato prestazioni termiche migliori e lo si nota anche da passaggio di classe energetica. Di seguito la sintesi del passaggio di classe energetica conseguibile a mezzo di quanto qui proposto.

