

Committente:



**PROVINCIA DI PESARO E URBINO**

Viale Gramsci, 4 - 61121 Pesaro (PU)  
Tel. 0721/3591 - Fax 0721/3592436  
e-mail: urp@provincia.ps.it  
PEC: provincia.pesarourbino@legalmail.it  
Il Responsabile Unico del Procedimento:  
**Ing. Maurizio PIERANTONI**  
Il Dirigente:  
**Arch. Maurizio BARTOLI**

**VERIFICHE DI VULNERABILITA' SISMICA SUGLI  
EDIFICI SCOLASTICI DI COMPETENZA  
PROVINCIALE  
RAGGRUPPAMENTO EDIFICI SCOLASTICI: FANO  
CIG 7632964926**

Livello progettuale:

**VULNERABILITÀ SISMICA**



Riferimento Immobile:

**RAGGRUPPAMENTO EDIFICI  
SCOLASTICI: FANO**

Descrizione elaborato:

**RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEL  
CALCOLO - SCUOLA "NOLFI"**

Progettista:



**PROGETTO ITALIA**

**PROGETTO ITALIA S.R.L.S.  
Mandatario/Capogruppo**

Sede legale: Contrada San Salvatore 14/A - 63854 Santa Vittoria  
in Matenano (FM)  
Cell. 347.6833935  
REA CCIAA di FM 204474 - C.F. e P.IVA 02357690441  
A.U. e D.T. Arch. Jlenia Allevi  
PEC: progetto.italiasrls@pec.it



**SIDOTI ENGINEERING S.R.L. UNIPERSONALE  
Mandante**

Sede legale: via Borgo Garibaldi 33 - interno 5 - 00041 Albano  
Laziale (RM), Tel. e fax: 06.9323891 - Cell. 393.9868781  
REA CCIAA di RM 1379068 - C.F. e P.IVA 12502151009  
A.U. e D.T. Arch. Vincenzo Sidoti  
Email: sidotiengineering@gmail.com  
PEC: sidotiengineering@legalmail.it

Timbri e firme:

Progettista, Coordinatore Scientifico, Capo progetto, Responsabile integrazione prestazioni  
specialistiche, Direttore dell'esecuzione delle indagini:  
**Arch. Vincenzo SIDOTI**

Progettazione Strutturale:  
**Ing. Simone SENZACQUA**

Progettista, BIM Manager:  
**Arch. Jlenia ALLEVI**

Progettista - Coordinatore Scientifico - Capo progetto -  
Responsabile integrazione prestazioni specialistiche - Direttore  
dell'esecuzione delle indagini:

**Arch. Vincenzo SIDOTI - Direttore Tecnico**  
Coordinatore delle attività di rilievo ed analisi del suolo:  
**Geol. Pierluigi ANASPARRI - Direttore Tecnico**  
Responsabile strutturale e della calcolazione delle strutture:  
**Ing. Simone SENZACQUA**  
Assistente responsabile e verifica di vulnerabilità sismica:  
**Ing. Gianluca VICHI**  
Progettista - BIM Manager:  
**Arch. Jlenia ALLEVI**  
Progettista - BIM Specialist:  
**Ing. Gessica PULSONI**  
Assistente responsabile rilievi e saggi:  
**Arch. Sara PATRIGNANI**

NOME FILE			AMBIENTE SOFTWARE		SCALA
R07c.doc			Word		-
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO
00	27/09/2019	Prima emissione	S. SENZACQUA	J. ALLEVI	V. SIDOTI
Codice commessa:			Livello progett.:		Elaborato:
<b>24.19</b>			<b>VS</b>		<b>R07c-i</b>

## Indice

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>3</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DEL MANUFATTO.....</b>	<b>5</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>6</b>
<b>4</b>	<b>CLASSIFICAZIONE E COMPORTAMENTO SISMICO DEI TERRENI.....</b>	<b>7</b>
<b>5</b>	<b>DEFINIZIONE DEI DATI DI BASE DELLA MODELLAZIONE STRUTTURALE.....</b>	<b>11</b>
5.1	Valutazione della sicurezza.....	11
<b>6</b>	<b>VITA NOMINALE, CLASSE D’USO E PERIODO DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>11</b>
6.1	Vita Nominale.....	11
6.2	Classe d’uso.....	12
6.3	Periodo di riferimento per l’azione sismica.....	13
<b>7</b>	<b>INDAGINI IN SITU.....</b>	<b>14</b>
7.1	Sui terreni per la caratterizzazione dei suoli.....	14
7.2	Sugli edifici per l’acquisizione del livello di conoscenza, del fattore di confidenza FC e delle proprietà dei materiali.....	14
7.3	Geometria strutturale.....	17
7.4	Dettagli costruttivi.....	17
7.5	Proprietà dei materiali.....	17
<b>8</b>	<b>DESCRIZIONE DELLE TECNICHE DI INDAGINE.....</b>	<b>19</b>
8.1	Indagini di rilievo geometrico.....	19
8.2	Carotaggi e prove a compressione.....	20
8.3	Prove a trazione di barre d’armatura.....	20
<b>9</b>	<b>AZIONI SULLA COSTRUZIONE.....</b>	<b>21</b>
9.1	Analisi dei carichi.....	21
9.2	Determinazione dell’azione sismica.....	25
9.3	Determinazione dell’azione del vento.....	30
9.4	Determinazione dell’azione della neve.....	30
<b>10</b>	<b>DEFINIZIONE DEI CRITERI GENERALI E PARTICOLARI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA E IDONEITÀ STATICA DEI FABBRICATI.....</b>	<b>31</b>
10.1	Analisi di regolarità.....	31
10.1.1	Verifica della regolarità in pianta.....	31



10.1.2	Verifica della regolarità in altezza.....	32
10.2	Modello geometrico .....	33
10.3	Modello meccanico.....	36
<b>11</b>	<b>METODI DI ANALISI ADOTTATI .....</b>	<b>36</b>
11.1	Analisi statica non sismica .....	36
11.2	Sismica:Analisi statica non lineare .....	37
<b>12</b>	<b>VERIFICA AI CARICHI VERTICALI (analisi statica non sismica) .....</b>	<b>41</b>
12.1	Interventi di somma urgenza.....	41
12.2	Rinforzo di pilastri e travi con calastrelli in acciaio .....	41
12.3	Rinforzo di pilastri e travi con fibre in FRP.....	42
12.4	VERIFICA STATICA A PRESSO FLESSIONE.....	43
12.5	VERIFICA DELLE TRAVI A TAGLIO.....	44
<b>13</b>	<b>RISULTATI ANALISI STATICA NON LINEARE .....</b>	<b>45</b>
13.1	Risultati blocco n. 1 .....	47
13.1.1	Determinazione degli indici di rischio.....	66
13.2	Risultati blocco n. 2 .....	67
13.2.1	Determinazione degli indici di rischio.....	83



## **1 PREMESSA**

Gli edifici scolastici in oggetto, di competenza della provincia di Pesaro e Urbino (PU) sono ubicati nel Comune di Fano, nel dettaglio, la seguente relazione di calcolo è mirata alla valutazione della vulnerabilità sismica dell'immobile adibito a Scuola, denominato “Liceo Classico Nolfi”, via Tommasoni n°4.

Tale Verifica di vulnerabilità è mirata alle verifiche tecniche dei livelli di sicurezza sismica ai sensi delle Norme Tecniche sulle Costruzioni di cui al D.M. 17/01/2018, alla relativa Circolare esplicativa n. 07/2019.

Le analisi conoscitive e funzionali necessarie alla realizzazione del Progetto sono relative alla verifica dei livelli di sicurezza sismica mediante rilievi, campagne d'indagini diagnostiche ed analisi strutturali del bene oggetto di commessa.

Le coordinate geografiche nel sistema di riferimento ED50 sono:

- Latitudine: 43°50'36.76”;
- Longitudine: 13°00'38.49”;

3

Gli obiettivi di sicurezza per l'edificio in esame sono stati definiti in accordo alle NTC 2018:

- **Vita Nominale** Costruzioni con livelli di prestazioni elevati (VN) pari a 50 anni;
- **Classe d'uso III**, Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi.





Figura 23:: Vista aerea con indicazione della scuola in esame.



## **2 DESCRIZIONE DEL MANUFATTO**

L'edificio in calcestruzzo armato si compone di quattro piani (interrato, terra, primo e secondo) ed ospita il liceo classico Guido Nolfi. Al piano interrato, troviamo esclusivamente aule, al piano terra aule ed uffici, al piano primo aule e laboratori, mentre al secondo oltre alle aule si accede alla palestra,

### CONSISTENZE

Piano	Superficie (mq)	Altezza Media (m)	Volume (mc)
Seminterrato	1346.4	2.7	3635.28
Terra	1345.6	3.7	4978.72
Primo	916.5	3.2	2932.8
Secondo	925.6	3.12	2887.872
Sottotetto	498.6	1.5	747.9
	498.6	0.75	373.95
Totale	5531.3	14.97	15556.522

La presente relazione di calcolo afferisce alle verifiche statiche e sismiche dell'immobile in oggetto in seguito agli interventi di somma urgenza realizzati al fine di ripristinare l'idoneità statica dell'immobile.

5

Dalla verifica di vulnerabilità sismica emessa in data 06.09.2019, infatti, erano emerse delle criticità locali derivanti dalla verifica per carichi statici.

Nel modello di calcolo sono stati implementati tali interventi e rieseguite le relative verifiche.



### **3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- Legge 5 novembre 1971, n. 1086:
- Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio normale e precompresso ed a struttura metallica.
- Aggiornamento alle “Nuove norme tecniche per le costruzioni” di cui il DM del 17 gennaio 2018:
- Circolare 21 gennaio 2019, n. 7 C.S.LL.PP.:
- UNI EN 1992-1-[1-7] – Eurocodice 1:
  - Azioni sulle strutture
- UNI EN 1992-1-1 – Eurocodice 2:
  - Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-1 Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1992-1-2 – Eurocodice 2:
  - Progettazione delle strutture in calcestruzzo – Parte 1-2 Regole generali – Progettazione strutturale contro l’incendio.
- UNI EN 1993-1-1 – Eurocodice 3:
  - Progettazione delle strutture in acciaio – Parte 1-1 Regole generali e regole per gli edifici.
- UNI EN 1998-1 – Eurocodice 8:

Progettazione delle strutture per la resistenza sismica – Parte 1 Regole generali, azioni sismiche e regole per gli edifici



## 4 CLASSIFICAZIONE E COMPORTAMENTO SISMICO DEI TERRENI

La **classificazione sismica** del territorio nazionale ha introdotto **normative tecniche** specifiche per le costruzioni di edifici, ponti ed altre opere in aree geografiche caratterizzate dal medesimo rischio sismico.

In basso è riportata la zona sismica per il territorio di Fano, indicata nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale delle Marche n. 1046 del 29.07.2003.

Zona sismica <b>2</b>	Zona con pericolosità sismica media dove possono verificarsi forti terremoti.
--------------------------	---

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (a<sub>g</sub>)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [a <sub>g</sub> ]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [a <sub>g</sub> ]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti	a <sub>g</sub> > 0,25 g	0,35 g	703
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	0,15 < a <sub>g</sub> ≤ 0,25 g	0,25 g	2.225
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	0,05 < a <sub>g</sub> ≤ 0,15 g	0,15 g	2.810
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	a <sub>g</sub> ≤ 0,05 g	0,05 g	2.186

Figura 1 Pericolosità sismica di base: valori espressi come a<sub>g</sub>/g (OPCM3271/2003)



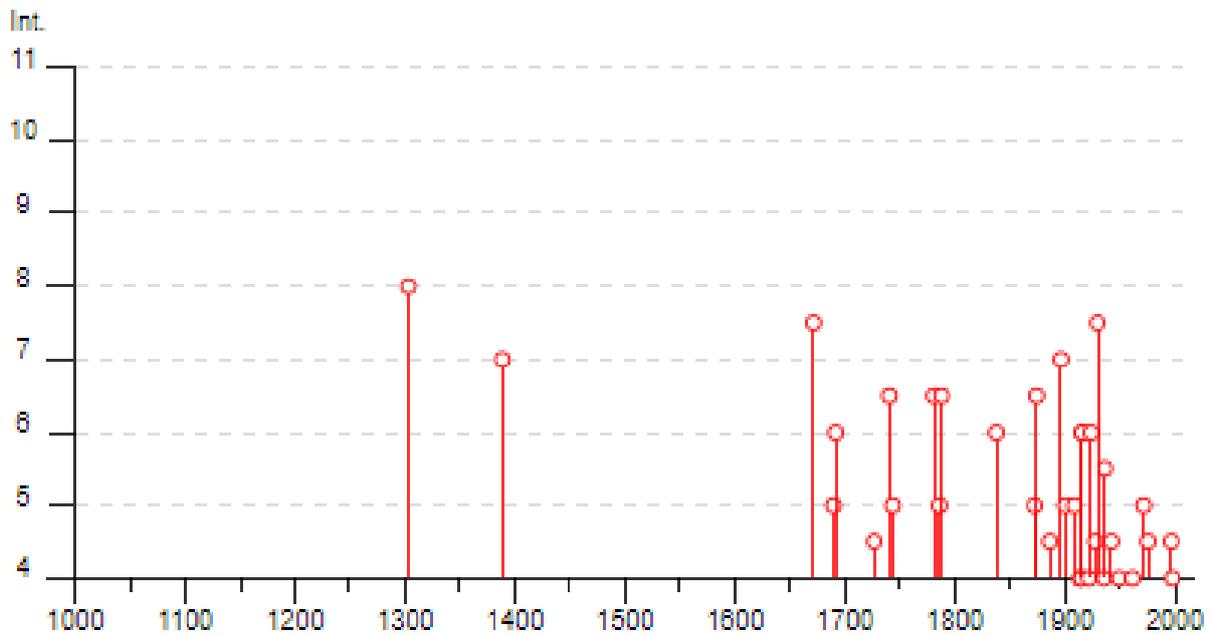
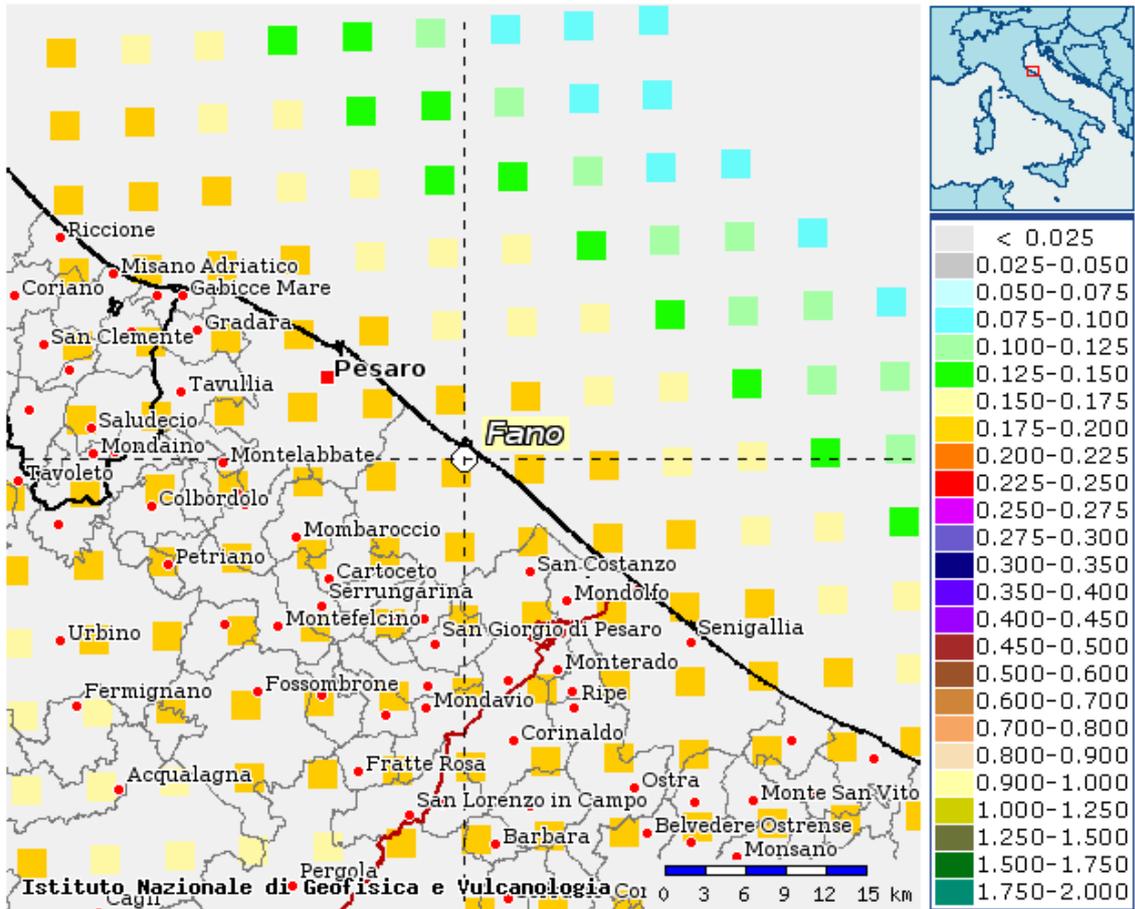


Figura 2 Diagramma eventi sismici per il comune di Fano



**RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEL CALCOLO – SCUOLA “NOLFI”**

Verifica di vulnerabilità sismica sugli edifici scolastici di competenza provinciale. Raggruppamento edifici scolastici: Fano.  
CIG 7632964926

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
8	1303	08					Adriatico centrale	4	
7	1389	04					Fano	1	7 5.10
7-8	1672	04	14	15	45		Riminense	92	8 5.59
5	1690	12	23	00	20		Costa anconetana	16	8 5.58
6	1692	10	23	20	10		Costa pesarese	2	5 4.16
3	1694	09	08	11	40		Irpinia-Basilicata	251	10 6.73
4-5	1727	12	14	19	45		Valle del Metauro	32	7 5.24
6-7	1741	04	24	09	20		Fabrianese	135	9 6.17
5	1744	05	25				Costa pesarese	5	5 4.59
6-7	1781	06	03				Cagliese	157	10 6.51
5	1786	12	25	01			Riminense	90	8 5.66
6-7	1788	04	18				Costa pesarese	2	5-6 4.40
F	1799	07	28	22	05		Appennino marchigiano	70	9 6.18
6	1838	06	23				Costa pesarese	4	6 4.63
3	1870	02	08				Anconetano	10	7 5.15
5	1873	03	12	20	04		Appennino marchigiano	196	8 5.85
6-7	1875	03	17	23	51		Costa romagnola	144	8 5.74
4-5	1887	05	26				Jesi	19	5 4.44
NF	1897	06	24	19	04		Apecchio	27	5 4.34
7	1897	09	21				Marche settentrionali	44	7 5.40
5	1901	09	25	23	40		Costa pesarese	9	5 4.23
NF	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6 4.63
3	1904	11	17	05	02		Pistoiese	204	7 5.10
F	1907	01	23	00	25		Adriatico centrale	93	5 4.75
NF	1908	03	17	03	59		Marche meridionali	54	5-6 4.61
5	1909	01	13	00	45		Emilia Romagna orientale	867	6-7 5.36
NF	1909	08	25	00	22		Crete Senesi	259	7-8 5.34
NF	1910	12	22	12	34		Monti della Laga	19	5 4.30
3	1911	02	19	07	18	3	Forlivese	181	7 5.26
3	1911	03	20	15	47		Forlivese	25	6 5.09
4	1914	10	27	09	22		Lucchesia	660	7 5.63
4	1915	01	13	06	52	4	Marsica	1041	11 7.08
6	1916	05	17	12	50		Riminense	132	8 5.82
6	1916	08	16	07	06	1	Riminense	257	8 5.82
2	1917	04	26	09	35	5	Alta Valtiberina	134	9-10 5.99
3	1917	12	02	17	39		Appennino forlivese	32	6-7 5.09
4	1922	10	11	06	43	4	Costa anconetana	20	5 4.34
6	1924	01	02	08	55	1	Senigallia	76	7-8 5.48
4-5	1928	05	30	20	01		Senigallia	17	5 5.02
7-8	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8 5.83
3-4	1931	06	25	05	01		Senigallia	14	4-5 4.02



2		1933 09 26 03 33 2	Maiella	325	9 5.90
4		1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9 6.06
5-6		1937 11 26 21 58 3	Costa pesarese	7	5 4.16
4-5		1943 07 31 04 37	Senigallia	5	5 4.16
NF		1948 06 13 06 33 3	Alta Valtiberina	142	7 5.04
4		1950 09 05 04 08	Gran Sasso	386	8 5.69
2		1957 11 11 21 40	Costa anconetana	50	5 4.50
4		1962 01 23 17 31	Costa pesarese	49	5 4.35
F		1972 02 04 02 42 1	Costa anconetana	75	4.57
F		1972 02 04 09 18 3	Costa anconetana	56	4.36
F		1972 02 05 01 26 2	Costa anconetana	2	4.36
F		1972 02 05 07 08 1	Costa anconetana	6	4.46
F		1972 02 05 15 14 4	Costa anconetana	3	4.36
NF		1972 11 26 16 03	Marche meridionali	73	8 5.48
5		1972 11 30 11 25 2	Costa pesarese	30	4.52
F		1973 04 19 17 41 3	Pietralunga	22	7 4.61
4-5		1976 05 06 20	Friuli	770	9-10 6.45
2		1983 11 09 16 29 5	Parmense	850	6-7 5.04
3-4		1984 04 29 05 02 5	Umbria settentrionale	709	7 5.62
3		1987 07 05 13 12 3	Montefeltro	90	6 4.44
4-5		1997 09 26 09 40 2	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9 5.97
4		1998 04 05 15 52 2	Appennino umbro-marchigiano	395	4.78
2-3		2006 04 10 19 03 3	Maceratese	211	5 4.06

Figura 3 Eventi sismici database macrosismico DBMI15



## **5 DEFINIZIONE DEI DATI DI BASE DELLA MODELLAZIONE STRUTTURALE**

### **5.1 Valutazione della sicurezza**

La presente relazione ha come scopo l’analisi di vulnerabilità sismica dell’edificio in oggetto, attraverso la quale è possibile valutare le carenze statiche che la struttura presenta sotto l’azione sismica prevista dalle normative vigenti.

Gli stati limite nei confronti dei quali viene valutata la vulnerabilità sismica sono: stato limite di danno (SLD), stato limite di salvaguardia della vita (SLV).

Il modello strutturale è stato adattato per l’esecuzione di un’analisi statica non lineare (Push-over) in ragione del fatto che i metodi lineari non permettono di poter monitorare il progressivo cambiamento del comportamento dinamico durante l’evento sismico, il progressivo sviluppo dei meccanismi di plasticizzazione e la reale distribuzione di domanda di duttilità nei vari elementi strutturali in quanto concentra tutti gli aspetti sopra elencati nel solo parametro  $q$  definito “Fattore di Struttura

## **6 VITA NOMINALE, CLASSE D’USO E PERIODO DI RIFERIMENTO**

### **6.1 Vita Nominale**

La **vita nominale** di un’opera strutturale  $V_n$  è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella seguente tabella.

<b>TIPI DI COSTRUZIONE</b>		<b>Vita Nominale <math>V_N</math> (in anni)</b>
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva	$\leq 10$
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	$\geq 100$



La Vita nominale (VN) di una costruzione, così come definita al § 2.4.1 delle NTC, è la durata alla quale deve farsi espresso riferimento in sede progettuale, con riferimento alla durabilità delle costruzioni, nel dimensionare le strutture ed i particolari costruttivi, nella scelta dei materiali e delle eventuali applicazioni e delle misure protettive per garantire il mantenimento della resistenza e della funzionalità. Nelle previsioni progettuali dunque, se le condizioni ambientali e d'uso sono rimaste nei limiti previsti, non prima della fine di detto periodo saranno necessari interventi di manutenzione straordinaria per ripristinare le capacità di durata della costruzione. L'effettiva durata della costruzione non è valutabile in sede progettuale, venendo a dipendere da eventi futuri fuori dal controllo del progettista. Di fatto, la grande maggioranza delle costruzioni ha avuto ed ha, anche attraverso successivi interventi di ripristino manutentivo, una durata effettiva molto maggiore della vita nominale quantificata nelle NTC. Con riferimento alla tabella 2.4.1 si evidenzia che, ai sensi e per gli effetti del Decreto del Capo Dipartimento della Protezione Civile n. 3685 del 21 ottobre 2003 il carattere strategico di un'opera o la sua rilevanza per le conseguenze di un eventuale collasso, sono definiti dalla classe d'uso.

Tenendo conto che la costruzione in oggetto è del **Tipo 2**, si provvederà a imporre una vita nominale  $\geq 50$  anni, in accordo con la committenza, verrà assunta una **Vita Nominale  $V_N$**  pari a **50 anni**. Alla fine del periodo previsto dalla  $V_N$  l'edificio dovrà essere di nuovo sottoposto a valutazione di vulnerabilità.

## 6.2 Classe d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso *III* o in Classe d'uso *IV*, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso *IV*. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.



Al variare della classe d’uso, varia il valore del **coefficiente d’uso  $C_u$**  come mostrato nella tabella seguente:

CLASSE D’USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE $C_u$	0.7	1.0	1.5	2.0

Tabella 1 (Tab. 2.4.1 NTC 2018)

**La classe d’uso degli edifici oggetto di verifica è III**, alla quale è associato il coefficiente d’uso  **$C_u = 1.5$**

### 6.3 Periodo di riferimento per l’azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento  $V_R$  che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale  $V_N$  per il coefficiente d’uso  $C_U$ :

$$V_R = V_N \cdot C_U$$

Tenendo conto che la costruzione è di tipo 2 e la classe d’uso dell’edificio è III, il periodo di riferimento  $V_R$  risulta essere pari a:

$$V_R = 50 \cdot 1.50 = 75 \text{ anni}$$

Il periodo di riferimento  $V_R$  riveste notevole importanza in quanto, assumendo che la legge di ricorrenza dell’azione sismica sia un processo Poissoniano, è utilizzato per valutare, fissata la probabilità di superamento  $P_{VR}$  corrispondente allo stato limite considerato (Tabella 3.2.1 della NTC), il periodo di ritorno  $T_R$  dell’azione sismica cui fare riferimento per la verifica.



## 7 INDAGINI IN SITU

### 7.1 Sui terreni per la caratterizzazione dei suoli

Le indagini sui terreni di fondazione sono approfondite nell’elaborato **R07c – Relazione geologica e sulle indagini geognostiche**, al quale si rimanda per la completa consultazione.

### 7.2 Sugli edifici per l’acquisizione del livello di conoscenza, del fattore di confidenza FC e delle proprietà dei materiali

I fattori di confidenza, determinati in funzione del livello di conoscenza acquisito, vengono applicati ai valori medi delle resistenze dei materiali ottenuti dai campioni di prove distruttive e non distruttive, per fornire una stima dei valori medi delle resistenze dei materiali della struttura, entro l’intervallo di confidenza considerato (in genere si assume un intervallo di confidenza pari al 95%). Per determinare i fattori di confidenza per i diversi elementi strutturali o loro insieme si deve tener conto che essi includono, oltre alle incertezze nella stima della resistenza dei materiali, anche le incertezze relative all’individuazione dei dettagli costruttivi. Il livello di conoscenza acquisito in base ai rilievi, alle indagini sui dettagli strutturali e alle prove sui materiali, determina i valori dei fattori di confidenza da applicare alle proprietà dei materiali, anche in maniera differenziata per elementi strutturali o gruppi di elementi, e suggerisce il metodo di analisi più appropriato. In assenza di valutazioni specifiche, ci si può riferire alla Tabella C8.5. IV.

Livello di conoscenza	Geometrie (carpenterie)	Dettagli strutturali	Proprietà dei materiali	Metodi di analisi	FC (*)
LC1	Da disegni di carpenteria originali con rilievo visivo a campione; in alternativa rilievo completo ex-novo	Progetto simulato in accordo alle norme dell'epoca e <b>indagini limitate</b> in situ	Valori usuali per la pratica costruttiva dell'epoca e <b>prove limitate</b> in situ	Analisi lineare statica e dinamica	1,35
LC2		Elaborati progettuali incompleti con <b>indagini limitate</b> in situ; in alternativa <b>indagini estese</b> in situ	Dalle specifiche originali di progetto o dai certificati di prova originali, con <b>prove limitate</b> in situ; in alternativa da <b>prove estese</b> in situ	Tutti	1,20
LC3		Elaborati progettuali completi con <b>indagini limitate</b> in situ; in alternativa <b>indagini esaustive</b> in situ	Dai certificati di prova originali o dalle specifiche originali di progetto, con <b>prove estese</b> in situ; in alternativa da <b>prove esaustive</b> in situ	tutti	1,00

(\*) A meno delle ulteriori precisazioni già fornite nel § C8.5.4.

La quantità e il tipo di informazioni richieste per conseguire uno dei tre livelli di conoscenza previsti sono, a titolo esclusivamente orientativo, ulteriormente precisati nel seguito.



**LC1:** si intende raggiunto quando sia stata effettuata l’ analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l’ effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, poiché non si dispone dei disegni costruttivi i dettagli costruttivi siano stati ricavati sulla base di un progetto simulato (con riferimento al § C8.5.2) e con **indagini limitate** in-situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti (i dati raccolti devono essere tali da consentire verifiche locali di resistenza), poiché non si dispone di informazioni sulle caratteristiche meccaniche dei materiali (provenienti dai disegni costruttivi o dai certificati di prova) si siano adottati i valori usuali della pratica costruttiva dell’epoca, convalidati da **prove limitate** in-situ sugli elementi più importanti (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza e **FC=1,35**. La valutazione della sicurezza e, in genere, eseguita mediante analisi lineare, statica o dinamica; le informazioni raccolte devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

**LC2:** si intende raggiunto quando sia stata effettuata l’ analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l’ effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i dettagli costruttivi siano noti, o parzialmente dai disegni costruttivi originali integrati da **indagini limitate** in situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) a seguito di una **indagine estesa** in situ (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un’analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare), le caratteristiche meccaniche dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi, integrati da **prove limitate** in situ (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei corrispondenti valori indicati nei disegni di progetto, si eseguono **prove estese** in situ), o con **prove estese** in situ (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza e **FC=1,2**. La valutazione della sicurezza e eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici; le informazioni raccolte sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

**LC3** si intende raggiunto quando sia stata effettuata l’ analisi storico-critica commisurata al livello considerato (con riferimento al § C8.5.1), la geometria della struttura sia nota in base ai disegni originali (effettuando un rilievo visivo a campione per verificare l’effettiva corrispondenza del costruito ai disegni) o a un rilievo, i dettagli costruttivi siano noti, o dai disegni costruttivi originali integrati da **indagini limitate** in situ sulle armature e sui collegamenti presenti negli elementi più importanti, o (con riferimento al § C8.5.2) a seguito di una **indagine esaustiva** in situ (i dati raccolti devono essere tali da consentire, nel caso si esegua un’analisi lineare, verifiche locali di resistenza, oppure la messa a punto di un modello strutturale non lineare), le caratteristiche meccaniche dei materiali siano note in base ai disegni costruttivi e ai certificati originali di prova, integrati da prove limitate in situ (se i valori ottenuti dalle prove in situ sono minori dei corrispondenti valori indicati nei certificati originali di prova, si eseguono prove esaustive in situ), o con prove esaustive in situ (con riferimento al § C8.5.3); il corrispondente fattore di confidenza e **FC=1**. La valutazione della sicurezza e eseguita mediante metodi di analisi lineare o non lineare, statici o dinamici; le informazioni raccolte sulle dimensioni degli



elementi strutturali, insieme a quelle riguardanti i dettagli strutturali, devono consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo.

Le resistenze dei materiali cui riferirsi nelle formule di capacità degli elementi sono ricavate dalle resistenze medie, ottenute dalle informazioni disponibili e dalle prove in situ aggiuntive, dividendole per gli FC indicati nella Tabella C8.5. IV.

Gli FC possono essere valutati anche in modo differenziato per i diversi materiali, sulla base di considerazioni statistiche condotte su un insieme di dati significativo per gli elementi in esame e di metodi di comprovata validità.

A titolo esclusivamente orientativo, nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI si lega il livello (limitato, esteso, esaustivo) delle indagini alla quantità di rilievi dei dettagli costruttivi e di prove per la valutazione delle caratteristiche meccaniche dei materiali. Rimane inteso che il piano delle indagini deve essere opportunamente calibrato in funzione dell’analisi preliminare (v. § C8.5.2.2 e C8.5.3.2) e quindi, in relazione al livello di conoscenza da raggiungere, orientato agli approfondimenti necessari nelle zone della costruzione ove risulti opportuno, sia in relazione all’impegno statico delle diverse membrature e al loro ruolo riguardo alla sicurezza della struttura, sia in relazione al grado di omogeneità dei risultati delle prove preliminari e al loro accordo con quanto previsto dai documenti originari.

Tabella C8.5.V – Definizione orientativa dei livelli di rilievo e prova per edifici di c.a.

livello di indagini e prove	Rilievo (dei collegamenti) (a)	Prove (sui materiali) (b),(c),(d)
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<b>limitato</b>	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m2 di piano dell’edificio, 1 campione di armatura per piano dell’edificio
<b>esteso</b>	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provino di cls. per 300 m2 di piano dell’edificio, 2 campione di armatura per piano dell’edificio
<b>esaustivo</b>	La quantità e disposizione dell’armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provino di cls. per 300 m2 di piano dell’edificio, 3 campione di armatura per piano dell’edificio

NOTE ESPLICATIVE ALLE TABELLE C8.5.V E C8.5.VI NOTE ESPLICATIVE ALLE TABELLE C8.5.V E C8.5.VI

Le percentuali di elementi da indagare ed il numero di provini da estrarre e sottoporre a prove di resistenza riportati nelle Tabelle C8.5.V e C8.5.VI hanno valore indicativo e vanno adattati ai singoli casi, tenendo conto dei seguenti aspetti:

(a) Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive, che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per geometria e ruolo uguali nello schema strutturale.

(b) Le prove sugli acciai sono finalizzate all’identificazione della classe dell’acciaio utilizzata con riferimento alla normativa vigente all’epoca di costruzione. Ai fini del raggiungimento del numero di prove sull’acciaio necessario per acquisire il livello di conoscenza desiderato è opportuno tener conto dei diametri (nelle strutture in c.a.) o dei profili (nelle strutture in acciaio) di più diffuso impiego negli elementi principali, con esclusione delle staffe.



(c) Ai fini delle prove sui materiali è consentito sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con almeno il triplo di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive.

(d) Il numero di provini riportato nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo in opera, tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere l'effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.

### **7.3 Geometria strutturale**

Sono state effettuate delle Indagini di rilievo per verificare la geometria degli elementi strutturali indicata negli elaborati disponibili, più nel dettaglio abbiamo:

- Analisi termografiche all'infrarosso per verificare l'orditura dei solai e gli elementi strutturali (analisi della tessitura).
- Rilievo geometrico della struttura tramite tecnica di rilievo laser scanner.

### **7.4 Dettagli costruttivi**

I dettagli costruttivi degli elementi strutturali del plesso scolastico sono stati esaminati attraverso:

- n. 34 analisi magnetometriche finalizzate ad individuare il posizionamento, la direzione ed il diametro dei ferri d'armatura;
- n. 7 rilievi diretti dell'armatura
- n. 4 analisi video-endoscopiche finalizzate ad individuare lo spessore e la stratigrafia dell'elemento indagato.

17

### **7.5 Proprietà dei materiali**

Per indagare sulle proprietà dei materiali degli elementi strutturali del plesso scolastico sono state effettuate:

- n. 12 Carotaggi nel calcestruzzo tramite carotatrice;
- n. 4 prelievi di barre d'armatura e prove a trazione in laboratorio;
- n. 13 Prove sclerometriche
- n.13 Prove svolte con metodologia SonReb



I valori medi ottenuti dalle prove sulle barre e sulle carote sono i seguenti:

CLS	
N°	fck [MPa]
C1	12.9
C2	7.3
C3	7.5
C4	15.1
C5	17.9
C6	13.3
C7	10.4
C8	13.2
C9	23.8
C10	19.2
C11	20.6
C12	18.1
<b>MEDIA</b>	<b>14.94</b>

ACCIAIO	
N°	f <sub>yd</sub> [Mpa]
S1	388.8
S2	444.6
S3	338
S4	410.4
<b>MEDIA</b>	<b>395.45</b>

Da come si evince dalla tabella soprariportata la resistenza a compressione dei provini di calcestruzzo risulta essere medio/bassa (**14.94 Mpa**), mentre la resistenza a trazione delle barre risulta essere nella norma (**f<sub>y</sub>=395.45 Mpa**).



## **8 DESCRIZIONE DELLE TECNICHE DI INDAGINE**

### **8.1 Indagini di rilievo geometrico**

Il rilievo geometrico delle costruzioni nello stato attuale, è inteso come la completa descrizione stereometrica delle fabbriche, compresi gli eventuali fenomeni fessurativi e deformativi. La descrizione stereometrica delle fabbriche comporta l'individuazione delle caratteristiche plano altimetriche degli elementi costitutivi. Pertanto, ad ogni livello, si andranno a rilevare la geometria degli elementi portanti, dei solai e della copertura (tipologia e orditura), delle scale (tipologia strutturale), la localizzazione delle eventuali.

La rappresentazione dei risultati del rilievo verrà effettuata attraverso piante, alzati e sezioni oltre che con particolari costruttivi di dettaglio. Completata questa operazione, si procederà, all'interno del rilievo geometrico complessivo, alla identificazione dello schema strutturale resistente. Poiché il rilievo geometrico serve a definire la geometria dei modelli di calcolo da utilizzare nell'analisi sismica, i vincoli ed i carichi agenti, è opportuno verificare che tutte le informazioni necessarie siano state rilevate. In particolare, dovranno essere individuati i punti significativi per il modello di calcolo e dovranno essere compiutamente determinabili le masse degli elementi e i carichi gravanti su ogni elemento portante.

**La tipologia di indagine sopra descritta verrà estesa a campione a tutti i piani di tutti i fabbricati oggetto di verifica, con la finalità di verificare la corrispondenza del materiale disponibile allo stato dei luoghi.**



## **8.2 Carotaggi e prove a compressione**

La struttura, risulta essere costituita in struttura portante in cemento armato, pertanto sono stati effettuati dei carotaggi per ottenere il valore di resistenza a compressione del calcestruzzo.

Il carotaggio consiste nel prelievo di una carota dall'elemento strutturale da sottoporre a prove di Laboratorio, per misurare il valore della rottura a compressione del provino ( $R_{car}$ ) ed è regolata dalla UNI 6131 e dalla UNI 6132.

Il valore di resistenza ricavato dallo schiacciamento dei provini ( $R_{car}$ ) non sempre è rappresentativo dell'effettiva qualità del conglomerato in opera, a causa di molti fattori perturbativi intrinseci a tale metodologia di prova, da cui il dato di Laboratorio deve essere depurato, per la determinazione della resistenza caratteristica del calcestruzzo in opera, si rimanda ai certificati di prova.

## **8.3 Prove a trazione di barre d'armatura**

Le prove a trazione delle barre d'armatura consentono di ricavare le proprietà meccaniche dell'acciaio utilizzato. Con riferimento al § 11.3 delle Norme Tecniche delle Costruzioni, le prove di trazione sono state eseguite, ai sensi della Norma UNI EN ISO 15630-1:2010, da Laboratorio autorizzato ai sensi della L. 1086/71.

Per ogni piano soggetto a indagine è stata prelevata una barra di armatura (per l'esatta ubicazione delle estrazioni si rimanda alle tavole allegate). Al termine dei prelievi, si è proceduto al ripristino tramite saldatura di nuovi ferri.



## 9 AZIONI SULLA COSTRUZIONE

### 9.1 Analisi dei carichi

Le azioni che vengono considerate ai fini della valutazione della vulnerabilità sismica del fabbricato sono le seguenti:

- a) **PERMANENTI (G)**: azioni che agiscono durante tutta la vita nominale della costruzione, la cui variazione di intensità nel tempo è così piccola e lenta da poterle considerare con sufficiente approssimazione costanti nel tempo:
- peso proprio di tutti gli elementi strutturali ( $G_1$ );
  - peso proprio di tutti gli elementi non strutturali ( $G_2$ );
- b) **VARIABILI (Q)**: Accidentali come previsto da norma per la categoria di edifici:
- **CAT C**, Ambienti suscettibili di affollamento:
    - o **CAT C** (Affollamenti significativi)  $q_k=3.00$  [kN/m<sup>2</sup>];
  - **CAT H**, Coperture e sottotetti:
    - o **CAT H1** (Coperture e sottotetti accessibili per sola manutenzione)  $q_k=0.5$  [kN/m<sup>2</sup>];
    - o **NEVE**  $q_k=1.20$  [kN/m<sup>2</sup>];

**SISMICHE (E)**: azioni derivanti dai terremoti.

SOLAIO PRIMO IMPALCATO						
Solaio laterocementizio						
Tipo di carico	Carico	kN/mc	b (m)	h (m)	i .(m)	kN/mq
G1	Pignatte	6.00	0.40	0.28	0.50	1.34
	Travetti in ca	25.00	0.10	0.28	0.50	1.40
	Soletta in ca	25.00		0.07		1.75
<b>TOT.</b>						<b>4.49 kN/mq</b>
G2	Intonaco	18.00		0.01		0.18
	Massetto	12.00		0.12		1.44
	Pavimentazione	20.00		0.01		0.20
<b>TOT.</b>						<b>1.64 kN/mq</b>
qk	Scale					4.00
	Cat.C					3.00



SOLAIO SECONDO IMPALCATO						
Solaio laterocementizio						
Tipo di carico	Carico	kN/mc	b (m)	h (m)	i.(m)	kN/mq
G1	Pignatte	6.00	0.40	0.26	0.50	1.25
	Travetti in ca	25.00	0.10	0.26	0.50	1.30
	Soletta in ca	25.00		0.07		1.75
<b>TOT.</b>					<b>4.30</b>	<b>kN/mq</b>
G2	Intonaco	18.00		0.01		0.18
	Massetto	12.00		0.05		0.60
	Pavimentazione	20.00		0.01		0.20
<b>TOT.</b>					<b>0.80</b>	<b>kN/mq</b>
qk	Scale					4.00
	Cat.C					3.00

SOLAIO TERZO IMPALCATO						
Solaio laterocementizio						
Tipo di carico	Carico	kN/mc	b (m)	h (m)	i.(m)	kN/mq
G1	Pignatte	6.00	0.40	0.28	0.50	1.34
	Travetti in ca	25.00	0.10	0.28	0.50	1.40
	Soletta in ca	25.00		0.04		1.00
<b>TOT.</b>					<b>3.74</b>	<b>kN/mq</b>
G2	Intonaco	18.00		0.01		0.18
	Massetto	12.00		0.12		1.44
	Pavimentazione	20.00		0.01		0.20
<b>TOT.</b>					<b>1.64</b>	<b>kN/mq</b>
qk	Scale					4.00
	Cat.C					3.00



<b>SOLAIO SOTTOTETTO</b>						
<b>Solaio laterocementizio 16+7</b>						
<b>Tipo di carico</b>	<b>Carico</b>	<b>kN/mc</b>	<b>b (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>i.(m)</b>	<b>kN/mq</b>
G1	Pignatte	6.00	0.40	0.16	0.50	0.77
	Travetti in ca	25.00	0.10	0.16	0.50	0.80
	Soletta in ca	25.00		0.07		1.75
<b>TOT.</b>					<b>3.32</b>	<b>kN/mq</b>
G2	Intonaco	18.00		0.01		0.18
	Massetto	12.00		0.06		0.72
	Impermeabilizzante					0.30
<b>TOT.</b>					<b>1.20</b>	<b>kN/mq</b>
qk			Cat.H			0.50

<b>SOLAIO IMPALCATO DI COPERTURA</b>						
<b>Solaio laterocementizio 20+4</b>						
<b>Tipo di carico</b>	<b>Carico</b>	<b>kN/mc</b>	<b>b (m)</b>	<b>h (m)</b>	<b>i.(m)</b>	<b>kN/mq</b>
G1	Pignatte	6.00	0.40	0.20	0.50	0.96
	Travetti in ca	25.00	0.10	0.20	0.50	1.00
	Soletta in ca	25.00		0.04		1.00
<b>TOT.</b>					<b>2.96</b>	<b>kN/mq</b>
G2	Intonaco	18.00		0.01		0.18
	Impermeabilizzante					0.30
	Coppi					0.80
<b>TOT.</b>					<b>1.10</b>	<b>kN/mq</b>
qk						Neve 1.20
						Cat.H 0.50



SOLAIO COPERTURA PIANA						
Solaio laterocementizio 16+5						
Tipo di carico	Carico	kN/mc	b (m)	h (m)	i.(m)	kN/mq
G1	Pignatte	6.00	0.40	0.16	0.50	0.77
	Travetti in ca	25.00	0.10	0.16	0.50	0.80
	Soletta in ca	25.00		0.05		1.25
<b>TOT.</b>					<b>2.82</b>	<b>kN/mq</b>
G2	Intonaco	18.00		0.01		0.18
	Massetto delle pendenze	12.00		0.06		0.72
	Guaina Bituminosa			0.02		0.30
<b>TOT.</b>					<b>1.20</b>	<b>kN/mq</b>
qk	Neve					1.20
	Cat.H					0.50



## 9.2 Determinazione dell'azione sismica

Le NTC2018, precisano che la sicurezza e le prestazioni di una struttura o di una parte di essa devono essere valutate in relazione all'insieme degli stati limite che verosimilmente si possono verificare durante la vita nominale. La sicurezza e le prestazioni saranno garantite verificando gli opportuni stati limiti definiti di concerto con il committente in funzione dell'utilizzo della struttura, della sua vita nominale e di quanto stabilito dal DM 17/01/2018 e relativa circolare applicativa e s.m.i.

In particolare, si è verificata la sicurezza nei riguardi degli stati limite ultimi (SLU) che possono provocare eccessive deformazioni permanenti, crolli parziali o globali, dissesti, che possono compromettere l'incolumità delle persone e/o la perdita di beni, provocare danni ambientali e sociali, mettere fuori servizio l'opera.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei vari Stati Limite considerati, si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. Nel D.M. 17/01/2018 infatti, la definizione della pericolosità sismica viene fatta mediante un approccio sito dipendente, a differenza delle precedenti norme che utilizzavano un criterio zona dipendente.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$ , come definite nel § 3.2.1 NTC, nel periodo di riferimento  $V_R$ , come definito nel § 2.4 NTC. In alternativa è ammesso l'uso di accelerogrammi, purché correttamente commisurati alla pericolosità sismica del sito.

Ai fini delle NTC2018 le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima al sito;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T_c^*$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella.



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

(Tab. 3.2.1 NTC) Probabilità di superamento  $P_{V_R}$  al variare dello stato limite considerato

Gli spettri utilizzati nel calcolo sono ottenuti con il metodo semplificato (NTC 18) ottenuto dallo studio delle caratteristiche del suolo, di seguito verranno riportati gli spettri relativi alle strutture di classe d’uso II e di classe d’uso III.

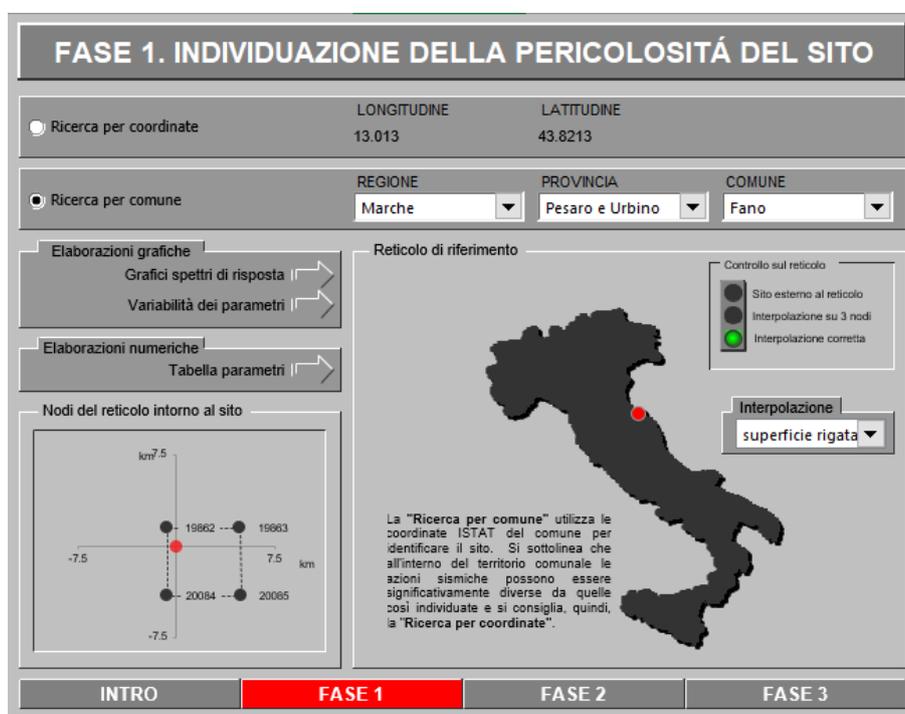


Figura 4 - Individuazione del sito





Figura 5 - Scelta della vita nominale e classe d'uso

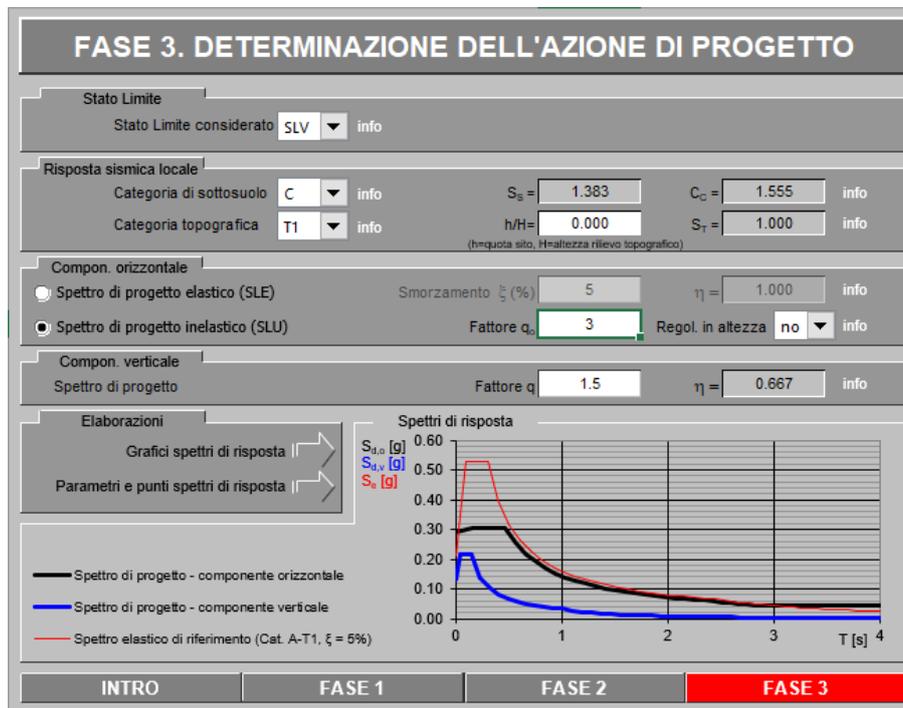


Figura 6 - Scelta tipologia del suolo



**Spettri di risposta elastici per i diversi Stati Limite**

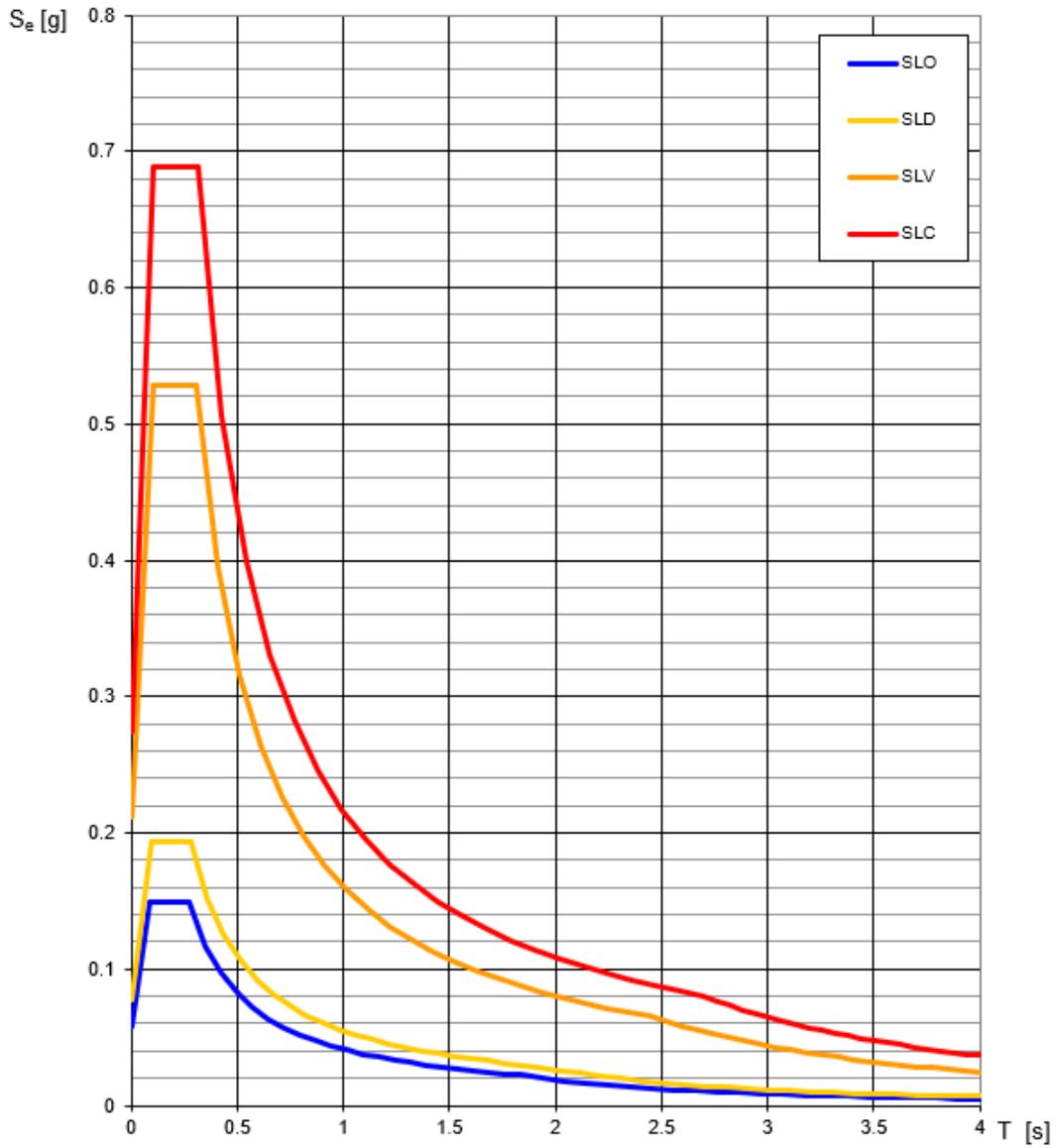


Figura 7 - Spettri utilizzati per i vari SL



SLATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_C^*$ [s]
SLO	45	0.058	2.544	0.277
SLD	75	0.078	2.485	0.282
SLV	712	0.211	2.499	0.304
SLC	1462	0.275	2.507	0.315

*Figura 8 Parametri utilizzati*

### 9.3 Determinazione dell'azione del vento

L'azione del vento è calcolata automaticamente dal programma di calcolo

### 9.4 Determinazione dell'azione della neve

#### 4 CARICO NEVE SULLA COPERTURA E COMBINAZIONI DI CARICO

$$q_s \text{ (carico neve sulla copertura [N/m}^2\text{])} = \mu_i \cdot q_{sk} \cdot C_E \cdot C_t$$

$\mu_i$  (coefficiente di forma)

$q_{sk}$  (valore caratteristico della neve al suolo [kN/m<sup>2</sup>])

$C_E$  (coefficiente di esposizione)

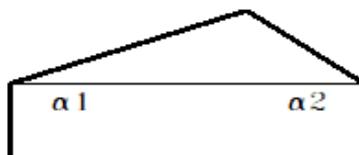
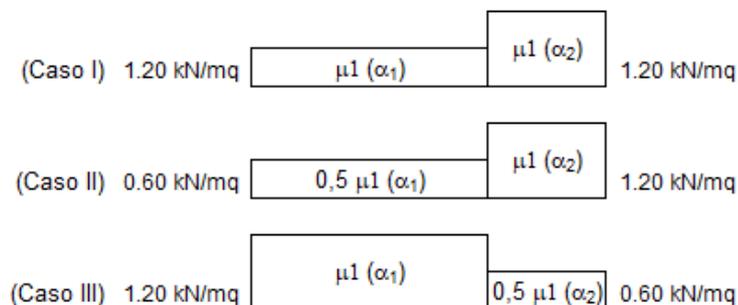
$C_t$  (coefficiente termico)

##### 4.1 Combinazione per il caso di copertura a più falde

Per il calcolo si considera solo la più gravosa delle tre condizioni di carico, di seguito calcolate.

$\alpha_1$ (inclinazione falda)	30 [deg]
$\alpha_2$ (inclinazione falda)	30 [deg]

$\mu_1 (\alpha_1)$	0.80
$\mu_1 (\alpha_2)$	0.80



Caso I: Carico da neve depositata in assenza di vento

Caso II: Carico da neve depositata in presenza di vento

Caso III: Carico da neve depositata in presenza di vento

Se l'estremità più bassa della falda termina con parapetto, una barriera o altre costruzioni, allora il coefficiente di forma non potrà essere assunto inferiore a 0,8 indipendentemente dall'angolo alpha.



## **10 DEFINIZIONE DEI CRITERI GENERALI E PARTICOLARI DI VALUTAZIONE DELLA VULNERABILITÀ SISMICA E IDONEITÀ STATICA DEI FABBRICATI**

### **10.1 Analisi di regolarità**

Per le verifiche di resistenza allo SLU, lo spettro di progetto da utilizzare è quello elastico ridotto del fattore di struttura  $q$ .

Per determinare il fattore di struttura  $q$  occorre procedere all'analisi di questi due aspetti:

- verifica della regolarità in pianta;
- verifica della regolarità in altezza.

In Conformità alle indicazioni al § 7.2.2 del DM 2018 e del §7.2.2 si procede a tali verifiche.

#### **10.1.1 Verifica della regolarità in pianta**

Una costruzione risulta regolare in pianta se rispetta tutte le seguenti condizioni:

- a) la configurazione in pianta è compatta e approssimativamente simmetrica rispetto a due direzioni ortogonali, in relazione alla distribuzione di masse e rigidzze;
- b) Il rapporto fra i lati di un rettangolo in cui la costruzione risulta iscritta è minore di 4;
- c) nessuna dimensione di eventuali rientri o sporgenze supera il 25% della dimensione totale della costruzione nella corrispondente direzione;
- d) gli orizzontamenti possono essere considerati infinitamente rigidi nel loro piano rispetto agli elementi verticali e sufficientemente resistenti.

31

Analizzando i precedenti requisiti per stabilire la regolarità in pianta, **L'EDIFICIO RISULTA ESSERE REGOLARE IN PIANTA.**



### 10.1.2 Verifica della regolarità in altezza

Una costruzione risulta regolare in altezza se rispetta tutte le condizioni di seguito illustrate:

- a) tutti i sistemi resistenti verticali (quali telai e pareti) si estendono per tutta l'altezza della costruzione;
- b) massa e rigidezza rimangono costanti o variano gradualmente, senza bruschi cambiamenti, alla base della sommità della costruzione (le variazioni di massa da un orizzontamento all'altro non superano il 25%, la rigidezza non si riduce da un orizzontamento a quello sovrastante più del 30% e non aumenta più del 10%);
- c) nelle strutture intelaiate progettate in CD" B" il rapporto fra la resistenza richiesta dal calcolo non è significativamente diverso per orizzontamenti diversi (il rapporto fra la resistenza effettiva e quella richiesta, calcolata ad un generico orizzontamento, non deve differire più del 20% dell'analogo rapporto determinato per un altro orizzontamento); può fare eccezione l'ultimo orizzontamento di strutture intelaiate di almeno tre orizzontamenti;
- d) eventuali restringimenti della sezione orizzontale della costruzione avvengono in modo graduale da un orizzontamento al successivo, rispettando i seguenti limiti: ad ogni orizzontamento il rientro non supera il 30% della dimensione corrispondente al primo orizzontamento, né il 20% della dimensione corrispondente all'orizzontamento immediatamente sottostante; fatta eccezione l'ultimo orizzontamento di costruzioni di almeno quattro piani per il quale non sono previste limitazioni di restringimento.

32

Analizzando i precedenti requisiti per stabilire la regolarità in altezza, **L'EDIFICIO RISULTA ESSERE NON REGOLARE IN ALTEZZA.**



## 10.2 Modello geometrico

Il modello geometrico descrive la configurazione geometrica del sistema strutturale attraverso la definizione tipologica degli elementi che lo compongono e dei vincoli che ne rappresentano il comportamento in termini di spostamento.

Il software con cui è stata eseguita la modellazione e la successiva analisi dell'edificio è CDS2018.

Le indagini effettuate sull'edificio hanno riscontrato la presenza di 1 giunto sismico. Ciò ha permesso di dividere la struttura in 2 differenti modelli di calcolo.

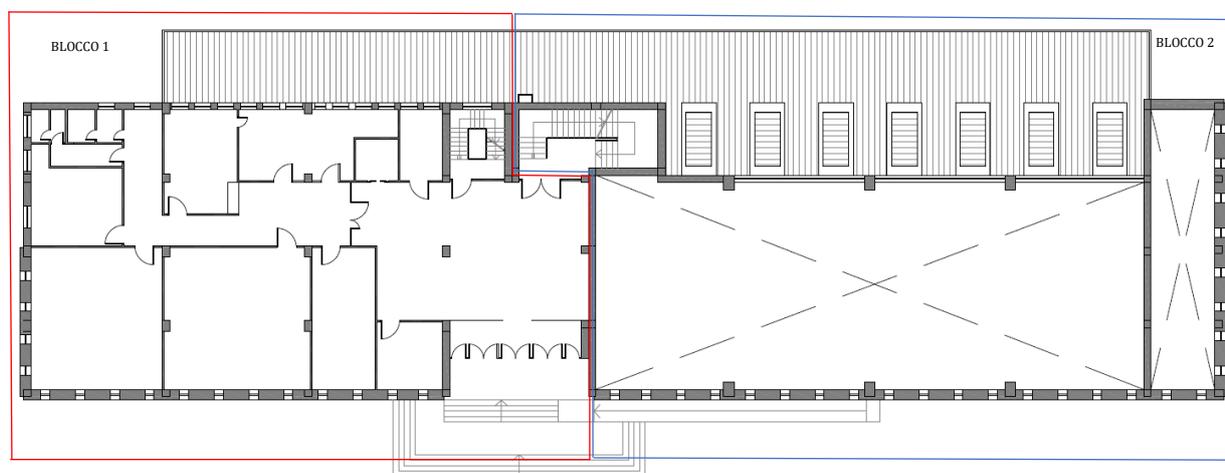


Figura 9 Divisione della scuola in blocchi

La planimetria individua come sono state differenziate le 2 porzioni in sede di modellazione.

Immagini dei 2 modelli geometrici realizzati:

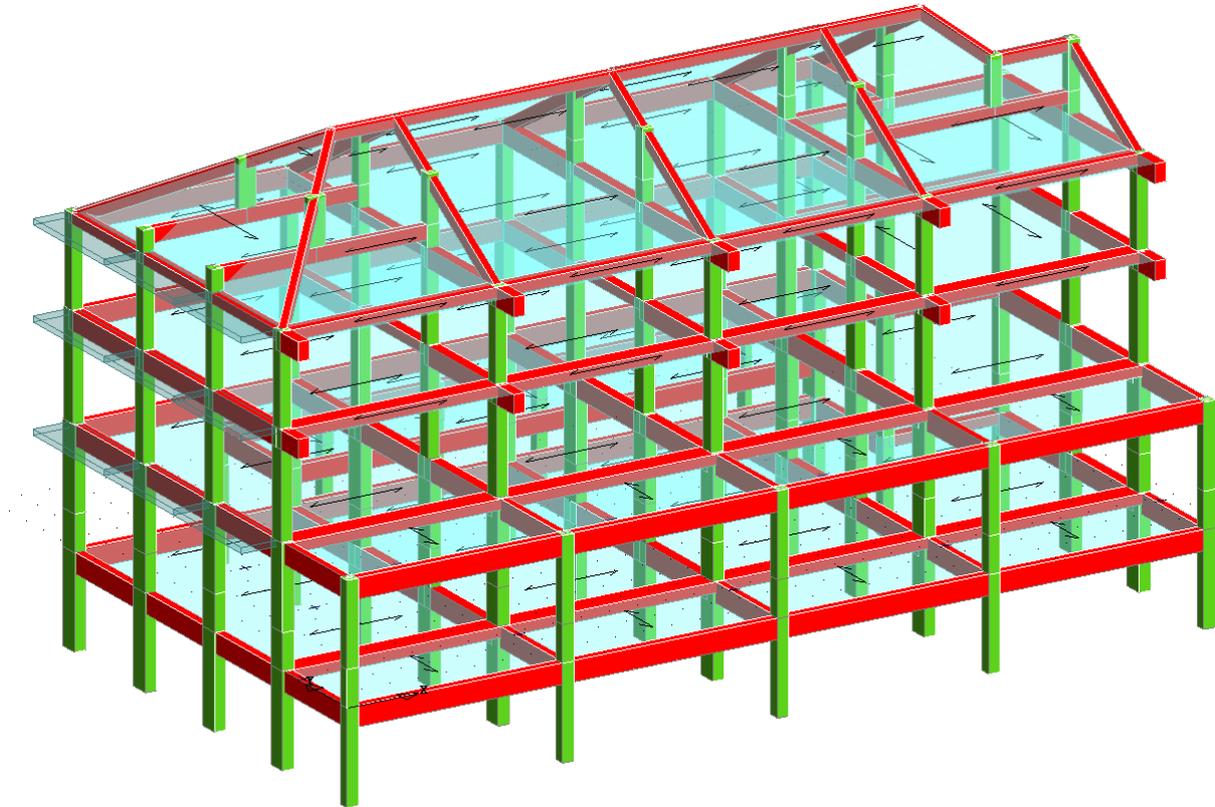


Figura 10 blocco n. 1

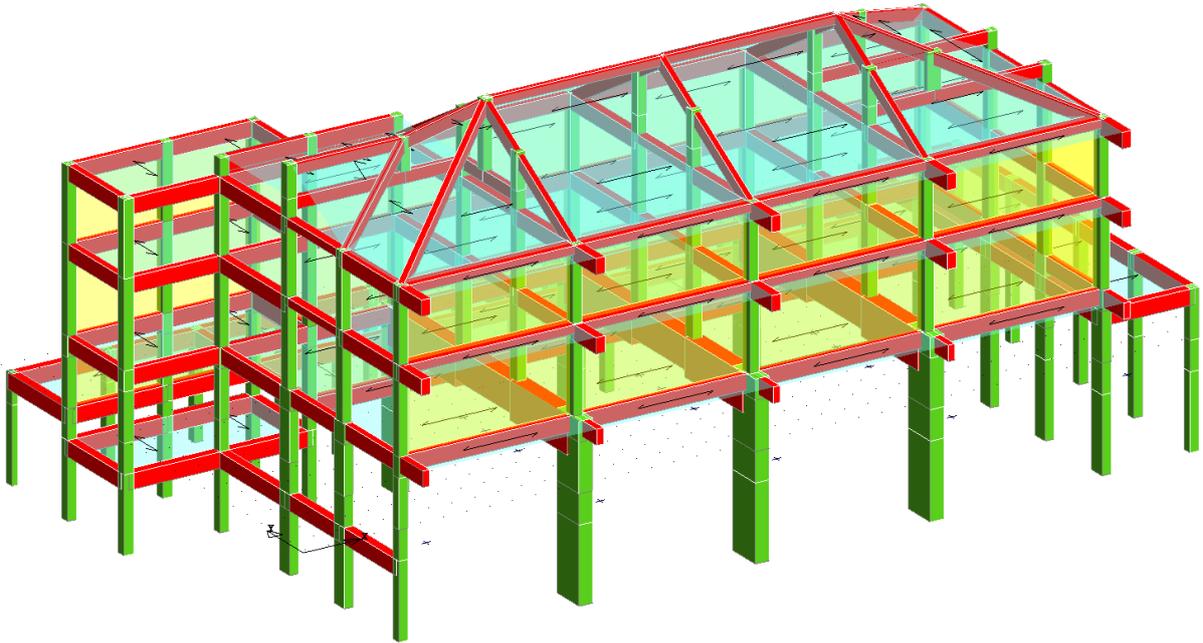


Figura 11 Blocco n. 2



### **10.3 Modello meccanico**

Il modello meccanico descrive la relazione esistente tra il campo delle deformazioni e quello delle tensioni, ovvero tra le caratteristiche generalizzate delle sollecitazioni e gli spostamenti duali, la cui compatibilità è validata mediante opportuni criteri o domini di resistenza. Definita la natura di un assegnato materiale da costruzione, il modello meccanico che lo caratterizza consiste innanzitutto nella definizione di una legge costitutiva ( $\sigma$ - $\epsilon$ ) che interpreti in modo semplificato il legame tra le tensioni e le deformazioni, la cui identificazione è avvenuta mediante specifiche prove di laboratorio.

Al fine di valutare la capacità di elementi/meccanismi duttili o fragili, si impiegano le proprietà dei materiali esistenti direttamente ottenute dalle prove in sito e dalle eventuali informazioni aggiuntive, divise per i fattori di confidenza. Inoltre, per il calcolo della capacità di resistenza degli elementi fragili primari, le resistenze dei materiali si dividono per i corrispondenti coefficienti parziali e per i fattori di confidenza.

Per gli edifici in cemento armato il modello geometrico corrisponde al modello strutturale.

Le strutture intelaiate portanti sono rappresentate da delle aste alle quali è possibile assegnare specifiche proprietà meccaniche.

## **11 METODI DI ANALISI ADOTTATI**

### **11.1 Analisi statica non sismica**

L'analisi statica non sismica consiste nel valutare la risposta della struttura ai carichi gravitazionali dovuti al peso proprio degli elementi strutturali (G1), ai carichi permanenti non strutturali (G2) ed ai carichi variabili (Q<sub>k</sub>).

La combinazione fondamentale, impiegata per gli stati limite ultimi (SLU) è la seguente:

$$\gamma G1 \cdot G1 + \gamma G2 \cdot G2 + P + \gamma Q1 \cdot QK1 + \gamma Q2 \cdot \psi 02 \cdot Q K2 + \gamma Q3 \cdot \psi 03 \cdot QK3 + \dots$$



## 11.2 Sismica: Analisi statica non lineare

L'analisi non lineare statica consiste nell'applicare alla struttura i carichi gravitazionali e, per la direzione considerata dell'azione sismica, un sistema di forze orizzontali distribuite, ad ogni livello della costruzione, proporzionalmente alle forze d'inerzia ed aventi risultante (taglio alla base)  $F_b$ . Tali forze sono scalate in modo da far crescere monotonamente, sia in direzione positiva che negativa e fino al raggiungimento delle condizioni di collasso locale o globale, lo spostamento orizzontale  $d_c$  di un punto di controllo coincidente con il centro di massa dell'ultimo livello della costruzione (sono esclusi eventuali torrini). Il diagramma  $F_b - d_c$  rappresenta la curva di capacità della struttura.

Si devono considerare almeno due distribuzioni di forze d'inerzia, ricadenti l'una nelle distribuzioni principali (Gruppo 1) e l'altra nelle distribuzioni secondarie (Gruppo 2) appresso illustrate.

### Gruppo 1 - Distribuzioni principali:

- distribuzione proporzionale alle forze statiche di cui al § 7.3.3.2, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75% ed a condizione di utilizzare come seconda distribuzione la 2 a);
- distribuzione corrispondente ad una distribuzione di accelerazioni proporzionale alla forma del modo di vibrare, applicabile solo se il modo di vibrare fondamentale nella direzione considerata ha una partecipazione di massa non inferiore al 75%;
- distribuzione corrispondente alla distribuzione dei tagli di piano calcolati in un'analisi dinamica lineare, applicabile solo se il periodo fondamentale della struttura è superiore a  $T_C$ .

37

### Gruppo 2 - Distribuzioni secondarie:

- distribuzione uniforme di forze, da intendersi come derivata da una distribuzione uniforme di accelerazioni lungo l'altezza della costruzione;
- distribuzione adattiva, che cambia al crescere dello spostamento del punto di controllo in funzione della plasticizzazione della struttura.

L'analisi richiede che al sistema strutturale reale venga associato un sistema strutturale equivalente ad un grado di libertà. Questo metodo d'analisi è utilizzabile solo per costruzioni il cui comportamento sotto la componente del terremoto considerata è governato da un modo di vibrare naturale principale, caratterizzato da una significativa partecipazione di massa. L'analisi richiede che al sistema strutturale reale venga associato un sistema strutturale equivalente ad un grado di libertà.



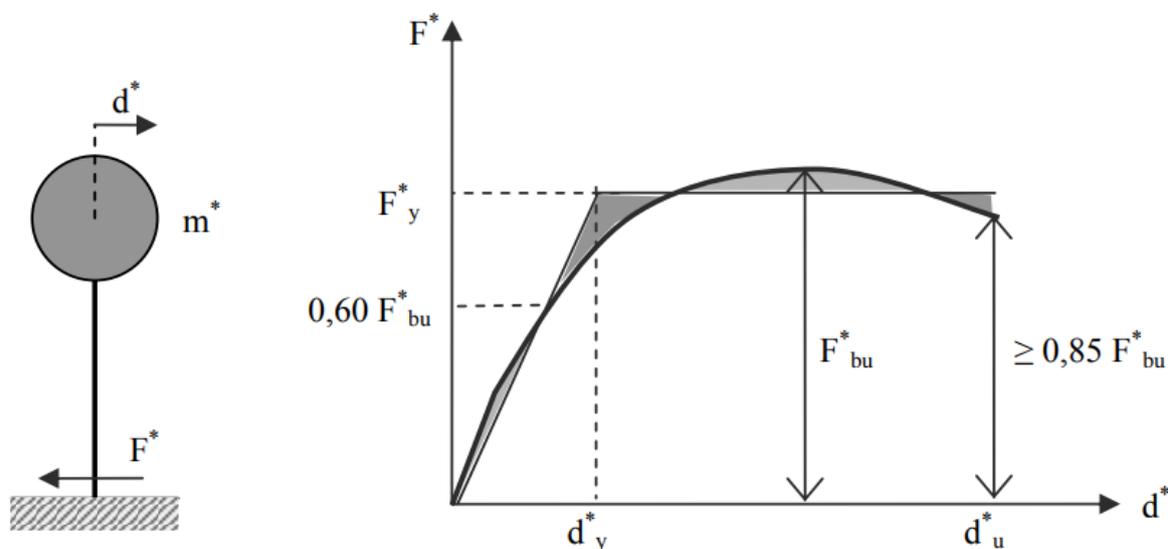


Figura 12 - Sistema e diagramma bilineare equivalente

La forza  $F^*$  e lo spostamento  $d^*$  del sistema equivalente sono legati alle corrispondenti grandezze  $F_b$  e  $d_c$  del sistema reale dalle relazioni:

$$F^* = F_b / \Gamma$$

$$d^* = d_c / \Gamma$$

dove  $\Gamma$  è il “fattore di partecipazione modale” definito dalla relazione:

$$\Gamma = \frac{\varphi^T M \tau}{\varphi^T M \varphi}$$

Dove:

- $\tau$  è il vettore di trascinamento corrispondente alla direzione del sisma considerata;
- $\varphi$  è il modo di vibrare fondamentale del sistema reale normalizzato ponendo  $d_c = 1$ ;
- $M$  è la matrice di massa del sistema reale.

Alla curva di capacità del sistema equivalente occorre ora sostituire una curva bilineare avente un primo tratto elastico ed un secondo tratto perfettamente plastico. Detta  $F_{bu}$  la resistenza massima del sistema strutturale reale ed  $F^*_{bu} = F_{bu} / \Gamma$  la resistenza massima del sistema equivalente, il tratto elastico si individua imponendone il passaggio per il punto  $0,6 F^*_{bu}$  della curva di capacità del sistema equivalente, la forza di plasticizzazione  $F_y^*$  si individua imponendo l'uguaglianza delle aree sottese dalla curva bilineare e dalla curva di capacità per lo spostamento massimo  $d^*_u$  corrispondente ad una riduzione di resistenza  $\leq 0,15 F^*_{bu}$ .

Il periodo elastico del sistema bilineare è dato dall'espressione:

$$T^* = 2\pi\sqrt{\frac{m^*}{k^*}}$$

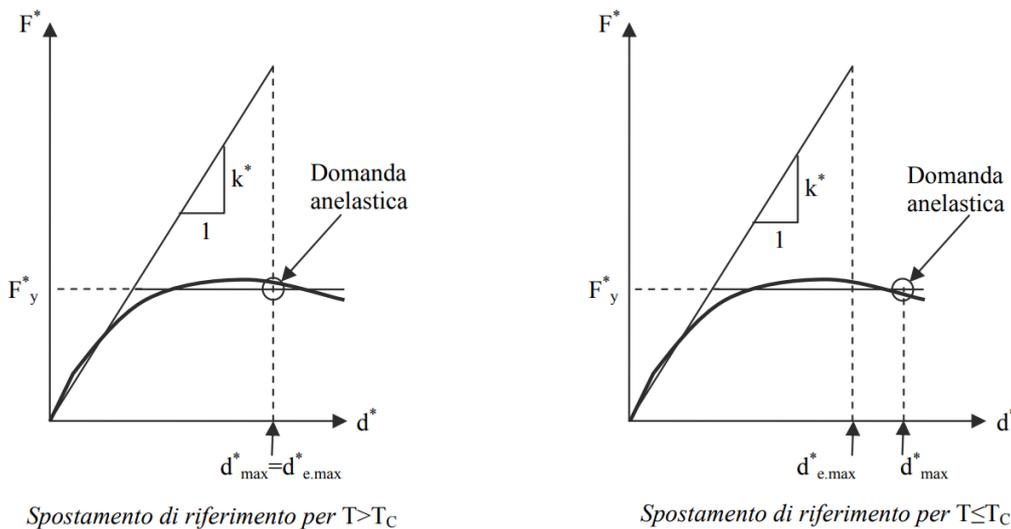
dove  $m^* = \Phi^T M \tau$  e  $k^*$  è la rigidezza del tratto elastico della bilineare. Nel caso in cui il periodo elastico della costruzione  $T^*$  risulti  $T^* \geq T_C$  la domanda in spostamento per il sistema anelastico è assunta uguale a quella di un sistema elastico di pari periodo:

$$d_{\max}^* = d_{e,\max}^* = S_{De}(T^*)$$

Nel caso in cui  $T^* < T_C$  la domanda in spostamento per il sistema anelastico è maggiore di quella di un sistema elastico di pari periodo e si ottiene da quest'ultima mediante l'espressione:

$$d_{\max}^* = \frac{d_{e,\max}^*}{q^*} \left[ 1 + (q^* - 1) \frac{T_C}{T^*} \right] \geq d_{e,\max}^*$$

dove  $q^* = S_e(T^*) m^* / F_y^*$  rappresenta il rapporto tra la forza di risposta elastica e la forza di snervamento del sistema equivalente. Se risulta  $q^* \leq 1$  allora si ha  $d_{\max}^* = d_{e,\max}^*$ .



Gli effetti torsionali accidentali sono considerati nel modo previsto al § 7.2.6 delle NTC. Una volta trovata la domanda in spostamento  $d^*_{max}$  per lo stato limite in esame si verifica che sia  $d^*_{max} \leq d^*_u$  e si procede alla verifica della compatibilità degli spostamenti per gli elementi/meccanismi duttili e delle resistenze per gli elementi/meccanismi fragili. L'analisi non lineare statica condotta nei modi previsti dalle NTC può sottostimare significativamente le deformazioni sui lati più rigidi e resistenti di strutture flessibili torsionalmente, cioè strutture in cui il modo di vibrare torsionale abbia un periodo superiore ad almeno uno dei modi di vibrare principali traslazionali. Per tener conto di questo effetto, tra le distribuzioni secondarie delle forze occorre scegliere la distribuzione adattiva. L'azione sismica deve essere applicata, per ciascuna direzione, in entrambi i possibili versi e si devono considerare gli effetti più sfavorevoli derivanti dalle due analisi.



## 12 VERIFICA AI CARICHI VERTICALI (analisi statica non sismica)

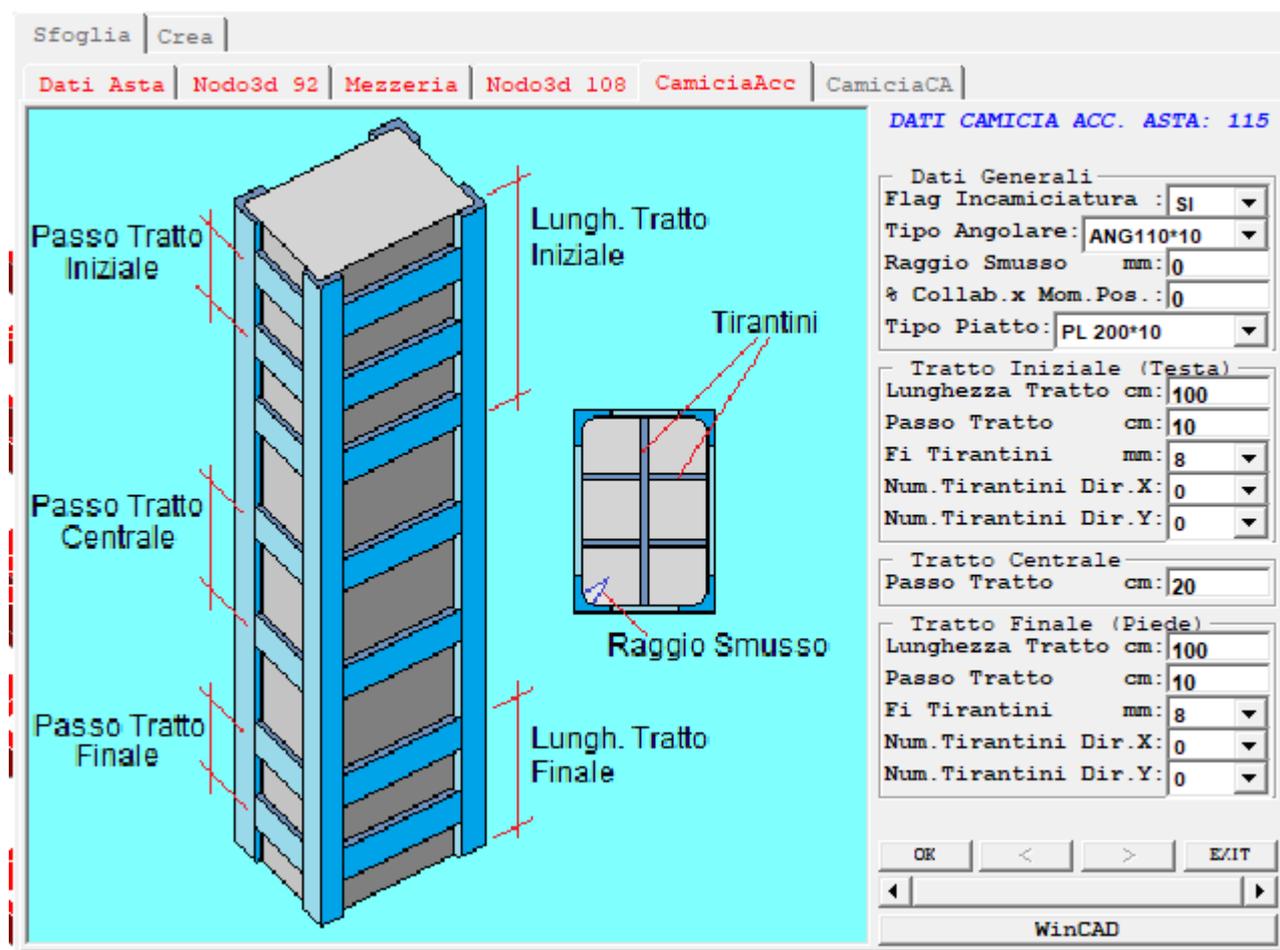
In questo capitolo verrà valutata la risposta della struttura ai carichi gravitazionali dovuti al peso proprio degli elementi strutturali (G1), ai carichi permanenti non strutturali (G2) ed ai carichi variabili ( $Q_k$ ).

Dalla visualizzazione del modello meccanico e della rispettiva legenda è possibile valutare quali sono gli elementi che soddisfano la verifica e quali gli elementi che non soddisfano la verifica.

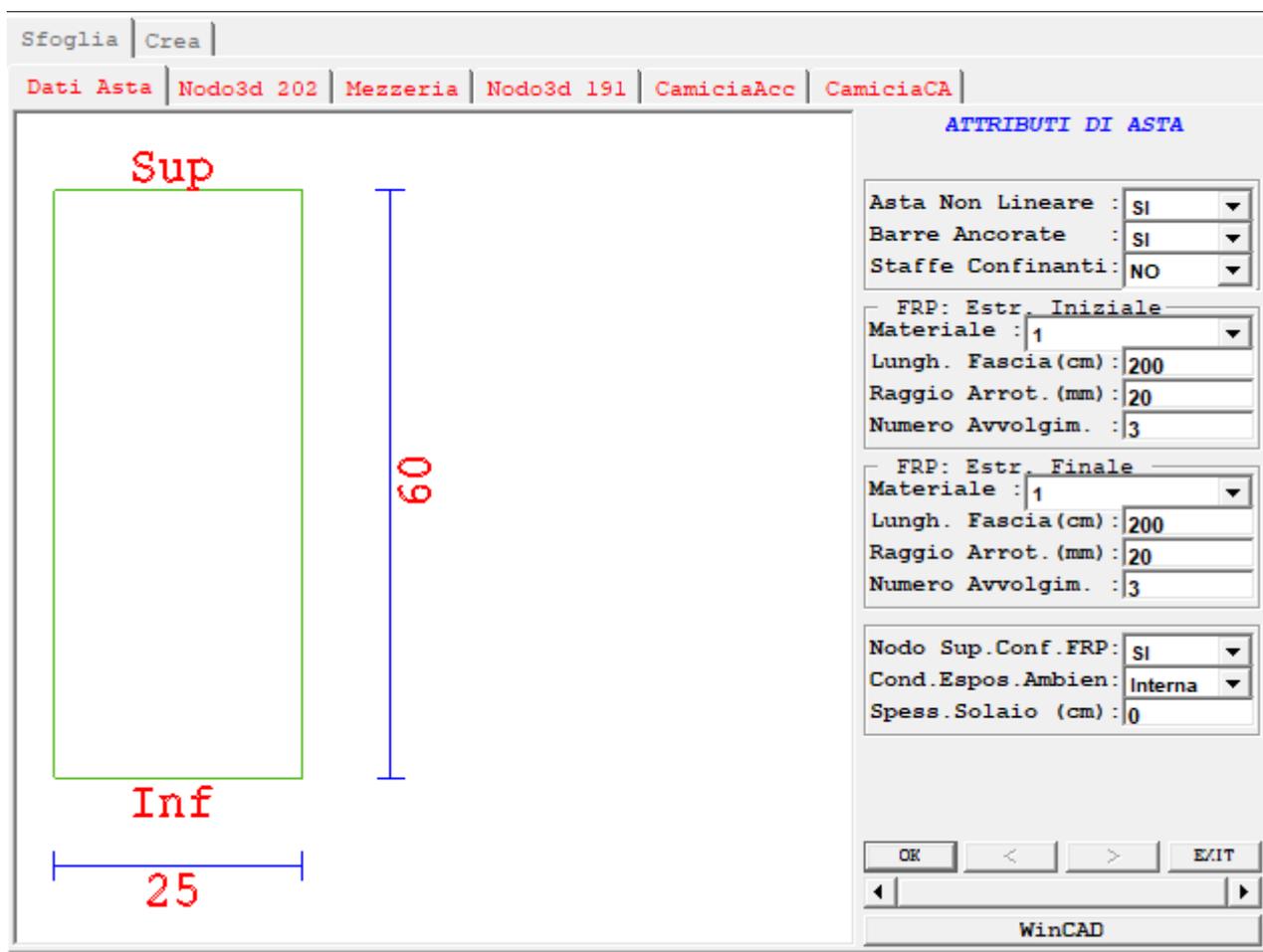
### 12.1 Interventi di somma urgenza

Per il ripristino dell'idoneità statica dell'immobile (verifica statica per carichi verticali), sono stati ipotizzati i seguenti interventi, rintracciabili nelle planimetrie di cui all'elaborato Tav.09-i.

### 12.2 Rinforzo di pilastri e travi con calastrelli in acciaio



### 12.3 Rinforzo di pilastri e travi con fibre in FRP



Si riportano di seguito i tabulati di calcolo delle verifiche statiche.

## 12.4 VERIFICA STATICA A PRESSO FLESSIONE

Dall'analisi statica a Pressoflessione effettuata, risulta che in entrambi i blocchi alcune aste non soddisfano i requisiti richiesti dalle NTC 2018.

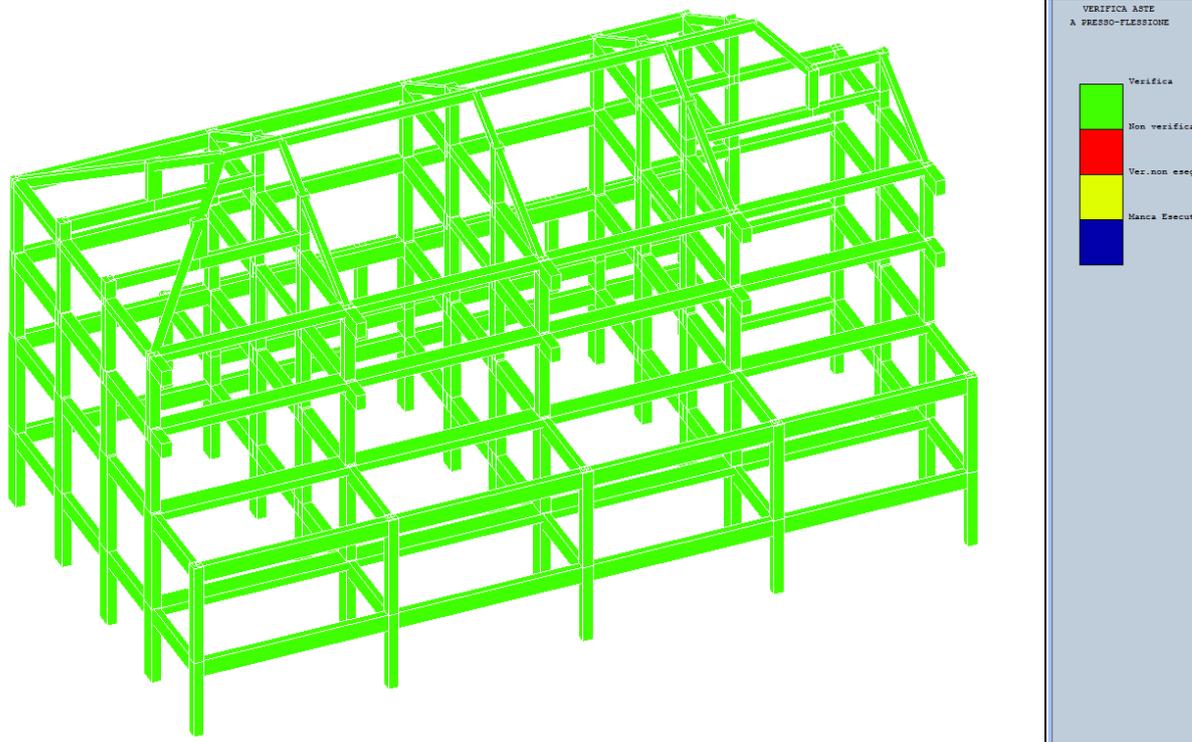


Figura 13: verifica statica a Presso flessione blocco n. 1

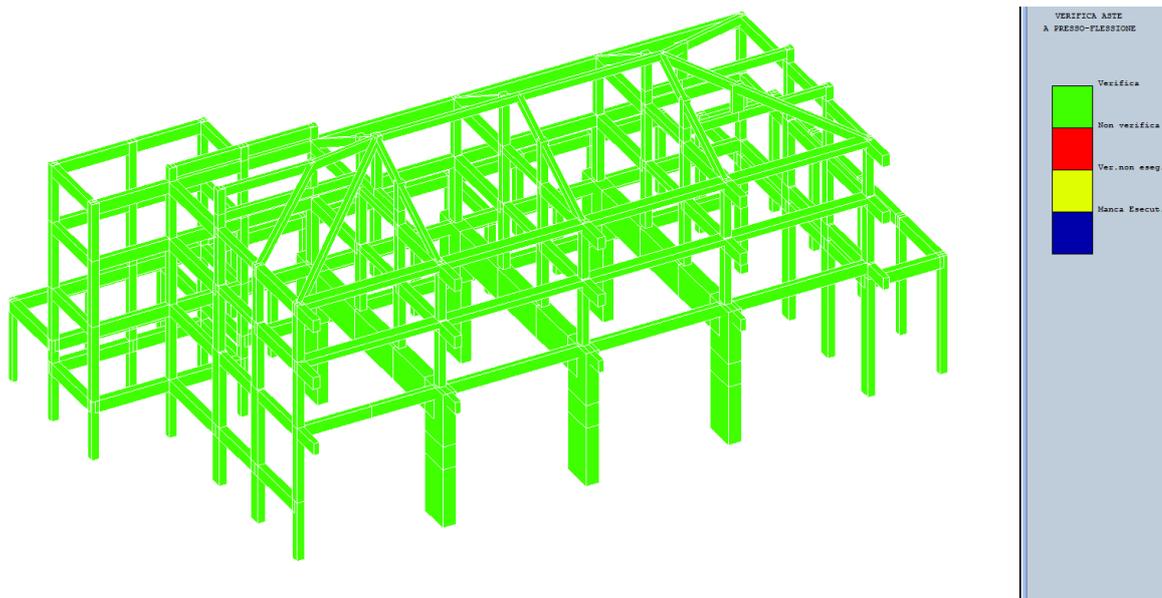


Figura 14 Verifica statica Pressoflessione Blocco 2

## 12.5 VERIFICA DELLE TRAVI A TAGLIO

Dall'analisi statica a Taglio effettuata, risulta che in entrambi i blocchi alcune aste non soddisfano i requisiti richiesti dalle NTC 2018.

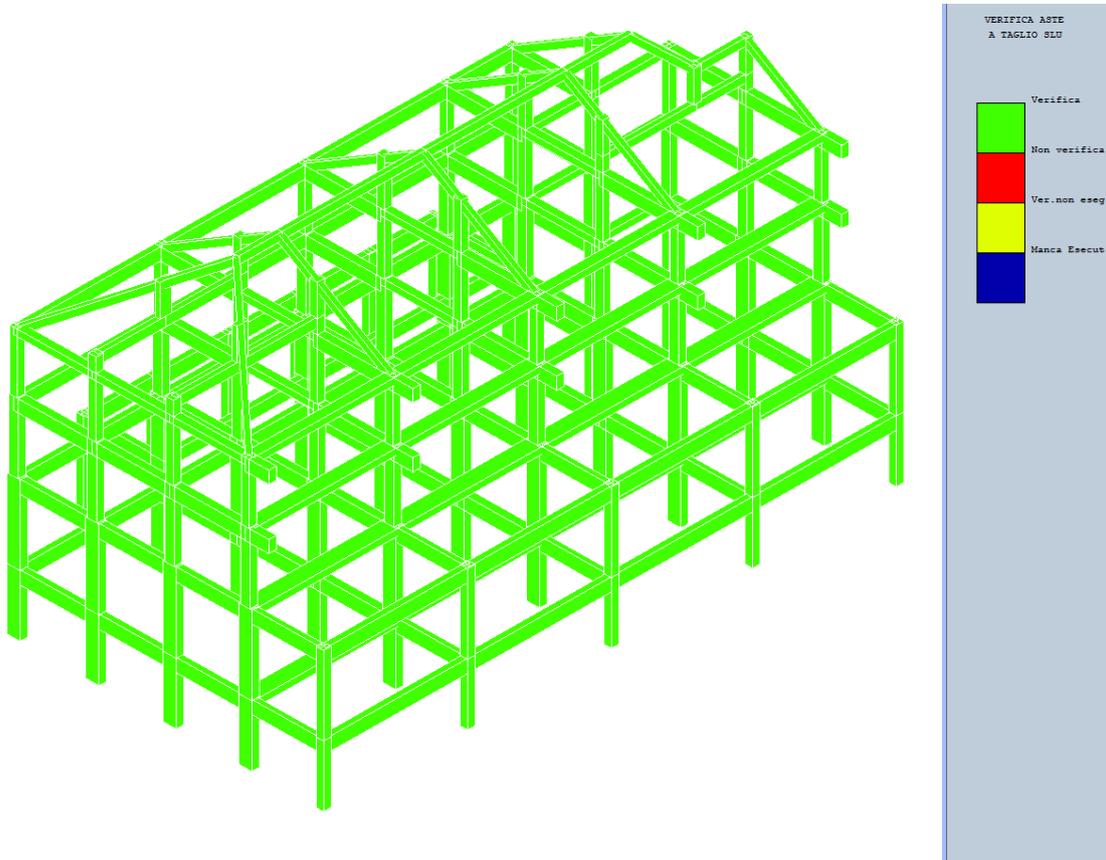


Figura 15: verifica statica a Taglio blocco n.1

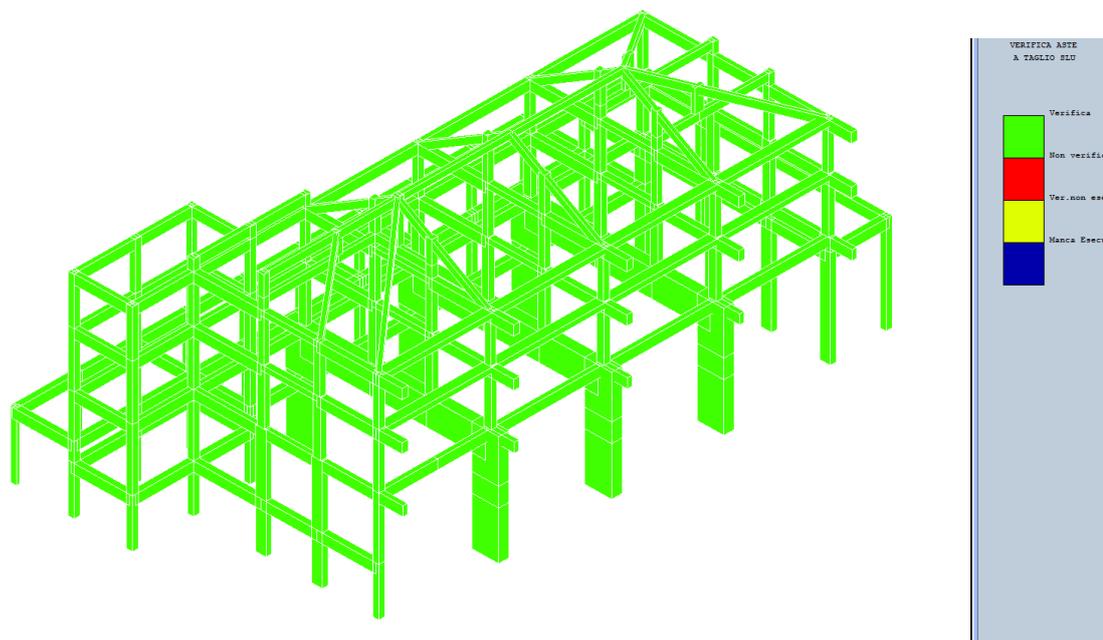


Figura 16 Verifica statica a taglio Blocco 2

## 13 RISULTATI ANALISI STATICA NON LINEARE

In questa parte viene riportata la risposta delle strutture all'azione sismica (Pushover).

Gli esiti delle verifiche contenute nella valutazione permetteranno di stabilire quali provvedimenti adottare per il miglioramento o l'adeguamento della struttura, o comunque, saranno da intendersi propedeutici per la scelta di questi interventi.

Il software esegue l'analisi statica non lineare per ogni distribuzione scelta e per ogni direzione, si traccia la curva Forza-Spostamento monitorando lo spostamento del punto di controllo ed il taglio al piede. Si usa lo spettro di risposta elastico per ottenere la domanda di spostamento.

Allo spostamento domandato si verifica lo stato di danneggiamento della struttura rispetto alla capacità della stessa. Questa curva assume il comune nome di Curva di capacità.

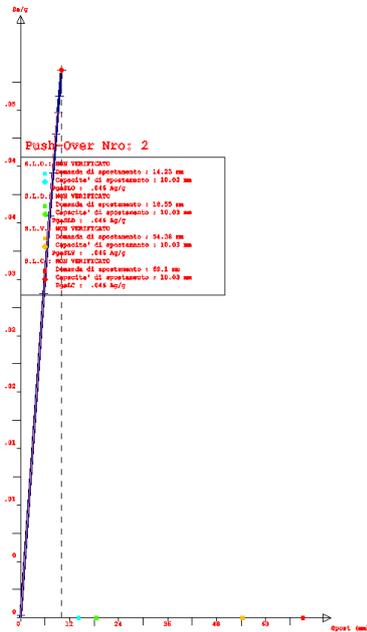
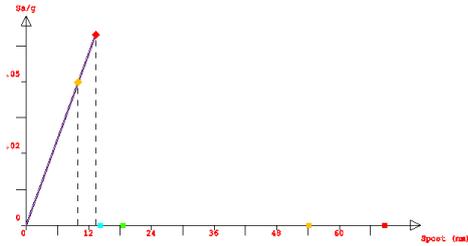
Nelle prime fasi di applicazione delle forze, la struttura rimane in campo elastico. Si è nella fase della rigidità elastiche che è quella che avviene in assenza di danno. Aumentando le forze esterne, si ha il raggiungimento del primo snervamento. Continuando ad aumentare, si arriva ad un livello di danneggiamento, per il quale, la curva assume una tangenza pseudo-orizzontale, si è in altri termini raggiunta la massima azione possibile, ovvero, la massima resistenza di forza. Si continua ancora a spingere, ma per definizione, avendo raggiunto la massima azione possibile, le forze esterne cominciano a ridursi. Lo spostamento aumenta. L'attenzione a questo punto è proprio su questo spostamento. Si

arriverà ad un certo punto in cui si raggiungono i limiti di deformazione. Continuando ancora a spingere, con una forza ancora più bassa, si giungerà fino al collasso vero e proprio.



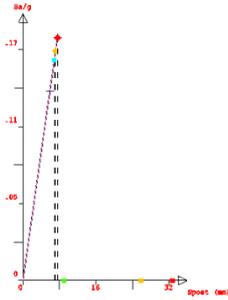
### 13.1 Risultati blocco n. 1

Di seguito verranno riportate le curve per il blocco n. 1:



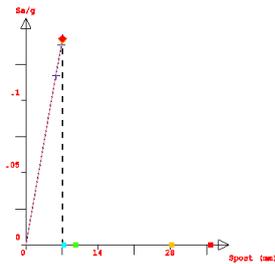
Push-Over Nro: 3

S.L.O.:  
 ■ Domanda di spostamento : 6.87 mm  
 ■ Capacita' di spostamento : 7.15 mm  
 ■ PqstD : .05 Ag/g  
 S.L.D.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 8.95 mm  
 ■ Capacita' di spostamento : 7.15 mm  
 ■ PqstD : .05 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 25.83 mm  
 ■ Capacita' di spostamento : 7.15 mm  
 ■ PqstD : .05 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 32.74 mm  
 ■ Capacita' di spostamento : 7.87 mm  
 ■ PqstC : .043 Ag/g



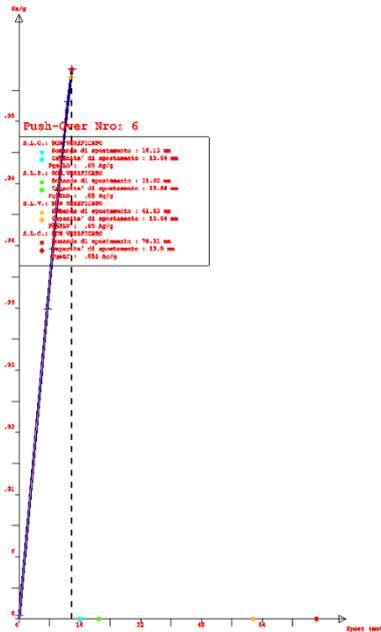
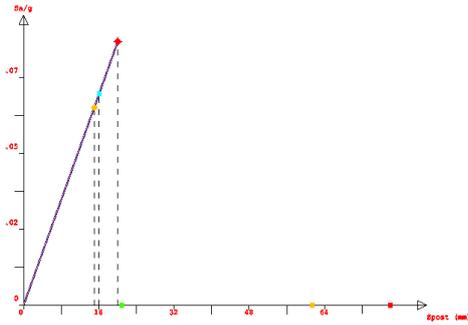
Push-Over Nro: 4

S.L.O.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 7.37 mm  
 ■ Capacita' di spostamento : 7.03 mm  
 ■ PqstD : .055 Ag/g  
 S.L.D.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 9.61 mm  
 ■ Capacita' di spostamento : 7.03 mm  
 ■ PqstD : .055 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 28.15 mm  
 ■ Capacita' di spostamento : 7.03 mm  
 ■ PqstD : .055 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 35.72 mm  
 ■ Capacita' di spostamento : 7.03 mm  
 ■ PqstC : .055 Ag/g



Push-Over Nro: 5

S.L.C.: NON VERIFICATO	Domanda di spostamento : 16.06 mm
Capacità di spostamento : 15.02 mm	
PushOv : .054 kg/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	Domanda di spostamento : 20.93 mm
Capacità di spostamento : 15.02 mm	
PushOv : .054 kg/g	
S.L.V.: NON VERIFICATO	Domanda di spostamento : 61.35 mm
Capacità di spostamento : 15.02 mm	
PushOv : .054 kg/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	Domanda di spostamento : 71.05 mm
Capacità di spostamento : 26.03 mm	
PushOv : .072 kg/g	



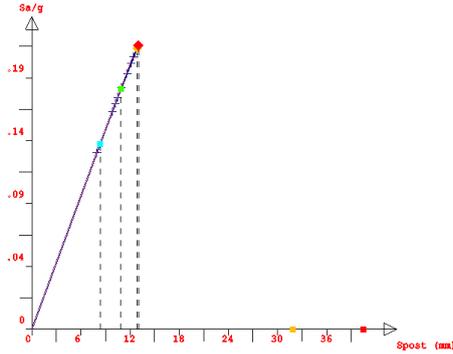
Push-Over Nro: 6

S.L.C.: NON VERIFICATO	Domanda di spostamento : 14.12 mm
Capacità di spostamento : 13.05 mm	
PushOv : .057 kg/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	Domanda di spostamento : 71.05 mm
Capacità di spostamento : 13.05 mm	
PushOv : .057 kg/g	
S.L.V.: NON VERIFICATO	Domanda di spostamento : 61.63 mm
Capacità di spostamento : 13.05 mm	
PushOv : .057 kg/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	Domanda di spostamento : 76.31 mm
Capacità di spostamento : 13.05 mm	
PushOv : .058 kg/g	



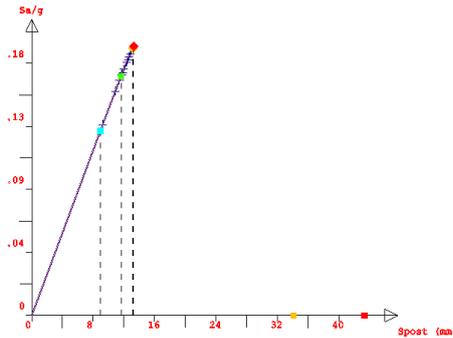
Push-Over Nro: 7

S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 8.34 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 12.86 mm
	PgsSLO : .091 Ag/g
S.L.D.:	■ Domanda di spostamento : 10.87 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 12.86 mm
	PgsSLO : .091 Ag/g
S.L.V.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 31.86 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 12.86 mm
	PgsSLV : .091 Ag/g
S.L.C.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 40.49 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 13 mm
	PgsLC : .092 Ag/g



Push-Over Nro: 8

S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 8.93 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 13.17 mm
	PgsSLO : .087 Ag/g
S.L.D.:	■ Domanda di spostamento : 11.64 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 13.17 mm
	PgsSLO : .087 Ag/g
S.L.V.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 34.13 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 13.17 mm
	PgsSLV : .087 Ag/g
S.L.C.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 43.37 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 13.28 mm
	PgsLC : .088 Ag/g



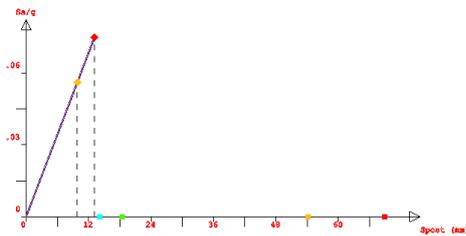
Push-Over Nro: 9

S.L.O.: NON VERIFICATO  
 □ Domanda di spostamento : 14.10 mm  
 ● Capacita' di spostamento : 9.84 mm  
 P<sub>ASLO</sub> : .046 Ag/g

S.L.D.: NON VERIFICATO  
 □ Domanda di spostamento : 18.49 mm  
 ● Capacita' di spostamento : 9.84 mm  
 P<sub>ASLD</sub> : .046 Ag/g

S.L.V.: NON VERIFICATO  
 □ Domanda di spostamento : 54.17 mm  
 ● Capacita' di spostamento : 9.84 mm  
 P<sub>ASLV</sub> : .046 Ag/g

S.L.C.: NON VERIFICATO  
 □ Domanda di spostamento : 68.83 mm  
 ● Capacita' di spostamento : 13.12 mm  
 P<sub>ASLC</sub> : .054 Ag/g



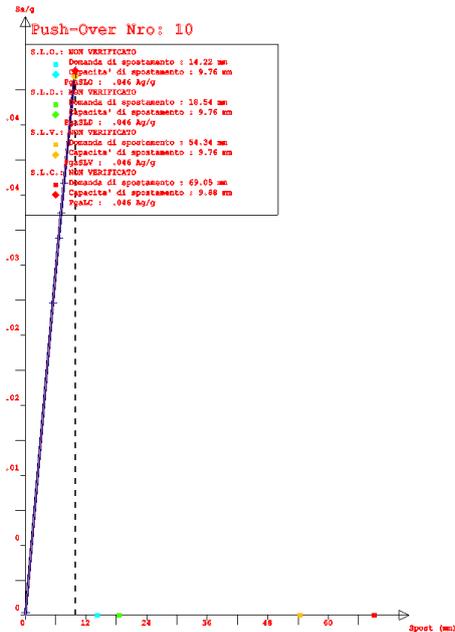
Push-Over Nro: 10

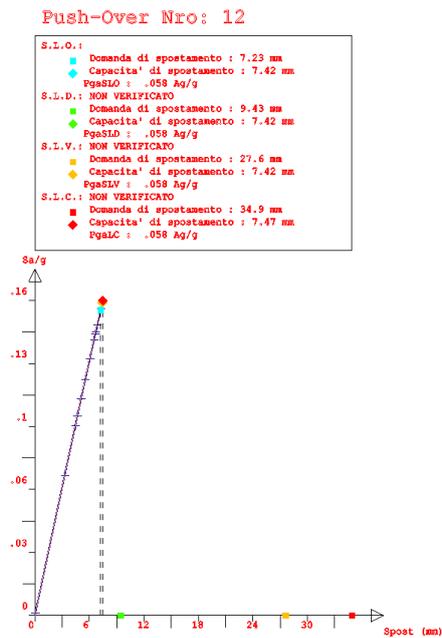
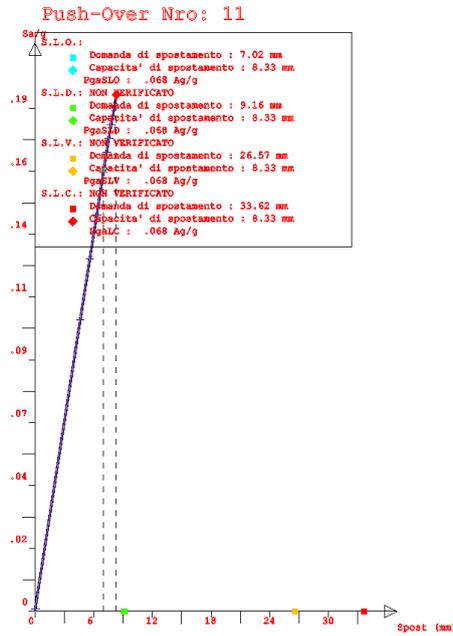
S.L.O.: NON VERIFICATO  
 □ Domanda di spostamento : 14.22 mm  
 ● Capacita' di spostamento : 9.76 mm  
 P<sub>ASLO</sub> : .046 Ag/g

S.L.D.: NON VERIFICATO  
 □ Domanda di spostamento : 18.54 mm  
 ● Capacita' di spostamento : 9.76 mm  
 P<sub>ASLD</sub> : .046 Ag/g

S.L.V.: NON VERIFICATO  
 □ Domanda di spostamento : 54.34 mm  
 ● Capacita' di spostamento : 9.76 mm  
 P<sub>ASLV</sub> : .046 Ag/g

S.L.C.: NON VERIFICATO  
 □ Domanda di spostamento : 69.05 mm  
 ● Capacita' di spostamento : 9.86 mm  
 P<sub>ASLC</sub> : .046 Ag/g





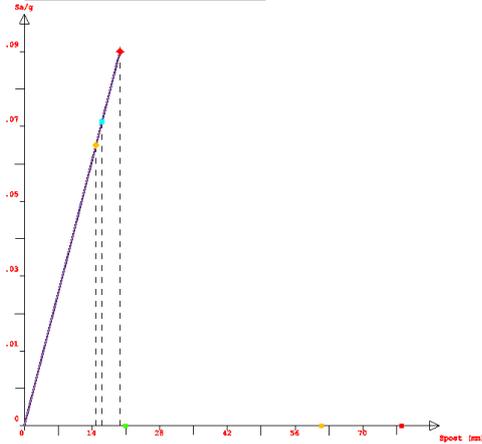
Push-Over Nro: 13

S.L.O.: NON VERIFICATO  
 Domanda di spostamento : 16.07 mm  
 Capacità di spostamento : 14.83 mm  
 PpaSLO : .054 kg/g

S.L.D.: NON VERIFICATO  
 Domanda di spostamento : 20.94 mm  
 Capacità di spostamento : 14.83 mm  
 PpaSD : .054 kg/g

S.L.V.: NON VERIFICATO  
 Domanda di spostamento : 41.4 mm  
 Capacità di spostamento : 14.83 mm  
 PpaSV : .054 kg/g

S.L.C.: NON VERIFICATO  
 Domanda di spostamento : 78.02 mm  
 Capacità di spostamento : 14.78 mm  
 PpaSC : .071 kg/g



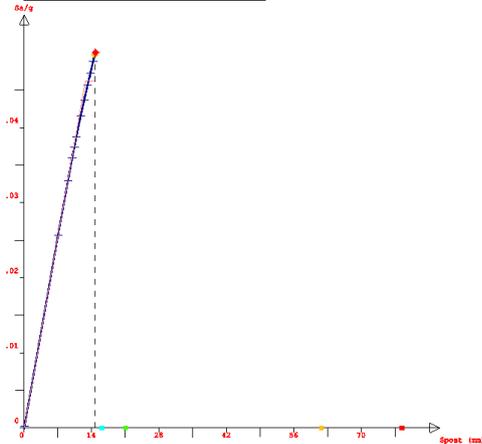
Push-Over Nro: 14

S.L.O.: NON VERIFICATO  
 Domanda di spostamento : 16.14 mm  
 Capacità di spostamento : 14.64 mm  
 PpaSLO : .053 kg/g

S.L.D.: NON VERIFICATO  
 Domanda di spostamento : 21.04 mm  
 Capacità di spostamento : 14.64 mm  
 PpaSD : .053 kg/g

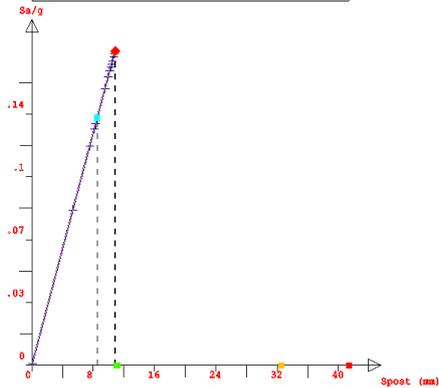
S.L.V.: NON VERIFICATO  
 Domanda di spostamento : 41.68 mm  
 Capacità di spostamento : 14.64 mm  
 PpaSV : .053 kg/g

S.L.C.: NON VERIFICATO  
 Domanda di spostamento : 78.37 mm  
 Capacità di spostamento : 14.76 mm  
 PpaSC : .053 kg/g



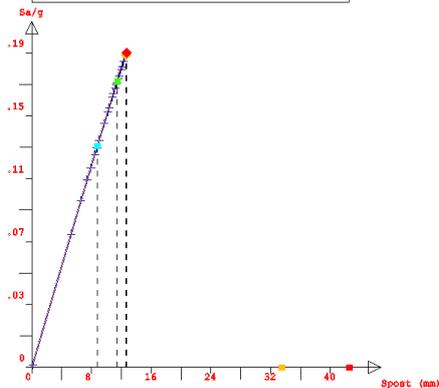
Push-Over Nro: 15

S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 8.52 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 10.84 mm
	PgsSLO : .074 Ag/g
S.L.D.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 11.1 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 10.84 mm
	PgsSLD : .074 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 32.56 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 10.84 mm
	PgsSLV : .074 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 41.37 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 10.86 mm
	PgsSLC : .074 Ag/g

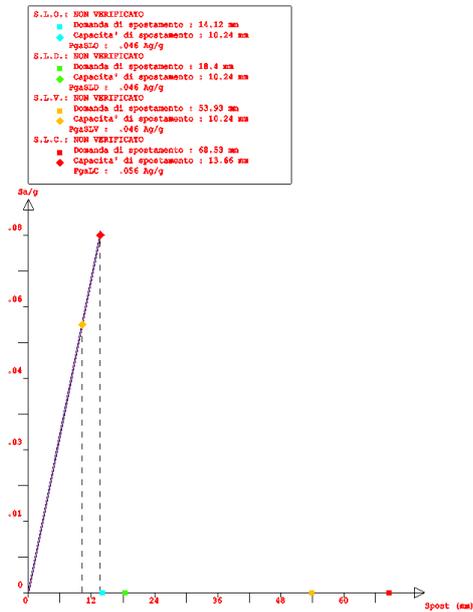


Push-Over Nro: 16

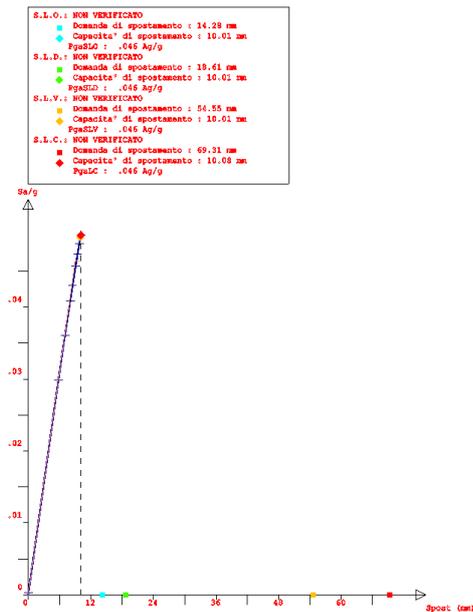
S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 8.77 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 12.6 mm
	PgsSLO : .085 Ag/g
S.L.D.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 11.42 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 12.6 mm
	PgsSLD : .085 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 33.5 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 12.6 mm
	PgsSLV : .085 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 42.56 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 12.7 mm
	PgsSLC : .085 Ag/g



Push-Over Nro: 17

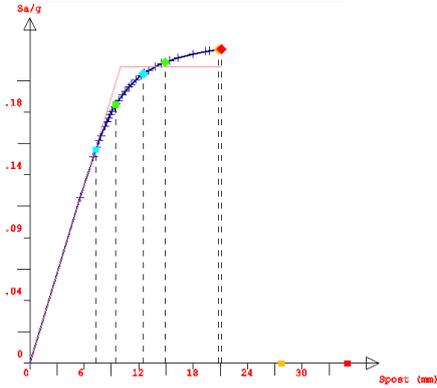


Push-Over Nro: 18



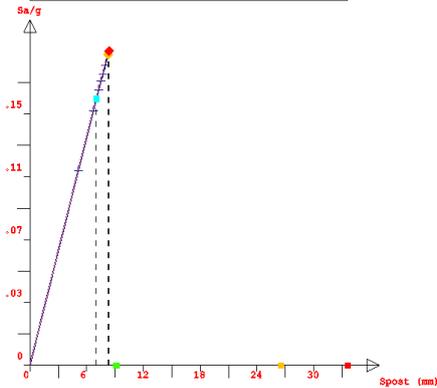
Push-Over Nro: 19

S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 7.26 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 12.49 mm
	PgsSLO : .101 Ag/g
S.L.D.:	■ Domanda di spostamento : 9.46 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 14.92 mm
	PgsSLD : .119 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 27.73 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 20.79 mm
	PgsSLV : .162 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 34.98 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 21.11 mm
	PgsSLC : .164 Ag/g



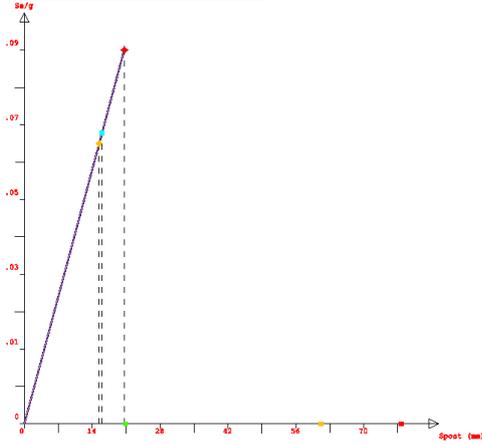
Push-Over Nro: 20

S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 7.02 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 8.26 mm
	PgsSLO : .067 Ag/g
S.L.D.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 9.15 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 8.26 mm
	PgsSLD : .067 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 26.54 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 8.26 mm
	PgsSLV : .067 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 33.58 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 8.36 mm
	PgsSLC : .069 Ag/g



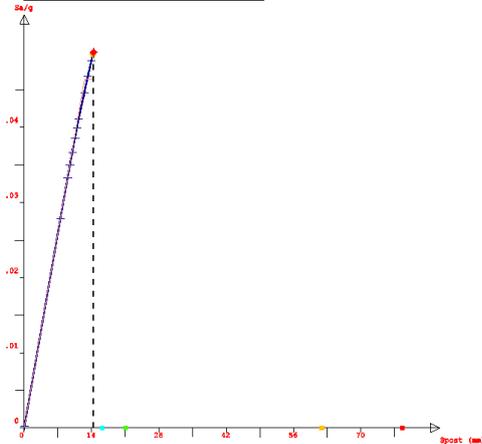
Push-Over Nro: 21

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 16.01 mm
■	Capacità di spostamento : 15.44 mm
PpaSLO : .055 Kg/g	
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 20.87 mm
■	Capacità di spostamento : 15.44 mm
PpaSD : .055 Kg/g	
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 61.17 mm
■	Capacità di spostamento : 15.44 mm
PpaSV : .055 Kg/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 77.73 mm
■	Capacità di spostamento : 20.19 mm
PpaSC : .075 Kg/g	



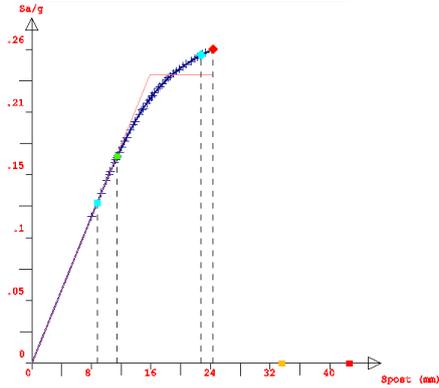
Push-Over Nro: 22

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 16.18 mm
■	Capacità di spostamento : 14.27 mm
PpaSLO : .052 Kg/g	
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 21.03 mm
■	Capacità di spostamento : 14.27 mm
PpaSD : .052 Kg/g	
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 61.83 mm
■	Capacità di spostamento : 14.27 mm
PpaSV : .052 Kg/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 78.56 mm
■	Capacità di spostamento : 14.27 mm
PpaSC : .052 Kg/g	



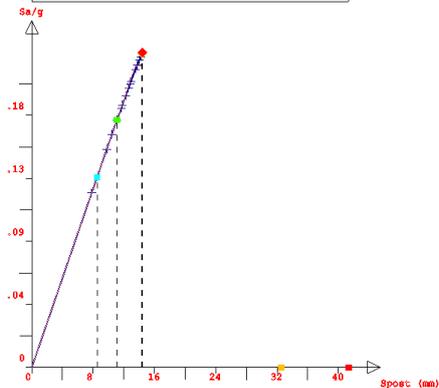
Push-Over Nro: 23

S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 8.78 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 22.74 mm
	PgsSLO : .147 Ag/g
S.L.D.:	■ Domanda di spostamento : 11.45 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 24.31 mm
	PgsSLO : .157 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 33.56 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 24.31 mm
	PgsSLO : .157 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 42.65 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 24.36 mm
	PgsSLO : .157 Ag/g

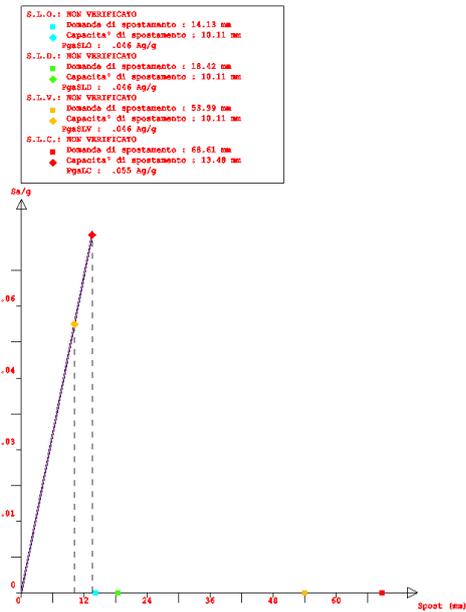


Push-Over Nro: 24

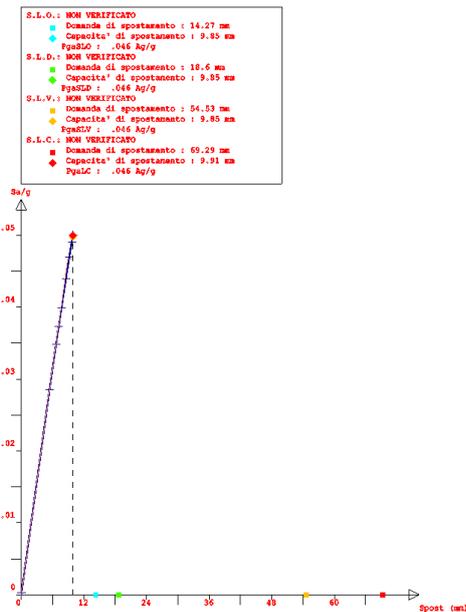
S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 8.51 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 14.37 mm
	PgsSLO : .1 Ag/g
S.L.D.:	■ Domanda di spostamento : 11.09 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 14.37 mm
	PgsSLO : .1 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 32.53 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 14.37 mm
	PgsSLO : .1 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 41.34 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 14.43 mm
	PgsSLO : .1 Ag/g



Push-Over Nro: 25

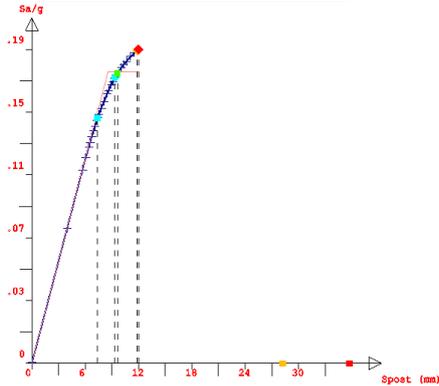


Push-Over Nro: 26



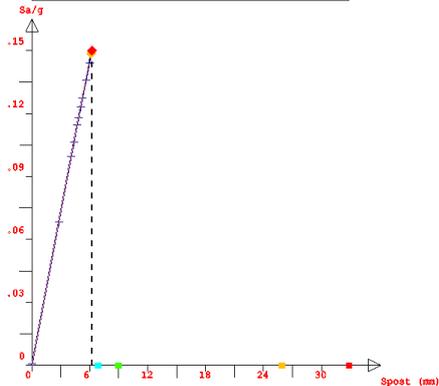
Push-Over Nro: 27

S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 7.38 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 9.34 mm
	PgsSLO : .074 Ag/g
S.L.D.:	■ Domanda di spostamento : 9.62 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 11.88 mm
	PgsSLO : .095 Ag/g
S.L.V.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 28.21 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 11.88 mm
	PgsSIV : .095 Ag/g
S.L.C.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 35.75 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 12.01 mm
	PgsLC : .096 Ag/g



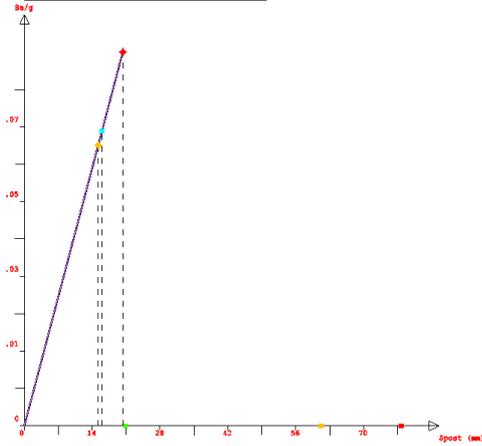
Push-Over Nro: 28

S.L.O.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 6.87 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 6.15 mm
	PgsSLO : .052 Ag/g
S.L.D.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 8.96 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 6.15 mm
	PgsSLO : .052 Ag/g
S.L.V.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 25.92 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 6.15 mm
	PgsSIV : .052 Ag/g
S.L.C.:	■ NON VERIFICATO
	◆ Domanda di spostamento : 32.86 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 6.21 mm
	PgsLC : .052 Ag/g



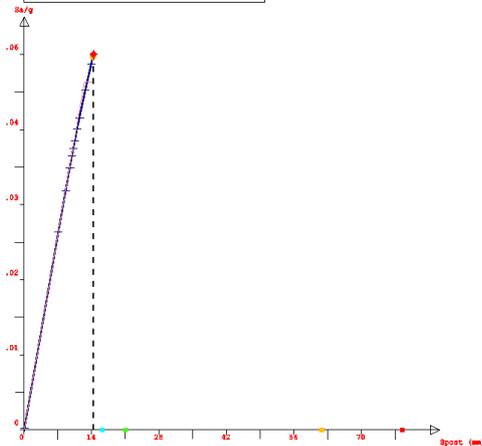
Push-Over Nro: 29

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 16.83 mm
■	Capacità di spostamento : 15.24 mm
PpaSLO : .055 kg/g	
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 19.89 mm
■	Capacità di spostamento : 19.24 mm
PpaSD : .055 kg/g	
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 61.23 mm
■	Capacità di spostamento : 15.24 mm
PpaSV : .055 kg/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 77.8 mm
■	Capacità di spostamento : 20.32 mm
PpaSC : .074 kg/g	



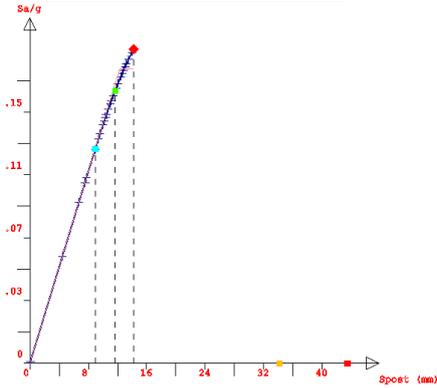
Push-Over Nro: 30

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 16.17 mm
■	Capacità di spostamento : 14.25 mm
PpaSLO : .052 kg/g	
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 21.08 mm
■	Capacità di spostamento : 14.28 mm
PpaSD : .052 kg/g	
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 61.79 mm
■	Capacità di spostamento : 14.28 mm
PpaSV : .052 kg/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 78.51 mm
■	Capacità di spostamento : 14.4 mm
PpaSC : .052 kg/g	



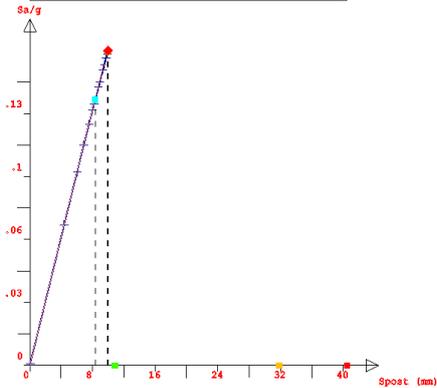
Push-Over Nro: 31

S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 8.95 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 14.2 mm
	PgsSLO : .094 Ag/g
S.L.D.:	■ Domanda di spostamento : 11.66 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 14.2 mm
	PgsSLO : .094 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 34.19 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 14.2 mm
	PgsSLV : .094 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 43.44 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 14.2 mm
	PgsSLC : .094 Ag/g



Push-Over Nro: 32

S.L.O.:	■ Domanda di spostamento : 8.33 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 9.94 mm
	PgsSLO : .069 Ag/g
S.L.D.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 10.86 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 9.94 mm
	PgsSLO : .069 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 31.85 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 9.94 mm
	PgsSLV : .069 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	■ Domanda di spostamento : 40.47 mm
	◆ Capacita' di spostamento : 9.97 mm
	PgsSLC : .069 Ag/g



Aste in cui avviene la formazione delle prime cerniere plastiche:

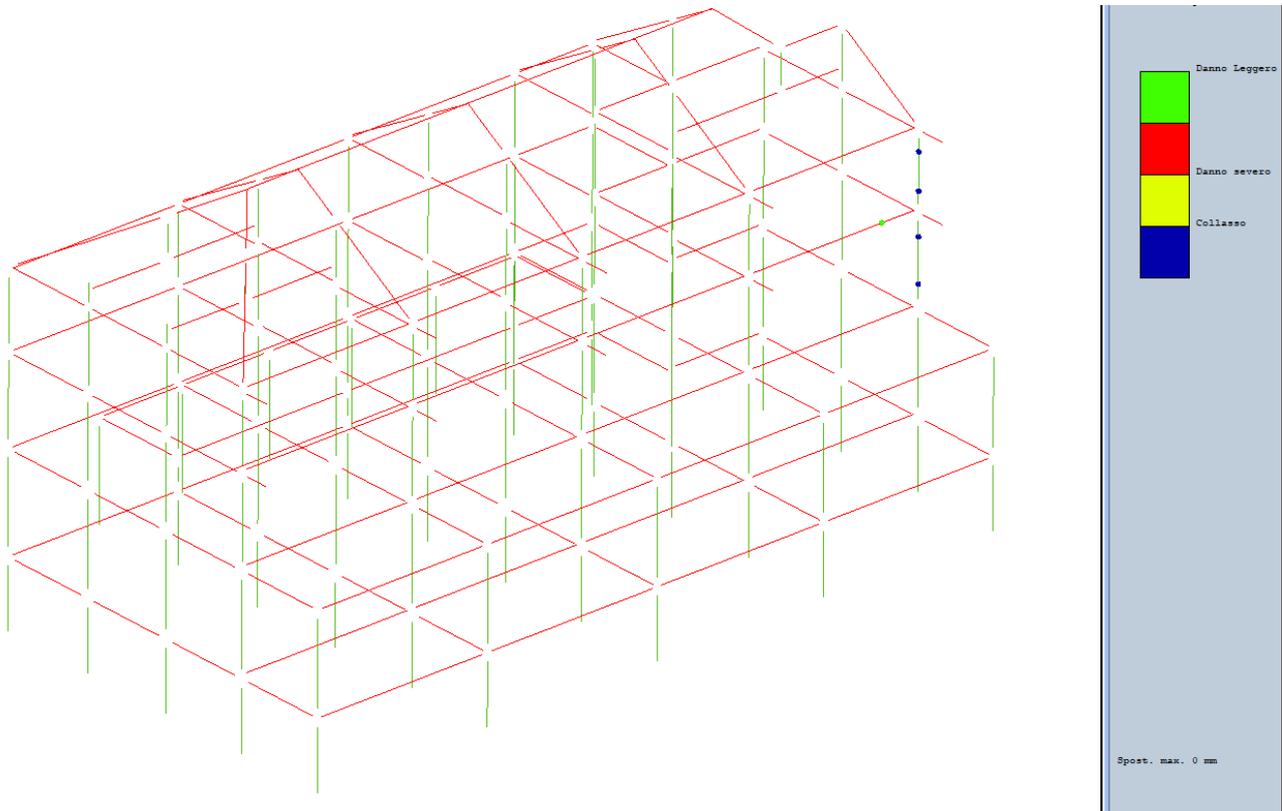


Figura 17: Punti di formazione delle cerniere per il blocco +

1



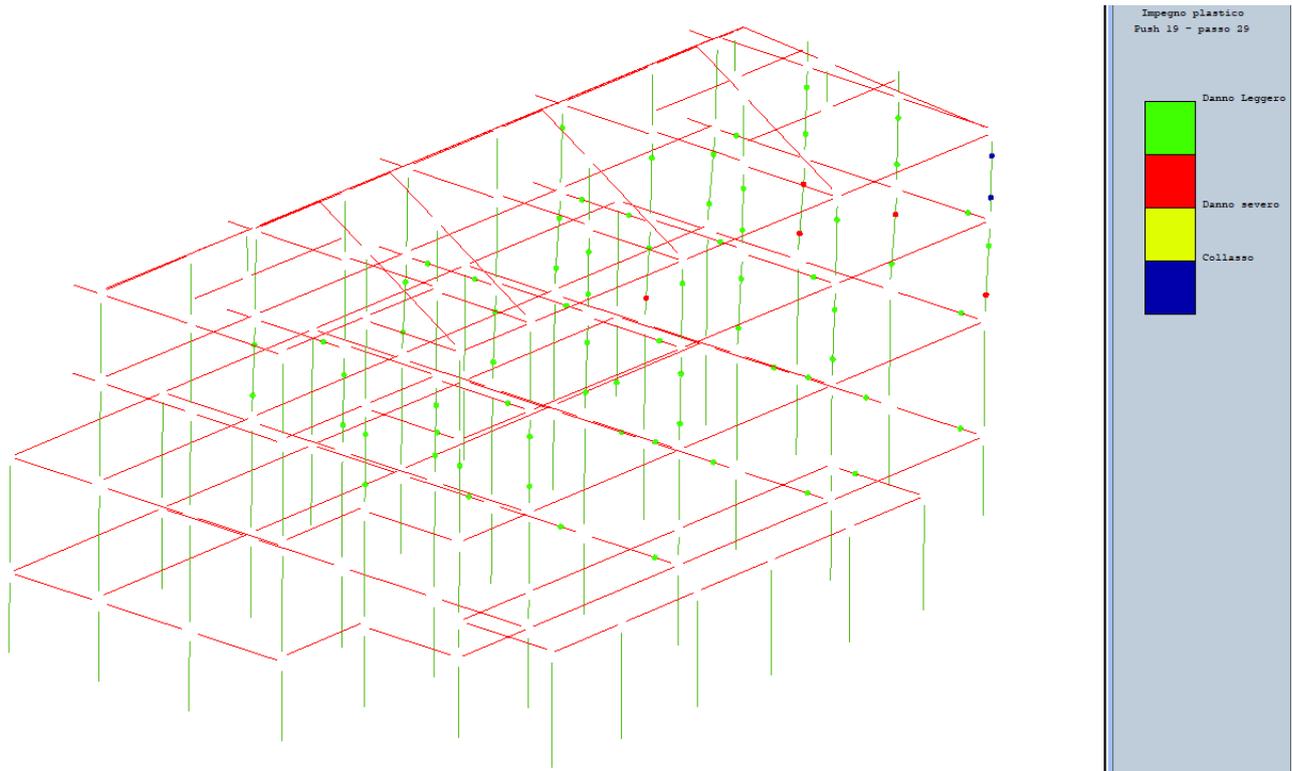


Figura 18 Punti di formazione delle cerniere per il blocco 1

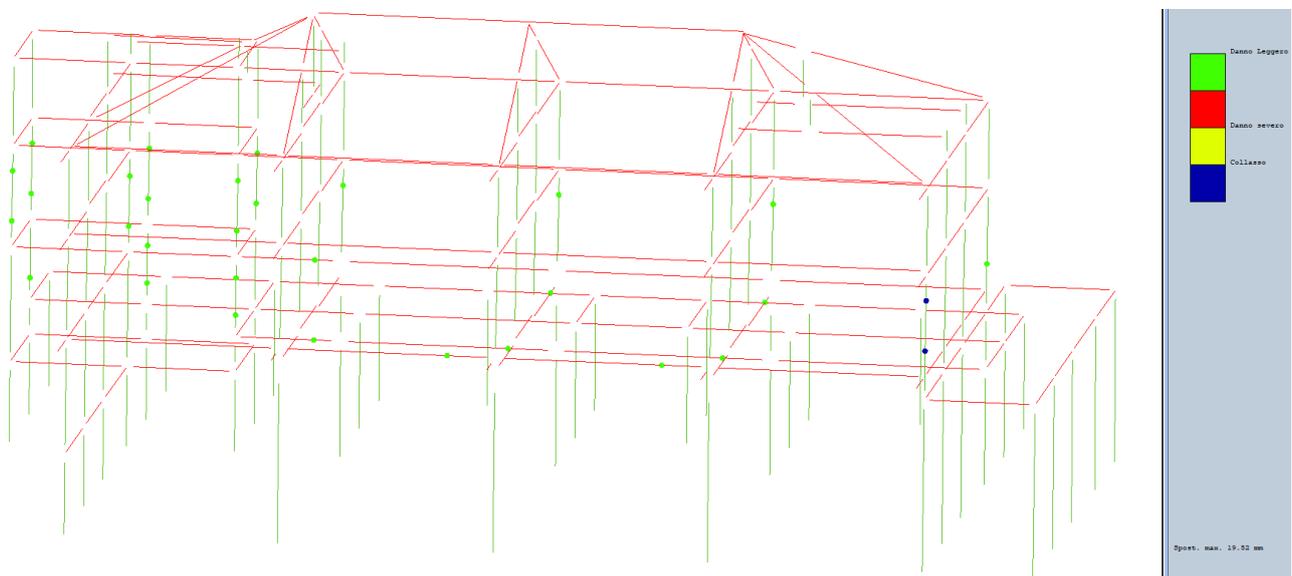


Figura 19 Punti di formazione delle cerniere per il blocco 2

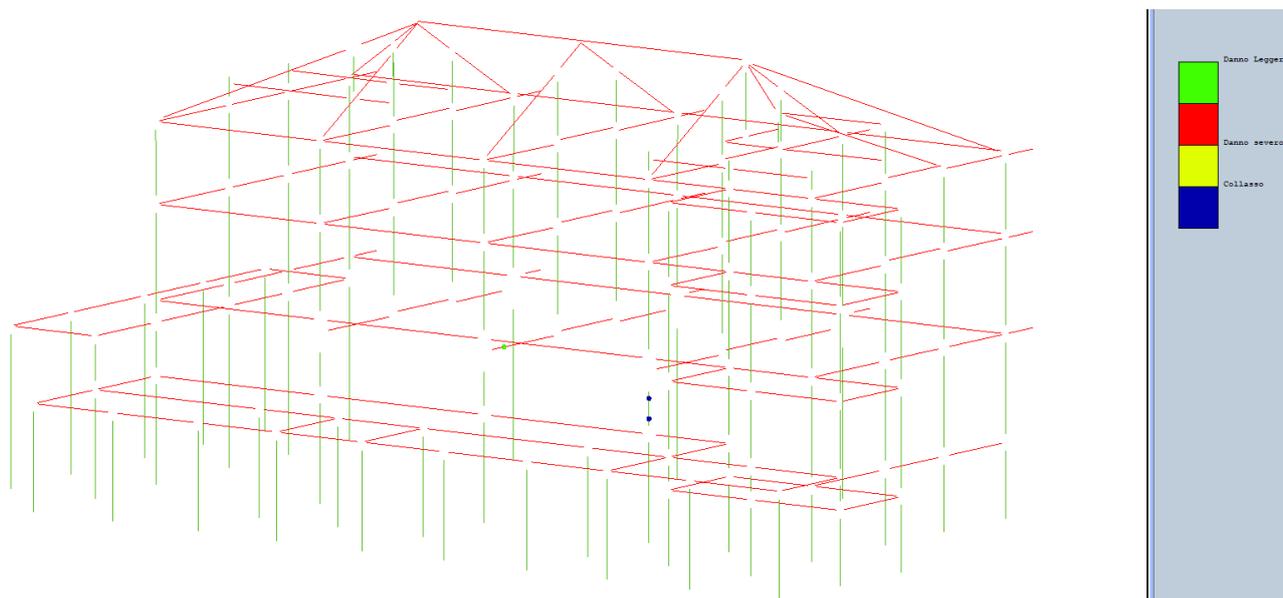


Figura 20 Punti di formazione delle cerniere per il blocco 2

Le curve dell'analisi si interrompono tutte a seguito della formazione delle cerniere plastiche nei pilastri, come individuato nell'immagine soprastante. La criticità di tali pilastri è dovuta principalmente al fatto che si trattano di elementi tozzi e di conseguenza fragili.



### 13.1.1 Determinazione degli indici di rischio

Il livello di vulnerabilità sismica degli edifici viene espresso in termini di **INDICATORI DI RISCHIO (IR)**, **IR=CAPACITÀ/DOMANDA**, se questo risulta > di 0,8 (§ 8.4.3 NTC 2018) la capacità dell’edificio di sopportare l’azione sismica è maggiore di quello che la normativa richiede (domanda). Più IR è inferiore all’unità più le strutture dell’edificio risultano carenti nel sopportare l’azione sismica.

Analizzando i risultati delle 32 curve si evince che **L’EDIFICIO NON È ADEGUATO SISMICAMENTE**, si riporta di seguito la tabella riassuntiva degli indicatori di rischio allo SLD e SLV:

**Il valore minimo individuato allo SLV è pari a 0,221.**

1	.811	.608	.221	.199
2	.811	.608	.221	.17
3	1.035	.776	.282	.229
4	.966	.724	.263	.202
5	.954	.715	.26	.266
6	.879	.659	.239	.186
7	1.601	1.201	.436	.339
8	1.522	1.142	.415	.323
9	.811	.608	.221	.197
10	.811	.608	.221	.17
11	1.19	.892	.324	.249
12	1.024	.768	.279	.214
13	.942	.706	.256	.261
14	.929	.697	.253	.194
15	1.291	.968	.352	.272
16	1.482	1.111	.404	.312
17	.811	.608	.221	.204
18	.811	.608	.221	.17
19	1.779	1.568	.772	.601
20	1.178	.884	.321	.251
21	.966	.724	.263	.275
22	.904	.678	.246	.189
23	2.586	2.061	.749	.576
24	1.745	1.309	.476	.367
25	.811	.608	.221	.202
26	.811	.608	.221	.17
27	1.291	1.252	.455	.352
28	.917	.688	.25	.192
29	.966	.724	.263	.27
30	.904	.678	.246	.192
31	1.647	1.235	.449	.345
32	1.201	.901	.327	.251



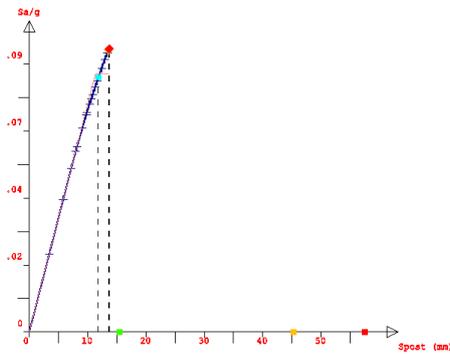
Min. PgaSL/Pga%	.811	.608	.221	.17
-----------------	------	------	------	-----

## 13.2 Risultati blocco n. 2

Di seguito verranno riportate le curve per il blocco n. 2:

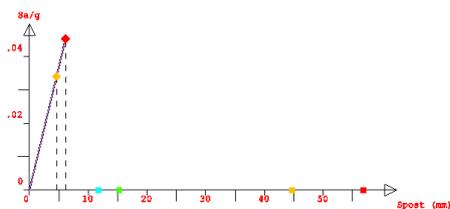
### Push-Over Nro: 1

S.L.O.:	Domanda di spostamento : 11.84 mm
	Capacità di spostamento : 13.59 mm
	PgaSL0 : .065 Ag/g
S.L.D.:	NON VERIFICATO
	Domanda di spostamento : 15.43 mm
	Capacità di spostamento : 13.59 mm
	PgaSLD : .065 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	Domanda di spostamento : 45.25 mm
	Capacità di spostamento : 13.59 mm
	PgaSLV : .065 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	Domanda di spostamento : 57.49 mm
	Capacità di spostamento : 13.67 mm
	PgaSLC : .066 Ag/g



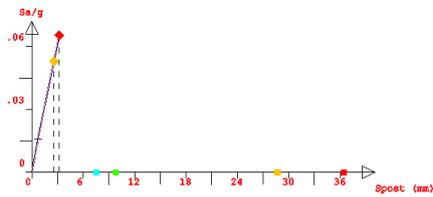
### Push-Over Nro: 2

S.L.O.:	NON VERIFICATO
	Domanda di spostamento : 11.71 mm
	Capacità di spostamento : 4.61 mm
	PgaSL0 : .046 Ag/g
S.L.D.:	NON VERIFICATO
	Domanda di spostamento : 15.26 mm
	Capacità di spostamento : 4.61 mm
	PgaSLD : .046 Ag/g
S.L.V.:	NON VERIFICATO
	Domanda di spostamento : 44.73 mm
	Capacità di spostamento : 4.61 mm
	PgaSLV : .046 Ag/g
S.L.C.:	NON VERIFICATO
	Domanda di spostamento : 56.84 mm
	Capacità di spostamento : 6.14 mm
	PgaSLC : .046 Ag/g



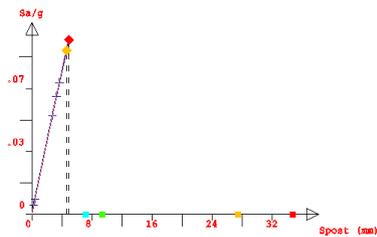
Push-Over Nro: 3

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 7.5 mm
◆	Capacita' di spostamento : 2.58 mm
PgsLO : .046 Ag/g	
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 9.77 mm
◆	Capacita' di spostamento : 2.58 mm
PgsLD : .046 Ag/g	
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 28.66 mm
◆	Capacita' di spostamento : 2.58 mm
PgsLV : .046 Ag/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 36.41 mm
◆	Capacita' di spostamento : 3.21 mm
PgsLC : .046 Ag/g	



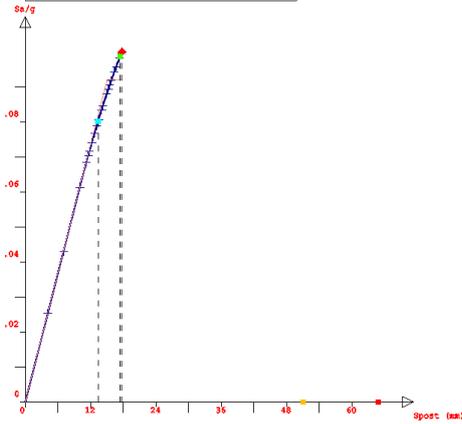
Push-Over Nro: 4

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 7.19 mm
◆	Capacita' di spostamento : 4.6 mm
PgsLO : .046 Ag/g	
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 9.37 mm
◆	Capacita' di spostamento : 4.6 mm
PgsLD : .046 Ag/g	
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 27.41 mm
◆	Capacita' di spostamento : 4.6 mm
PgsLV : .046 Ag/g	
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 34.72 mm
◆	Capacita' di spostamento : 4.92 mm
PgsLC : .046 Ag/g	



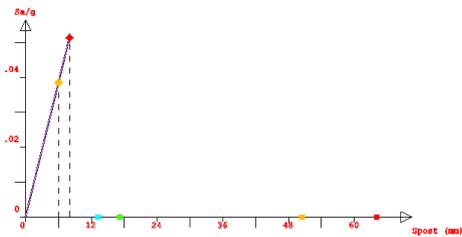
Push-Over Nro: 5

S.L.O.:  
 ■ Domanda di spostamento : 13.35 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.7 mm  
 PgaSLO : .077 Ag/g  
 S.L.D.:  
 ■ Domanda di spostamento : 17.4 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.7 mm  
 PgaSD : .077 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 51.03 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.7 mm  
 PgaSV : .077 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 64.84 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.73 mm  
 PgaSC : .077 Ag/g



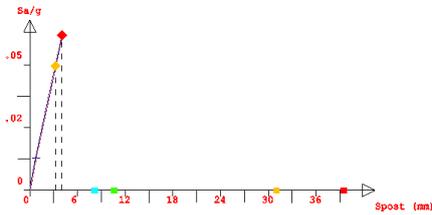
Push-Over Nro: 6

S.L.O.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 13.2 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.02 mm  
 PgaSLO : .046 Ag/g  
 S.L.D.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 17.21 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.02 mm  
 PgaSD : .046 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 50.45 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.02 mm  
 PgaSV : .046 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 64.1 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.02 mm  
 PgaSC : .046 Ag/g



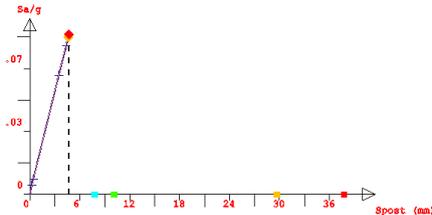
Push-Over Nro: 7

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 8.13 mm
◆	Capacita' di spostamento : 3.22 mm
	PgsLO : .046 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 10.59 mm
◆	Capacita' di spostamento : 3.22 mm
	PgsLD : .046 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 31.05 mm
◆	Capacita' di spostamento : 3.22 mm
	PgsLV : .046 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 39.46 mm
◆	Capacita' di spostamento : 4.04 mm
	PgsLC : .046 Ag/g



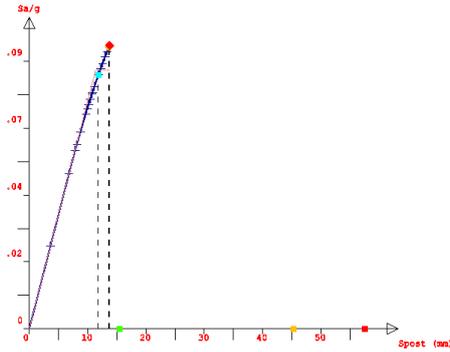
Push-Over Nro: 8

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 7.77 mm
◆	Capacita' di spostamento : 4.61 mm
	PgsLO : .046 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 10.13 mm
◆	Capacita' di spostamento : 4.61 mm
	PgsLD : .046 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 29.7 mm
◆	Capacita' di spostamento : 4.61 mm
	PgsLV : .046 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 37.74 mm
◆	Capacita' di spostamento : 4.7 mm
	PgsLC : .046 Ag/g



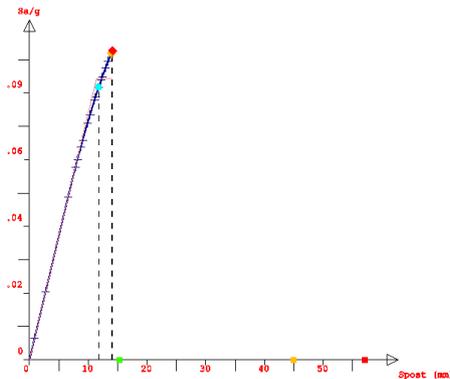
Push-Over Nro: 9

S.L.O.:	
■	Domanda di spostamento : 11.85 mm
◆	Capacità di spostamento : 13.67 mm
	PgaSLO : .066 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 15.45 mm
◆	Capacità di spostamento : 13.67 mm
	PgaSID : .066 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 45.29 mm
◆	Capacità di spostamento : 13.67 mm
	PgaSIV : .066 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 57.84 mm
◆	Capacità di spostamento : 13.76 mm
	PgaIC : .067 Ag/g



Push-Over Nro: 10

S.L.O.:	
■	Domanda di spostamento : 11.76 mm
◆	Capacità di spostamento : 13.94 mm
	PgaSLO : .068 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 15.33 mm
◆	Capacità di spostamento : 13.94 mm
	PgaSID : .068 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 44.94 mm
◆	Capacità di spostamento : 13.94 mm
	PgaSIV : .068 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 57.11 mm
◆	Capacità di spostamento : 14.13 mm
	PgaIC : .069 Ag/g



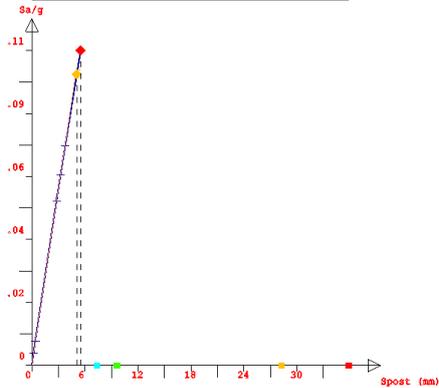
Push-Over Nro: 11

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 7.12 mm
◆	Capacita' di spostamento : .83 mm
	PgaSLO : .046 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 9.28 mm
◆	Capacita' di spostamento : .83 mm
	PgaSLO : .046 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 27.19 mm
◆	Capacita' di spostamento : .83 mm
	PgaSLV : .046 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 34.53 mm
◆	Capacita' di spostamento : .87 mm
	PgaLC : .046 Ag/g



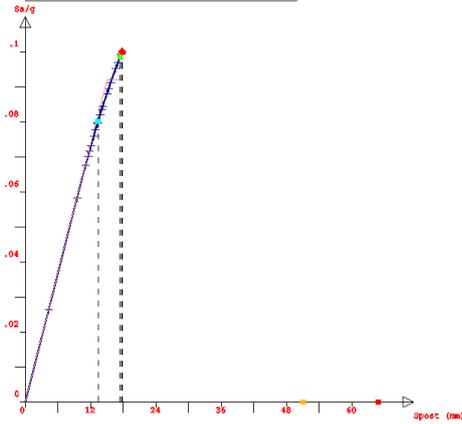
Push-Over Nro: 12

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 7.39 mm
◆	Capacita' di spostamento : 5.08 mm
	PgaSLO : .046 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 9.64 mm
◆	Capacita' di spostamento : 5.08 mm
	PgaSLO : .046 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 28.25 mm
◆	Capacita' di spostamento : 5.08 mm
	PgaSLV : .046 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 35.85 mm
◆	Capacita' di spostamento : 5.52 mm
	PgaLC : .046 Ag/g



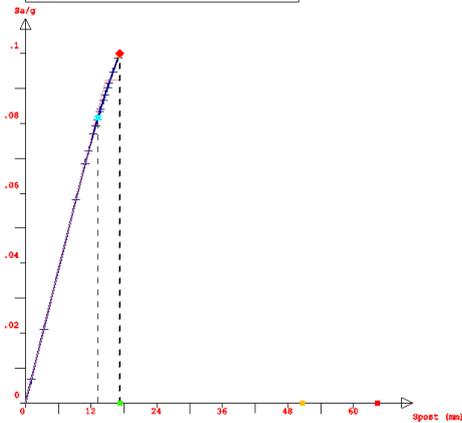
Push-Over Nro: 13

S.L.O.:  
 ■ Domanda di spostamento : 13.36 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.76 mm  
 PgaSLO : .077 Ag/g  
 S.L.D.:  
 ■ Domanda di spostamento : 17.42 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.76 mm  
 PgaSD : .077 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 51.06 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.76 mm  
 PgaSLV : .077 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 64.88 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.81 mm  
 PgaSLC : .078 Ag/g



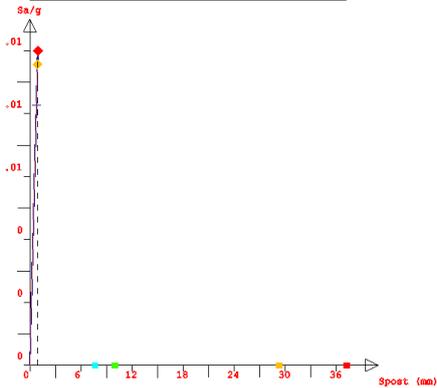
Push-Over Nro: 14

S.L.O.:  
 ■ Domanda di spostamento : 13.25 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.17 mm  
 PgaSLO : .075 Ag/g  
 S.L.D.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 17.27 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.17 mm  
 PgaSD : .075 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 50.64 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.17 mm  
 PgaSLV : .075 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 64.34 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 17.24 mm  
 PgaSLC : .075 Ag/g



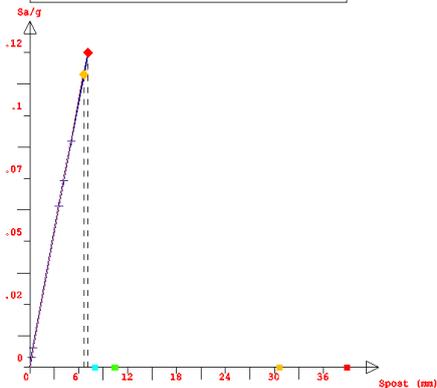
Push-Over Nro: 15

S.L.O.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 7.67 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : .9 mm  
 PgsSLO : .046 Ag/g  
 S.L.D.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 10 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : .9 mm  
 PgsSLD : .046 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 29.31 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : .9 mm  
 PgsSLV : .046 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 37.24 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : .94 mm  
 PgsSLC : .046 Ag/g



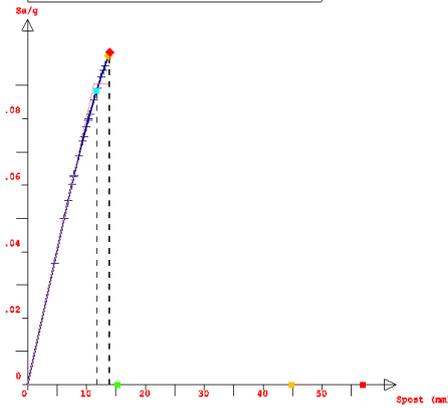
Push-Over Nro: 16

S.L.O.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 8.01 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.63 mm  
 PgsSLO : .049 Ag/g  
 S.L.D.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 10.44 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.63 mm  
 PgsSLD : .049 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 30.61 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.63 mm  
 PgsSLV : .049 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 38.9 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 7.15 mm  
 PgsSLC : .052 Ag/g



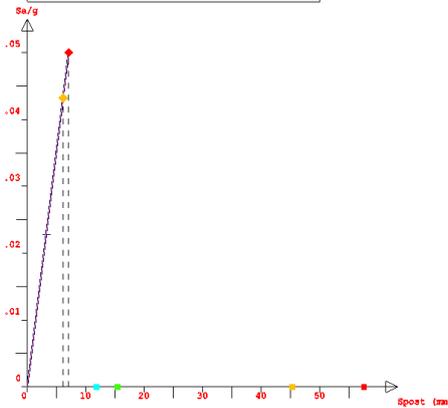
Push-Over Nro: 17

S.L.O.:	
■	Domanda di spostamento : 11.72 mm
◆	Capacità' di spostamento : 13.75 mm
FgaSLO : .067 Ag/g	
S.L.D. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 15.27 mm
◆	Capacità' di spostamento : 13.75 mm
FgaSLO : .067 Ag/g	
S.L.V. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 44.77 mm
◆	Capacità' di spostamento : 13.75 mm
FgaSIV : .067 Ag/g	
S.L.C. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 56.89 mm
◆	Capacità' di spostamento : 13.97 mm
FgaLC : .069 Ag/g	



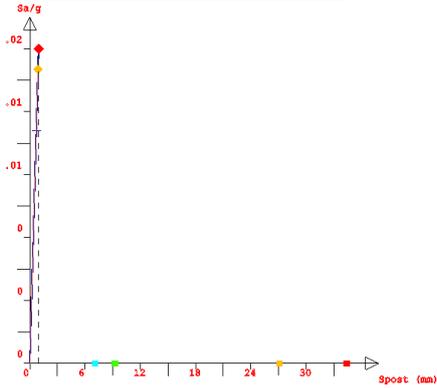
Push-Over Nro: 18

S.L.O. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 11.84 mm
◆	Capacità' di spostamento : 6.08 mm
FgaSLO : .046 Ag/g	
S.L.D. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 15.43 mm
◆	Capacità' di spostamento : 6.08 mm
FgaSLO : .046 Ag/g	
S.L.V. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 45.25 mm
◆	Capacità' di spostamento : 6.08 mm
FgaSIV : .046 Ag/g	
S.L.C. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 57.49 mm
◆	Capacità' di spostamento : 7.04 mm
FgaLC : .046 Ag/g	



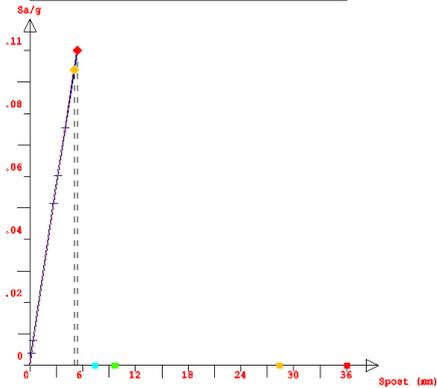
Push-Over Nro: 19

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 7.1 mm
◆	Capacita' di spostamento : .89 mm
	PgsSLO : .046 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 9.25 mm
◆	Capacita' di spostamento : .89 mm
	PgsSLD : .046 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 27.1 mm
◆	Capacita' di spostamento : .89 mm
	PgsSLV : .046 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 34.42 mm
◆	Capacita' di spostamento : .95 mm
	PgsLC : .046 Ag/g

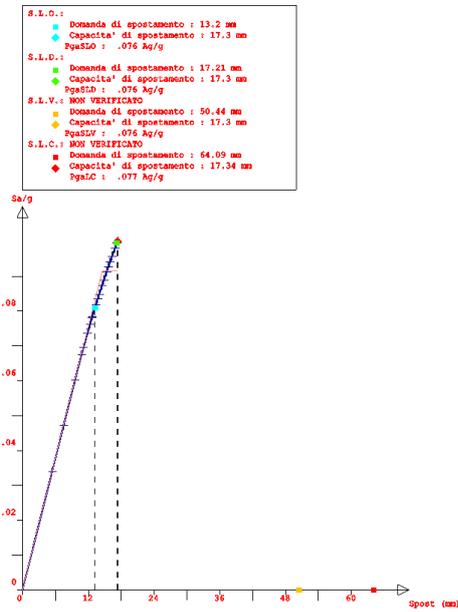


Push-Over Nro: 20

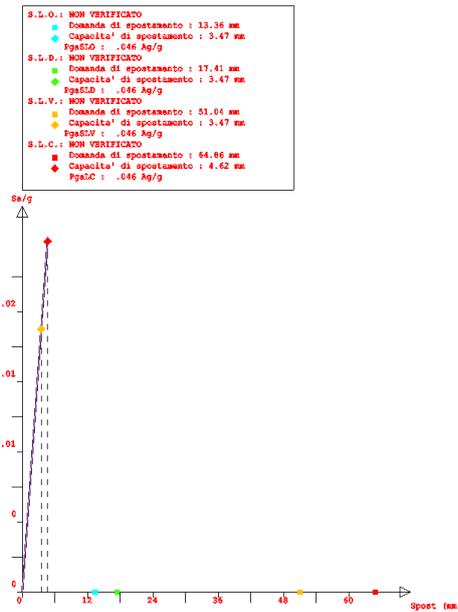
S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 7.43 mm
◆	Capacita' di spostamento : 5.05 mm
	PgsSLO : .046 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 9.68 mm
◆	Capacita' di spostamento : 5.05 mm
	PgsSLD : .046 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 28.38 mm
◆	Capacita' di spostamento : 5.05 mm
	PgsSLV : .046 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 36.04 mm
◆	Capacita' di spostamento : 5.4 mm
	PgsLC : .046 Ag/g



Push-Over Nro: 21

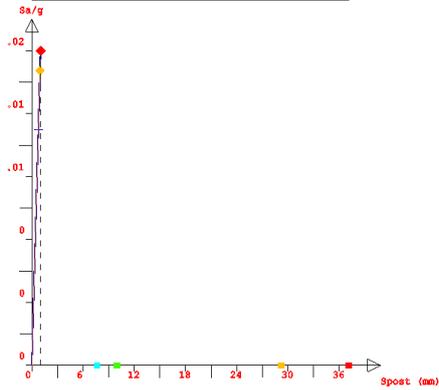


Push-Over Nro: 22



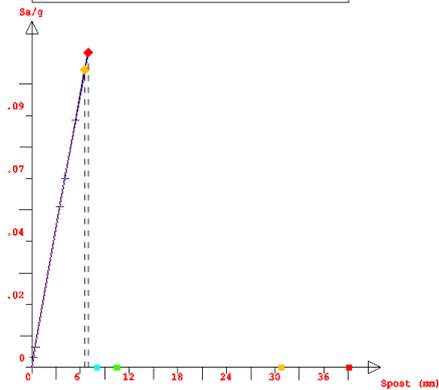
Push-Over Nro: 23

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 7.64 mm
◆	Capacità di spostamento : .96 mm
	PgsLO : .046 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 9.96 mm
◆	Capacità di spostamento : .96 mm
	PgsLD : .046 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 29.21 mm
◆	Capacità di spostamento : .96 mm
	PgsLV : .046 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 37.12 mm
◆	Capacità di spostamento : 1.02 mm
	PgsLC : .046 Ag/g



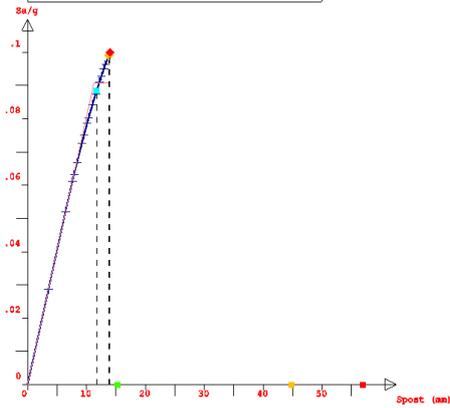
Push-Over Nro: 24

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 8.05 mm
◆	Capacità di spostamento : 6.54 mm
	PgsLO : .049 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 10.49 mm
◆	Capacità di spostamento : 6.54 mm
	PgsLD : .049 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 30.77 mm
◆	Capacità di spostamento : 6.54 mm
	PgsLV : .049 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 39.1 mm
◆	Capacità di spostamento : 6.93 mm
	PgsLC : .051 Ag/g



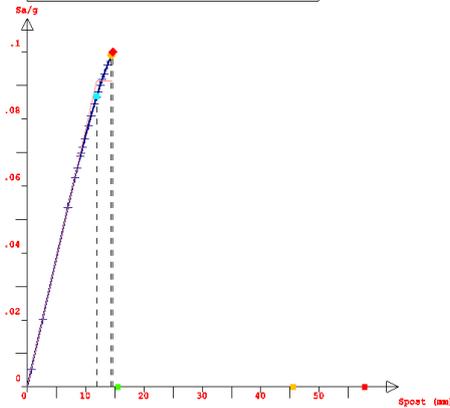
Push-Over Nro: 25

S.L.O.:	
■	Domanda di spostamento : 11.73 mm
◆	Capacità' di spostamento : 13.79 mm
FgaSLO : .067 Ag/g	
S.L.D. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 15.28 mm
◆	Capacità' di spostamento : 13.79 mm
FgaSID : .067 Ag/g	
S.L.V. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 44.81 mm
◆	Capacità' di spostamento : 13.79 mm
FgaSIV : .067 Ag/g	
S.L.C. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 56.93 mm
◆	Capacità' di spostamento : 13.99 mm
FgaLC : .069 Ag/g	



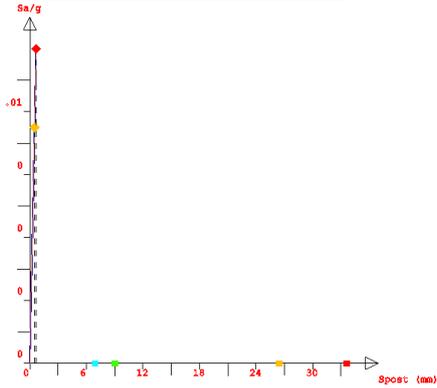
Push-Over Nro: 26

S.L.O.:	
■	Domanda di spostamento : 11.9 mm
◆	Capacità' di spostamento : 14.41 mm
FgaSLO : .07 Ag/g	
S.L.D. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 15.51 mm
◆	Capacità' di spostamento : 14.41 mm
FgaSID : .07 Ag/g	
S.L.V. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 45.48 mm
◆	Capacità' di spostamento : 14.41 mm
FgaSIV : .07 Ag/g	
S.L.C. : NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 57.79 mm
◆	Capacità' di spostamento : 14.65 mm
FgaLC : .071 Ag/g	



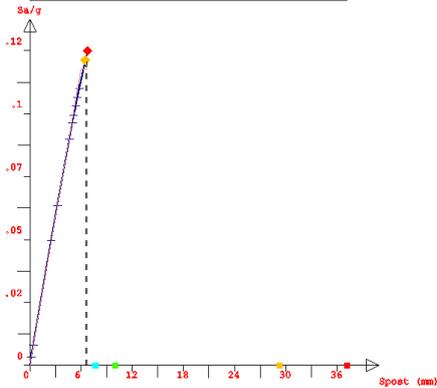
Push-Over Nro: 27

S.L.O.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 6.93 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : .5 mm  
 PgsLO : .046 Ag/g  
 S.L.D.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 9.03 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : .5 mm  
 PgsLD : .046 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 26.46 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : .5 mm  
 PgsLV : .046 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 33.61 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : .67 mm  
 PgsLC : .046 Ag/g

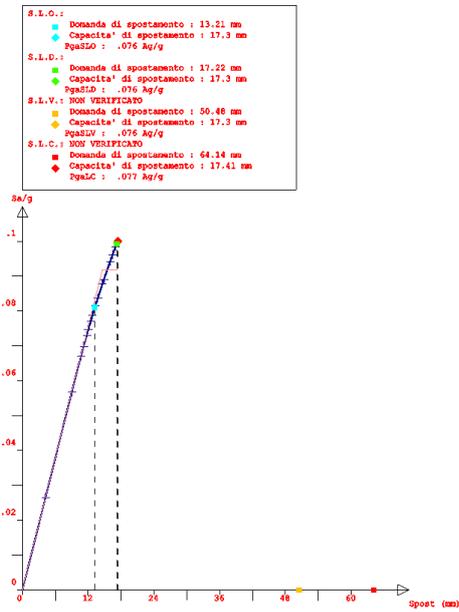


Push-Over Nro: 28

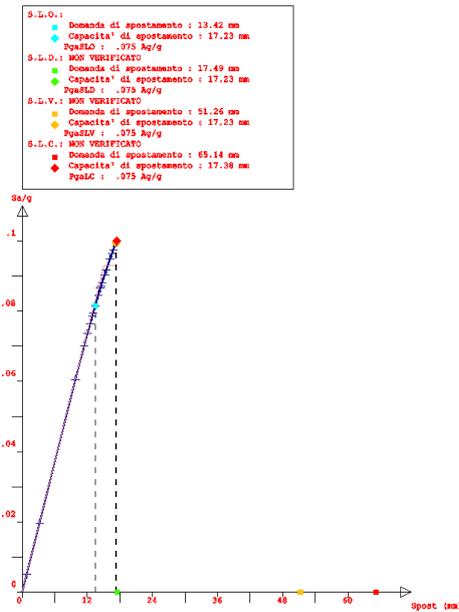
S.L.O.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 7.66 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.51 mm  
 PgsLO : .05 Ag/g  
 S.L.D.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 9.99 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.51 mm  
 PgsLD : .05 Ag/g  
 S.L.V.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 29.28 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.51 mm  
 PgsLV : .05 Ag/g  
 S.L.C.: NON VERIFICATO  
 ■ Domanda di spostamento : 37.21 mm  
 ◆ Capacita' di spostamento : 6.75 mm  
 PgsLC : .052 Ag/g



Push-Over Nro: 29

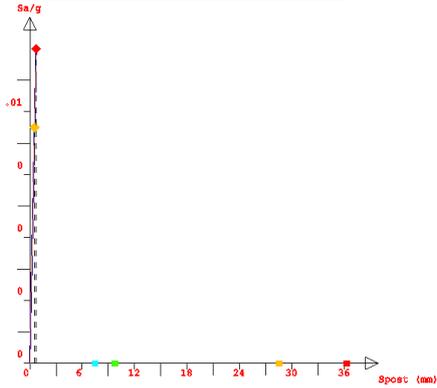


Push-Over Nro: 30



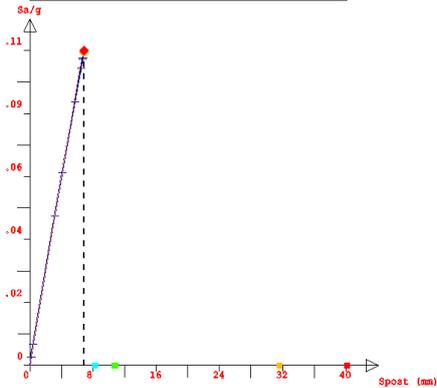
Push-Over Nro: 31

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 7.47 mm
◆	Capacita' di spostamento : .55 mm
	PgsSLO : .046 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 9.73 mm
◆	Capacita' di spostamento : .55 mm
	PgsSLD : .046 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 28.54 mm
◆	Capacita' di spostamento : .55 mm
	PgsSLV : .046 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 36.26 mm
◆	Capacita' di spostamento : .73 mm
	PgsSLC : .046 Ag/g



Push-Over Nro: 32

S.L.O.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 8.26 mm
◆	Capacita' di spostamento : 6.82 mm
	PgsSLO : .049 Ag/g
S.L.D.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 10.77 mm
◆	Capacita' di spostamento : 6.82 mm
	PgsSLD : .049 Ag/g
S.L.V.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 31.58 mm
◆	Capacita' di spostamento : 6.82 mm
	PgsSLV : .049 Ag/g
S.L.C.: NON VERIFICATO	
■	Domanda di spostamento : 40.13 mm
◆	Capacita' di spostamento : 6.86 mm
	PgsSLC : .049 Ag/g



### 13.2.1 Determinazione degli indici di rischio

Il livello di vulnerabilità sismica degli edifici viene espresso in termini di **INDICATORI DI RISCHIO (IR)**, **IR=CAPACITÀ/DOMANDA**, se questo risulta > di 0,8 (§ 8.4.3 NTC 2018) la capacità dell’edificio di sopportare l’azione sismica è maggiore di quello che la normativa richiede (domanda). Più IR è inferiore all’unità più le strutture dell’edificio risultano carenti nel sopportare l’azione sismica.

Analizzando i risultati delle 32 curve si evince che **L’EDIFICIO NON È ADEGUATO SISMICAMENTE**, si riporta di seguito la tabella riassuntiva degli indicatori di rischio allo SLD e SLV:

**Il valore minimo individuato allo SLV è pari a 0, 276.**

Numero PushOver	PgaSLO/Pga81%	PgaSLD/Pga63%	PgaSLV/Pga10%	PgaSLC/Pga5%
1	1.601	1.201	.436	.337
2	1.42	1.065	.387	.299
3	1.07	.802	.291	.224
4	1.462	1.344	1.233	1.212
5	1.357	1.017	.37	.284
6	1.302	.976	.355	.272
7	1.046	.785	.285	.219
8	1.291	.968	.352	.272
9	1.601	1.201	.436	.339
10	1.41	1.057	.384	.295
11	1.346	1.009	.367	.282
12	1.711	1.49	1.578	1.212
13	1.357	1.017	.37	.286
14	1.324	.993	.361	.277
15	1.313	.985	.358	.275
16	1.572	1.179	.428	.329
17	1.582	1.186	.431	.333
18	1.472	1.104	.401	.31
19	1.28	.96	.349	.268
20	1.302	.976	.355	.272
21	1.335	1.001	.364	.282
22	1.313	.985	.358	.275
23	1.811	1.358	.494	.381
24	1.291	.968	.352	.272
25	1.591	1.193	.434	.335
26	1.441	1.081	.393	.304
27	1.119	.839	.305	.237
28	1.035	.776	.282	.217
29	1.335	1.001	.364	.282
30	1.313	.985	.358	.277
31	1.224	.918	.334	.256



**RELAZIONE ILLUSTRATIVA DEL CALCOLO – SCUOLA “NOLFI”**

*Verifica di vulnerabilità sismica sugli edifici scolastici di competenza provinciale. Raggruppamento edifici scolastici: Fano.  
CIG 7632964926*

32	1.012	.759	.276	.219
Min. PgaSL/Pga%	1.012	.759	.276	.217

