

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 3.3 “Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole”



## ***PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA***

*Messa in sicurezza e riqualificazione funzionale con interventi di Adeguamento Sismico ed Efficiamento energetico dell'asilo nido Acquarola - 14° Circolo Didattico (cod. Ares 0630492230)*

Responsabile del Procedimento:

**Arch. Alfonso Ghezzi**

Progettisti:

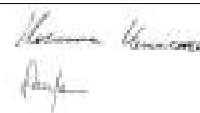
**Ing. Marianna Vanacore  
Arch. Laura Bellino**

TAVOLA:

**Al.0C**

Descrizione elaborato:

Allegato C\_ Fase2\_RGEOL-T\_01-Relazione geologica e geotecnica



Data:

**Marzo 2022**



## COMUNE DI NAPOLI

Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità

VII Municipalità

Lotto 7

CIG: B65117000050001

CUP: 7882655CAD



▶ ELABORATO: Fase2\_GEOL-T\_01 ▶ OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA

▶ SCALA: ▶ DATA: 02/12/21 ▶ REV: [0]

### ▶ RTP

#### Capogruppo e coordinatore scientifico:

Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)

PROGEN s.r.l.  
Amministratore Unico  
Ing. FABIO NERI

#### Professionisti responsabili strutturali e della calcolazione delle strutture:

Ing. Marco Muratore (TECNOSIDE srl)  
Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)

PLANIR srl  
Amministratore Unico  
Dott. Ing. Placido Impollonia

#### Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica:

Geol. Sergio Dolfin

#### Professionisti collaboratori tecnici:

Ing. Filippo Di Mauro (TECNOSIDE srl)  
Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)

#### Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali:

Ing. Andrea De Maio  
Ing. Pierluca Lombardo (TECNOSIDE srl)

#### Esecuzione indagini strutturali \_geognostiche:

Ing. Massimiliano Rinaldi (PROGEN srl)  
Ing. Salvatore Ognibene (L&R srl)  
Dott. Filippo Furia (Consorzio LR Laboratori Riuniti)  
Ing. Salvatore Caruso (L&R srl)  
Geol. Sergio Dolfin

#### Professionista responsabile dell'attuazione degli interventi sugli edifici sottoposti a tutela:

Arch. Mario La Guzza (PROGEN srl)

#### Indagini per analisi storico-critica su edifici (inclusi quelli sottoposti a tutela):

Arch. Concetta Borgia (PLANIR srl)

#### Gestione informativa del servizio:

Arch. Annamaria Ciabatta (PLANIR srl)

### ▶ STAZIONE APPALTANTE

#### D.E.C.

Ing. Marianna Vanacore

#### R.U.P.

Arch. Alfonso Ghezzi



I

**14° C.D. Asilo nido Acquarola  
Strada Comunale Acquarola, 20**

**Codice Scheda: 7.38.209**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

**Indice**

1. PREMESSE .....	4
2. UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME .....	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE - GEOMORFOLOGICO.....	5
4. CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI.....	7
5. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA.....	7
6. COMPORTAMENTO MECCANICO DEI TERRENI.....	8
7. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE SISMICO DI PROGETTO.....	10
8. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA .....	12
9. ANALISI SISMICA DEL SITO.....	16
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	28

## 1. PREMESSE

In riferimento alla Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n.333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle 10 municipalità, nella presente relazione si espongono i risultati di uno studio geomorfologico e geologico — tecnico a supporto del progetto in argomento che prevede la verifica della vulnerabilità sismica dell'edificio dell'edificio sede dell'asilo nido Acquarola 14° C.D. Strada Comunale Acquarola, 20 Secondigliano - Napoli.

Preliminarmente è stata svolta un'accurata ricerca bibliografica al fine di reperire eventuali campagne di indagini effettuate nell'area di interesse progettuale, poiché tale ricerca ha dato esito negativo, al fine di ottemperare alla normativa sismica vigente ed in particolare alle NTC 2018, è stata eseguita una campagna di indagini geognostiche e geofisiche che ha consentito, tra le altre cose, di caratterizzare meccanicamente i terreni di sedime e di determinare la categoria sismica del sottosuolo.

L'indagine di campagna si è svolta con i metodi tradizionali del rilevamento geologico e geomorfologico di superficie, il quale è stato opportunamente esteso alle aree circostanti.

Sono state, quindi, realizzate le seguenti indagini:

- N.1 Prove sismiche Active MASW (multichannel analysis of surface waves);
- N.1 Tomografie sismiche 2D;
- N.1 Prove di sismica passiva (HVSR);

Tutti gli accertamenti sono stati effettuati nel rispetto delle "Norme tecniche" contenute nel D.M. 11.3.88 e successive modifiche ed integrazioni, in conformità al D.M. 14/01/2008, in particolare ai sensi del paragrafo 6.2.1 *"la caratterizzazione e la modellazione geologica del sito consiste nella ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio"* ed in ottemperanza a quanto prescritto dalla vigente normativa sismica D.M. 17/01/2018 (NTC 2018).

Il lavoro svolto si è articolato come segue:

- ✓ raccolta dei dati bibliografici;

- ✓ inquadramento geologico generale e geomorfologico di stabilità globale del sito;
- ✓ definizione delle condizioni geolitologiche locali;
- ✓ caratterizzazione idrogeologica e fisico - meccanica dei terreni di interesse;
- ✓ comportamento meccanico dei terreni;
- ✓ valutazione delle caratteristiche sismiche dei terreni indagati;
- ✓ determinazione della risposta sismica locale;
- ✓ considerazioni geologico - tecniche conclusive.

Si allegano alla presente:

- Aerofotogrammetria, in scala 1:5.000;
- Ortofoto, in scala 1:5.000;
- Carta Geologica, in scala 1:5.000;
- Stralci PAI vigente, in scala 1:5.000;
- Relazione Indagini;
- Carta Ubicazione Indagini;
- Documentazione Fotografica.

## **2. UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME**

L'area in studio è ubicata nel popoloso quartiere di Secondigliano Strada Comunale Acquarola, 20 un'area densamente urbanizzata, alle coordinate Latitudine 40°53'40.30"N e Longitudine 14°15'27.38"E (riferite all'ellissoide WGS 84). Per i riferimenti topografici rientra nella tavoletta I.G.M.I., 184 - I - SO "Napoli" della Carta d'Italia edita dall'I.G.M..

## **3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE - GEOMORFOLOGICO**

Il territorio comunale di Napoli si sviluppa all'interno di una regione vulcanica costituita ad Ovest dai Campi Flegrei e ad Est dal complesso vulcanico del Somma – Vesuvio.

L'attività dei Campi Flegrei, il cui inizio risale alla fine del Pliocene, viene generalmente suddivisa in 4 cicli (De Lorenzo 1904; Rosi et al. 1983; Di Girolamo et al. 1984):

- Prodotti precedenti l' eruzione dell' Ignimbrite Campana (circa 35.000 anni fa) è caratterizzato da attività subaerea;
- Depositi dell' Ignimbrite Campana (da 35.000 a 30.000 anni fa) e della formazione Piperno-Breccia Museo;
- Prodotti dei Tufi Biancastri, dei Tufi Antichi (18.000 -15.000 anni fa) e del Tufo Giallo Napoletano (12.000 anni fa) dopo questa fase si ha l'individuazione della Caldera Flegrea con la formazione di alti morfologici (Collina del Camaldoli);
- Piroclastiti e tufi di vulcani monogenici Flegrei da 10.000 anni fa all' eruzione del Monte Nuovo avvenuta nel 1538.

Da un punto di vista morfologico il sito di progetto si colloca alla quota topografica di circa 105 m. s.l.m., in un'area sub-pianeggiante. La categoria topografica, secondo la vigente normativa, è **T1**.

Questa piana è in realtà un altopiano che funge da raccordo fra la collina del Camaldoli e la retrostante Piana Campana. Nella zona di Secondigliano la quota altimetrica, media, è intorno ai 110 m s.l.m. e va degradando dolcemente verso nord (piana Campana), e verso est (Capodichino).

La piana ha una brusca rottura di pendenza verso sud, Mianella, confluendo nel cavone di Miano che funge da separazione con la collina di Capodimonte.

Nell'area di Secondigliano è molto più esteso il problema delle "tane di lapillo": si tratta di antiche cave di pomici, dette "lapilli". La tecnica estrattiva consisteva nel raggiungere gli strati di pomici, denominati dei sette palmi (circa due metri), generalmente mai al di sotto dei 10 metri dal p.c., con un pozzo dalla base del quale si scavavano dei cunicoli a raggiera da cui si estraeva questo materiale che veniva utilizzato in edilizia per la realizzazione dei solai con la tecnica del "battuto di lapilli". Come è facile immaginare, il lavoro di estrazione doveva essere particolarmente penoso in quanto i cunicoli erano alti al massimo un metro e quindi l'operatore doveva procedere carponi, inoltre era abbastanza frequente il crollo del cunicolo con i rischi connessi.

La pericolosità di queste cavità è dovuta al fatto che erano scavate in materiali incoerenti, inoltre a fine coltivazione la cava veniva abbandonata senza alcuna bonifica con la chiusura del pozzo con una voltina di tufo. Oggi non si ha alcun indizio per poter individuare questi vuoti sotterranei di cui si viene a

conoscenza solo quando a causa di infiltrazioni d'acqua cedono dando origine a voragini che interessano o le sedi stradali o le fondazioni degli edifici.

La zona di progetto non è classificata a rischio geomorfologico e a rischio idraulico nel vigente P.A.I.; non sono presenti evidenze di processi morfogenetici generalizzati e profondi in atto e gli edifici esistenti nell'area di interesse non presentano lesioni imputabili a cedimenti differenziali del terreno.

#### **4. CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI**

Nell'area di interesse progettuale, come visibile nella carta Geologica allegata; affiora il "**Subsistema di Contrada Romano**": successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta. I depositi poggiano su di uno spesso paleosuolo ocraceo ampiamente diffuso sia nei settori interni che esterni alla caldera flegrea, nelle aree circostanti, fino ai contrafforti appenninici o, a luoghi, su depositi marini.

#### **5. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA**

La regione vesuviana usufruisce di una discreta quantità di piogge, corrispondenti a 845 mm a Torre del Greco, a 1058 mm a Portici ed a 960 mm all'Osservatorio Vesuviano. La quantità assoluta delle piogge è però probabilmente inferiore sul versante del Somma, sul quale l'influenza delle correnti aeree umide meridionali giunge già attenuata. Oltre i due terzi di tali precipitazioni sono concentrate nel semestre autunno-inverno, il resto cade prevalentemente in primavera; i mesi estivi risultano, quindi, molto secchi. Per quanto concerne l'intensità delle piogge si osserva che sono assai frequenti, specie in primavera, rovesci temporaleschi i quali provocano piene improvvise dei canali e trascinano verso il piano cospicue quantità di fango e detriti. Le precipitazioni nevose assumono importanza relativa, limitata e da carattere estremamente temporaneo solo nelle zone ipsometricamente più elevate e talvolta si spingono fino all'altezza di 300-400 m s.l.m.

Per quanto riguarda la permeabilità e le caratteristiche idrogeologiche i terreni possono essere suddivisi in:



- ✓ Terreni permeabili per porosità e fratturazione. sono rappresentati dal complesso delle lave, cui appartengono le formazioni laviche e scoriaceo-laviche ad elevato grado di permeabilità. Tale complesso è sede di falde acquifere locali che vanno in gran parte ad alimentare la falda di pianura.
- ✓ Terreni scarsamente permeabili sono rappresentati dal complesso piroclastico, con grado di permeabilità generalmente basso, funzione della granulometria. Infatti tali materiali sciolti o pseudocoerenti, a giacitura, granulometria e grado di cementazione variabile, presentano un grado di permeabilità relativo molto diverso a seconda che si tratti di materiali a matrice cineritica prevalente (permeabilità per porosità bassissima), o di livelli, banchi, tasche e lenti di pomici, scorie, lapilli, sabbie e brecce laviche (permeabilità per porosità elevata).

L'alternanza di litotipi aventi grado di permeabilità medio-alto con altri a permeabilità scarsa fa sì che, nell'unità idrogeologica, la circolazione idrica sotterranea avvenga per falde sovrapposte e, quando le modalità di deposizione dei prodotti piroclastici e lavici lo consentono, tra loro interconnesse.

I terreni di diretto interesse, presentano una permeabilità primaria bassa in corrispondenza della frazione cineritica addensata con un coefficiente di permeabilità  $K$  compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  cm/sec, mentre gli strati costituiti da depositi cineritici meno addensati hanno una permeabilità primaria media con un coefficiente di permeabilità  $K$  compreso tra  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  cm/sec.

In considerazione della permeabilità della formazione affiorante, si potrebbe ipotizzare che la profondità della falda idrica sia tale da non avere influenza ai fini geotecnici, tuttavia i livelli cineritici più addensati, potrebbero limitare la circolazione idrica verticale portando alla formazione di vere e proprie falde sospese con livelli fluttuanti in relazione alla stagionalità.

## 6. COMPORTAMENTO MECCANICO DEI TERRENI

Per la definizione dei parametri geotecnici dei terreni indagati sono stati utilizzati i dati di indagini geognostiche eseguite dallo scrivente in aree limitrofe all'area di interesse progettuale e sui medesimi litotipi, in particolare sono stati utilizzati i dati ottenuti dall'elaborazione di due prove penetrometriche dinamiche leggere continue.

Le indagini in sito sono state condotte mediante l'utilizzo di un penetrometro dinamico di tipo italiano SUNDA DL030 avente le seguenti caratteristiche tecniche:

A – maglio a caduta libera Kg 30;

B – aste di acciaio speciale  $\varnothing = 20$  mm, L = 100 cm, P = 2.4 Kg;

C – punta conica a perdere  $\varnothing = 35.6$  mm,  $\beta = 60^\circ$ , A = 10 cm<sup>2</sup>;

D – altezza di caduta libera del maglio 20 cm costanti.

La prova è consistita nel misurare il numero di colpi necessari per l'infissione dello scandaglio penetrometrico per tratti continui di 10 cm.

I risultati di dette indagini sono riportati negli allegati diagrammi d'avanzamento nei quali si rappresentano in ascisse il numero di colpi, mentre nelle ordinate le profondità relative.

La caratterizzazione fisico meccanica dei terreni di sedime scaturisce dall'analisi dei diagrammi d'avanzamento delle prove penetrometriche ponendo:

$$N(10) \text{ DL030} = N(30) \text{ SPT}$$

ossia confrontando, a vantaggio della sicurezza, i valori del numero medio di colpi ricavati con le prove anzidette con i valori medi di prove penetrometriche dinamiche in foro di tipo discontinuo effettuate dallo scrivente, secondo le modalità dello S.P.T. (Standard Penetration Test), su terreni di analoga composizione.

Una valutazione del grado di addensamento medio può essere effettuata ricorrendo alla relazione proposta da Mayerhof (1957), basata sui dati sperimentali di Gibbs e Holtz (1957), che fornisce il valore "stimato" della densità relativa:

$$Dr = 21 \sqrt{N_{\text{SPT}} / \sigma' v_0 + 0,7}$$

La resistenza all'infissione dello scandaglio penetrometrico varia in funzione di diversi fattori fra essi concomitanti quali la pressione litostatica efficace, la densità relativa, la presenza d'acqua, la dimensione dei grani.

La profondità della prova influenza il valore di N ottenuto, in quanto al variare della profondità varia la tensione litostatica efficace ( $\sigma'v_0 = \gamma \times h$ ).

A tal proposito Gibbs ed Holtz (1957), introducono un fattore di correzione " $C_n$ ", ricavabile dall'espressione:

$$C_n = 0.77 \log 20/\sigma'v_0$$

al fine di riportare tutti i valori ottenuti ad una tensione litostatica di riferimento pari a 1 Kg/cm<sup>2</sup>.

In presenza dell'acqua, nell'ambito dei materiali incoerenti, il numero N colpi diminuisce. Terzaghi e Peck (1948) ottengono, per le sabbie fini, il valore di N sotto la falda dalla relazione:

$$N_w = 15 + 0.5(N_{SPT} - 15)$$

essendo N il numero di colpi sopra la falda, formula che tiene conto che parte dell'energia di infissione si dissipa in pressione interstiziale.

L'angolo di attrito interno si ottiene utilizzando la seguente formula empirica introdotta dalla Road Bridge Specification:

$$\varphi' = \sqrt{N_{SPT} * 15} + 15$$

I parametri geomeccanici che caratterizzano i terreni di interesse progettuale, definiti sulla base dei dati ottenuti dall'elaborazione dei risultati delle prove dirette effettuate dallo scrivente in aree limitrofe e sui medesimi litotipi (prove penetrometriche dinamiche leggere continue), nonché dal raffronto con quanto presente in un'ampia letteratura specializzata, sono i seguenti:

TIPO DI TERRENO	Angolo di attrito interno - $\varphi'$ (°)	Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Coesione drenata $c'$ (t/m <sup>2</sup> )
Depositi cineritici	28°	1.70	0

La coesione si trascura a vantaggio della sicurezza

## 7. VALUTAZIONE DEL COEFFICIENTE SISMICO DI PROGETTO

La nuova normativa tecnica sulle costruzioni in zona sismica (D.M. 17/01/2018) individua, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, le seguenti categorie di profili stratigrafici del suolo di fondazione: A, B, C, D ed E.

Questi profili si riferiscono rispettivamente:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

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

D - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

E - Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 .

Nelle definizioni precedenti  $V_{s,eq}$  è la velocità equivalente di propagazione entro delle onde di taglio, definita dall'espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

In cui:

$h_i$  = spessore dell'i-esimo strato;

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

## 8. VALUTAZIONE DELL'AZIONE SISMICA

Lo spettro di risposta elastico della componente orizzontale è definito dalle seguenti espressioni:

$$\begin{array}{ll}
 0 \leq T < T_B & S_e(T) = a_v \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left[ \frac{T}{T_n} + \frac{1}{\eta \cdot F_o} \left( 1 - \frac{T}{T_n} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_e(T) = a_v \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \\
 T_C \leq T < T_D & S_e(T) = a_v \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_e(T) = a_v \cdot S \cdot \eta \cdot F_o \cdot \left( \frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{array}$$

Dove:

$\eta$  = fattore che altera lo spettro elastico;

$S$  = coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche mediante la seguente relazione:  $S = S_s \cdot S_T$  Essendo  $S_s$  il coefficiente di amplificazione stratigrafica e  $S_T$  il coefficiente di amplificazione topografica.

$F_0$  = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;

$T_C$  = periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro;

$T_B$  = periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro ad accelerazione costante;

$T_D$  = periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro;

$T$  ed  $S_e$  sono rispettivamente periodo di vibrazione ed accelerazione spettrale.

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

*Espressioni di  $S_s$  e  $C_c$*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

*Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

Lo spettro di risposta elastico della componente verticale è definito dalle seguenti espressioni:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left[ \frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_v} \left( 1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \\
 T_C \leq T < T_D & S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & S_{ve}(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_v \cdot \left( \frac{T_C \cdot T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Dove T e  $S_{ve}$  sono rispettivamente periodo di vibrazione ed accelerazione verticale  $F_v$  è il fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima in termini di accelerazione massima del terreno  $a_g$  su un sito di riferimento rigido orizzontale.

Inoltre i valori di  $S_s, T_B, T_C$  e  $T_D$  sono quelli riportati nella seguente tabella:

Categoria sottosuolo	$S_s$	$T_B$	$T_C$	$T_D$
A, B,C,D,E	1,0	0,05 s	0,15 s	1,0 s

*Valori dei parametri dello spettro di risposta elastico della componente verticale*

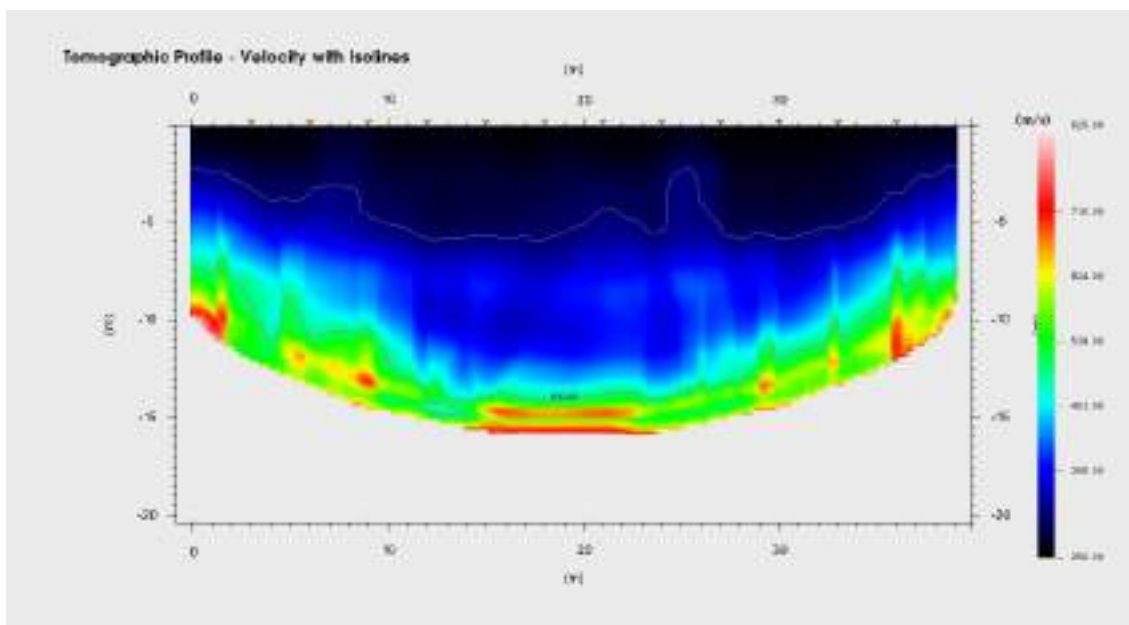
Dai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di sedime, in accordo con quanto riportato in bibliografia i terreni indagati, costituiti da **“Depositi cineritici stratificati afferenti al Subsistema di Contrada Romano”**, sono riconducibili alla **classe C** *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s, avendo misurato la seguente velocità equivalente:

**Masw1 : $V_{seq}$  pari a 330 m/sec.**

Sono state, inoltre, acquisite n.1 misura di sismica a rifrazione con interpretazione tomografica e n.1 prova sismica passiva HVSR.

Il profilo tomografico ottenuto riporta velocità compatibili con la litologia affiorante rappresentata da depositi cineritici.

Si riportano a seguire il profilo sismico ottenuto dalla tomografia ed i risultati dalla prova di sismica passiva HVSR:

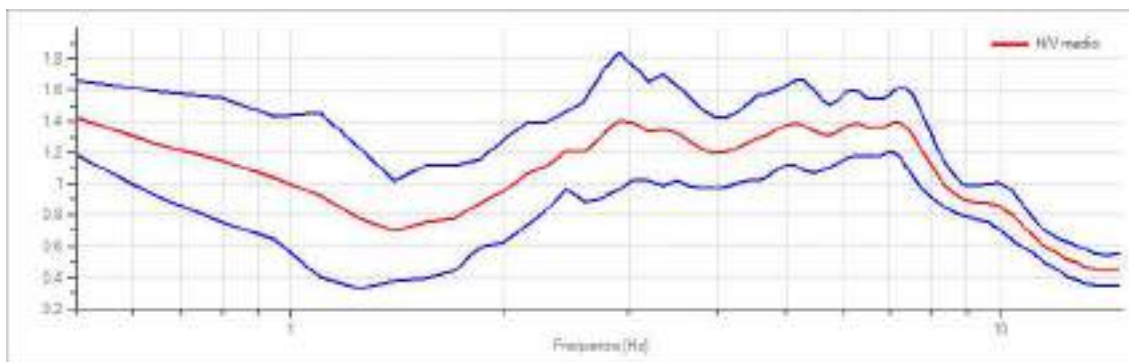


Tom01

**Risultati:**

**Frequenza del picco del rapporto H/V: 0.5 Hz  $\pm$ 0.17 Hz**

Grafico rapporto spettrale H/V



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia



## 9. ANALISI SISMICA DEL SITO

### 9.1 Inquadramento

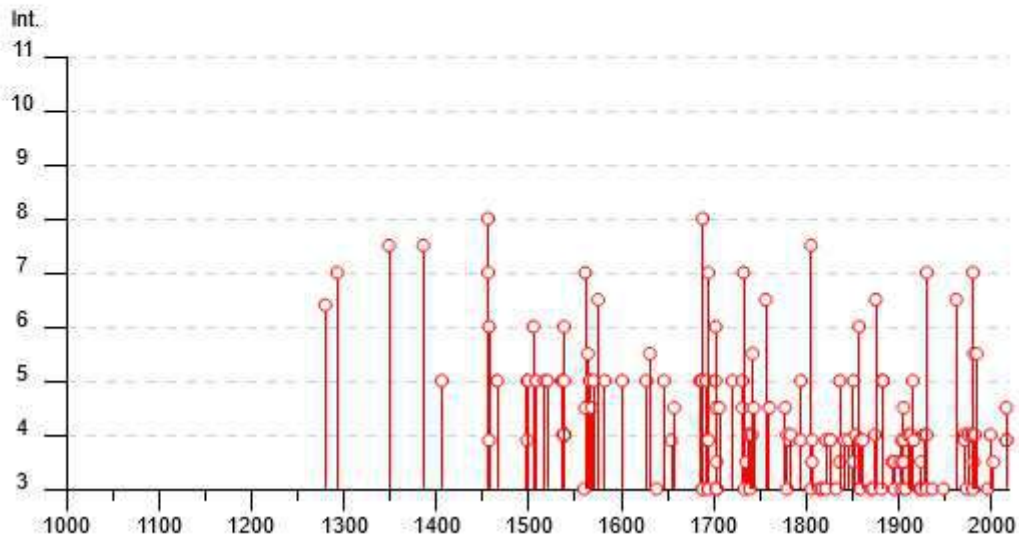
Le elaborazioni dei dati storici dei terremoti verificatisi in passato, condotte dall'I.N.G.V. (Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia), ha permesso la creazione di un database relativo alle intensità macrosismiche risentite nei diversi comuni italiani.

Nella tabella seguente è riassunta la storia sismica di Napoli (I.N.G.V. – Database Macrosismico Italiano 2015 – DBMI15); in essa sono riportati (su 183 osservazioni disponibili) i principali terremoti cui è stato sottoposto il territorio del Comune di Napoli.

Il numero di eventi sismici per classi d'intensità, rilevati nell'area, coperto dal Database Macrosismico Italiano DBMI dell'INGV, è visibile nella seguente immagine:

### Napoli

PlaceID	IT_60182
Coordinate (lat, lon)	40.849, 14.250
Comune (ISTAT 2015)	Napoli
Provincia	Napoli
Regione	Campania
Numero di eventi riportati	183



Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDF	Io	Mw
D	1280						Napoli	1		
7	1293	09	04				Sannio-Matese	6	8-9	5.80
7-8	1349	09	09				Lazio-Molise	24	10	6.80
7-8	1386	03	17				Napoli	1	7-8	3.75
5	1406	09	16				Napoli	1	5	3.12
8	1456	12	05				Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
7	1456	12	30	08	20		Appennino centro-meridionale	2		
6	1457	01	08				Napoli	1	6	3.37
F	1457	02	10				Capua	2	5-6	4.40
5	1466	01	19	02	25		Irpinia-Basilicata	31	8-9	5.98
5	1498	10	07				Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
F	1498	10	20				Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	7	3.63
5	1499	03	18	01	45		Napoli	1	5	3.12
6	1505	05	18	08	55		Campi Flegrei (Agnano)	3	7-8	3.75
5	1508	07	19	08	55		Napoli	1	5	3.12
5	1517	03	25	19			Irpinia	3	7-8	5.33
5	1520	01	28	23	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.50
5	1526	08	07				Napoli	1	5	3.12
4	1527	02	14				Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.50
6	1528	04	20				Campi Flegrei	1	5-6	3.25
4	1528	09	20				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1528	09	22				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1528	09	23				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1528	09	24				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1528	09	25				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1528	09	26				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1528	09	27				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1528	09	28	08	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
4	1528	09	28	17	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
4	1528	09	29	11	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
5	1528	09	29	18	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	8	3.88
3	1560	05	11	04	40		Costa pugliese centrale	7	8	5.66
7	1561	07	31	20	10		Penisola sorrentina	5	8	5.56
4-5	1561	08	19	13	30		Vallo di Diano	32	10	6.72
5-6	1564	07					Campi Flegrei	2	5	3.12
5	1566	05	06	22	45		Campi Flegrei	2	5	3.12

4-5	<a href="#">1568</a>	12 27	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6 3.37
5	<a href="#">1570</a>	04 30 23 06	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7 3.50
6-7	<a href="#">1575</a>	06 05 20 30	Napoli	2	5-6 3.25
5	<a href="#">1582</a>	06 05 07 08	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	8 3.88
5	<a href="#">1601</a>	08 10	Napoli	1	5 3.12
5	<a href="#">1627</a>	07 30 10 50	Capitanata	64	10 6.66
5-6	<a href="#">1631</a>	12	Area Vesuviana	2	5-6 3.25
3	<a href="#">1638</a>	03 27 15 05	Calabria centrale	213	11 7.09
5	<a href="#">1646</a>	05 31	Gargano	35	10 6.72
7	<a href="#">1654</a>	07 24 00 25	Sorano	44	9-10 6.33
4-5	<a href="#">1657</a>	01 29 02	Capitanata	12	8-9 5.96
5	<a href="#">1685</a>	05	Penisola Sorrentina	5	5-6 4.73
5	<a href="#">1687</a>	04 25 00 30	Penisola Sorrentina	2	6 4.63
8	<a href="#">1688</a>	06 05 15 30	Sannio	215	11 7.06
3	<a href="#">1688</a>	07 23	Capitanata	3	7-8 5.33
3	<a href="#">1688</a>	08 14	Benevento	3	6-7 4.86
5	<a href="#">1692</a>	03 04 22 20	Ispinia	9	8 5.68
7	<a href="#">1693</a>	01 08	Pollino	16	7 5.27
7	<a href="#">1694</a>	05 08 11 40	Ispinia-Basilicata	251	10 6.73
7	<a href="#">1694</a>	10 07 15	Penisola sorrentina	9	5-6 4.71
3	<a href="#">1694</a>	10 09	Avellino	2	5-6 4.40
5	<a href="#">1702</a>	03 14 04 30	Sannio-Ispinia	4	6-7 4.86
6	<a href="#">1702</a>	03 14 05	Sannio-Ispinia	37	10 6.56
4-5	<a href="#">1702</a>	04 02 06 20	Sannio-Ispinia	4	6-7 4.86
3-4	<a href="#">1703</a>	01 14 18	Valnerina	197	11 6.92
3	<a href="#">1703</a>	01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese	22	
3	<a href="#">1703</a>	02 02 11 05	Aquilano	69	10 6.67
4-5	<a href="#">1706</a>	11 03 13	Maiella	99	10-11 6.84
5	<a href="#">1720</a>	08 28	Casertano	2	5-6 4.35
5	<a href="#">1731</a>	03 20 03	Tavoliere delle Puglie	45	9 6.33
4-5	<a href="#">1731</a>	10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	6-7 4.86
7	<a href="#">1732</a>	11 29 07 40	Ispinia	183	10-11 6.75
3	<a href="#">1733</a>	05 15 00 30	Puglia	3	
3-4	<a href="#">1735</a>	01 26	Casertano	3	5 4.16

4	<a href="#">🔗</a>	1737 03 31 17 20	Monti di Avella	3	7 5.10
3	<a href="#">🔗</a>	1738 02 12 21 30	Tavoliere della Puglia	5	5-6 4.40
4	<a href="#">🔗</a>	1739 02 27 04 20	Benevento	3	5-6 4.40
4	<a href="#">🔗</a>	1741 08 06 13 30	Irpinia	8	7-8 5.44
5-6	<a href="#">🔗</a>	1742 08 17	Napoli	1	5-6 3.25
4-5	<a href="#">🔗</a>	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	8 6.68
6-7	<a href="#">🔗</a>	1756 10 22 14	Napolitano	5	6-7 3.50
4-5	<a href="#">🔗</a>	1760 12 23	Area vesuviana	7	6-7 3.50
4-5	<a href="#">🔗</a>	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale	9	
4	<a href="#">🔗</a>	1779 10 01 00 45	Napolitano	3	6 3.37
3	<a href="#">🔗</a>	1779 12 12	Napolitano	5	6 3.37
F	<a href="#">🔗</a>	1782 01 11	Benevento	2	3 4.16
WF	<a href="#">🔗</a>	1783 02 05 12	Calabria meridionale	356	11 7.10
4	<a href="#">🔗</a>	1783 03 28 18 35	Calabria centrale	323	11 7.02
5	<a href="#">🔗</a>	1794 05 12 22 30	Irpinia	16	7 5.26
F	<a href="#">🔗</a>	1794 06 15	Area vesuviana	3	4 2.83
7-8	<a href="#">🔗</a>	1805 07 26 21	Molise	220	10 6.68
3	<a href="#">🔗</a>	1805 10 13 22	Pianura Campana	3	7 5.10
F	<a href="#">🔗</a>	1806 07 21 06	Casertano	5	5-6 4.40
3-4	<a href="#">🔗</a>	1806 08 26 07 35	Colli Albani	35	8 5.61
3	<a href="#">🔗</a>	1814 11 25	Beneventano	2	5-6 4.40
3	<a href="#">🔗</a>	1817 04 17	Potentino	7	4-5 3.97
F	<a href="#">🔗</a>	1821 08 02	Calabria centrale	3	7 5.10
3	<a href="#">🔗</a>	1821 11 22 01 15	Costa molisana	9	7-8 5.59
F	<a href="#">🔗</a>	1826 02 01 16	Potentino	18	8 5.74
F	<a href="#">🔗</a>	1826 10 26 18	Salento	7	6-7 3.22
WF	<a href="#">🔗</a>	1828 02 02 09 15	Isola d'Ischia	10	8-9 4.01
3	<a href="#">🔗</a>	1832 03 08 18 30	Crotonese	95	10 6.65
3-4	<a href="#">🔗</a>	1836 04 25 00 20	Calabria settentrionale	44	9 6.18
5	<a href="#">🔗</a>	1836 11 20 07 30	Appennino lucano	17	8 5.86
F	<a href="#">🔗</a>	1841 02 21	Gargano	13	6-7 5.17
F	<a href="#">🔗</a>	1846 08 08	Potentino	13	6-7 5.18
5	<a href="#">🔗</a>	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10 6.52
3-4	<a href="#">🔗</a>	1851 08 14 14 40	Vulture	10	7-8 5.48
4	<a href="#">🔗</a>	1853 04 09 12 45	Irpinia	47	8 5.60



2	<a href="#">🔗</a>	1854 02 12 17 50	Cosentino	89	10 5.24
6	<a href="#">🔗</a>	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11 7.12
4	<a href="#">🔗</a>	1858 03 07 14	Campania meridionale	9	7-8 5.39
4	<a href="#">🔗</a>	1858 03 07 19	Vibonati	3	4 3.70
3	<a href="#">🔗</a>	1858 05 24 09 20	Tavoliere delle Puglie	13	4-5 4.35
4	<a href="#">🔗</a>	1861 12 08	Torre del Greco	3	5-6 3.25
2	<a href="#">🔗</a>	1867 08 15 23 30	Isola d'Ischia	2	4-5 2.99
3	<a href="#">🔗</a>	1870 10 04 16 55	Cosentino	54	9-10 6.24
3	<a href="#">🔗</a>	1872 10 08 13 25	Cosentino	6	5 4.72
2	<a href="#">🔗</a>	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8 5.85
2-3	<a href="#">🔗</a>	1873 07 12 06 06	Val Comino	61	7-8 5.38
4	<a href="#">🔗</a>	1874 12 06 15 50	Val Comino	43	7-8 5.48
NF	<a href="#">🔗</a>	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8 5.74
6-7	<a href="#">🔗</a>	1875 12 06	Gargano	97	8 5.86
NF	<a href="#">🔗</a>	1880 07 24 03 40	Isola di Ventotene	5	6 4.63
NF	<a href="#">🔗</a>	1881 03 04 12 15	Isola d'Ischia	17	9 4.14
3	<a href="#">🔗</a>	1881 09 10 07	Chierico	43	7-8 5.41
5	<a href="#">🔗</a>	1882 06 06 03 40	Isernino	30	7 5.20
5	<a href="#">🔗</a>	1883 07 28 20 25	Isola d'Ischia	27	9-10 4.28
2	<a href="#">🔗</a>	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5 4.26
2	<a href="#">🔗</a>	1885 12 26 02	Molise	28	5-6 4.66
NF	<a href="#">🔗</a>	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8 5.53
2	<a href="#">🔗</a>	1888 12 08	Gargano	122	7 5.47
3-4	<a href="#">🔗</a>	1893 01 25	Valle di Diano	134	7 5.13
3-4	<a href="#">🔗</a>	1895 02 01 07 24 35	Monti del Partenio	40	5 4.29
3	<a href="#">🔗</a>	1895 08 09 17 38 20	Adriatico centrale	103	6 5.11
3-4	<a href="#">🔗</a>	1901 07 31 10 38 30	Sorano	76	7 5.16
F	<a href="#">🔗</a>	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7 4.69
3	<a href="#">🔗</a>	1903 12 07 05 58	Beneventano	9	4-5 4.14
4-5	<a href="#">🔗</a>	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7 4.90
F	<a href="#">🔗</a>	1905 08 25 20 41	Valle Peligna	29	6 5.15
3-4	<a href="#">🔗</a>	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11 6.93
3-4	<a href="#">🔗</a>	1905 11 26	Irpina	122	7-8 5.18
3	<a href="#">🔗</a>	1907 12 18 19 21	Monti Picentini	35	5-6 4.32
2	<a href="#">🔗</a>	1908 12 28 04 20 27	Stretto di Messina	772	11 7.10

4		1910 08 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8 5.78
4		1913 10 04 18 28	Molise	205	7-8 5.35
5		1915 01 13 06 52 43	Marsica	1041	11 7.08
NF		1915 09 23 18 07	Marsica	18	6 5.07
F		1916 07 03 23 21	Iscia di Stomboli	18	5-6 4.66
2-3		1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7 5.22
3		1922 12 29 13 22 06	Val Rovato	119	6-7 5.24
3		1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6 4.73
3		1924 03 26 20 30	Bannio	12	4 4.08
3-4		1924 05 09 05 48	Irpinia	8	4 4.71
2		1925 09 24 13 33 46	Molise occidentale	50	7 5.26
4		1927 05 25 02 30	Bannio	54	6 4.98
NF		1927 12 26 19 06 14	Colli Albani	38	7 4.89
4		1930 04 27 01 46	Salernitano	26	7 4.98
7		1930 07 23 00 08	Irpinia	347	10 8.67
3		1930 10 30 07 13	Sanigallia	268	8 5.83
3		1936 04 03 18 42	Valle Caudina	10	5-6 4.25
3		1948 08 18 21 12 20	Gargano	58	7-8 5.55
2		1956 09 22 03 19 39	Gargano	37	6 4.64
6-7		1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9 6.15
NF		1967 12 09 03 09 56	Adriatico centrale	22	4.36
4		1971 05 06 03 45 05	Irpinia	68	6 4.83
F		1971 11 29 18 49 3	Alta Val d'Ageri	17	5 4.50
3		1973 08 08 14 36 26	Appennino campano-lucano	29	5-6 4.75
4		1975 06 19 10 11	Gargano	61	6 5.02
2		1977 07 24 09 55 29	Irpinia	85	5-6 4.37
2		1978 02 08 04 10 29	Irpinia	100	5-6 4.44
4		1979 09 19 21 35 37	Valnerina	694	8-9 5.83
3		1980 06 14 20 36 30	Marsica	69	5-6 4.95
7		1980 11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	1394	10 6.81
4		1980 12 03 23 54 22	Irpinia-Basilicata	11	6 4.83
3-4		1981 01 09 00 12 49	Irpinia-Basilicata	6	5-6 4.36
5-6		1981 02 14 17 27 45	Monti di Avella	85	7-8 4.88
4		1982 03 21 09 44 0	Golfo di Policastro	125	7-8 5.23
NF		1984 04 29 05 02 59	Umbria settentrionale	709	7 5.62
5-6		1984 05 07 17 30	Monti della Meta	911	8 5.86
3		1986 04 03 13 04 3	Irpinia	337	6 4.90
4		1989 10 09 05 41 0	Area vesuviana	38	3 3.24
3-4		2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7 5.72
2		2003 06 01 15 43 1	Molise	501	5 4.44
F		2016 08 24 01 36 32	Monti della Laga	221	10 6.18
F		2016 10 26 19 18 0	Valnerina	77	6.07
4-5		2016 10 30 06 40 1	Valnerina	375	6.61

Figura 1 - eventi censiti nel Database Macrosismico Italiano DBMI dell'INGV

Il comune di Napoli viene inserito dall'INGV in una zona, con magnitudo momento massima attesa variabile intorno a **Mw = 5.69**.

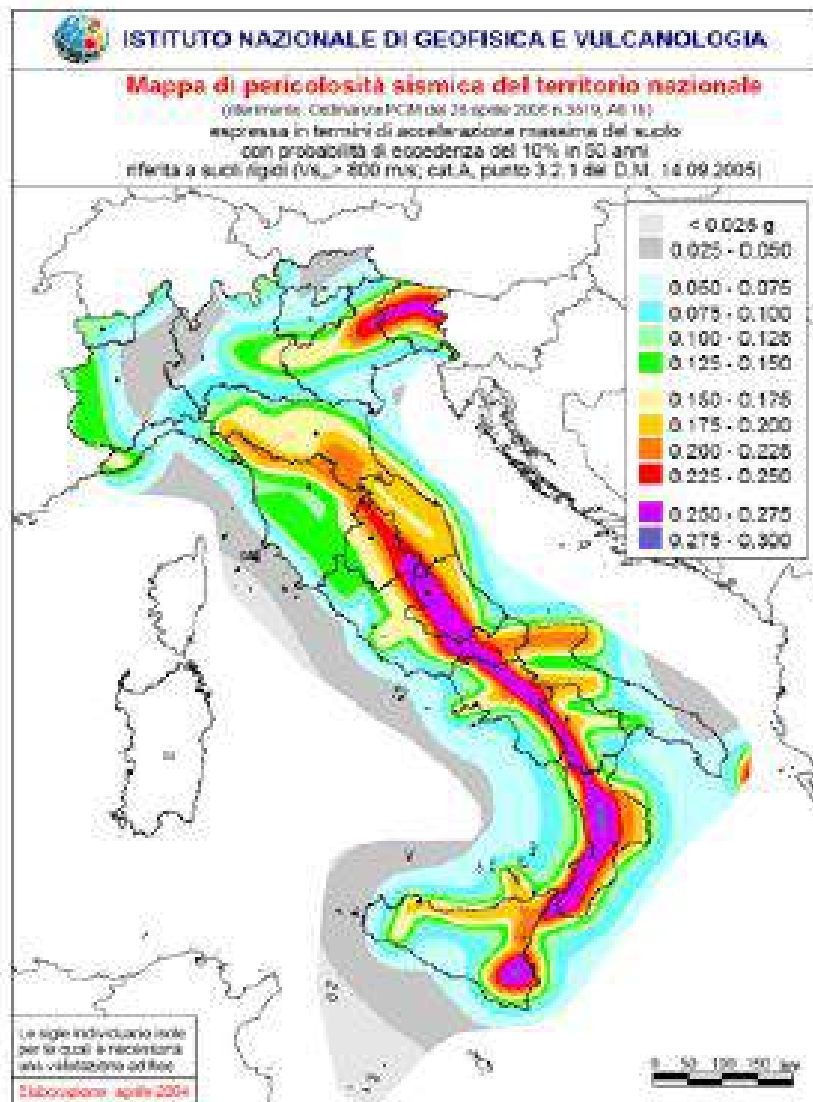
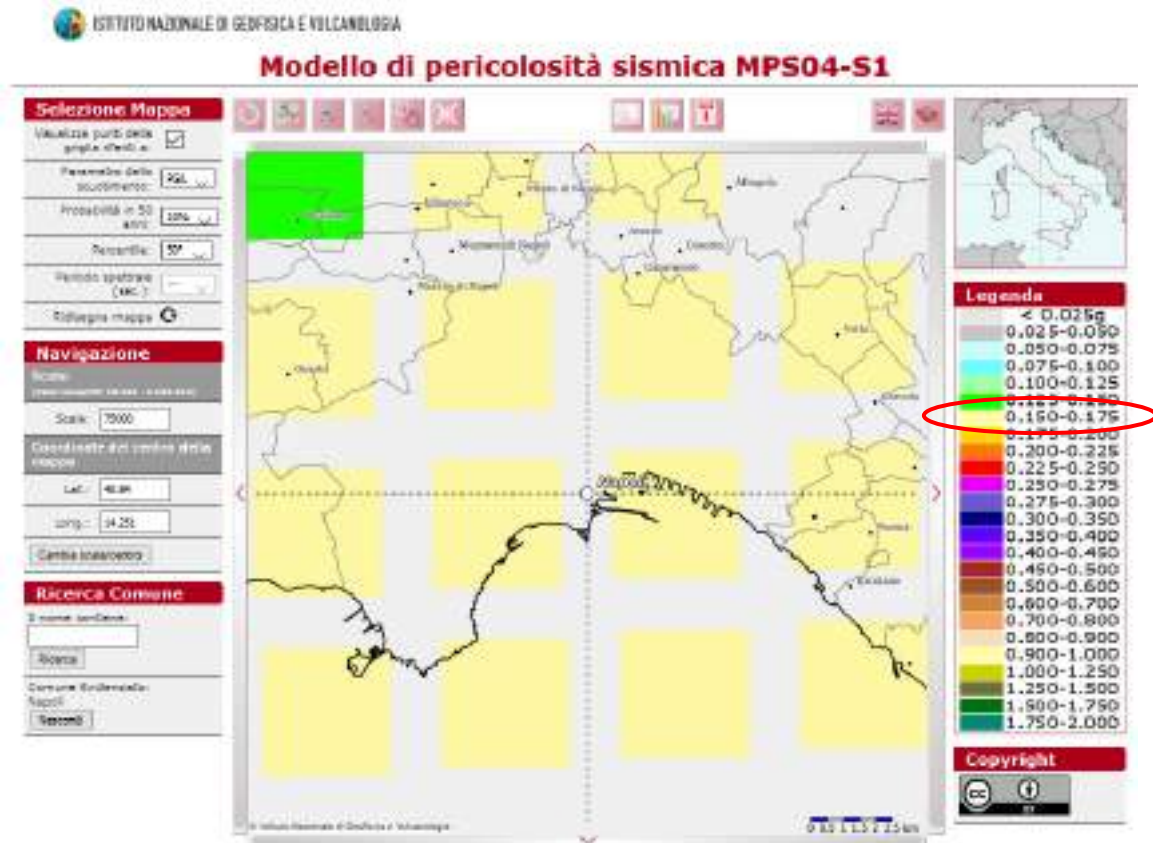


Figura 2 - Mapa della pericolosità sismica - INGV

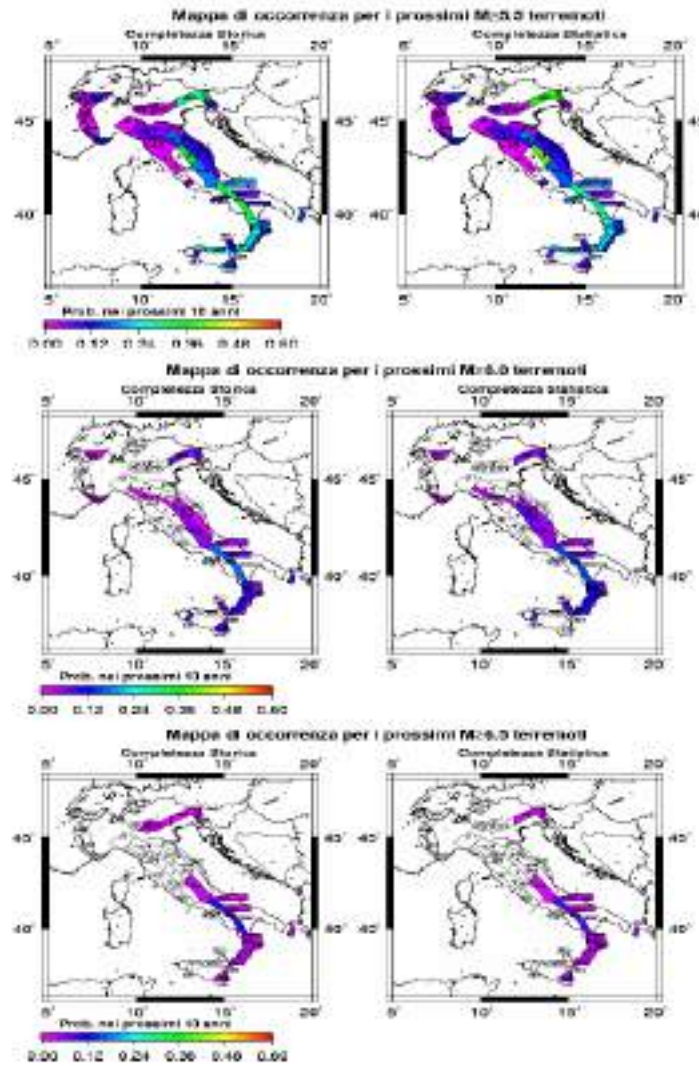
Sempre l'INGV, nella sua 'Mapa della pericolosità sismica' (fig.2), elaborata con modello probabilistico sismotettonico, comprende il comune di Napoli in una zona con accelerazione orizzontale attesa, con valore compreso nell'intervallo **0.150-0.175 ag/g** (accelerazione su bedrock).



Il modello del clustering spazio-temporale (Faenza et al., 2003, Cinti et al., 2004), basato su analisi statistiche degli eventi storici dal 1600 al 2003, suggerisce che la probabilit  istantanea di occorrenza in ogni area   pi  elevata immediatamente dopo un evento e decresce fino a raggiungere, dopo circa 10 anni, un valore costante che rappresenta la probabilit  media di occorrenza per quella zona, che segue una legge poissoniana. Ci  significa che subito dopo un forte evento sismico nell'area interessata dall'evento stesso la probabilit  che si verifichi un altro forte evento aumenterebbe per i 10 anni circa successivi.

L'istituto INGV di Bologna (insieme all'Institute for Earth Sciences, University of Potsdam, Germany) ha pubblicato delle mappe di probabilit  di occorrenza per i prossimi 10 anni, di terremoti con  $M > 5.5$  per la completezza storica e statistica, di seguito riportate.





Le mappe con probabilità di occorrenza per eventi con  $M > 6.0$  e  $M > 6.5$  mostrano che l'Appennino meridionale ha probabilità relativamente alta, mentre non si osservano più le probabilità elevate in Appennino centrale, nel nord Italia e nell'area dello stretto di Messina. Questo riflette la diversa distribuzione dei terremoti rispetto alla magnitudo fra l'Appennino meridionale e quello centrale.

## 10.2 Risposta sismica locale ed effetti di sito

Per la progettazione e la verifica sismica delle opere d'ingegneria civile, è di fondamentale importanza la previsione delle modificazioni locali del moto sismico, degli spostamenti e delle deformazioni che possono essere indotte nel terreno dal passaggio di onde elastiche. L'esperienza maturata a scala mondiale, ha evidenziato che anche in aree circoscritte e a distanze ravvicinate, il moto del terreno, in seguito ad evento sismico, ha caratteristiche di ampiezza, frequenza e durata molto diverse con conseguenti effetti differenziati. Anche a scala nazionale è stata riscontrata una notevole varietà di

effetti indotti dall'azione sismica in relazione ai rapporti che si stabiliscono tra le caratteristiche del terremoto, le condizioni del sito e le caratteristiche strutturali dell'opera.

La causa di maggiore variabilità spaziale del moto sismico è legata ai fenomeni associati alla propagazione delle onde di taglio nella direzione verticale nei depositi di terreno. Nel passaggio dal substrato rigido (bedrock sismico) alla superficie dei depositi, per effetto delle interazioni tra onde sismiche e terreni si sviluppano fenomeni di risonanza, effetti dissipativi, di incremento e di accumulo di pressioni interstiziali, decadimento della rigidità e della resistenza, che sono tanto più rilevanti quanto maggiore è lo spessore del deposito.

Il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalla complessa interazione tra le onde sismiche e le particolari condizioni locali, ossia l'insieme delle caratteristiche morfologiche stratigrafiche dei terreni e delle loro proprietà fisiche e meccaniche.

L'insieme delle modifiche del moto sismico prodotte in relazione alle condizioni geologiche locali, sopra elencate, sono complessivamente indicate come **effetti di sito**. In base al principale fenomeno fisico che influisce principalmente nelle complesse interazioni tra propagazione delle onde e terreno; si distinguono in particolare (Lanzo 2005):

- effetti stratigrafici – le modifiche che il moto sismico subisce derivano da fenomeni di risonanza tra onde sismiche e terreni, in relazione alla loro stratigrafia, alle loro caratteristiche fisico-meccaniche ed al contenuto in frequenza predominante del moto;
- effetti di bordo – le modifiche che il moto sismico subisce dipendono dalla geometria dell'interfaccia substrato-terreno che si presenta bi o tridimensionale nei margini di depositi di valle, dove si manifestano complessi fenomeni di interazioni e generazioni di onde superficiali;
- effetti topografici – le modifiche del moto delle onde, in riferimento a geometrie bi- e tri-dimensionali, sono causate da focalizzazioni delle onde per effetto della configurazione della superficie topografica.

Come conseguenza a quanto fin qui esposto, appare evidente che la scelta dell'azione sismica di progetto deve essere eseguita congruentemente con le condizioni locali presenti nel sito (effetti di sito).

È quindi necessario, definire preliminarmente l'azione sismica in funzione delle caratteristiche generali di sismicità del sito facendo riferimento ad un sottosuolo ideale, successivamente i parametri andranno modificati in funzione delle specifiche condizioni locali, al fine di valutarne le caratteristiche del moto sismico in superficie o alla profondità richiesta.

Come previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC), in mancanza di studi specifici di risposta sismica locale, si può fare riferimento alla definizione della categoria di sottosuolo mediante la caratterizzazione geofisica o geotecnica del profilo stratigrafico, previa definizione della pericolosità di base successivamente descritta.

### 10.3 Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore del D.M. 17/01/2018, la stima della pericolosità sismica è definita mediante un approccio sito dipendente e non più mediante un criterio zona dipendente.

Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite previsti nelle NTC, si definiscono infatti a partire dalla "pericolosità sismica di base", chiamata d'ora in poi pericolosità sismica del sito. Essa viene espressa in termini di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  su suolo rigido con topografia orizzontale di riferimento e costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La pericolosità sismica di sito è definita dalla probabilità che in un certo intervallo di tempo chiamato periodo di riferimento TR (espresso in anni), in detto sito si verifichi un evento sismico di intensità almeno pari ad una prefissata. La probabilità in questione è chiamata PVR, probabilità di superamento o di eccedenza nel periodo di riferimento TR.

Quindi, ai fini delle NTC le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, dai seguenti parametri, su sito di riferimento rigido orizzontale:

$a_{g0}$  = accelerazione orizzontale massima al sito, espressa in funzione di  $a_g$ ;

$F_0$  = 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.

Nel D.M. 17/01/18 sono forniti i suddetti parametri necessari per la determinazione delle azioni sismiche, per ciascun sito, individuato da una maglia di 4 nodi del reticolo di riferimento.

Come coordinate geografiche mediane (sistema di riferimento WGS 84) del sito si sono considerate quelle del punto mediano dell'area di interesse, di seguito riportate:

- Latitudine: 40°53'40.30"N
- Longitudine: 14°15'27.38"E

Da cui risulta che l'area di progetto rientra nella maglia del reticolo di riferimento del territorio comunale di Napoli, individuato dai 4 nodi aventi i seguenti indici identificativi (ID):

ID nodi	32979	32978	33200	33201
---------	-------	-------	-------	-------

I valori dei parametri sismici (ag, Fo, Tc) del sito dovranno essere scelti tra quelli relativi a ciascuno nodo specificato dal tecnico progettista, cui spetta la scelta finale della classe d'uso dell'opera (con riferimento al suo carattere strategico), la vita nominale dell'opera VN ,da cui consegue il calcolo del periodo di riferimento per l'azione sismica  $TR = VN \times CU$ , in cui CU è un coefficiente relativo alla classe d'uso.

L'azione sismica per il sito in esame è definita sulla base della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione orizzontale massima ag per ciascun stato limite ultimo e di esercizio.

#### **10.4 Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche**

Per quanto riguarda la definizione dell'azione sismica di progetto, il terreno di fondazione, in base ai risultati ottenuti dall'elaborazione dei dati dalle indagini MASW eseguite, è classificato nella "Categoria di sottosuolo di tipo C".

Ai fini dell'applicazione delle norme del D.M. 17/01/18, il territorio nazionale viene suddiviso in zone sismiche, ciascuna delle quali contraddistinta da valori di accelerazione orizzontale massima sul suolo, espressi come frazione dell'accelerazione di gravità (ag).

L'area di intervento progettuale rientra nella maglia del reticolo di riferimento del territorio comunale di Napoli (32979), per cui si possono assumere i relativi valori di ag, riportati in tabella 1 allegato A del D.M.. La categoria topografica del sito secondo la normativa vigente è ascrivibile a T1.

## 10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Quanto fin qui trattato viene sinteticamente riassunto come segue:

- 1) L'area in studio è ubicata nel popoloso quartiere di Secondigliano Strada Comunale Acquarola, 20 un'area densamente urbanizzata, alle coordinate Latitudine 40°53'40.30"N e Longitudine 14°15'27.38"E (riferite all'ellissoide WGS 84). Per i riferimenti topografici rientra nella tavoletta I.G.M.I., 184 - I - SO "Napoli" della Carta d'Italia edita dall'I.G.MDa un punto di vista morfologico il sito di progetto si colloca alla quota topografica di circa 105 m. s.l.m., in un'area sub-pianeggiante densamente urbanizzata. La categoria topografica, secondo la vigente normativa, è T1.
- 2) La zona di progetto non è classificata a rischio geomorfologico e a rischio idraulico nel vigente P.A.I.; non sono presenti evidenze di processi morfogenetici generalizzati e profondi in atto e gli edifici esistenti nell'area di interesse non presentano lesioni imputabili a cedimenti differenziali del terreno.
- 3) Nell'area di interesse progettuale, come visibile nella carta Geologica allegata; affiora il "**Subsintema di Contrada Romano**": successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta. I depositi poggiano su di uno spesso paleosuolo ocraceo ampiamente diffuso sia nei settori interni che esterni alla caldera flegrea, nelle aree circostanti, fino ai contrafforti appenninici o, a luoghi, su depositi marini
- 4) Ai fini del calcolo dei parametri sismici di base sono state utilizzate le seguenti coordinate del baricentro dell'area di studio sono Latitudine 40°53'40.30"N e Longitudine 14°15'27.38"E (riferite all'ellissoide WGS 84)
- 5) L'alternanza di litotipi aventi grado di permeabilità medio-alto con altri a permeabilità scarsa fa sì che, nell'unità idrogeologica, la circolazione idrica sotterranea avvenga per falde sovrapposte e, quando le modalità di deposizione dei prodotti piroclastici e lavici lo consentono, tra loro interconnesse.  
  
I terreni di diretto interesse, presentano una permeabilità primaria bassa in corrispondenza della frazione cineritica addensata con un coefficiente di permeabilità K compreso tra  $10^{-5}$  e  $10^{-6}$  cm/sec, mentre gli strati costituiti da depositi cineritici meno addensati hanno una permeabilità primaria media con un coefficiente di permeabilità K compreso tra  $10^{-3}$  e  $10^{-4}$  cm/sec.

- 6) In considerazione della permeabilità della formazione affiorante, si potrebbe ipotizzare che la profondità della falda idrica sia tale da non avere influenza ai fini geotecnici, tuttavia i livelli cineritici più addensati, potrebbero limitare la circolazione idrica verticale portando alla formazione di vere e proprie falde sospese con livelli fluttuanti in relazione alla stagionalità.
- 7) Dai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di sedime, in accordo con quanto riportato in bibliografia i terreni indagati, costituiti da **“Depositi cineritici stratificati afferenti al Subsistema di Contrada Romano”**, sono riconducibili alla **classe C Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti** con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s, avendo misurato la seguente velocità equivalente:  $M_{sw1} : V_{s_{eq}}$  pari a **330 m/sec.**
- 8) Sono state, inoltre, acquisite n.1 misura di sismica a rifrazione con interpretazione tomografica e n.1 prova sismica passiva HVSR. Il profilo tomografico ottenuto riporta velocità compatibili con la litologia affiorante rappresentata da depositi cineritici. La frequenza di picco misurata è :


$$(f_0) = 0.5 \text{ Hz} \pm 0.17 \text{ Hz}$$

- 9) I parametri geomeccanici che caratterizzano i terreni di interesse progettuale, definiti sulla base dei dati ottenuti dall'elaborazione dei risultati delle prove dirette effettuate in situ (prove penetrometriche dinamiche leggere continue), nonché dal raffronto con quanto presente in un'ampia letteratura specializzata, sono i seguenti:

TIPO DI TERRENO	Angolo di attrito interno - $\varphi'$ (°)	Peso di volume $\gamma$ (t/m <sup>3</sup> )	Coesione drenata $c'$ (t/m <sup>2</sup> )
Depositi cineritici	28°	1.70	0

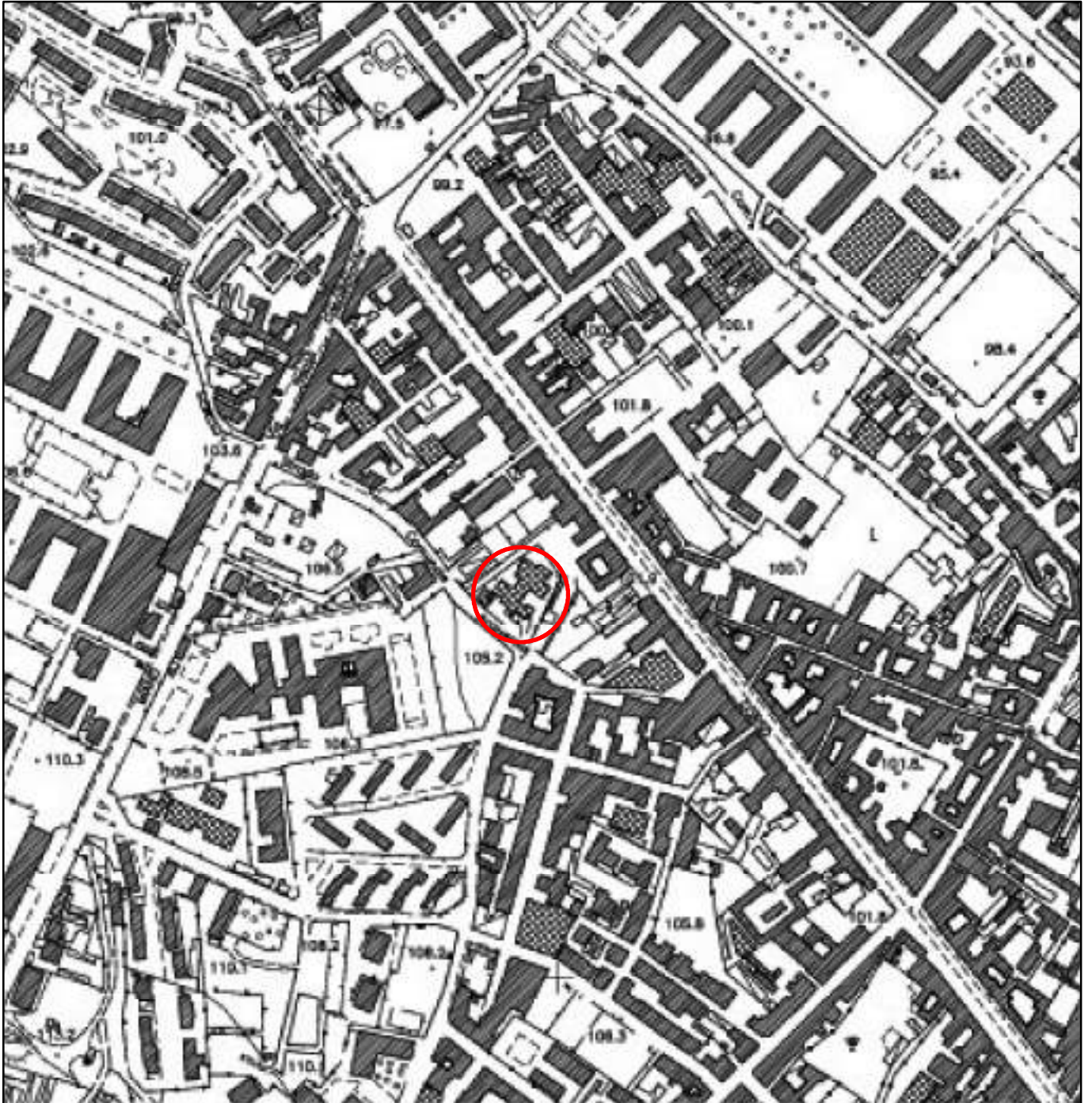
La coesione si trascura a vantaggio della sicurezza.

Il Geologo  
Dott. Sergio Dolfin





# AEROFOTOGRAMMETRIA



Legenda



Area di progetto

1:5,000






# ORTOFOTO



## Legenda

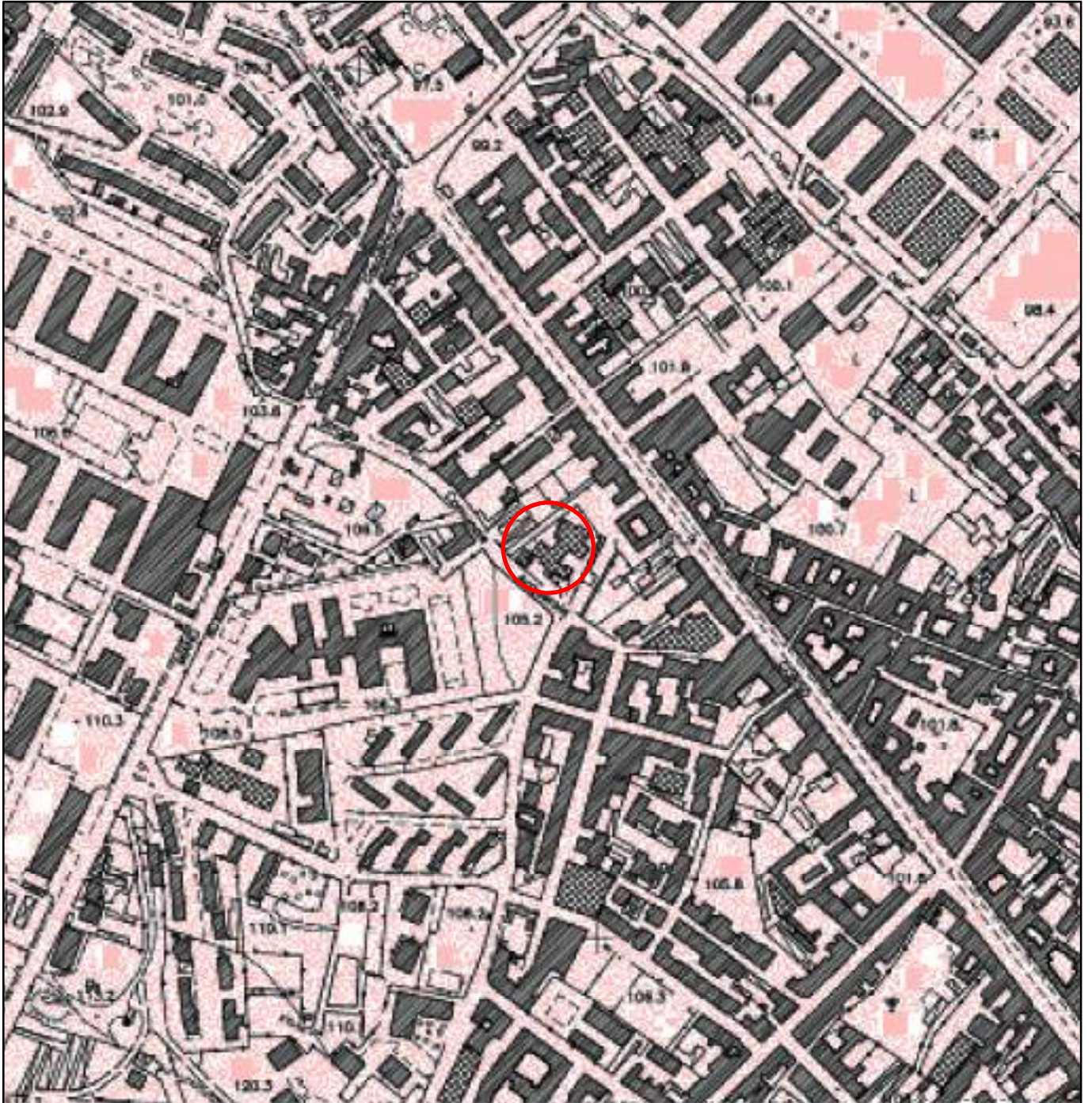
 Area di progetto

1:3,884





# CARTA GEOLOGICA



## Legenda



Area di progetto



Subsistema di Contrada Romano: successione di depositi prevalentemente cineritici finemente stratificati con intercalati livelli di lapilli pomicei da caduta

1:5,000














# CARTA DELLA PERICOLOSITA' RELATIVA (SUSCETTIBILITA') DA FRANA

## Legenda

-  Area di progetto
-  P3 - Area a suscettibilità alta all'insnesco, al transito e/o all'invasione da frana
-  P2 - Area a suscettibilità media all'insnesco, al transito e/o all'invasione da frana
-  P1 - Area a suscettibilità bassa all'insnesco, al transito e/o all'invasione da frana
-  Area interessata da attività estrattiva in cui sono necessari studi di dettaglio mirati alla verifica delle condizioni di stabilità
-  Limite di bacino
-  Limite comunale









1:5,000





## CARTA DEL RISCHIO DA FRANA

### Legenda

-  Area di progetto
  
-  R4 - Rischio molto elevato
-  R3 - Rischio elevato
-  R2 - Rischio medio
-  R1 - Rischio moderato
  
-  Aree il cui livello di rischio potrà essere definito a seguito di studi e indagini di dettaglio
  
-  Limite di bacino
-  Limite comunale

1:5,000











# CARTA PER LA PERICOLOSITA' PER FENOMENI DI ALLAGAMENTO E DA ESONDAZIONE

## Legenda

 Area di progetto

### Pericolosità per fenomeni di allagamento da esondazione

-  **P4** area a pericolosità molto elevata ( $T=20, 100$  anni;  $h > 100$  cm)
-  **P3** area a pericolosità elevata (20 anni;  $50 < h < 100$  cm)  
area a pericolosità elevata (300 anni;  $h > 100$  cm)
-  **P2** area a pericolosità media ( $T=20$  anni;  $h < 50$  cm)  
area a pericolosità media ( $T=100, 300$  anni;  $50 < h < 100$  cm)
-  **P1** area a pericolosità moderata ( $T=100, 300$  anni;  $h < 50$  cm)
-  **Pa** area a suscettibilità alta per fenomeni di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento, riconosciuta su base geomorfologica, stratigrafica e da dati storici per la presenza di conoidi attivi a composizione prevalentemente ghiaioso-sabbiosa.
-  **Pa** area di crisi a suscettibilità alta per fenomeni di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento.
-  **Pm** area a suscettibilità media per fenomeni di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento, riconosciuta su base geomorfologica e stratigrafica per la presenza di settori distali di conoidi attivi a composizione prevalentemente sabbiosa.
-  **Pb** area a suscettibilità bassa di iniezione per fenomeni diffusi di trasporto liquido e trasporto solido da alluvionamento di prevalente composizione sabbioso-limosa
-  settore di conoidi attualmente non più riattivabile per modificazioni antropiche
-  **Pb** conche endoreiche e zone a folla sub-affiorante
-  punteggiata di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa dovuta a: fita vegetazione in alveo, presenza di rifiuti solidi, riduzione di sezione, sponde danneggiate
-  area ad elevata suscettibilità di allagamento ubicata al piede di versanti  
N.B. L'estensione e l'intensità effettiva di tali zone/casi sarà quantificata a seguito di studi, rilievi ed indagini di dettaglio.  
L'area da indagare potrà essere assunta, in prima approssimazione, come quella racchiusa in una circonferenza di diametro pari a 200m con centro nel punto di inizio dell'azimut idraulico (casi critici puntuali) ovvero in una fascia di ampiezza pari a 400m in asse all'alveo (casi di crisi diffuse)
-  vasca
-  reticolo idrografico
-  linea di impianto inerte
-  tratto tombato
-  alveo strada
-  asse montane in discesa con tratti di possibile crisi per piene repentine / colate detritiche / alluvioni di conoidi
-  linea di bacino
-  limiti comunali

1:5,000





# CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO

## Legenda

-  Area di progetto
  
-  **R4** Rischio molto elevato
-  **R3** Rischio elevato
-  **R2** Rischio medio
-  **R1** Rischio moderato
  
-  **Area il cui livello di rischio potrà essere definito a seguito di studi e indagini di dettaglio**  
 N.B. L'estensione e l'intensità effettiva di tali zone di crisi sarà quantificata a seguito di studi, rilievi ed indagini di dettaglio.  
 L'area da indagare potrà essere assunta, in prima approssimazione, come quella racchiusa in una circonferenza di diametro pari a 200m con centro nel punto di inizio dell'acrola idraulica (oasi crisi puntuali) ovvero in una fascia di ampiezza pari a 400m in asse all'aveo (oasi di crisi diffuse)
  
-  vasca
-  reticolo idrografico
-  linea di impianto incerta
-  tratto tombato
-  alveo strada
-  asse montano inciso con tratti di possibile crisi per piena repentine / colate detritiche / alluvioni di conoidi
-  limiti comunali
-  limite di bacino

1:5,000



**14° C.D. Asilo nido Acquarola  
Strada Comunale Acquarola, 20**

**RELAZIONE INDAGINI GEOFISICHE**

**SOMMARIO**

<b>1. GENERALITA' .....</b>	<b>2</b>
1.1 Introduzione.....	2
1.2 Elaborati .....	2
<b>2. CAMPAGNA GEOFISICA.....</b>	<b>3</b>
2.1 Indagine Geofisica.....	3
2.2 Attrezzatura geofisica .....	3
2.3 Prove Sismiche "Active Masw" .....	5
2.4 Tomografia sismica a rifrazione.....	10
2.5 Prove Di Sismica Passiva A Stazione Singola (HVSr) .....	15

## 1. GENERALITA'

### 1.1 Introduzione

La campagna indagini oggetto del presente report è stata eseguita dal 31/08/2021 al 03/09/2021. Il presente lavoro ha lo scopo di illustrare l'attività e i risultati della campagna di indagini geofisiche e geognostiche eseguita a supporto dello studio geologico finalizzato alla verifica della vulnerabilità sismica dell'edificio sede dell'asilo nido Acquarola 14° C.D. Strada Comunale Acquarola, 20 Secondigliano - Napoli.

Lo schema delle indagini eseguite è qui di seguito riportato:

<i>N°1 Prove sismiche Active MASW</i>
<i>N°1 Misure di Sismica a rifrazione con interpretazione tomografica</i>
<i>N°1 Prove Sismica Passiva</i>

### 1.2 Elaborati

Tutti i dati raccolti ed analizzati sono stati utilizzati per la stesura della presente relazione, corredata dai seguenti elaborati:

- Planimetria indagini
- Report fotografico



## 2. CAMPAGNA GEOFISICA

### 2.1 Indagine Geofisica

Le indagini sono state eseguite con un sismografo modello Sysmatrack della M.A.E. (molisana apparecchiature elettroniche) a 24 canali ed un geofono 3D da superficie.

### 2.2 Attrezzatura geofisica

#### 2.2.1 Sismografo

Caratteristica principale di questo sismografo è la risoluzione di 24 bit effettivi per ogni singolo canale che si ottiene grazie all'utilizzo della nuova scheda di acquisizione dati MAE 24 bit, che adotta un convertitore digitale A/D 24 bit per ciascuno dei canali di ingresso di cui è dotato il sismografo (tecnologia SST). L'adozione di tale architettura lo rende ideale per tutte le tipologie di prospezione sismica attiva e passiva nonché per indagini e rilievi strutturali su edifici ed opere infrastrutturali (acquisizione di vibrazioni con accelerometri o sensori sismici a bassa frequenza, etc.). Le procedure automatiche permettono verifiche preacquisizione dalla corretta connessione dei geofoni e dell'analisi della rumorosità di fondo del sito investigato, inoltre è possibile effettuare una prima analisi dei dati acquisiti, anche per singola onda, direttamente in campagna, visualizzando i dati relativi alle velocità in ogni singolo punto dell'onda esaminata.



Figura 1 - Strumentazione per indagini sismiche costituita da mazza, piastra, sismografo, batteria e cavi



**Specifiche tecniche:**

- Numero canali: 12, espandibile a 24 (tramite pacchetto espansione)
- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB impostabili singolarmente per ogni canale per gruppi di canali liberamente organizzabili
- Filtro anti-alias: -3dB, 80% della frequenza di Nyquist, -80dB
- Tempo pre-trigger: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 20, 50, 100, 200, 300, 400, 500ms
- Intervalli di campionamento: 1/30, 1/15, 1/7.5, 1/3.75, 0.5, 1.0, 2.0, 10.0, 20.0 ms; 8.0, 4.0, 2.0 ms in registrazione continua
- Numero di campioni per evento: impostabile da 1024 a 21800 con incrementi di 512
- Interfacce disponibili: USB (richiede un PC di controllo)
- Canali: configurazioni da 12, 24. Possibilità di utilizzare da 1 al numero massimo di canali installati per ogni acquisizione.
- Modalità di acquisizione: con trigger esterno su tutti i canali e a tempo su max 12 canali.
- Auto-calibrazione interna dei convertitori prima di ogni acquisizione.
- Filtri digitali: selezionati automaticamente in base alla frequenza di campionatura
- Test geofoni: verifica automatica per individuare interruzioni dei cavi oppure geofoni rotti o in corto.
- Visualizzazione in tempo reale dei segnali provenienti dai geofoni
- Archiviazione dati: nelle memorie di massa del PC di controllo

- Trigger: positivo, negativo (opzionale a chiusura di contatto) con soglia regolabile da software
- Formato dei dati: SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII

### 2.2.2 Sensore 3D da superficie

Il sensore 3D da superficie da 2HZ è un sensore passivo triassiale di lungo periodo con basso rumore, contenente 3 geofoni a bassa frequenza orientati lungo i tre assi. È dotato di piedini di supporto per l'utilizzo su pavimentazione o infissione nel terreno, bolla di livellamento, maniglia di trasporto.

Altezza: 10.00 cm

Diametro: 14.00 cm

Peso: 4 kg



Figura 2 – Sensore 3D da superficie

## 2.3 Prove Sismiche “Active Masw”

Durante la campagna indagini sono state eseguite n° 2 prove MASW di seguito le rispettive interpretazioni.

### 2.3.1 Software di analisi

L'analisi dei dati avviene utilizzando un software specifico che elabora i dati strumentali di vari formati TXT, SEG2, SG2, DAT, SU, SEGY, SGY, XLS e DRM.

L'inserimento dei dati sperimentali prevede di inserire la distanza tra i ricevitori, il tempo di campionamento, il punto di scoppio e il numero ricevitori/segnali da considerare.

Definito lo spettro f-k si selezionerà il range di frequenza da analizzare definendo la curva di dispersione sperimentale. Sarà definita la stratigrafia del sottosuolo sismico da investigare, il numero di iterazioni.

Un processo di inversione metterà a confronto curva sperimentale ed apparente e curva sperimentale ed effettiva oltre ai modi di Rayleigh. Quindi si definirà un profilo Vs e relativa curva di taglio verticale. Il processo dati si chiude con la definizione delle unità sismogenetiche e relativi valori di Vs dai quali con applicazione della formula

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

Si otterrà il valore di  $V_{S,eq}$  che definirà la categoria di suolo di fondazione così come richiesto dal D.M 17 Gennaio 2018 - Norme tecniche per le costruzioni basandosi sulle velocità medie delle onde sismiche trasversali nei primi trenta metri terreno fondazionale per la determinazione dei fattori amplificativi dell'azione sismica.

### 2.3.2 Misura Masw 1

La misura MASW è stata eseguita lungo una linea di **33,00** metri.

Sono stati adoperati 12 geofoni con frequenza di 4,5 Hz collocati nel terreno lungo una linea con interdistanza di **3,00** metri.

Il punto di energizzazione è stato posto a **- 3,00** metri di distanza dal geofono n.1 e sullo stesso allineamento.

Nelle immagini seguenti sono riportati i sismogrammi e le schermate prodotte dal software durante il processo di elaborazione.

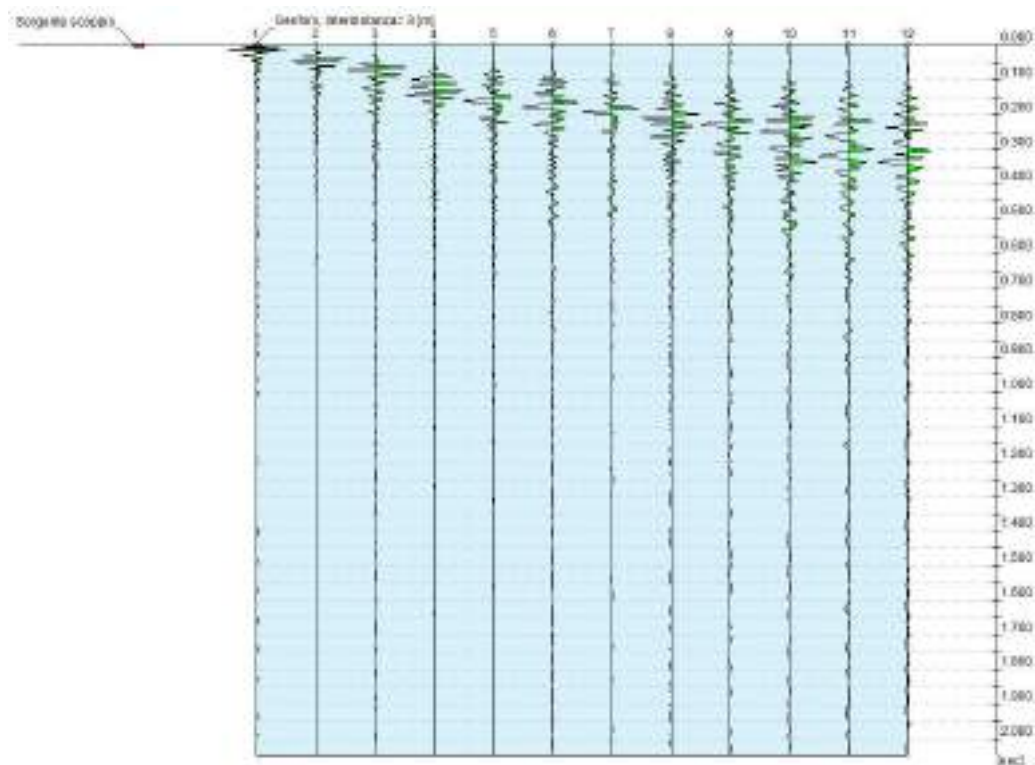


Figura 3 – Tracce sperimentali

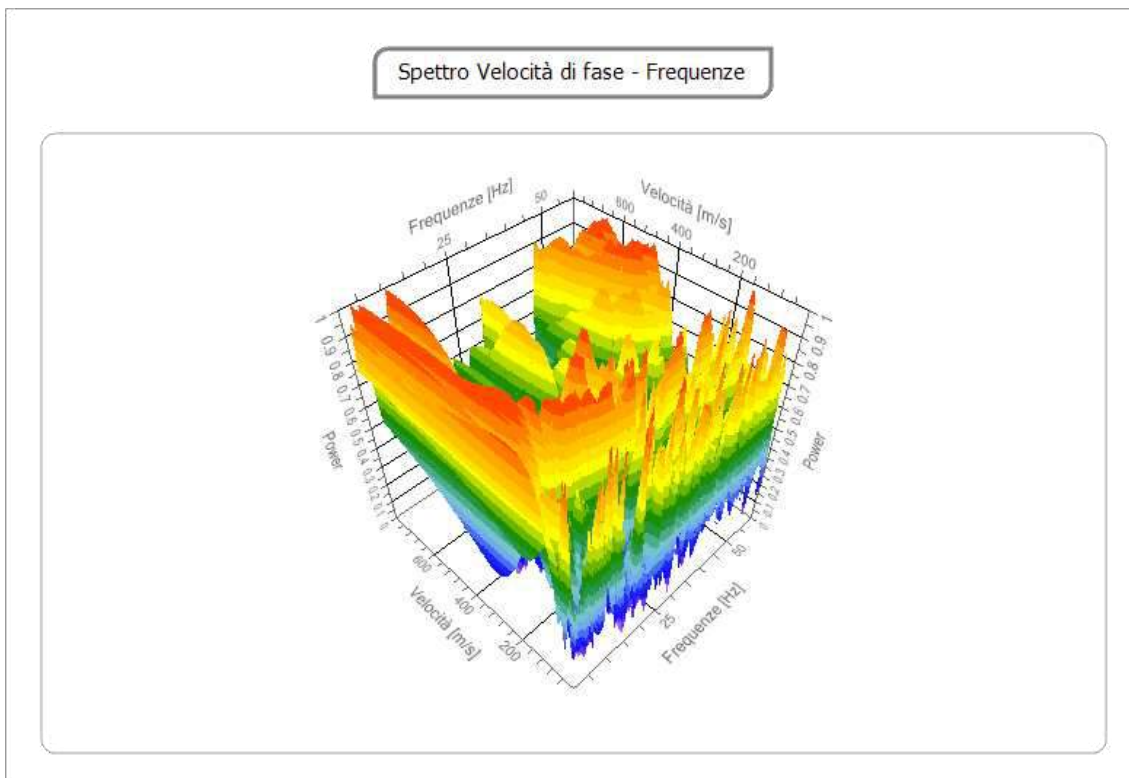


Figura 4 – Spettro Velocità di fase - Frequenze

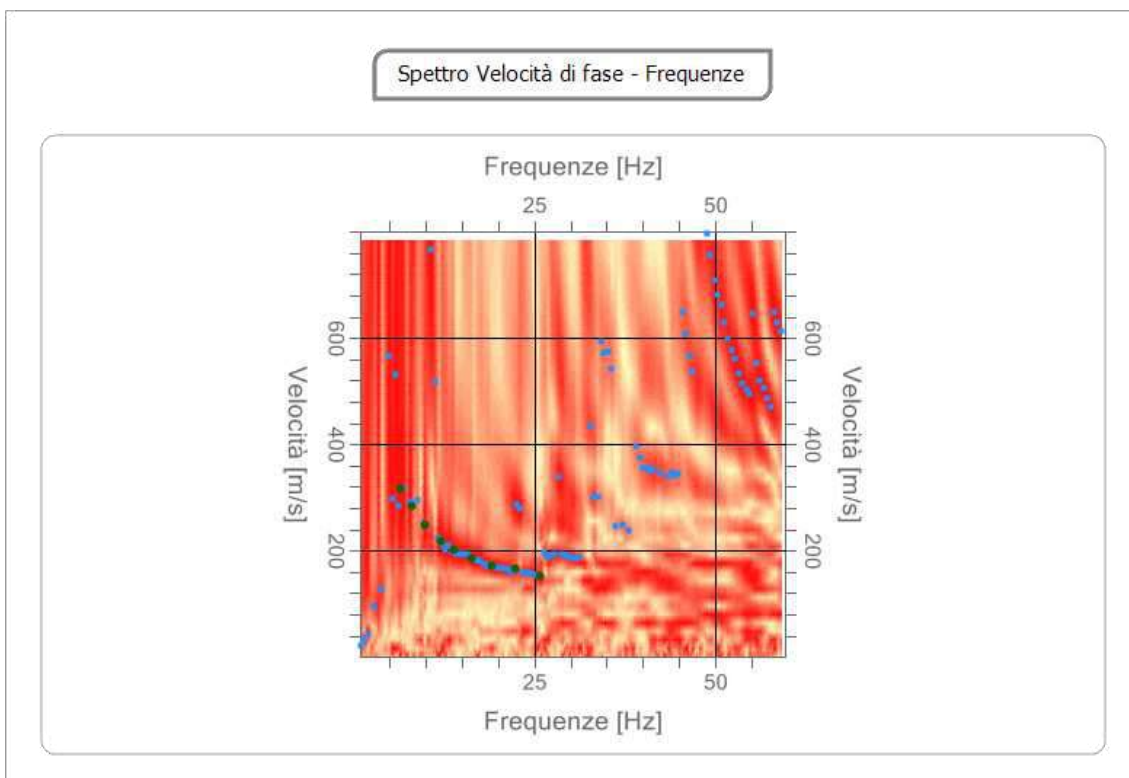


Figura 5 – Curva di dispersione sperimentale

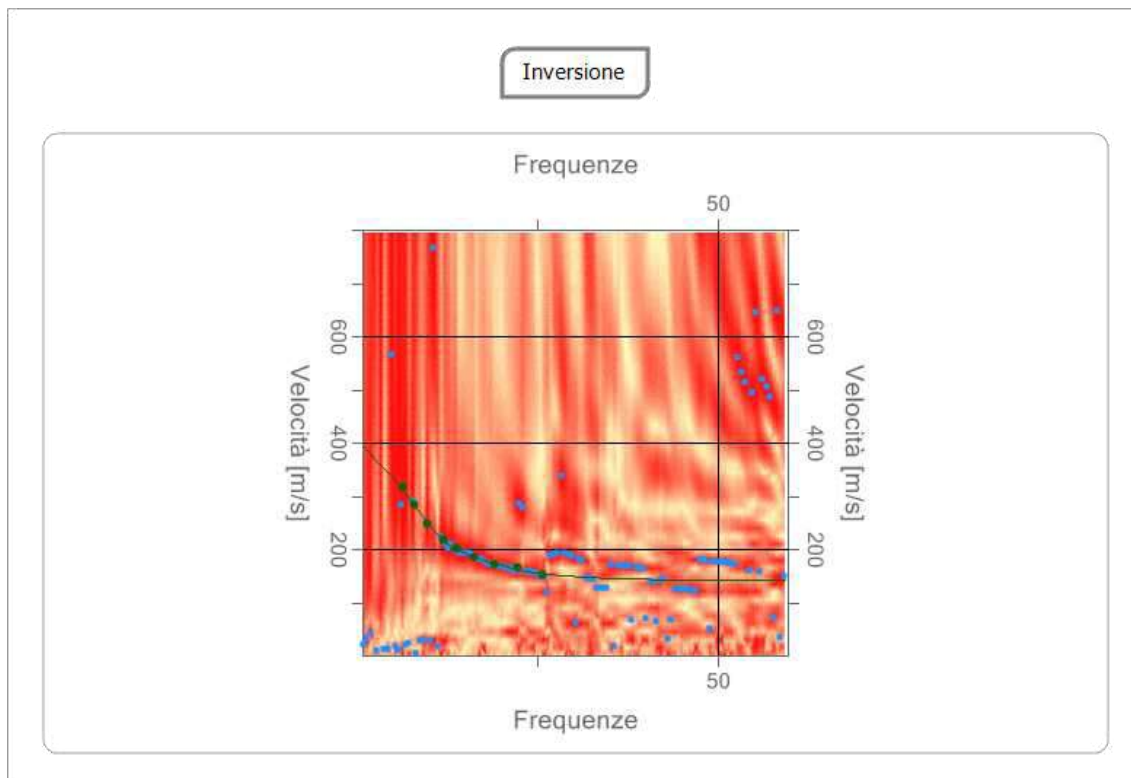


Figura 6 – Inversione

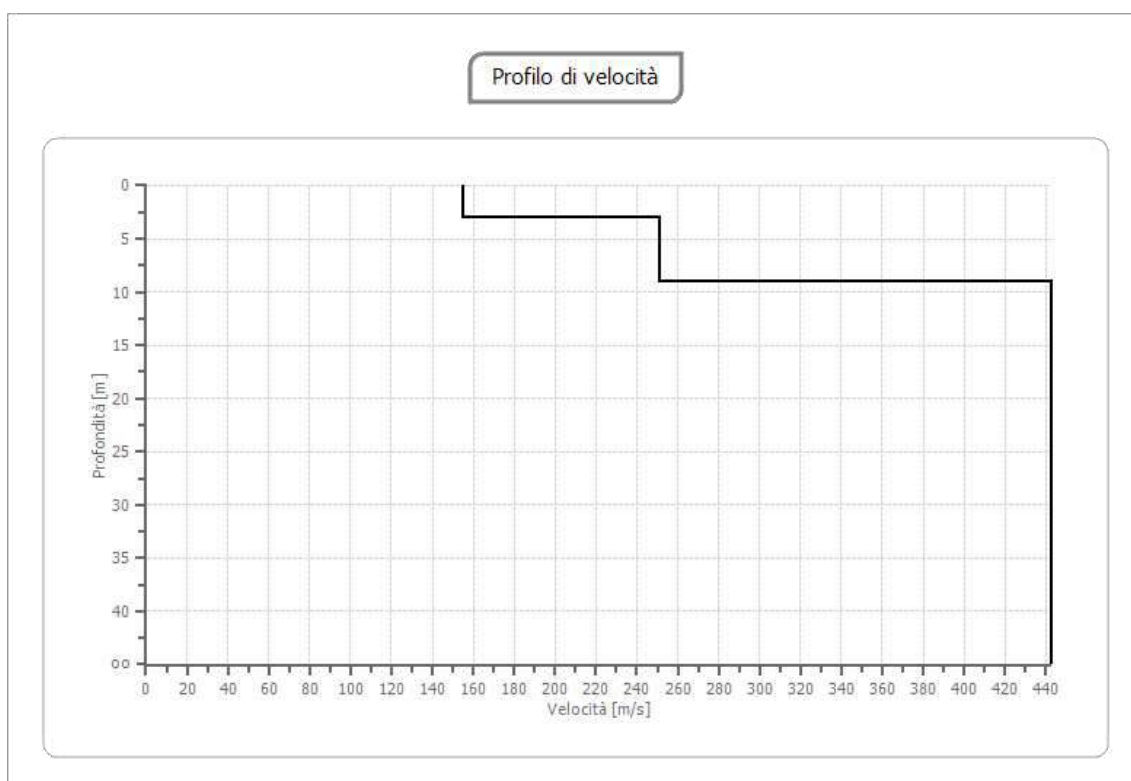


Figura 7 – Profilo di velocità

Il software elabora e definisce il valore medio delle velocità delle onde trasversali  $V_s$  relativo ad uno spessore di 30 metri.



Strato (m)	Vs,i
0 – 3,00	154,82
3,00 – 9,00	251,22
9,00-∞	442,97

Suolo	Descrizione geotecnica	Vseq(m/s)
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 > 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 metri	>800
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s	360÷800
C	<b>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</b>	<b>180÷360</b>
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.	<180
E	Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.	

### Valori del parametro Vs,eq

Così come previsto dalla vigente normativa è stata calcolata la VS,eq con la seguente espressione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Essendo:

hi = spessore dell'i-esimo strato;

Vs,i = velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da VS non inferiore a 800 m/s.

Il valore calcolato per la misura **MASW1** è:

$$V_{s,eq} = 330 \text{ m/sec}$$

In base al valore di **V<sub>s,eq</sub>** ottenuto la categoria sismica di suolo è **C** - "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s."

#### 2.4 Tomografia sismica a rifrazione

Durante la campagna di indagine è stata eseguita 1 misura di sismica a rifrazione con interpretazione tomografica.

L'indagine sismica a rifrazione è un'indagine indiretta che utilizza i contrasti di velocità delle onde sismiche. La velocità delle onde sismiche dipende dalla densità e dalla rigidità del materiale attraversato ovvero da proprietà riconducibili alle caratteristiche litologiche del substrato indagato. La direzione di propagazione delle onde in profondità rispetta la legge di Snell dando origine a fenomeni di rifrazione riflessione e diffrazione. Nelle indagini a rifrazione, come dice il nome stesso, verranno considerate solo le onde rifratte.

Lo svolgimento della prova consiste nel generare un'onda sismica di compressione (e registrarne l'arrivo a dei geofoni disposti in line a ad intervalli noti).

L'interpretazione delle misure registrate si basa sull'analisi del tempo impiegato dall'onda generata a raggiungere ciascun geofono. Per poter ricostruire la variazione di velocità delle onde

di compressione nel sottosuolo è necessario eseguire più energizzazioni in posizioni differenti.

Le misure effettuate con la tecnica a rifrazione possono essere elaborate con la procedura tomografica al fine di evidenziare in dettaglio le variazioni locali di velocità.

Nella seguente tabella si riportano i valori di velocità delle onde P ed S dei principali litotipi, riferibili anche al contesto geologico in esame (Fonte: Hearey e Brooks 1991, Bala et al 2005, Corrao e Coco 2006, bibliografia specialistica reperibile in rete).

Tabella 1

Litotipi	Vp [m/s] min-max	Vs [m/s] min-max
<b>TERRENI E ACQUA</b>		
Alluvioni	400 - 2000	200 - 800
Sabbia asciutta	200 - 1000	80 - 400
Sabbia satura (in funzione anche del grado di saturazione)	600 - 2300	250 - 450
Sabbia siltosa	600 - 1900	200 - 600
Sabbia e ghiaia	300 - 1800	300 - 600
Limo	650 - 1250	240 - 480
Argilla	1000 - 2500	300 - 600
Argilla sabbiosa	600 - 2500	200 - 450
Acqua	1450 - 1500	0
<b>ROCCE SEDIMENTARIE</b>		
Argillite	2100 - 4400	550 - 2100
Arenaria	2000 - 6000	950 - 3100
Arenaria fratturate	800 - 2100	360 - 950
Calcare	2000 - 7000	1000 - 3300
Calcare fratturato	750 - 1500	330 - 1000
Calcarenite	1400 - 4400	800 - 2500
Calcarenite fratturata	600 - 1300	330 - 800
Marna	1500 - 2000	300 - 500
<b>ROCCE IGNEE</b>		
Basalto	1800 - 5000	1000 - 3000
Basalto fratturato	950 - 1350	480 - 700
Granitoidi	1600 - 5000	900 - 3000
Granitoidi fratturati	1000 - 1750	500 - 900
Piroclastite coerente	750 - 2500	350 - 1100
Piroclastite incoerente	350 - 1000	160 - 450

#### 2.4.1 Software di analisi

L'analisi dei dati avviene utilizzando un software specifico che elabora i dati strumentali di vari formati TXT, SEG2, SG2, DAT, SU, SEGY, SGY, XLS e DRM.

La tecnica tomografica prevede la creazione di un modello sintetico del sottosuolo e la sua perturbazione alla ricerca del minimo scarto tra le misure effettuate sul terreno e le misure "virtuali" registrate sul modello sintetico attraverso una procedura iterativa che alterna le due seguenti fasi:

- Nella fase "diretta" vengono calcolati sul modello sintetico i tempi di arrivo del impulso sismico (smartTomo è basato sul lavoro di Moser, T. J. "Shortest path calculation of seismic rays." Geophysics 56.1 ( 59 67). Il modello di velocità iniziale è suddiviso in una griglia le cui celle hanno assegnato un valore di velocità iniziale. Sui lati della cella sono presenti più nodi (il numero è scelto dall'utente che costituiscono i nodi della rete di ipotetici raggi sismici che

connettono tutte le sorgenti e tutti i ricevitori che sono anche essi dei nodi. Ogni nodo è connesso con i nodi delle celle adiacenti. Aumentando il numero di nodi aumenta il dettaglio e la precisione nel percorso dei raggi sismici ma aumenta anche l'uso di memoria. Il percorso delle onde rifratte corrisponde al percorso che impiega il minor tempo a percorrere il tragitto tra la sorgente ed il ricevitore.

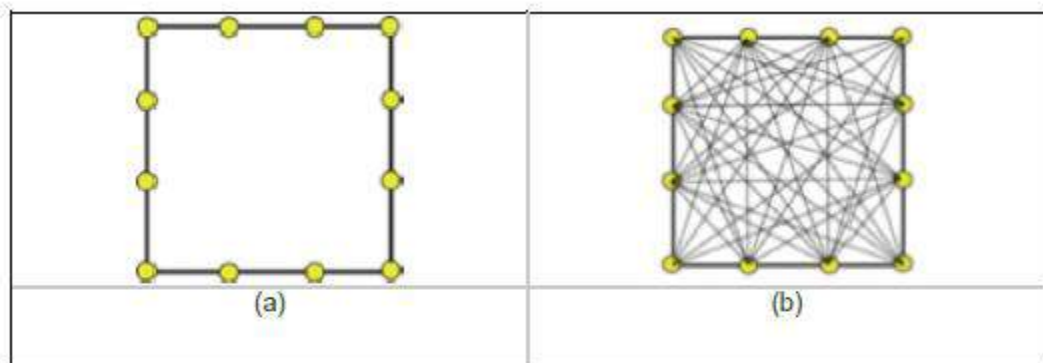


Figura 1 (a) Esempio di cella con 4 nodi; (b) visualizzazione dei possibili raggi sismici che congiungono i nodi della cella.

- Nella fase "inversa" i tempi sintetici calcolati nel passo "diretto" vengono confrontati con i tempi misurati sui sismogrammi le differenze tra i tempi sono usate per aggiornare il modello sintetico (smartTomo impiega un algoritmo riconducibile alla famiglia delle "Simultaneous Iterative Reconstruction Technique Nell'applicazione di questo metodo la velocità viene sostituita dal suo inverso, la lentezza. Ad esempio considerando un generico raggio sismico  $j$  tra la sorgente ed il ricevitore la lentezza media può essere espressa come:

$$S_{ij} = \frac{t_{0j}}{l_j}$$

dove  $t_{0j}$  rappresenta il tempo misurato tra la sorgente ed il ricevitore e  $l_j$  rappresenta la lunghezza del raggio sismico  $j$ -esimo. Pertanto, conoscendo i tempi di percorso misurato  $t_m$  e  $t_c$  per il raggio  $j$ -esimo si può calcolare il residuo del tempo di percorso:

$$\Delta t_j = t_{mj} - t_{cj}$$

Il residuo dei tempi di percorso viene proiettato su ciascuna cella  $k$  su cui si calcola anche il fattore di correzione della lentezza:

$$\Delta S_k = \frac{\sum \Delta t_{ik}}{\sum \Delta l_{ik}}$$

L'indice  $i$  rappresenta ciascun raggio sismico incidente sulla cella  $k$ -esima. Il fattore di correzione della lentezza verrà utilizzato per aggiornare il modello di velocità alla fine di ogni iterazione del ciclo di risoluzione. Questa procedura consente di ottenere un modello, con variazioni di velocità continue e non necessariamente vincolato alla presenza di rifrattori.

Ad ogni ciclo di aggiornamento segue una fase di smoothing del risultato per rendere più omogeneo il modello aggiornando le celle adiacenti ai raggi sismici che non verrebbero aggiornate e garantendo maggiore stabilità alle procedure di calcolo.

Il funzionamento della procedura è illustrato nella Figura 2 tratta da Reinhard Kirsch "Groundwater Geophysics A Tool for Hydrogeology" Springer 2006

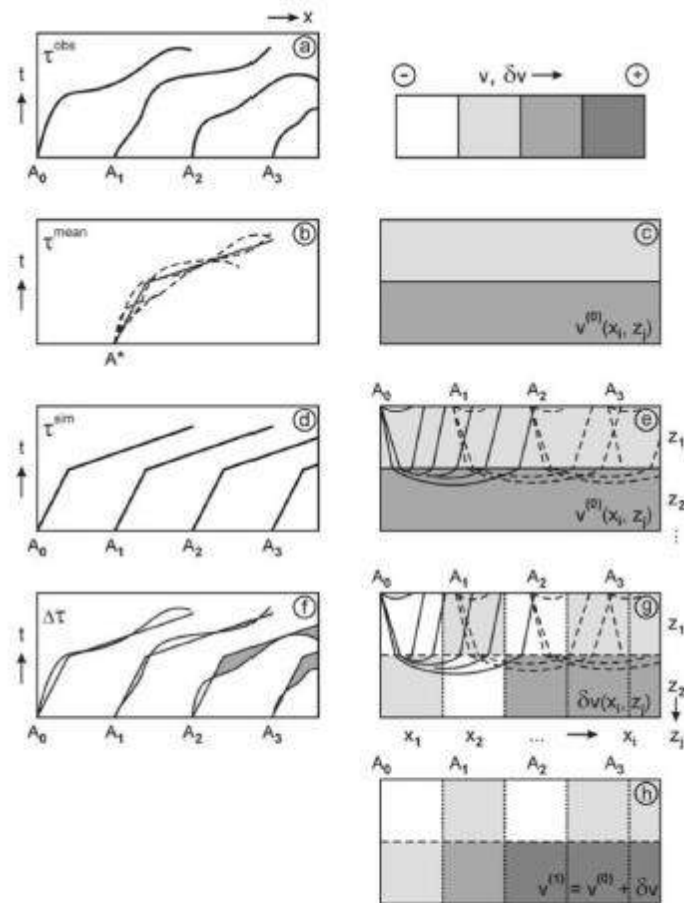


Figura 2 Immagine che illustra il processo di ottimizzazione del risultato da parte della tomografia sismica.  
 (a) Le dromocrone misurate sulle tracce registrate sul terreno sono utilizzate per costruire il modello iniziale (b) e (c).  
 (d) Utilizzando il modello iniziale (e) vengono calcolate le dromocrone simulate.  
 (f) Vengono calcolate le differenze tra le dromocrone misurate e simulate (equazione 2) e vengono calcolati gli aggiornamenti del modello di velocità (g) (equazione 3)  
 (h) Il modello di velocità aggiornato può essere utilizzato come un nuovo modello iniziale in (d) e (e) fino a quando un determinato criterio di stop è stato raggiunto.



## 2.4.2 Tomografia 1

La misura TOMO1   stata eseguita lungo una linea rettilinea di **33,00 m**. Sono stati adoperati 12 geofoni con frequenza di 4,5 Hz collocati nel terreno lungo una linea rettilinea con interdistanza di **3,00 metri**. I punti di energizzazione sono stati posti a -3,00 m; 7,50 m; 13,50 m; 19,50 m; 25,50 m; 37,50 m, 36 m di distanza dal geofono n. 1 e sullo stesso allineamento.

Nelle immagini seguenti sono riportati le schermate prodotte dal software durante il processo di elaborazione.

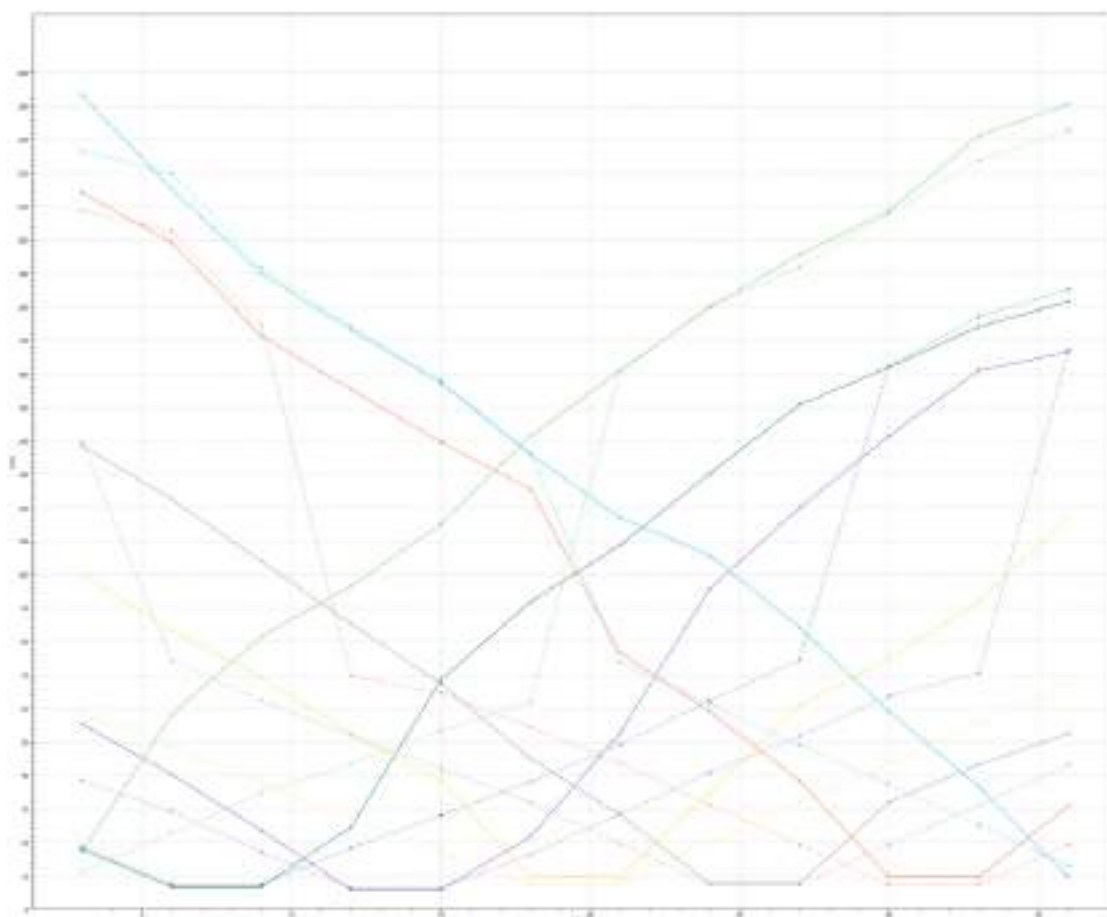


Figura 8 – Dromocrone

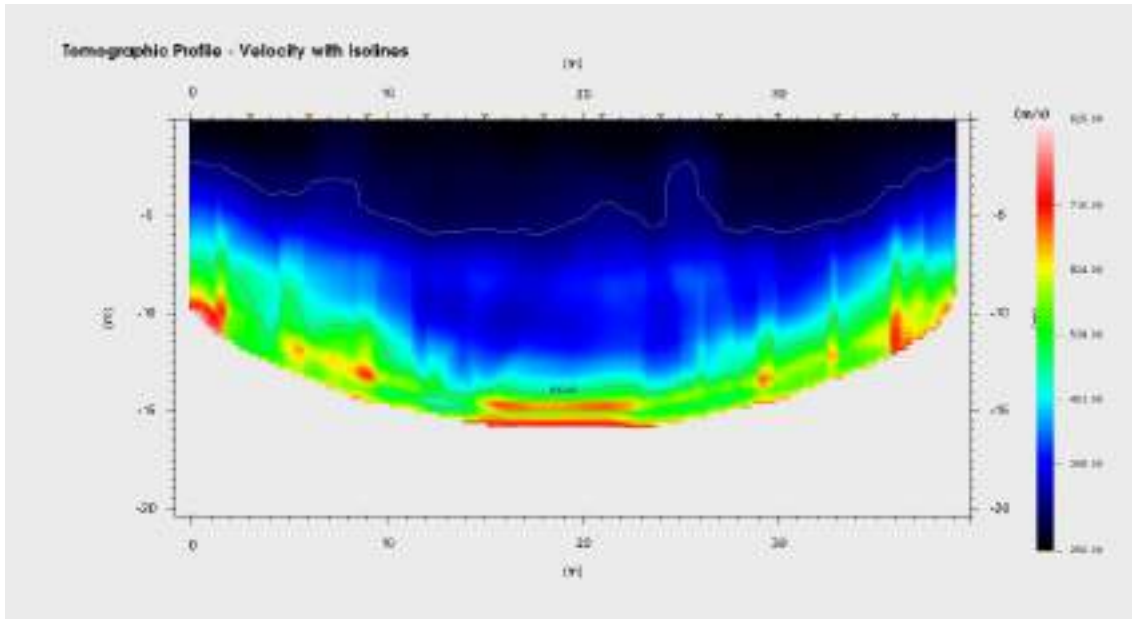


Figura 9 – Profilo tomografico

Il profilo tomografico ottenuto riporta velocità compatibili con la litologia affiorante rappresentata da depositi cineritici.

## 2.5 Prove Di Sismica Passiva A Stazione Singola (HVSr)

L'indagine sismica passiva "Horizontal to Vertical Spectral Ratio" (Metodo di Nakamura), è una tecnica d'indagine utilizzata per individuare la frequenza caratteristica di risonanza di sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale.

### 2.5.1 Cenni sulla teoria della tecnica HVSr

La tecnica HVSr può essere suddivisa nelle seguenti fasi:

- registrazione del rumore ambientale lungo tre direzioni ortogonali tra loro (x, y, z) con una singola stazione. Tale registrazione deve essere effettuata, secondo le indicazioni del progetto SESAME, per una durata non inferiore ai 20 minuti.
- tramite appositi software, si esegue un'operazione detta di windowing, in cui le tre tracce registrate vengono suddivise in finestre temporali di uguale durata. Secondo le indicazioni del succitato progetto SESAME tale dimensione, deve essere almeno pari ai 20 secondi. Queste finestre vengono filtrate in base a dei criteri che permettono di individuare l'eventuale presenza di transienti (disturbi temporanei con grandi contributi nelle frequenze alte) o di fenomeni di saturazione. Per ciascuna delle

finestre rimanenti, quindi ritenute valide, viene calcolata la trasformata di Fourier ed eseguito il lisciamento dello spettro di ampiezza per ridurre la variabilità stocastica nella stima delle ordinate spettrali.

- per ogni finestra temporale, i due spettri di Fourier relativi alle componenti orizzontali sono fusi sommando le componenti in frequenza secondo un dato criterio che può ad esempio essere una media aritmetica.

Per ciascuna coppia di cui sopra, esiste lo spettro nella direzione verticale Z, ovvero relativo alla finestra temporale sincrona a quelle della coppia considerata. Ogni componente in frequenza dello spettro verticale viene usata come denominatore nel calcolo del rapporto H/V. Questo permette quindi di ottenere il ricercato rapporto spettrale H/V per tutti gli intervalli temporali in cui è stata suddivisa la registrazione.

Eseguendo per ciascuna frequenza di tali rapporti spettrali una media sulle varie finestre, si ottiene il rapporto spettrale H/V medio, la cui frequenza di picco (frequenza in cui è localizzato il massimo valore assunto dal rapporto medio stesso) rappresenta la deducibile stima della frequenza naturale di vibrazione del sito.

#### 2.5.2 Misure HVSR

Per la campagna di misure finalizzata alla determinazione della frequenza naturale di vibrazione del sito è stata utilizzata la seguente strumentazione:

- sismografo M.A.E. Sysmatrack a 24 canali;
- sensore sismico 3D da superficie 2 Hz;

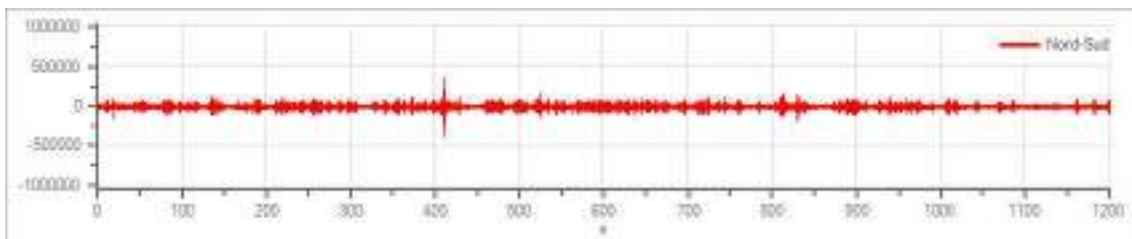
Prima di effettuare le misure, il sensore 3D è stato correttamente orientato mediante l'ausilio di una bussola e posizionato sulla superficie da investigare. Successivamente si è verificato il corretto accoppiamento dello strumento con il terreno avendo cura di metterlo in posizione perfettamente orizzontale.

Per la fase di acquisizione è stata impostata, per tutte le misure, una frequenza di campionamento pari a 250 Hz e un tempo di registrazione di 20 minuti.

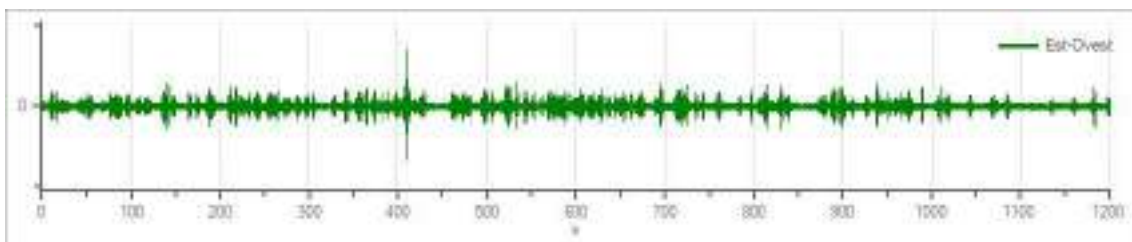
### 2.5.3 Misura HVSR1

#### Dettagli acquisizione

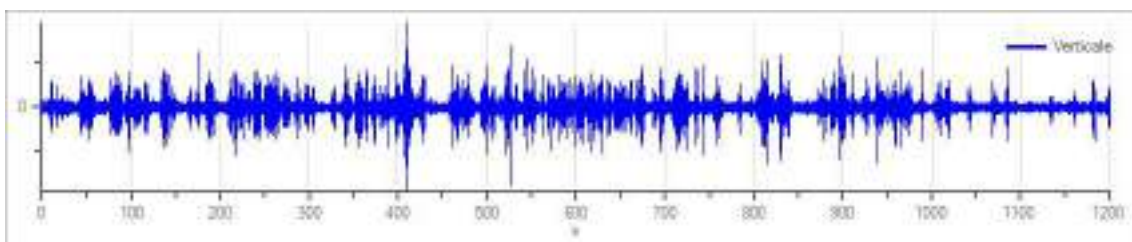
- Numero tracce: 3
- Durata registrazione: 00:20:00
- Frequenza di campionamento: 250,00 Hz
- Coordinate punto di misura: **LAT40°53'39.88"N; LONG. 14°15'26.79"E** (riferite all'ellissoide WGS 84).



Traccia in direzione Nord-Sud



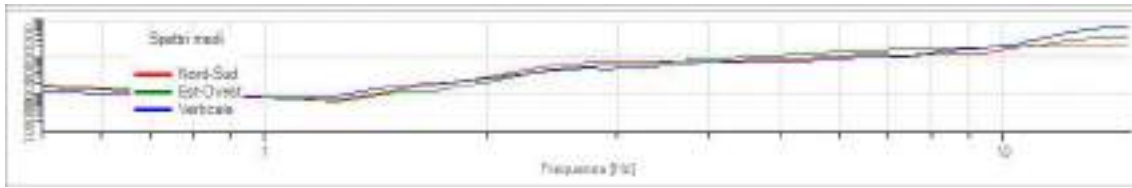
Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

#### Elaborazione

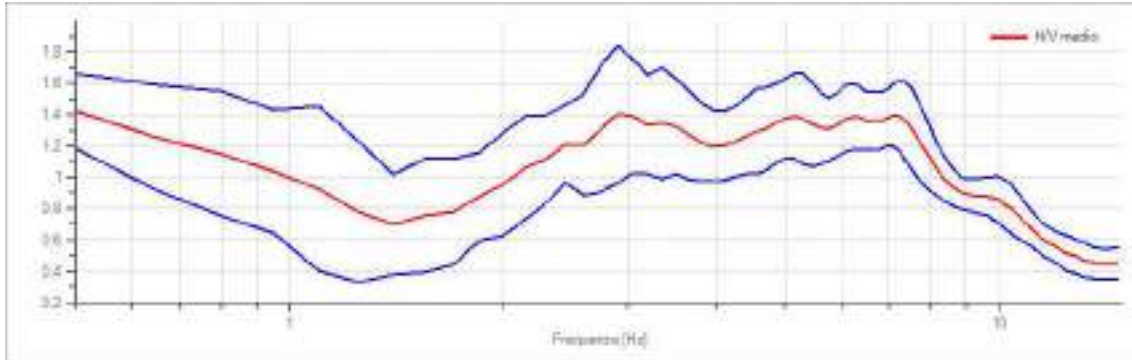
- Frequenza di campionamento:** 250 Hz  
**Numero totale di finestre temporali:** 53  
**Dimensione temporale finestre:** 20.000 s  
**Intervallo di ricerca:** 0.5 - 20.00 Hz  
**Percentuale di lisciamento:** 10.00%



Spettri medi nelle tre direzioni

**Risultati**

**curve HVSR:**



Rapporto spettrale H/V e suo intervallo di fiducia

**frequenza di picco (fo): 0.50 Hz ±0.17 Hz**

Verifiche SESAME:



Verifica	Esito
$f_0 > 10/l_w$	Ok
$n_c(f_0) > 200$	Ok
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Ok
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Ok
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	Ok
$A_0 > 2$	Non superato
$f_{\text{picco}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	Non superato
$\sigma_f < \varepsilon(f)$	Non superato
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	Ok



### CARTA UBICAZIONE INDAGINI



**Legenda**

-  Sismica passiva (HVSR)
-  Stendimento sismico di tipo MASW e sismica a rifrazione

**Report Fotografico**



**Foto 1- Stendimento sismico MASW 1 – TOMO1**



**Foto 2- Stendimento sismico MASW 1 – TOMO1**



**Foto 3- Prova sismica passiva HVSR1**



**Foto 4 Prova sismica passiva HVSR1**

Il Geologo  
Dott. Sergio Dolfin  
Geologo  
3-7-85  
n. 529

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 3.3 “Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole”



### ***PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA***

*Messa in sicurezza e riqualificazione funzionale con interventi di Adeguamento Sismico ed Efficiamento energetico dell'asilo nido Acquarola - 14° Circolo Didattico (cod. Ares 0630492230)*

Responsabile del Procedimento:

**Arch. Alfonso Ghezzi**

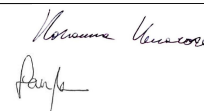
Progettisti:

**Ing. Marianna Vanacore  
Arch. Laura Bellino**

TAVOLA:

**C.01**

Descrizione elaborato:  
Stima sommaria dei costi



Data:

**Marzo 2022**



## Foglio1

n	DESCRIZIONE INTERVENTI	IMPORTO
1	demolizione tramezzature e tompagnature interne per diverse distribuzioni	€ 41.161,19
2	demolizione rivestimenti vari	€ 20.580,59
3	demolizione di pavimentazione con massetto sottostante e zoccolino	€ 123.483,56
4	demolizione di soglie, stipiti ornie, davanzali e marmo in genere	€ 12.348,36
5	rimozione di infissi interni ed esterni	€ 28.812,83
6	demolizioni in genere per interventi di consolidamento ed impianti	€ 102.902,96
7	trasporto e movimentazione delle macerie prodotte in cantiere e smaltimento degli stessi	€ 82.322,37
<b>A (demolizioni)</b>		<b>€ 411.611,85</b>
8	opere varie – opere provvisoriale e sicurezza	€ 32.928,95
9	scavi e rinterrati	€ 19.757,37
10	sottofondi e pavimenti	€ 111.958,42
11	isolamento e impermeabilizzazioni	€ 105.372,63
12	murature e tramezzature	€ 65.857,90
13	intonaci e pitturazione	€ 85.615,26
14	controsoffittature	€ 19.757,37
15	rivestimenti	€ 46.100,53
16	opere carpenteria metallica e alluminio	€ 6.585,79
17	serramenti	€ 164.644,74
<b>B (opere edili)</b>		<b>€ 658.578,96</b>
18	ripristino sezioni resistenti travi e pilastri	€ 39.514,74
19	aumento sezioni travi e pilastri	€ 42.807,63
20	interventi su solai ammalorati	€ 88.908,16
21	realizzazione di setti in c.a di contrasto alle forze orizzontali	€ 98.786,84
22	dissipatori del tipo fluido viscoso	€ 59.272,11
<b>C (opere strutturali)</b>		<b>€ 329.289,48</b>
23	Adeguamento impianto di riscaldamento e fonte rinnovabili	€ 76.559,80
24	Adeguamento impianto idrosanitario e fonti rinnovabili	€ 56.802,44
25	Adeguamento impianto elettrico e fonti rinnovabili	€ 93.847,50
26	Adeguamento impianto gas e antincendio	€ 19.757,37
<b>D (opere impiantistiche)</b>		<b>€ 246.967,11</b>
<b>TOTALE LAVORI (A+B+C+D)</b>		<b>€ 1.646.447,40</b>

## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 3.3 “Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole”



### ***PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA***

*Messa in sicurezza e riqualificazione funzionale con interventi di Adeguamento Sismico ed Efficiamento energetico dell'asilo nido Acquarola - 14° Circolo Didattico (cod. Ares 0630492230)*

Responsabile del Procedimento:

**Arch. Alfonso Ghezzi**

Progettisti:

**Ing. Marianna Vanacore  
Arch. Laura Bellino**

TAVOLA:

**R.03**

Descrizione elaborato:

**Relazione Specialistica Efficiamento Energetico**



Data:

**Marzo 2022**



## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica di fattibilità dell'intervento di riqualificazione energetica a farsi al nido Acquarola – 14° Circolo Didattico (Cod, Ares 0630492230).

Ai sensi del DPR 412/93, esso ricade nella destinazione d'uso E.7: Edifici adibiti ad attività scolastiche. L'immagine aerea seguente riporta una vista del complesso:



Figura 1 – Inquadramento dell'edificio oggetto di studio di fattibilità tecnico ed economico

L'edificio in esame è ubicato a Napoli, nella Strada comunale Acquarola, nel quartiere di Secondigliano, e fa parte del 14° Circolo Didattico. Il plesso scolastico, di modeste dimensioni, sorge in un lotto di terreno pianeggiante di forma approssimativamente trapezoidale all'interno del quale è posizionato centralmente, con modesti spazi di pertinenza su quasi tutti i lati del fabbricato; tra questi, nonostante il generale stato di verde incolto cui vertono gli spazi esterni, è presente anche una piccola area attrezzata per il gioco in corrispondenza del prospetto est dell'edificio. Il lotto presenta a sud un unico lato confinante con pubblica via, la strada comunale Acquarola, in cui è posto l'ingresso carrabile e pedonale alla scuola. Sui restanti lati l'area confina con lotti in cui sono presenti edifici residenziali. Il contesto si presenta fortemente urbanizzato.



Figura 2: Foto aerea e inquadramento del lotto e del plesso in oggetto

La configurazione dell'edificio è costituita da un singolo corpo di fabbrica, dalla forma non regolare, inscrivibile in rettangolo di dimensioni circa 36m x 50m. La non regolarità della struttura è dovuta alla presenza di rientranze in pianta molto accentuate. Il piano cantinato, posto ad una quota di - 4.10m, oggi risulta abbandonato e pertanto non utilizzato ai fini dell'attività didattica, è accessibile tramite una rampa esterna, posta a sud del fabbricato. Il piano superiore, posto a quota + 0.00m, ovvero il piano terra, è, invece, adibito all'attività didattica e vi si può accedere dall'ingresso principale della scuola, posto a sud del fabbricato, e da un insieme di accessi dislocati lungo tutto il perimetro della struttura. **L'intero volume si sviluppa su una superficie coperta di circa 991 mq, per un totale di circa 8300 mc.** Il primo impalcato è piano e realizzato a quota 0.00 m, avendo così un interpiano di 4.10 m con il piano sottostante, l'impalcato di copertura è realizzato a quote differenti, creando uno sfalsamento nella sua estensione, le quote di questo impalcato, da indagini effettuate, risultano essere: 3.50m, 3.80m, 4.30m e 6.50m. La copertura non è praticabile, eventualmente raggiungibile per sola manutenzione.

Le tabelle che seguono riportano i dati geografici e climatici utili per la redazione del presente studio:

DATI GEOGRAFICI	
Città	NAPOLI
Altitudine	17 m
Latitudine	40°51"
Longitudine	14°15"

Tabella 1: Dati geografici edificio

CLIMATIZZAZIONE INVERNALE	
Zona Climatica	C
Temperatura esterna di progetto	2 °C
Gradi Giorno	1.034 GG
Durata convenzionale del periodo di riscaldamento:	10 ore giornaliere dal 15 novembre al 15 marzo

Tabella 2: Tabella 2: Dati climatizzazione invernale edificio

## 2 STATO ESISTENTE DELL'EFFICIENZA ENERGETICA

DATI di PROGETTO			
Altitudine		[m]	17
Latitudine			40°51'
Longitudine			14°15'
Temperatura esterna	Te	[°C]	2
Località di riferimento per temperatura esterna			NAPOLI
Gradi giorno		[°C·24h]	1034
Località di riferimento per gradi giorno			NAPOLI
Zona climatica			C
Velocità del vento media giornaliera [media annuale]		[m/s]	2.3
Direzione prevalente del vento			NE
Località di riferimento del vento			
Zona vento			3
Località rif. irradiazione			;



### Irradiazione globale su superficie verticale (MJ/m<sup>2</sup>)

mese	N	NNE NNW	NE NW	ENE WNW	E W	ESE WSW	SE SW	SSE SSW	S	oriz	Te
novembre	2.4	2.4	2.8	4.1	5.9	7.8	9.6	11.2	11.9	7.6	15.5
dicembre	1.9	1.9	2.1	3.1	4.6	6.3	8.0	9.6	10.2	5.8	12.1
gennaio	2.2	2.2	2.5	3.6	5.2	7.0	8.8	10.4	11.1	6.7	10.5
febbraio	3.0	3.0	3.8	5.4	7.2	8.9	10.3	11.5	12.2	9.6	10.6
marzo	4.1	4.6	6.1	8.0	9.8	11.2	12.0	12.3	12.5	13.9	13.2

Inizio riscaldamento			<b>15-11</b>
Fine riscaldamento			<b>31-03</b>
Durata periodo di riscaldamento	p	[giorno]	<b>137</b>
Ore giornaliere di riscaldamento			<b>10</b>
Situazione esterna :			<b>in città</b>
Temperatura aria ambiente	Ta	[°C]	<b>20.0</b>
Umidità interna	Ui	[%]	<b>50.0</b>
Classe di permeabilità all'aria dei serramenti esterni: (si veda singola struttura finestrata)			

### RIEPILOGO DISPERSIONI

<b>GLOBALE EDIFICIO</b>	<b>1601.2</b>	<b>2819.6</b>	<b>0.568</b>	<b>1.256</b>	<b>0.742</b>	<b>108169</b>
<b>Appart/zona/ambiente</b>	<b>A</b>	<b>volume</b>	<b>S/V</b>	<b>Cdr</b>	<b>Cdl</b>	<b>dispers</b>
Piano/Scala: 01 <b>TERRA</b>						<b>108169</b>
<b>0101 SCUOLA ASILO NIDO "ACQUAROLA"</b>	<b>1601.2</b>	<b>2819.6</b>	<b>0.568</b>			<b>108169</b>
01 UNICO	1601.24	2819.60	0.568			108169

## CALCOLO DISPERSIONI DI CALORE PER SINGOLO AMBIENTE

AMBIENTE : 010101 UNICO

Te = 2  
Ta = 20

q	ric	largh	lungh	altez	volume	dispvol
1	2.5	53.00	13.30	4.00	2819.6	44409

nr	Co-str	q	es	U	dt	lungh	al/la	A	A•U•dt	a.es	dispra
01	192 P.E	1	NW	1.11	18	12.00	4.00	43.52	867.86	1.15	998
02	216 S.E	1	NW	3.06	18	2.30	1.95	4.48	246.73	1.15	284
03	710 PTE	1	NW	0.13	18	8.50	1.00	0.00	19.13	1.15	22
04	192 P.E	1	SW	1.11	18	9.00	4.00	27.03	539.09	1.05	566
05	216 S.E	2	SW	3.06	18	2.30	1.95	8.97	493.46	1.05	518
06	710 PTE	2	SW	0.13	18	8.50	1.00	0.00	38.25	1.05	40
07	192 P.E	1	NW	1.11	18	1.50	4.00	6.00	119.66	1.15	138
08	192 P.E	1	SW	1.11	18	8.50	4.00	28.93	576.98	1.05	606
09	216 S.E	2	SW	3.06	18	1.30	1.95	5.07	278.91	1.05	293
10	710 PTE	2	SW	0.13	18	6.50	1.00	0.00	29.25	1.05	31
11	216 S.E	2	SW	3.06	18	0.75	1.95	2.92	160.91	1.05	169
12	710 PTE	2	SW	0.13	18	5.40	1.00	0.00	24.30	1.05	26
13	192 P.E	1	NW	1.11	18	5.50	4.00	11.08	221.08	1.15	254
14	216 S.E	2	NW	3.06	18	1.85	2.95	10.92	600.46	1.15	691
15	710 PTE	2	NW	0.13	18	9.60	1.00	0.00	43.20	1.15	50
16	192 P.E	1	SW	1.11	18	5.00	4.00	9.08	181.19	1.05	190
17	216 S.E	1	SW	3.06	18	3.70	2.95	10.92	600.46	1.05	630
18	710 PTE	1	SW	0.13	18	13.30	1.00	0.00	29.93	1.05	31
19	192 P.E	1	SE	1.11	18	5.50	4.00	11.08	221.08	1.10	243
20	216 S.E	2	SE	3.06	18	1.85	2.95	10.92	600.46	1.10	661
21	710 PTE	2	SE	0.13	18	9.60	1.00	0.00	43.20	1.10	48
22	192 P.E	1	SW	1.11	18	13.20	4.00	44.22	881.92	1.05	926
23	216 S.E	2	SW	3.06	18	2.20	1.95	8.58	472.00	1.05	496
24	710 PTE	2	SW	0.13	18	8.30	1.00	0.00	37.35	1.05	39
25	216 S.E	2	SW	3.06	18	0.75	1.95	2.92	160.91	1.05	169
26	710 PTE	2	SW	0.13	18	5.40	1.00	0.00	24.30	1.05	26
27	192 P.E	1	SE	1.11	18	2.50	4.00	10.00	199.44	1.10	219
28	192 P.E	1	SW	1.11	18	1.50	4.00	6.00	119.66	1.05	126
29	192 P.E	1	SE	1.11	18	6.50	4.00	23.11	460.91	1.10	507
30	216 S.E	2	SE	3.06	18	0.85	1.70	2.89	158.99	1.10	175
31	710 PTE	2	SE	0.13	18	5.10	1.00	0.00	22.95	1.10	25
32	216 S.E	1	SE	3.06	18	1.55	1.70	2.63	144.96	1.10	159
33	710 PTE	1	SE	0.13	18	6.50	1.00	0.00	14.63	1.10	16
34	216 S.E	1	SE	3.06	18	0.90	2.15	1.94	106.45	1.10	117
35	710 PTE	1	SE	0.13	18	6.10	1.00	0.00	13.72	1.10	15
36	192 P.E	1	NE	1.11	18	9.00	4.00	33.11	660.35	1.20	792
37	216 S.E	2	NE	3.06	18	0.85	1.70	2.89	158.99	1.20	191
38	710 PTE	2	NE	0.13	18	5.10	1.00	0.00	22.95	1.20	28
39	192 P.E	1	NW	1.11	18	2.50	4.00	10.00	199.44	1.15	229
40	192 P.E	1	NE	1.11	18	7.20	4.00	19.83	395.49	1.20	475
41	216 S.E	2	NE	3.06	18	2.30	1.95	8.97	493.46	1.20	592
42	710 PTE	2	NE	0.13	18	8.50	1.00	0.00	38.25	1.20	46
43	192 P.E	1	SE	1.11	18	14.00	4.00	27.68	552.05	1.10	607
44	216 S.E	4	SE	3.06	18	2.40	2.95	28.32	1557.95	1.10	1714



## CALCOLO DISPERSIONI DI CALORE PER SINGOLO AMBIENTE

AMBIENTE : 010101 UNICO											
nr	Co-str	q	es	U	dt	lung	al/la	A	A·U·dt	a.es	dispra
45	710 PTE	4	SE	0.13	18	10.70	1.00	0.00	96.30	1.10	106
46	192 P.E	1	SW	1.11	18	13.00	4.00	35.91	716.24	1.05	752
47	216 S.E	5	SW	3.06	18	1.65	1.95	16.09	885.01	1.05	929
48	710 PTE	5	SW	0.13	18	7.20	1.00	0.00	81.00	1.05	85
49	192 P.E	1	SE	1.11	18	10.50	4.00	31.86	635.42	1.10	699
50	216 S.E	4	SE	3.06	18	1.30	1.95	10.14	557.82	1.10	614
51	710 PTE	4	SE	0.13	18	6.50	1.00	0.00	58.50	1.10	64
52	192 P.E	1	NE	1.11	18	6.50	4.00	15.86	316.31	1.20	380
53	216 S.E	4	NE	3.06	18	1.30	1.95	10.14	557.82	1.20	669
54	710 PTE	4	NE	0.13	18	6.50	1.00	0.00	58.50	1.20	70
55	192 P.E	1	SE	1.11	18	5.50	4.00	18.88	376.54	1.10	414
56	216 S.E	1	SE	3.06	18	1.60	1.95	3.12	171.64	1.10	189
57	710 PTE	1	SE	0.13	18	7.10	1.00	0.00	15.97	1.10	18
58	216 S.E	1	SE	3.06	18	2.20	1.00	2.20	121.03	1.10	133
59	710 PTE	1	SE	0.13	18	6.40	1.00	0.00	14.40	1.10	16
60	216 S.E	1	SE	3.06	18	0.90	1.95	1.75	96.55	1.10	106
61	710 PTE	1	SE	0.13	18	5.70	1.00	0.00	12.83	1.10	14
62	192 P.E	1	SW	1.11	18	1.50	4.00	3.80	75.79	1.05	80
63	216 S.E	1	SW	3.06	18	1.00	2.20	2.20	121.03	1.05	127
64	710 PTE	1	SW	0.13	18	6.40	1.00	0.00	14.40	1.05	15
65	192 P.E	1	SE	1.11	18	4.50	4.00	13.52	269.54	1.10	296
66	216 S.E	1	SE	3.06	18	2.30	1.95	4.48	246.73	1.10	271
67	710 PTE	1	SE	0.13	18	8.50	1.00	0.00	19.13	1.10	21
68	192 P.E	1	NE	1.11	18	11.60	4.00	46.40	925.40	1.20	1110
69	192 P.E	1	NW	1.11	18	3.12	4.00	8.00	159.45	1.15	183
70	216 S.E	1	NW	3.06	18	2.30	1.95	4.48	246.73	1.15	284
71	710 PTE	1	NW	0.13	18	8.50	1.00	0.00	19.13	1.15	22
72	192 P.E	1	NE	1.11	18	13.40	4.00	40.15	800.65	1.20	961
73	216 S.E	3	NE	3.06	18	2.30	1.95	13.45	740.19	1.20	888
74	710 PTE	3	NE	0.13	18	8.50	1.00	0.00	57.38	1.20	69
75	192 P.E	1	NW	1.11	18	7.65	4.00	26.12	520.84	1.15	599
76	216 S.E	1	NW	3.06	18	2.30	1.95	4.48	246.73	1.15	284
77	710 PTE	1	NW	0.13	18	8.50	1.00	0.00	19.13	1.15	22
78	216 S.E	1	NW	3.06	18	2.75	2.95	8.11	446.29	1.15	513
79	710 PTE	1	NW	0.13	18	11.40	1.00	0.00	25.65	1.15	29
80	192 P.E	1	NW	1.11	18	8.00	4.00	22.12	441.11	1.15	507
81	216 S.E	1	NW	3.06	18	3.35	2.95	9.88	543.66	1.15	625
82	710 PTE	1	NW	0.13	18	12.60	1.00	0.00	28.35	1.15	33
83	192 P.E	1	SW	1.11	18	5.50	4.00	17.71	353.21	1.05	371
84	216 S.E	1	SW	3.06	18	1.95	2.20	4.29	236.00	1.05	248
85	710 PTE	1	SW	0.13	18	8.30	1.00	0.00	18.68	1.05	20
86	192 P.E	1	NW	1.11	18	10.00	4.00	37.52	748.37	1.15	861
87	216 S.E	1	NW	3.06	18	1.27	1.95	2.48	136.24	1.15	157
88	710 PTE	1	NW	0.13	18	6.44	1.00	0.00	14.49	1.15	17
89	216 S.E	1	NW	3.06	18	2.06	1.95	4.02	220.98	1.15	254
90	710 PTE	1	NW	0.13	18	8.02	1.00	0.00	18.04	1.15	21
91	216 S.E	1	NW	3.06	18	1.72	1.95	3.35	184.51	1.15	212
92	710 PTE	1	NW	0.13	18	7.34	1.00	0.00	16.52	1.15	19
93	216 S.E	1	NW	3.06	18	1.95	1.95	3.80	209.18	1.15	241



## CALCOLO DISPERSIONI DI CALORE PER SINGOLO AMBIENTE

AMBIENTE : 010101 UNICO

nr	Co-str	q	es	U	dt	lungh	al/la	A	A•U•dt	a.es	dispra
94	710 PTE	1	NW	0.13	18	7.80	1.00	0.00	17.55	1.15	20
95	192 P.E	1	NE	1.11	18	11.50	4.00	37.52	748.25	1.20	898
96	216 S.E	3	NE	3.06	18	1.45	1.95	8.48	466.64	1.20	560
97	710 PTE	3	NE	0.13	18	6.80	1.00	0.00	45.90	1.20	55
98	500 PAV	1	U1	1.45	10	13.30	53.00	704.90	10185.81	1.00	10186
99	653 SOF	1	TF	1.65	20	13.30	53.00	704.90	23247.60	1.00	23248
<b>TOTALI:</b>		<b>dispvol</b>	<b>+</b>	<b>(dispra•au%)</b>		<b>=</b>	<b>A</b>	<b>volume</b>	<b>S/V</b>		
		44409		63761	0%	108169	1601.24	2819.6	0.57		

Nelle pagine successive sono riportate le tabelle relative alle:

### CARATTERISTICHE TERMICHE E IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI TRASPARENTI

#### LEGENDA

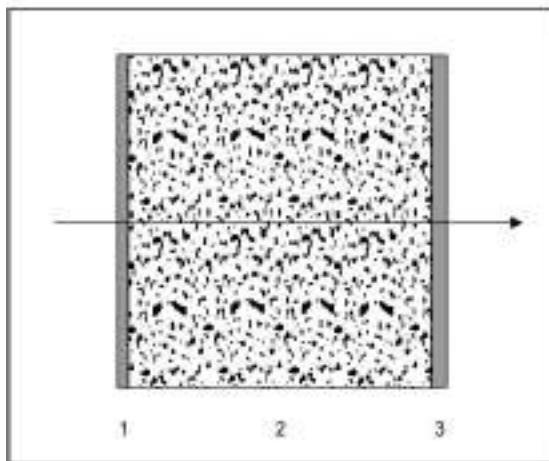
s	[m]	Spessore dello strato
$\lambda$	[W/mK]	Conduttività termica del materiale
C	[W/m <sup>2</sup> K]	Conduttanza unitaria
$\rho$	[kg/m <sup>3</sup> ]	Massa volumica
$\delta_a \cdot 10^{12}$	[kg/msPa]	Permeabilità di vapore nell'intervallo di umidità relativa 0-50 %
$\delta_u \cdot 10^{12}$	[kg/msPa]	Permeabilità di vapore nell'intervallo di umidità relativa 50-95 %
R	[m <sup>2</sup> K/W]	Resistenza termica dei singoli strati
A <sub>g</sub>	[m <sup>2</sup> ]	Area del vetro
A <sub>f</sub>	[m <sup>2</sup> ]	Area del telaio
L <sub>g</sub>	[m]	Lunghezza perimetrale della superficie vetrata
U <sub>g</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
U <sub>f</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza termica del telaio
$\Psi_l$	[W/mK]	Trasmittanza lineica (nulla in caso di singolo vetro)
U <sub>w</sub>	[W/m <sup>2</sup> K]	Trasmittanza termica totale del serramento
c	[J/(kg·K)]	Capacità termica specifica
$\delta$	[m]	Profondità di penetrazione periodica di un'onda termica
$\xi$	[-]	Rapporto tra lo spessore dello strato e la profondità di penetrazione
$\chi$	[J/(m <sup>2</sup> K)]	Capacità termica areica
Y <sub>mn</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	Ammettenza termica dinamica
Z <sub>mn</sub>		Elemento della matrice di trasmissione del calore
Z <sub>11</sub>	[-]	
Z <sub>12</sub>	[m <sup>2</sup> ·K/W]	
Z <sub>21</sub>	[W/(m <sup>2</sup> K)]	
Z <sub>22</sub>	[-]	
T	[s]	Periodo delle variazioni
$\Delta t$	[s]	Variazione di tempo: anticipo (se positiva) o ritardo (se negativa)

## CARATTERISTICHE TERMICHE/IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

TIPO DI STRUTTURA *Parete esterna*

cod 191 P.E

Massa [kg/m <sup>3</sup> ]	1325,0	Capacità [kJ/m <sup>2</sup> K]	1694,9	Type Ashrae	41				
N	Descrizione strato (dall'interno verso l'esterno)		s (m)	λ (W/mK)	C (W/m <sup>2</sup> K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	δa 10 <sup>12</sup> (kg/m <sup>3</sup> Pa)	δu 10 <sup>12</sup> (kg/m <sup>3</sup> Pa)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Intonaco di gesso puro		0,0200	0,350	17,50	1200	18,7500	18,7500	0,057
2	Tufo		0,5500	1,700	3,09	2300	1,2000	1,2000	0,324
3	Intonaco di gesso puro		0,0300	0,350	11,67	1200	18,7500	18,7500	0,086
SPESSORE TOTALE [m]			0,6000						

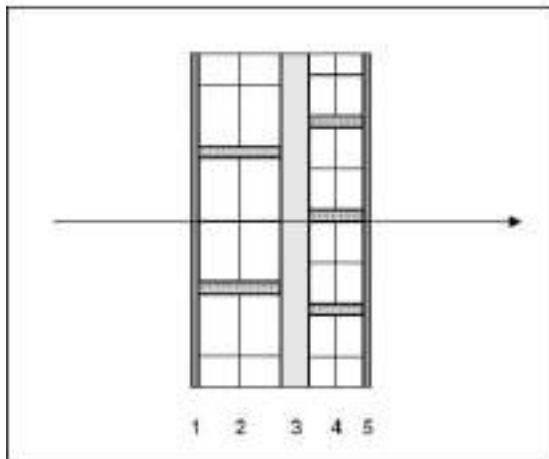


Conduttanza unitaria superficie interna	8	Resistenza unitaria superficie interna	0,130
Conduttanza unitaria superficie esterna	25	Resistenza unitaria superficie esterna	0,040
TRASMITTANZA TOTALE [W/m <sup>2</sup> K]	1,571	RESISTENZA TERMICA TOTALE [m <sup>2</sup> K/W]	0,638

## CARATTERISTICHE TERMICHE/IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

**TIPO DI STRUTTURA** Muro costituito da laterizio forato con camera d'aria.  
cod 192 P.E

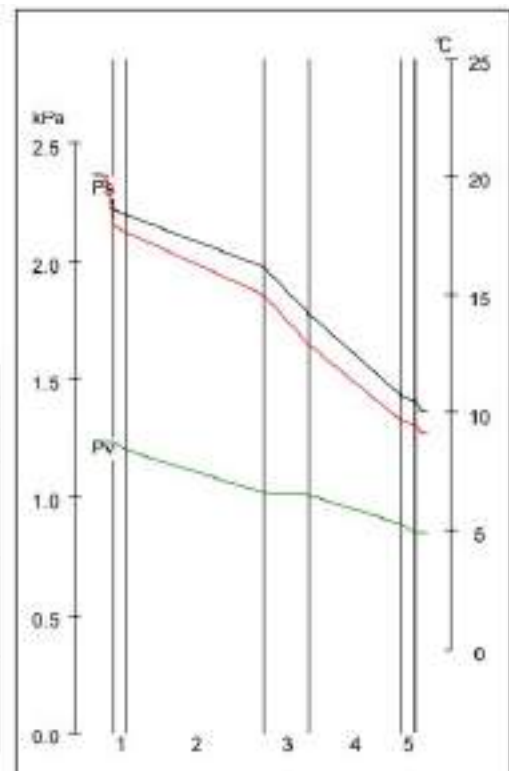
Massa [kg/m <sup>3</sup> ]	231.1	Capacità [kJ/m <sup>3</sup> K]	194.1	Type Ashrae	7				
N	Descrizione strato (dall'interno verso l'esterno)		s (m)	λ (W/mK)	C (W/m <sup>2</sup> K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	δa 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	δu 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Intonaco di calce e gesso		0,0150	0,700	46,67	1400	18,0000	18,0000	0,021
2	Laterizi in mattoni forati		0,1500		5,000	780	38,0000	38,0000	0,200
3	Intercapedine d'aria non ventilata sp. 50 mm , superfici opache, flusso di calore orizzontale UNI 6946		0,0500		5,556	1,30	193,0000	193,0000	0,180
4	Laterizi in mattoni forati		0,1000		3,226	720	38,0000	38,0000	0,310
5	Intonaco di calce e gesso		0,0150	0,700	46,67	1400	18,0000	18,0000	0,021
SPESSORE TOTALE [m]			0,3300						



Conduttanza unitaria superficie interna	8	Resistenza unitaria superficie interna	0,130
Conduttanza unitaria superficie esterna	25	Resistenza unitaria superficie esterna	0,040
TRASMITTANZA TOTALE[W/m <sup>2</sup> K]	1,108	RESISTENZA TERMICA TOTALE[m <sup>2</sup> K/W]	0,903

### VERIFICA IGROMETRICA — CONDIZIONI AL CONTERNO ESEGUITA A NORMA EN ISO 13788 (UNI10350)

CONDIZIONE	Ti(°C)	Pi(Pa)	Te(°C)	Pe(Pa)
INVERNALE: gennaio	20.0	1234	10.5	849
ESTIVA: agosto	26.5	2043	26.5	2043
<input checked="" type="checkbox"/> La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale; la differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a [Pa]				425
<input type="checkbox"/> La struttura è soggetta a fenomeni di condensa; la quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m <sup>2</sup> ] (ammissibile ed evaporabile nella stagione estiva)				
<input checked="" type="checkbox"/> La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale; la differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a [Pa]				979

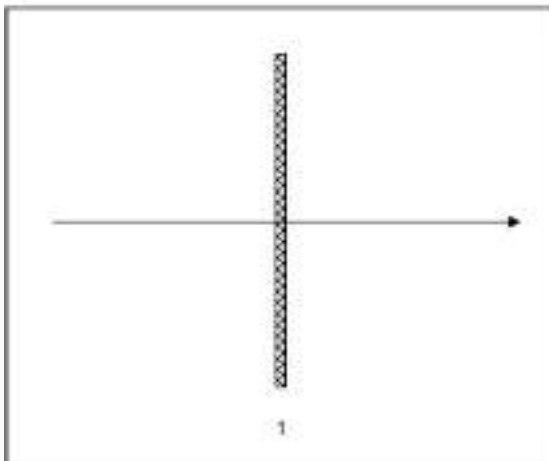




## CARATTERISTICHE TERMICHE DEI COMPONENTI TRASPARENTI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

TIPO DI STRUTTURA *Serramento vetrato in vetro camera 4-9-4, adimensionale, telaio in alluminio cod 216 S.E*

<b>Massa [kg/m<sup>2</sup>]</b>	20.4	<b>Capacità [kJ/m<sup>2</sup>K]</b>	17.1					
N	Descrizione strato (dal l'interno verso l'esterno)	s (m)	λ (W/mK)	C (W/m <sup>2</sup> K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	δa 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	δu 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Superfici vetrate con vetro camera 4-9-4 (U=3,049) e telaio (s = 16%) in alluminio con taglio termico da 12mm	0,0170		6,793	1200	0,0000	0,0000	0,147
SPESSORE TOTALE [m]		0,0170						



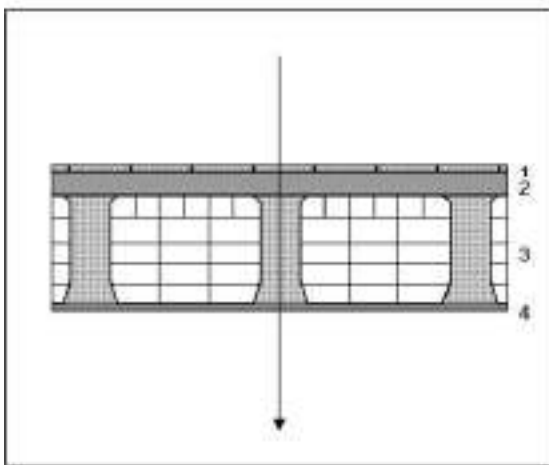
Conduttanza unitaria superficie interna	7	Resistenza unitaria superficie interna	0,140
Conduttanza unitaria superficie esterna	25	Resistenza unitaria superficie esterna	0,040
TRASMITTANZA TOTALE[W/m <sup>2</sup> K]	3,056	RESISTENZA TERMICA TOTALE[m <sup>2</sup> K/W]	0,327

Descrizione	Ag (m <sup>2</sup> )	Af (m <sup>2</sup> )	Lg (m)	Ug (W/m <sup>2</sup> K)	Uf (W/m <sup>2</sup> K)	ψl (W/mK)	Uw (W/m <sup>2</sup> K)
Serramento singolo	1.90	0.35	7.50	3.490	3.100	0.050	3.596
Doppio serramento e/o combinato							

## CARATTERISTICHE TERMICHE/IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

**TIPO DI STRUTTURA** Pavimento tra ambienti abitati, senza isolamento, finitura in ceramica  
cod 500 PAV

Massa [kg/m <sup>2</sup> ]	515.5	Capacità [kJ/m <sup>2</sup> K]	433.0	Type Ashrae	13			
N	Descrizione strato (dall'interno verso l'esterno)	s (m)	λ (W/mK)	C (W/m <sup>2</sup> K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	δa 10 <sup>12</sup> (kg/m <sup>2</sup> Pa)	δu 10 <sup>12</sup> (kg/m <sup>2</sup> Pa)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Piastrelle di ceramica	0,0150	1,000	66,67	2300	0,9380	0,9380	0,015
2	Malta cementizia magra di sottofondo	0,0500	1,400	28,00	2000	6,2500	6,2500	0,036
3	Solaio di tipo predalles, senza soletta cls, laterizio 12 cm, sp tot 24 cm; da 1500, flusso ascendente (da UNI 10355)	0,2400		3,571	1500	31,2500	31,2500	0,280
4	intonaco di calce e gesso	0,0150	0,700	46,67	1400	18,0000	18,0000	0,021
SPESSORE TOTALE [m]		0,3200						



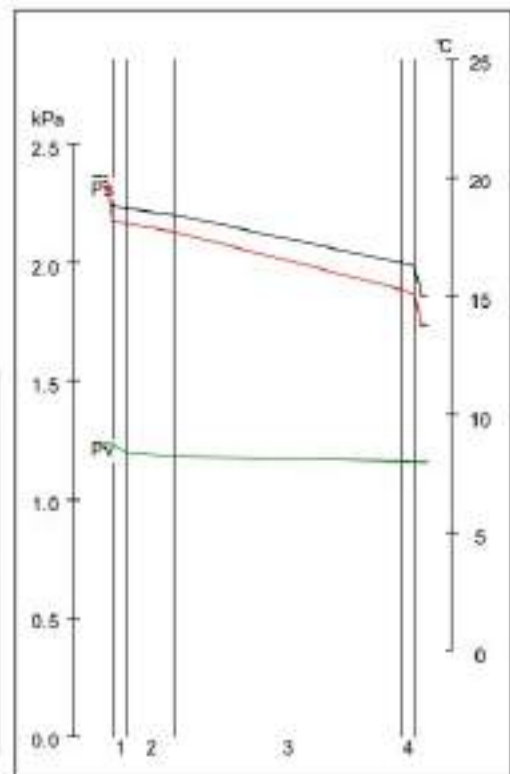
Conduttanza unitaria superficie interna	6	Resistenza unitaria superficie interna	0,170
---	---	--	-------

Conduttanza unitaria superficie esterna	6	Resistenza unitaria superficie esterna	0,170
---	---	--	-------

TRASMITTANZA TOTALE [W/m <sup>2</sup> K]	1,445	RESISTENZA TERMICA TOTALE [m <sup>2</sup> K/W]	0,692
--	-------	--	-------

### VERIFICA IGROMETRICA — CONDIZIONI AL CONTORNO ESEGUITA A NORMA EN ISO 13788 (UNI10350)

CONDIZIONE	Ti(°C)	Pi(Pa)	Te(°C)	Pe(Pa)
INVERNALE: gennaio	20.0	1234	15.3	1159
ESTIVA: agosto	26.5	2043	26.5	2043
<input checked="" type="checkbox"/> La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale; la differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a [Pa]				657
<input type="checkbox"/> La struttura è soggetta a fenomeni di condensa; la quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m <sup>2</sup> ] (ammissibile ed evaporabile nella stagione estiva)				
<input checked="" type="checkbox"/> La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa superficiale; la differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a [Pa]				1006

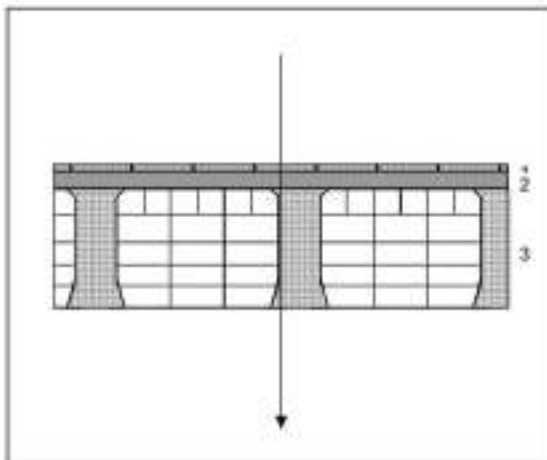




## CARATTERISTICHE TERMICHE/IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

**TIPO DI STRUTTURA** *Pavimento su vespaio debolmente ventilato, finitura in gres*  
*cod 524 PAV*

Massa [kg/m <sup>2</sup> ]	415,0	Capacità [kJ/m <sup>2</sup> K]	348,6	Type Ashrae				16
N	Descrizione strato (dall'interno verso l'esterno)	s (m)	λ (W/mK)	C (W/m <sup>2</sup> K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	δa 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	δu 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Gres	0,0150	1,700	113,33	2400	0,9380	0,9380	0,009
2	Malta cementizia magra di sottofondo	0,0400	1,400	35,00	2000	6,2500	6,2500	0,029
3	Soletta mista da 20 cm. in laterizio +6, nervature in cemento armato; 1150 (da UNI 10355)	0,2600		2,857	1150	31,2500	31,2500	0,350
SPESSORE TOTALE [m]		0,3150						

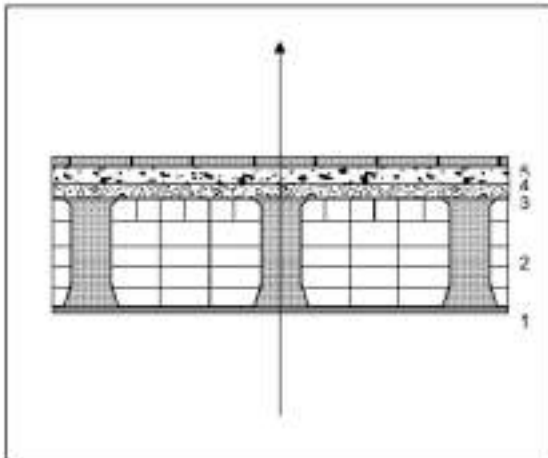


Conduttanza unitaria superficie interna	6	Resistenza unitaria superficie interna	0,170
Conduttanza unitaria superficie esterna	6	Resistenza unitaria superficie esterna	0,170
TRASMITTANZA TOTALE[W/m <sup>2</sup> K]	1,375	RESISTENZA TERMICA TOTALE[m <sup>2</sup> K/W]	0,727

## CARATTERISTICHE TERMICHE/IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

**TIPO DI STRUTTURA** *Soffitto tra ambienti abitati, senza isolamento, finitura in ceramica*  
*cod 600 SOF*

Massa [kg/m <sup>2</sup> ]	485,5	Capacità [kJ/m <sup>2</sup> K]	410,2	Type Ashrae		24					
N	Descrizione strato (dall'interno verso l'esterno)		s (m)	λ (W/mK)	C (W/m <sup>2</sup> K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	δa 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	δu 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	R (m <sup>2</sup> K/W)		
1	Intonaco di calce e gesso		0,0150	0,700	46,67	1400	18,0000	18,0000	0,021		
2	Solaio di tipo predalles, senza soletta cls, laterizio 12 cm, sp tot 24 cm; da 1500, flusso ascendente (da UNI 10355)		0,2400		3,571	1500	31,2500	31,2500	0,280		
3	Calcestruzzo di sabbia e ghiaia 2000 per pareti esterne non protette		0,0300	1,260	42,00	2000	2,9000	3,7500	0,024		
4	Calcestruzzo di perlite e di vermiculite 250 di sottofondo		0,0400	0,130	3,25	250	38,0000	38,0000	0,308		
5	Piastrille di ceramica		0,0150	1,000	66,67	2300	0,9380	0,9380	0,015		
SPESSORE TOTALE [m]			0,3400								

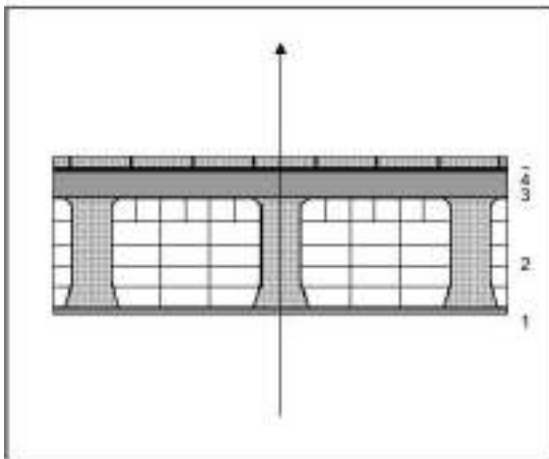


Conduttanza unitaria superficie interna	10	Resistenza unitaria superficie interna	0,100
Conduttanza unitaria superficie esterna	10	Resistenza unitaria superficie esterna	0,100
TRASMITTANZA TOTALE[W/m <sup>2</sup> K]	1,179	RESISTENZA TERMICA TOTALE[m <sup>2</sup> K/W]	0,848

## CARATTERISTICHE TERMICHE/IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

**TIPO DI STRUTTURA** *Solaio di copertura a terrazzo*  
cod 653 SOF

Massa [kg/m <sup>2</sup> ]	545,1	Capacità [kJ/m <sup>2</sup> K]	458,7	Type Ashrae		12			
N	Descrizione strato (dall'interno verso l'esterno)		s (m)	λ (W/mK)	C (W/m <sup>2</sup> K)	ρ (kg/m <sup>3</sup> )	δa 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	δu 10 <sup>12</sup> (kg/msPa)	R (m <sup>2</sup> K/W)
1	Intonaco di calce e gesso		0,0150	0,700	46,67	1400	18,0000	18,0000	0,021
2	Solaio di tipo predalles, senza soletta cls, laterizio 12 cm, sp tot 24 cm; da 1500, flusso ascendente (da UNI 10355)		0,2400		3,571	1500	31,2500	31,2500	0,280
3	Malta cementizia magra di sottofondo		0,0600	1,400	23,33	2000	6,2500	6,2500	0,043
4	Bitume		0,0080	0,170	21,25	1200	0,0094	0,0094	0,047
5	Piastrine di ceramica		0,0150	1,000	66,67	2300	0,9380	0,9380	0,015
SPESSORE TOTALE [m]			0,3380						

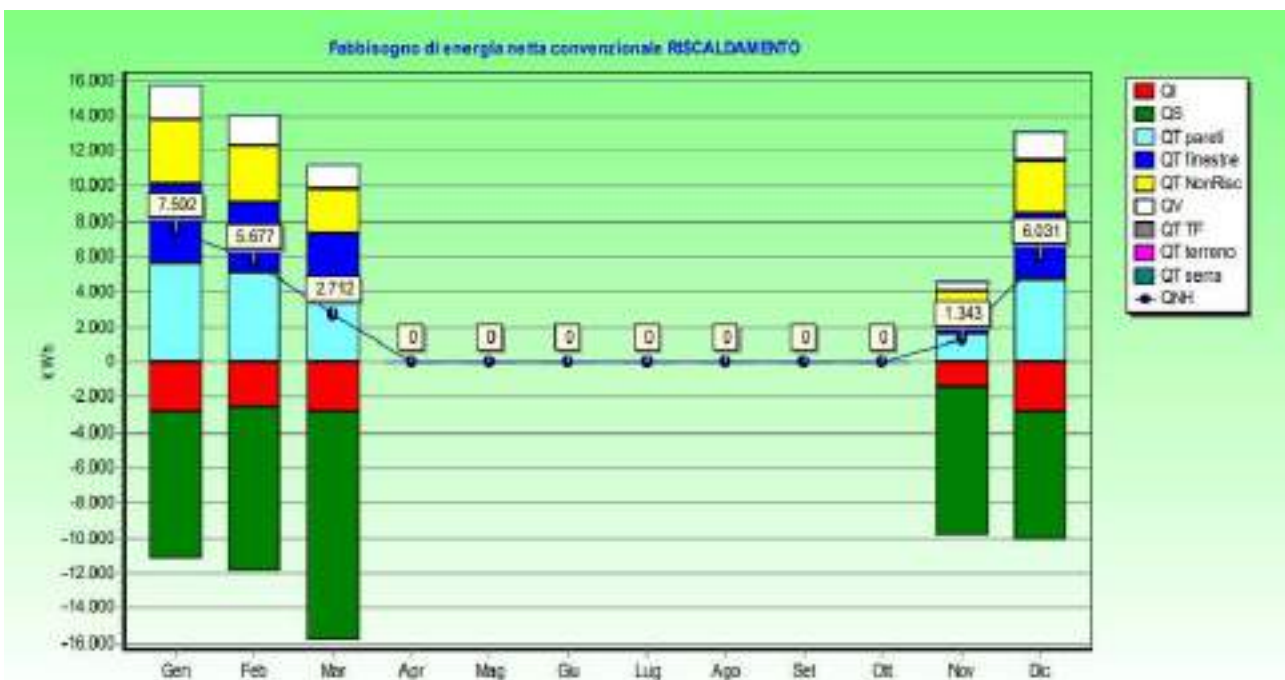


Conduttanza unitaria superficie interna	10	Resistenza unitaria superficie interna	0,100
Conduttanza unitaria superficie esterna	10	Resistenza unitaria superficie esterna	0,100
TRASMITTANZA TOTALE [W/m <sup>2</sup> K]	1,649	RESISTENZA TERMICA TOTALE [m <sup>2</sup> K/W]	0,606

### Dettaglio analitico e grafico del fabbisogno di energia netta convenzionale (in regime di RISCALDAMENTO)

ENERGIA IN [MJ]	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Ottobre	Novembre	Dicembre	Totali
QT strutture opache	20266	18112	14506	0	0	5891	16853	75628
QT finestre	16239	14513	11623	0	0	4720	13504	60599
QT non riscaldati	12859	11582	9276	0	0	3767	10776	48359
QT ambienti adiacenti TF	0	0	0	0	0	0	0	0
QT terreno	0	0	0	0	0	0	0	0
Qt extra flusso	6104	5595	6097	0	0	3129	6124	27079
QT totale	55627	49771	41503	0	0	17506	47257	211665
QV ventilazione	7174	6412	5135	0	0	2085	5966	26773
QL	62802	56183	46838	0	0	19591	53223	238438
QI apporti interni	10069	9095	10069	0	0	5197	10069	44500
Qs apporti solari (opachi + trasparenze)	35713	40144	55953	0	0	19189	31173	182172
Qse apporti serra	0	0	0	0	0	0	0	0
Rapporto apporti/dispersioni	0.729	0.876	1.416	0.000	0.000	1.245	0.775	
nu. Fattore utilizzazione apporti	0.782	0.726	0.559	0.000	0.000	0.605	0.764	
<b>Qn,h Fabbisogno riscaldamento</b>	<b>27008</b>	<b>20438</b>	<b>9763</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>4636</b>	<b>21712</b>	<b>83757</b>

RISCALDAMENTO	Totale	Unità
Dispersione per trasmissione	20.9	kWh/m <sup>2</sup>
Dispersione per ventilazione	2.6	kWh/m <sup>2</sup>
Apporti serra	0.0	kWh/m <sup>2</sup>
Costante di tempo	17.2	h
Apporti interni	4.4	kWh/m <sup>2</sup>
Apporti solari	17.9	kWh/m <sup>2</sup>
Fabbisogno netto	8.3	kWh/m <sup>2</sup>
Volume lordo	2819.6	m <sup>3</sup>

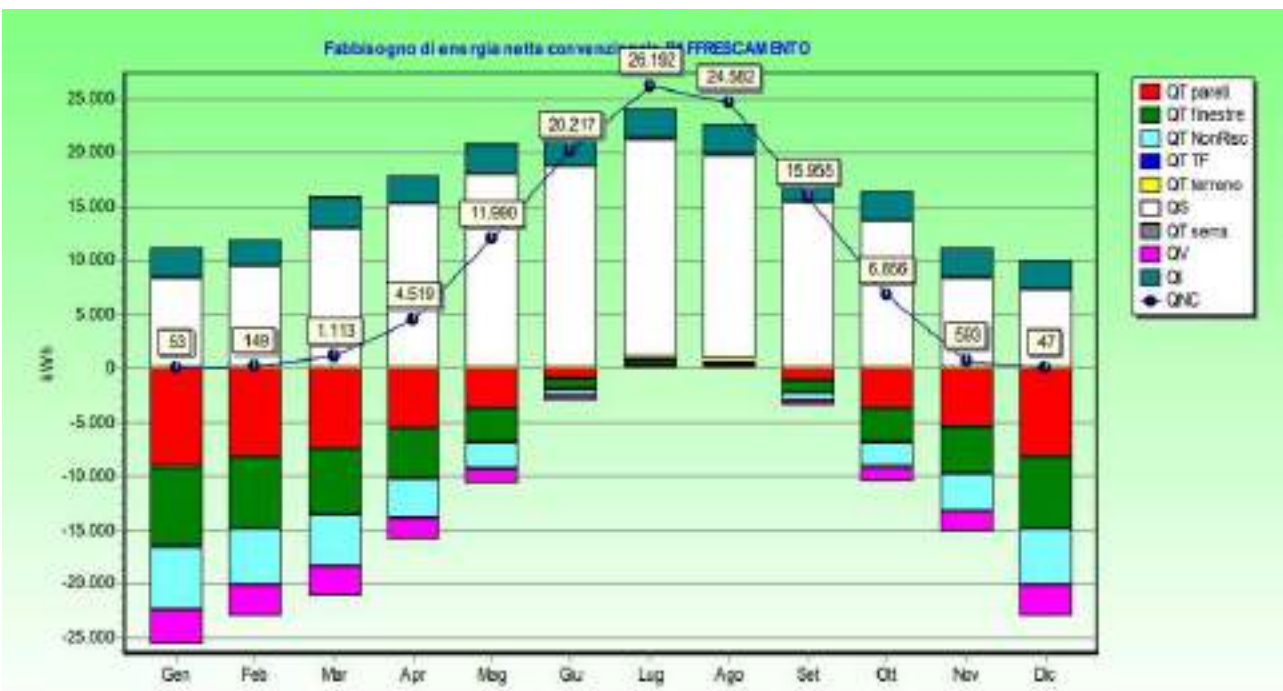




### Dettaglio analitico e grafico del fabbisogno di energia netta convenzionale (in regime di RAFFRESCAMENTO)

ENERGIA [MJ]	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giù	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totale
QT opache	33066	29673	27306	20945	13866	3822	-1460	-1067	4542	13653	19629	29653	193395
QT finestre	26495	23776	21880	16542	11111	3143	-1197	-855	3639	10940	15728	23760	154862
QT NR	21143	18074	17460	13201	8887	2508	-955	-882	2204	8730	12551	18961	123883
QT TF	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
QT terreno	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Qt extra f	6164	5665	6097	5835	5844	5645	5771	5770	5652	5642	5867	6124	70383
QT totale	66667	77988	72743	56222	39788	15219	2127	3173	16738	39265	53775	78497	542403
QV	11706	10505	9667	7308	4809	1389	-526	-378	1008	4833	6949	10497	68464
QL	98573	88493	82410	63531	44887	16608	1856	2785	18345	44058	60724	88895	610866
QI	10269	9035	10089	9745	10269	9745	10089	10089	9745	10089	9745	10089	118558
Qs	35713	40144	55953	65235	77482	79642	85819	81221	86038	57852	35979	31173	598887
Qse serra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gamma	0.464	0.556	0.801	1.180	1.659	5.382	65.002	32.659	4.131	1.536	0.753	0.463	
nu	0.463	0.550	0.753	0.924	0.993	1.000	1.000	1.000	1.000	0.978	0.718	0.482	
<b>Qn,c</b>	<b>190</b>	<b>538</b>	<b>4956</b>	<b>16270</b>	<b>43165</b>	<b>72780</b>	<b>94290</b>	<b>85495</b>	<b>57430</b>	<b>24682</b>	<b>2135</b>	<b>169</b>	<b>404160</b>

RAFFRESCAMENTO	Totale	Unità
Dispersione per trasmissione	53.4	kWh/m²
Dispersione per ventilazione	6.7	kWh/m²
Costante di tempo	17.2	h
Apporti interni	11.7	kWh/m²
Apporti solari	59.0	kWh/m²
Apporti solari opaco	11.1	kWh/m²
Fabbisogno netto	39.8	kWh/m²
Volume lordo	2819.6	m³





## ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

E.7 edifici adibiti ad attività scolastiche a tutti i livelli e assimilabili

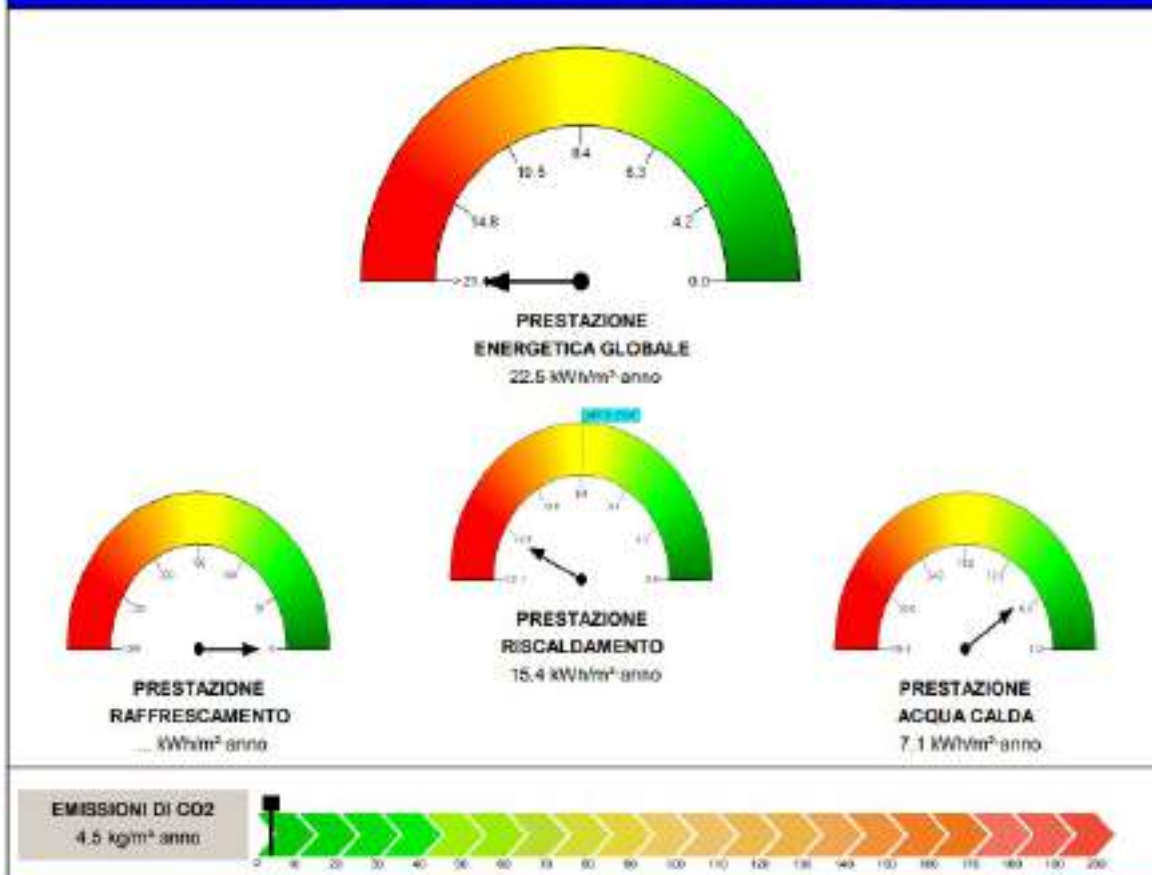
### 1. INFORMAZIONI GENERALI

Codice Certificato	Scuola Asilo Nido "Acquarola" - Napoli - cod.264	Validità	10 Anni
Riferimenti catastali	Napoli, FOG 4, PART. N.D., SUB N.D., SEZ SEC CAT B/5,		
Indirizzo edificio	Via Acquarola - NAPOLI		
Nuova costruzione	<input type="checkbox"/>	Passaggio di proprietà	<input type="checkbox"/>
		Riqualificazione energetica	<input type="checkbox"/>
		Locazione	<input type="checkbox"/>
		Diagnosi energetica volontaria	<input checked="" type="checkbox"/>
Proprietà	COMUNE di NAPOLI - Palazzo San Giacomo P.zza Municipio 80133 Napoli		
Indirizzo	Direzione Centrale Patrimonio Servizio P.R.M. Patrimonio Comunale - P.zza Francesco I/3 80133 - Napoli		
E-mail		Telefono	

### 2. CLASSE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO

Edificio di classe: **F**

### 3. GRAFICO DELLE PRESTAZIONI ENERGETICHE GLOBALI E PARZIALI



### 4. QUALITA' INVOLUCRO (RAFFRESCAMENTO)

I

II

III

IV

~~V~~

### 5. Metodologie di calcolo adottate

UNITS 11300 - Raccomandazione CTI 14 del Febbraio 2013

6. RACCOMANDAZIONI		
Interventi	Prestazione Energetica/Classe a valle del singolo intervento	Tempo di ritorno (anno)
Installare valvole termostatiche antivandalò +		
Installare pompa a portata variabile	13,2	4
<b>PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE</b>	<b>13,2 kWh/m<sup>2</sup>anno</b>	<b>(&lt;10 anni)</b>

7. CLASSIFICAZIONE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO				
<b>SERVIZI ENERGETICI INCLUSI NELLA CLASSIFICAZIONE</b>	Riscaldamento <input checked="" type="checkbox"/>	Raffrescamento <input type="checkbox"/>	Acqua calda sanitaria <input checked="" type="checkbox"/>	Illuminazione <input type="checkbox"/>



Riferimento legislativo  
8.4 kWh/m<sup>2</sup>anno

8. DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI					
8.1 RAFFRESCAMENTO		8.2 RISCALDAMENTO		8.3 ACQUA CALDA SANITARIA	
Indice energia primaria (EPe)		Indice energia primaria (EPI)	15.44	Indice energia primaria (EPacs)	7.09
Indice energia limite di legge (involucro)	10.00	Indice en. primaria limite di legge (d.lgs 192/05)	8.43		
Indice involucro (EPe,invol)	39.82	Indice involucro (EPI,invol)	8.25	Fonti rinnovabili	Fonti rinnovabili
Rendimento impianto		Rendimento medio stagionale impianto (η <sub>s</sub> )	0.534		
Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili			

## 9. NOTE

E' installato un solo scaldabagno elettrico per la produzione di ACS; anziché produzione centralizzata.

## 10. EDIFICIO

Tipologia edilizia	VERIFICA A.P.E.			<b>Foto dell'edificio</b>
Tipologia costruttiva	Struttura muratura in C.A.			
Anno di costruzione		Numero di appartamenti	1	
Volume lordo riscaldato V(m <sup>3</sup> )	2819.60	Superficie utile m <sup>2</sup>	939.87	
Superficie disperdente S(m <sup>2</sup> )	1601.24	Zona climatica / GG	C / 1034	
Rapporto S/V	0.57	Destinazione d'uso	E.7	

## 11. IMPIANTI

<b>Riscaldamento</b>	Anno di installazione		Tipologia	23d. Generatori di calore a gas a co
	Potenza nominale (kW)	109.0	Combustibile	Gas naturale
<b>Acqua calda sanitaria</b>	Anno di installazione		Tipologia	Generatore prospetti Acs
	Potenza nominale (kW)	1.2	Combustibile	Energia elettrica
<b>Raffrescamento</b>	Anno di installazione		Tipologia	
	Potenza nominale (kW)		Combustibile	
<b>Illuminazione</b>	Anno di installazione	---	Tipologia	---
	Potenza nominale (kW)	---		
<b>Fonti rinnovabili</b>	Anno di installazione		Tipologia	
	Energia annua prodotta (kWh <sub>e</sub> /kWh <sub>t</sub> )	0/0		

## 12. PROGETTAZIONE

<b>Progettista/i architettonico</b>			
Indirizzo		Telefono/e-mail	
<b>Progettista/i impianti</b>			
Indirizzo		Telefono/e-mail	

## 13. COSTRUZIONE

<b>Costruttore</b>			
Indirizzo		Telefono/e-mail	
<b>Direttore/i lavori</b>			
Indirizzo		Telefono/e-mail	



14. SOGGETTO CERTIFICATORE							
Ente/Organismo pubblico	<input type="checkbox"/>	Tecnico abilitato	<input checked="" type="checkbox"/>	Energy Manager	<input type="checkbox"/>	Organismo / Società	<input type="checkbox"/>
nome e cognome/ Denominazione	Ing. Dario de Santis - Studio d'Ingegneria energetica						
Indirizzo	Via Cintia P.co S. Paolo is.4 - 80126 Napoli						
Email	deprotec@libero.it		Telefono	081-7672979			
Titolo	Ingegnere						
Ordine/iscrizione	Ord. Ing. Napoli n°6083						
Dichiarazione di indipendenza	Consapevole delle responsabilità assunte in relazione ai contenuti del presente Attestato di Certificazione/Prestazione Energetica ai sensi degli Artt. 359 e 481 del codice penale DICHIARO di poter svolgere con indipendenza ed imparzialità di giudizio, l'attività di Soggetti Certificatore per il sistema Edificio/Impianto di cui al p.to 1 "informazioni generali" in quanto estraneo alle attività elencate al punto 2 comma 3 All. III del D.Lgs n°115 del 30 Maggio 2008						
Informazioni aggiuntive							

15. SOPRALLUOGHI
1) Effettuato sopralluogo il 01/12/2014
2)
3)

16. DATI IN INGRESSO			
Progetto energetico	<input type="checkbox"/>	Rilevo sull'edificio	<input checked="" type="checkbox"/>
Provenienza e responsabilità			

17. SOFTWARE			
Denominazione	STIMA10-TFM ver. 8.0.04d6	Produttore	Watts Industries Italia srl
Dichiarazione di rispondenza e garanzia di scostamento massimo dei risultati conseguiti inferiore al +/- 5% rispetto ai valori della metodologia di calcolo di riferimento nazionale (UNI TS 11300)			
Software conforme alle norme UNI TS 11300 parte 1 e 2 ai sensi del D.Lgs n°115 All.3 - Certificato CTI n° 007 Software conforme alle norme UNI TS 11300-4: 2012 ai sensi del D.Lgs n°115 All.3 - Certificato CTI n°036 Implementazione della Raccomandazione CTI 14/2013 per i servizi energetici inclusi nella classificazione			

Il presente attestato è reso, dal sottoscritto, in forma di dichiarazione sostitutiva di atto notorio ai sensi dell'art. 47 del D.P.R. 445/2000 e dell'art. 15, comma 1 del D.Lgs 192/2005 così come modificato dall'art. 12 del D.L. 63/2013.

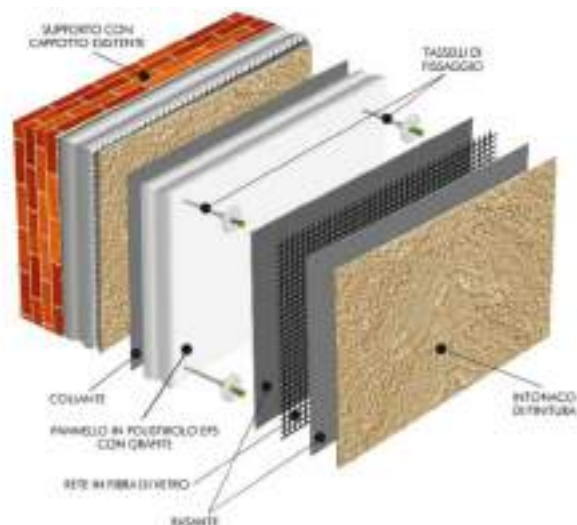


### 3 DESCRIZIONE INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Il presente studio di fattibilità tecnico economico è finalizzato all'efficientamento energetico e al miglioramento tecnologico dell'edificio. L'intervento è studiato in funzione di una razionalizzazione dei consumi energetici al fine di garantire un migliore comfort di utilizzo ed una contestuale riduzione dei consumi energetici, adeguandoli agli odierni standard richiesti dalle attuali normative. La classe energetica dell'edificio ante operam risulta F. A seguito degli interventi previsti da progetto, la nuova classe energetica dell'edificio scolastico risulta essere A2, con un incremento di n° 6 classi. Gli interventi previsti sono i seguenti:

- **Isolamento termico pareti opache con realizzazione di cappotto termico esterno con pannelli di EPS spessore 30 cm.** Tale cappotto sarà posato secondo la seguente procedura:

- verifica del sottofondo con risanamento dello stesso laddove risulta instabile;
- Fissaggio del profilo di partenza con la posa di un profilo di partenza costituito da specifiche sagome in base alla conformazione della parete;
- Incollaggio dei pannelli in EPS - Spalmare in prossimità dei 4 bordi delle lastre un cordolo di massa collante largo almeno 3-5 cm e apporre alcune pastiglie (4-6) al centro delle lastre, larghe 7-8 cm;



- Posa delle lastre isolanti - L'incollaggio delle lastre richiede un'essiccazione di almeno 12 ore;
- Tassellatura - questa operazione è necessaria quando il supporto presenta una superficie o strati sottostanti con scarsa resistenza meccanica. Dopo almeno 24 ore dalla posa dello strato isolante, si procede con forature, in dima di profondità, con idoneo trapano. I tasselli devono inserirsi nella muratura portante per un minimo di 3 cm;
- Posa del rasante - Si prepara la massa rasante e la si applica con talosce in acciaio inox stendendo sulle lastre isolanti uno strato continuo e omogeneo, ottenendo uno spessore minimo di 1,5 mm. Su questa rasatura fresca viene stesa la rete di armatura, in fibra di vetro, allettandola completamente, eliminando sacche di aria ed evitando pieghe e rigonfiamenti. Sui bordi terminali del sistema la rete deve essere ben risvoltata e incollata al supporto minerale. Sul profilo di partenza inferiore la rete viene invece tagliata, senza farle formare risvolti. Accertarsi che ogni traccia di rete non sia più né visibile, né intuibile.
- Finitura - questo rivestimento costituisce lo strato più esterno del sistema a "cappotto" e ne conforma l'estetica finale.
- Sigillature - Per impedire infiltrazioni d'acqua, attraverso i giunti di interconnessione con altre strutture, si devono eseguire sigillature. Si possono utilizzare guaine autoespandibili, o idonei sigillanti: i prodotti devono essere compatibili con il sistema a "cappotto" e in particolare non devono contenere composti che danneggiano il polistirene.

- **Realizzazione di impianto fotovoltaico e impianto solare termico** dimensionati in funzione delle esigenze del complesso scolastico. L'impianto sarà dimensionato in modo da rispettare l'obbligo di normativa di coprire tramite energia prodotta da impianti alimentati da fonti rinnovabili il 50% dei consumi previsti per l'acqua calda sanitaria ed il 50% dei consumi globali previsti per acqua calda sanitaria, riscaldamento e raffrescamento. I moduli fotovoltaici che saranno utilizzati sono quelli al silicio policristallino con potenza di picco pari a 220W cadauno ideale sia per utenze connesse alla rete elettrica (grid-connected), sia per utenze isolate (stand-alone). Tale tipologia di moduli è tale da garantire le migliori prestazioni elettriche in termini di rendimento e più elevata affidabilità rispetto ad altre tipologie quali, ad esempio, quelli al silicio amorfo.



I parametri di rilievo degli stessi sono i seguenti:

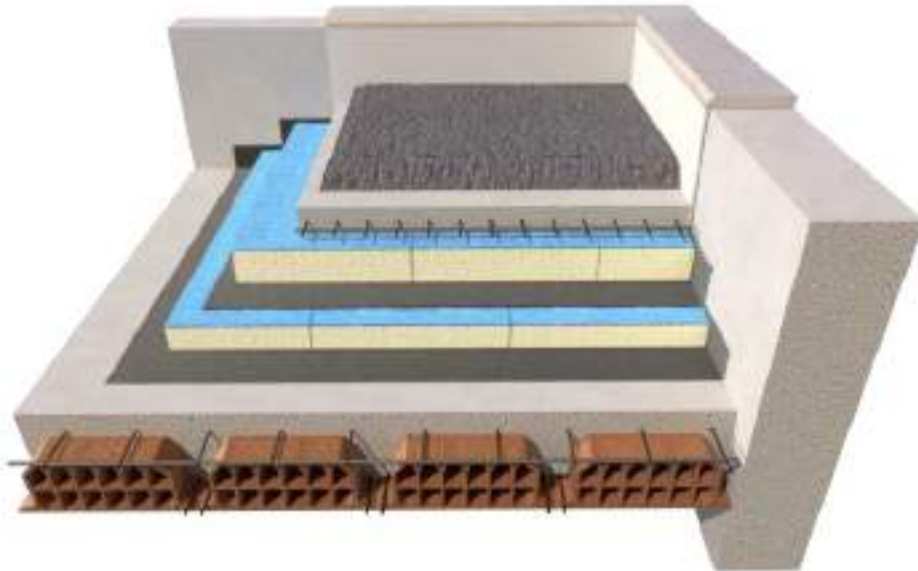
- Modulo ad alta potenza di picco pari a 220W, composto da celle solari policristalline (di numero pari a 60) aventi dimensioni pari a (156x156) mm. Peso singolo pari a 22 Kg.
  - Presenza di diodi by-pass per minimizzare la perdita di potenza dovuta ad eventuali fenomeni di ombreggiamento.
  - Impiego di vetro temperato, adeguate resine, strati impermeabili e cornici in alluminio per lunghe durate in qualsiasi situazione meteorologica. Trattamento antiriflettente.
  - Intelaiatura in alluminio.
  - Terminali d'uscita con cavi precablati a connessione rapida impermeabile.
  - Alta resistenza meccanica (in conformità alla Norma IEC 61215), con carichi fino a 5,4 kN/m<sup>2</sup>, per i quali si conferma che il modulo è adatto a sostenere elevate quantità di neve e ghiaccio.
  - Efficienza del modulo pari a 13,12 %.
- **Rimozione e sostituzione infissi esterni esistenti con nuovi infissi con telaio metallico a taglio termico con triplo vetro e doppia camera con gas argon**

La camera interna all'alloggiamento del vetro ventilata in modo da prevenire eventuali formazioni di condensa in corrispondenza della sigillatura del vetro camera. Accessori di movimento e chiusura di primaria qualità di materiale protetto contro la corrosione con zincatura di 15 micron e successiva passivazione comprendenti cremonesi con maniglia in lega di alluminio e cerniere in numero 2,3 o 4 per anta, a seconda delle dimensioni, con perno e rondelle antifrizione. Guarnizioni in EPDM. Qualità certifi-



cata secondo D IN7 863 elastometriche resistenti all'invecchiamento alloggiare in una sede continua dei profilati.

- **Isolamento termico della copertura piana con pannelli in poliuretano da 10 cm** secondo i seguenti strati: barriera a vapore; pannello in poliuretano da 10 cm; massetto livellante; primer per posa impermeabilizzazione; guaina impermeabilizzante; strato protettivo.



- **Ristrutturazione impianto di riscaldamento con sostituzione del generatore esistente con caldaia a condensazione e installazione di valvole termostatiche sui radiatori esistenti**



- **Sostituzione dei boiler elettrici esistenti per produzione ACS con nuovi boiler a pompa di calore**



- **Sostituzione delle lampade presenti in luogo di lampade a LED.** Dal confronto con i tradizionali sistemi di illuminazione, la tecnologia LED offre i vantaggi di seguito elencati:
  - il risparmio ottenuto utilizzando l'illuminazione a LED è di circa il 93% rispetto alle lampade a incandescenza, 90% rispetto alle lampade alogene e 66% rispetto alle lampade fluorescenti.
  - Una lampadina a LED mantiene la maggior parte della sua luminosità anche dopo un utilizzo di oltre 50000 ore. La vita media di una lampadina a incandescenza è invece calcolata in 1.000 (1.500) ore e di una fluorescente a circa 6mila ore. In pratica, se si usasse una lampadina a LED per circa 8 ore al giorno, tutti i giorni, la sua durata raggiungerebbe 16/17 anni.
  - Non inquinano. Le lampadine a LED rispetto a quelle a incandescenza o alle fluorescenti, non contengono gas nocivi e sostanze tossiche.
  - Nessuna emissione di raggi ultravioletti, normalmente dannosi per l'uomo se vi si espone per lungo tempo, né di raggi infrarossi. Proprio la mancanza di emissioni di raggi U.V. permette di usufruire di un altro vantaggio: quello di non attirare la maggior parte delle specie di insetti sensibili agli ultravioletti.
  - Ridotta emissione di calore: la temperatura dei LED raramente è superiore ai 50° C e l'involucro è normalmente in grado di controllare il calore generato e di smaltirlo verso dissipatori esterni. Questa caratteristica rende possibile l'installazione delle lampade a LED anche su materiali che temono l'eccessivo calore, come il legno e la plastica.

Tale sistema di illuminazione a led consente di ottenere un risparmio sull'energia consumata per l'illuminazione e riduce i costi di manutenzione grazie alla elevata durabilità dei corpi luminosi.

Con gli interventi proposti per involucro e sistema di riscaldamento, e l'installazione dell'impianto fotovoltaico, la prestazione energetica può arrivare alla classe A2.



## PIANO NAZIONALE DI RIPRESA E RESILIENZA MISSIONE 4: ISTRUZIONE E RICERCA

Componente 1 – Potenziamento dell'offerta dei servizi di istruzione: dagli asili nido alle Università - Investimento 3.3 “Piano di messa in sicurezza e riqualificazione delle scuole”



### ***PROGETTO DI FATTIBILITÀ TECNICA ED ECONOMICA***

*Messa in sicurezza e riqualificazione funzionale con interventi di Adeguamento Sismico ed Efficiamento energetico dell'asilo nido Acquarola - 14° Circolo Didattico (cod. Ares 0630492230)*

Responsabile del Procedimento:

**Arch. Alfonso Ghezzi**

Progettisti:

**Ing. Marianna Vanacore  
Arch. Laura Bellino**

TAVOLA:

**R.02**

Descrizione elaborato:

**Relazione Specialistica Strutturale**

*Marianna Vanacore*  
*Laura Bellino*

Data:

**Marzo 2022**

## 1 INTRODUZIONE

La presente relazione illustra gli esiti delle verifiche e soluzioni progettuali proposte per adeguamento strutturale dai tecnici esterni al Comune in merito al “*servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD*” relativo al nido Acquarola – 14° Circolo Didattico (Cod, Ares 0630492230).

Le verifiche condotte in merito al summenzionato appalto sono finalizzate alla determinazione dei livelli di adeguatezza sismica delle opere rispetto agli standard definiti dalle norme tecniche e dalla classificazione sismica vigente. Inoltre la presente relazione illustra gli eventuali interventi da eseguire sulla base degli attuali livelli di sicurezza sismica delle strutture. Per valutazione della sicurezza si intende un procedimento quantitativo volto a stabilire se un edificio esistente è in grado o meno di resistere alla combinazione sismica di progetto prevista dalle norme vigenti in zona sismica (D.M. 17.01.2018 e Circolare C.S. LL.PP. del 17 gennaio 2019 n.7.)

La valutazione della sicurezza è stata eseguita, coerentemente a quanto previsto dalla vigente normativa, per le seguenti prestazioni strutturali:

- Per gli *Stati limite Ultimi*, è stata definita la vulnerabilità relativa allo *Stato limite di Salvaguardia della Vita*, corrispondente una probabilità di superamento del 10%;
- Per gli *Stati Limite di Esercizio*, è stata definita la vulnerabilità relativa allo Stato Limite di Danno, corrispondente ad una probabilità di superamento dell'63%.

Trattandosi di edifici esistenti, le verifiche sono state effettuate previa campagna di indagini volta a determinare la conoscenza della struttura in esame in relazione ai livelli stabiliti dalle norme. L'obiettivo raggiunto è relativo ad un **livello di conoscenza** denominato **LC2**.

Viene riportato nella figura a seguire, l'inquadramento territoriale della struttura oggetto di studio:



Figura 1 – Inquadramento dell'edificio oggetto di indagine e verifica sismica



## 2 NORMATIVA UTILIZZATA

### 2.1 Normativa di riferimento

**D.M. 17 gennaio 2018** – Norme tecniche per le costruzioni

**Circolare 21 gennaio 2019 n. 7** – Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni» di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018.

### 2.2 Riferimenti tecnici essenziali

**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003 n.3274** – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.

**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 2 ottobre 2003 n.3316** – Modifiche e integrazioni all'ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, recante "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 5 maggio 2005 n.3431**

**UNI ENV 1992-1-1 Parte 1-1**: Regole generali e regole per gli edifici.

**UNI EN 206-1/2001** – Calcestruzzo. Specificazioni, prestazioni, produzione e conformità.

**UNI EN 1993-1-1 – Parte 1-1**: Regole generali e regole per gli edifici.

**UNI EN 1998-1** – Azioni sismiche e regole sulle costruzioni

**UNI EN 1998-5** – Fondazioni ed opere di sostegno

**Legge 5.11.1971 n. 1086** – Norma per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio, normale e precompresso e a struttura metallica.

**Legge 2.02.1974 n. 64** – Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche

## 3 DESCRIZIONE DELL'EDIFICIO

### 3.1 Descrizione architettonica e funzionale dell'opera

L'edificio in esame è ubicato a Napoli, nella Strada comunale Acquarola, nel quartiere di Secondigliano, e fa parte del 14° Circolo Didattico. Il plesso scolastico, di modeste dimensioni, sorge in un lotto di terreno pianeggiante di forma approssimativamente trapezoidale all'interno del quale è posizionato centralmente, con modesti spazi di pertinenza

su quasi tutti i lati del fabbricato; tra questi, nonostante il generale stato di verde incolto cui vertono gli spazi esterni, è presente anche una piccola area attrezzata per il gioco in corrispondenza del prospetto est dell'edificio. Il lotto presenta a sud un unico lato confinante con pubblica via, la strada comunale Acquarola, in cui è posto l'ingresso carrabile e pedonale alla scuola. Sui restanti lati l'area confina con lotti in cui



Figura 2: Foto aerea e inquadramento del lotto e del plesso in oggetto

sono presenti edifici residenziali. Il contesto si presenta fortemente urbanizzato.

La configurazione dell'edificio è costituita da un singolo corpo di fabbrica, dalla forma non regolare, inscrivibile in rettangolo di dimensioni circa 36m x 50m. La non regolarità della struttura è dovuta alla presenza di rientranze in pianta molto accentuate. Il piano cantinato, posto ad una quota di - 4.10m, oggi risulta abbandonato e pertanto non utilizzato ai fini dell'attività didattica, è accessibile tramite una rampa esterna, posta a sud del fabbricato. Il piano superiore, posto a quota + 0.00m, ovvero il piano terra, è, invece, adibito all'attività didattica e vi si può accedere dall'ingresso principale della scuola, posto a sud del fabbricato, e da un insieme di accessi dislocati lungo tutto il perimetro della struttura. **L'intero volume si sviluppa su una superficie coperta di circa 991 mq, per un totale di circa 8300 mc.** Il primo impalcato è piano e realizzato a quota 0.00 m, avendo così un interpiano di 4.10 m con il piano sottostante, l'impalcato di copertura è realizzato a quote differenti, creando uno sfalsamento nella sua estensione, le quote di questo impalcato, da indagini effettuate, risultano essere: 3.50m, 3.80m, 4.30m e 6.50m. La copertura non è praticabile, eventualmente raggiungibile per sola manutenzione.

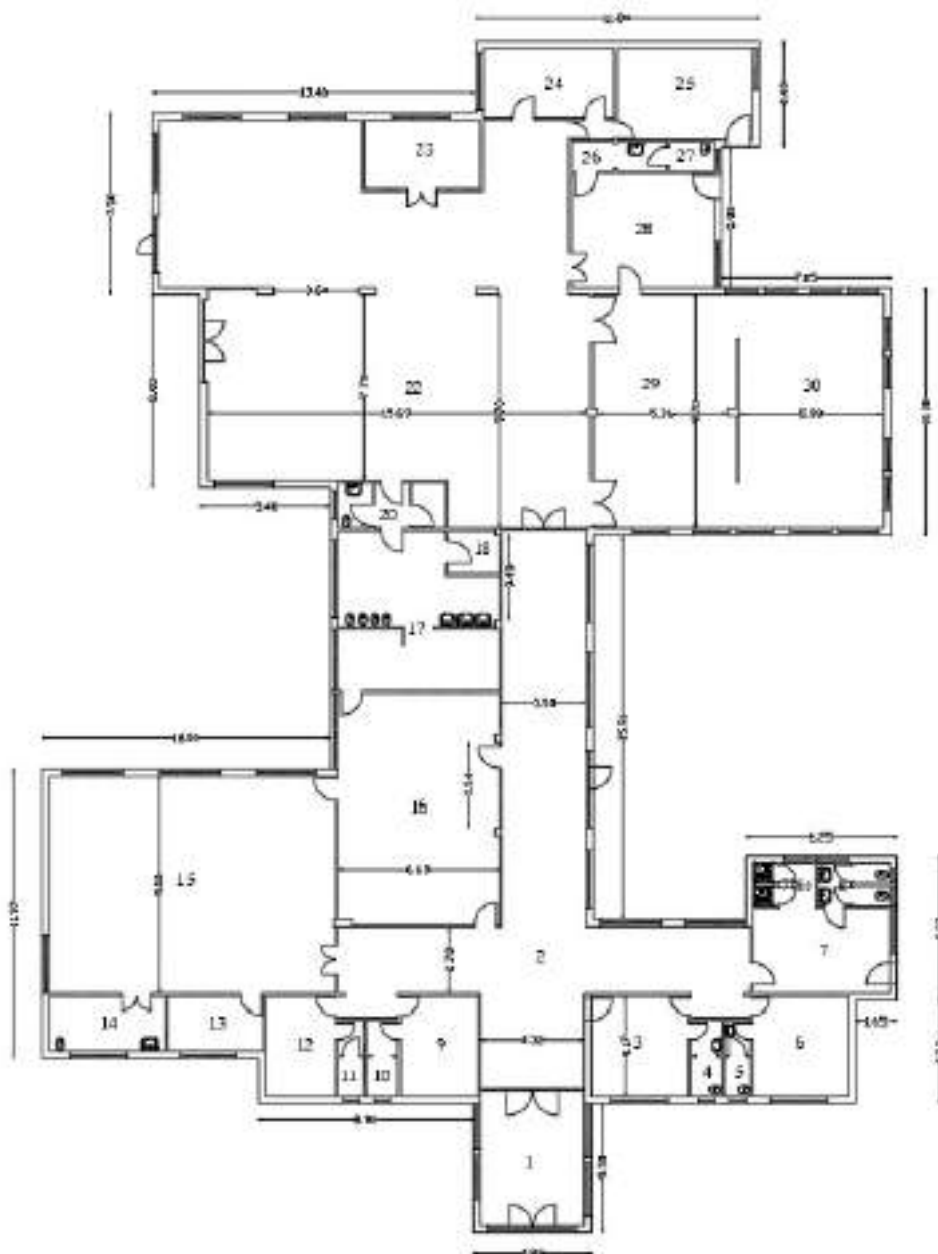


Figura 3: Pianta del piano terra dell'edificio

Non sono presenti evidenze che



lascino supporre la costruzione del complesso in più fasi, o segni di modifiche rispetto ad un'originaria struttura. Dalla documentazione in possesso risulta che il fabbricato sia stato costruito in un'unica soluzione temporale, in un periodo compreso tra il 1972 e il 1996, con destinazione ad uso scolastico.

### **3.2 DESCRIZIONE STRUTTURALE DEL FABBRICATO**

La struttura resistente dell'edificio è costituita da pilastri e travi in cemento armato. L'impianto planimetrico strutturale è irregolare ed è caratterizzato da telai scanditi da pilastri quadrati e rettangolari 30x30 cm, 30x40 cm, 30x50 cm e 30x60 cm. L'interasse longitudinale dei pilastri varia da 2.90m a 28 m circa. L'interasse dei pilastri in direzione trasversale varia da 2.90 m a 14.50 m. Le travi perimetrali, sia del primo che del secondo impalcato, misurano cm 30x50, cm 30x60, cm 30x70 e cm 30x80. Le travi longitudinali interne al primo impalcato misurano cm 30x50, cm 30x60 e cm 30x80, mentre le travi longitudinali interne del secondo impalcato misurano cm 30x50, cm 30x70 e cm 30x90 nei locali a nord-est della struttura. In entrambi gli impalcati le travi trasversali interne misurano cm 30x50, cm 30x60 e cm 30x70. I solai di piano cantinato, in c.a. e laterizi, presentano uno spessore di 23 cm, mentre i solai di copertura del piano terra presentano spessori di cm 23, cm 28 e cm 33.

#### **3.2.1 Giunti fra i corpi**

Il singolo corpo di fabbrica si presenta isolato senza edifici in adiacenza.

### **3.3 DEGRADI STRUTTURALI**

Nelle strutture esistenti in c.a., la principale causa di degrado è provocata dalla corrosione delle armature; una volta che il fenomeno si è innescato, la capacità statica e dinamica delle strutture si riduce sensibilmente in funzione della tipologia e dell'avanzamento della corrosione. L'eccessiva ossidazione dell'armatura, oltre a ridurre la sezione trasversale delle barre riducendone pertanto la resistenza complessiva dell'elemento strutturale, determina il rigonfiamento e la successiva espulsione della porzione corticale di calcestruzzo (distacco copriferro). Il fenomeno dell'ossidazione delle barre di armature è quindi un degrado che, oltre ad incidere sull'integrità strutturale di travi e pilastri, ne riduce la resistenza e quindi il grado di sicurezza complessivo delle strutture sia da un punto di vista statico che sismico.

L'edificio presenta degradi diffusi in corrispondenza sia delle travi che dei pilastri presenti ai piani interrati nonché all'intradosso di tutti gli impalcato che costituiscono il calpestio del piano terra; l'assenza di manutenzione e la scadente protezione rispetto agli agenti atmosferici ha causato un'ossidazione diffusa delle armature con espulsione di buona parte dei copriferri ed evidente riduzione delle sezioni resistenti sia del calcestruzzo che delle armature.

## **4 OBIETTIVI E RISULTATI DEL PIANO DELLE INDAGINI**

In assenza dei disegni costruttivi sono state previste prove estese in sito, mirate al raggiungimento di un livello di conoscenza pari a LC2. Per i corpi strutturali in esame, sono stati quindi indagati gli elementi più rappresentativi ai vari ordini e a ciascun impalcato, così da maturare una migliore conoscenza dell'organismo strutturale.

### **4.1 GEOMETRIE**

La geometria della struttura è nota in base al rilievo eseguito durante i sopralluoghi dai tecnici incaricati per i "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD", e dai disegni disponibili. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, sono stati utilizzati nel suddetto servizio per la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

## 4.2 DETTAGLI COSTRUTTIVI

Non essendo stati acquisiti, i dettagli costruttivi di progetto, durante l'appalto dei “servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”, è stata effettuata un'estesa verifica in situ, tale da consentire la messa a punto di un modello strutturale non lineare. I dati che sono stati raccolti includono le informazioni relative ad una percentuale superiore al 35% degli elementi resistenti di seguito elencate:

- Quantità di armatura longitudinale in travi, pilastri, pareti e sua disposizione;
- Quantità di barre di armatura piegate che contribuiscono alla resistenza a taglio, presenti nelle travi;
- Quantità e dettagli di armatura trasversale nelle zone critiche e nei nodi trave-pilastro;
- Quantità di armatura longitudinale che contribuisce al momento negativo di travi a T, presente nei solai;
- Lunghezze di appoggio e condizioni di vincolo degli elementi orizzontali;
- Spessore dei copriferrì;

## 4.3 MATERIALI

Non conoscendo le specifiche dei materiali prescritti nel progetto originario, ai fini della valutazione delle loro proprietà meccaniche, sia per i pilastri che per le travi e impalcati, sono state effettuate “prove estese in situ” con esecuzione di prove distruttive consistenti prelievo di carote e di barre di armatura.

Dalle prove dirette, effettuate durante la campagna di indagine, summenzionata, sugli elementi strutturali esistenti sono stati assunti i valori a base di calcolo dei materiali utilizzati per le verifiche statiche e sismiche. Sono state effettuate prove atte a caratterizzare la resistenza meccanica degli elementi lo schema portante dei vari corpi strutturali, effettuando prove distruttive consistenti in carotaggi per quel che riguarda il calcestruzzo e prelievi di barra per quel che riguarda l'acciaio.

### 4.3.1 Caratteristiche del calcestruzzo

Le norme prevedono che la misura delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo si ottenga mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura. Nella tabella seguente vengono riportati i risultati di tali prove di compressione così come riportati sul report delle indagini del “servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD”.

SETTORE CALCESTRUZZI												
PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE E DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA SU PROVINI CILINDRICI E/O CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO												
NORME DI RIFERIMENTO					UNI EN 12390-2; UNI EN 12390-3							
DATI IDENTIFICATIVI					RISULTATI DI PROVA							
SELA CARINQUE	PARTE DI PROVA	VERGHE PRELEVO	CLASSE DI FERRO (N/mm <sup>2</sup> )	DATA PRELEVO	DATA PROVA	DIMENSIONI (mm)		MASSA VOLUMICA (kg/m <sup>3</sup> )	CAPICO DI ROTTURA (kN)	RESIST. O COMPR. (N/mm <sup>2</sup> )	TIPO DI ROTTE (1)	RESI. (2)
						H	Φ					
CP P15 P INT	Pilastro 19 Piano Isolato	---	-	02/08/2021	03/10/2021	94	94	2147	173,51	25,0	S	S1
CP P11 P INT	Pilastro 11 Piano Isolato	---	-	02/08/2021	03/10/2021	94	94	2230	186,25	26,8	R	S1
CP P06 P INT	Pilastro 06 Piano Isolato	---	-	02/08/2021	03/10/2021	94	94	2109	163,14	24,0	S	S1
CTP32-P40 P INT	Torzo 32-40 Piano Isolato	---	-	03/08/2021	03/10/2021	94	94	2094	161,38	21,8	S	S1
CTP15-P16 P INT	Torzo 15-16 Piano Isolato	---	-	03/08/2021	03/10/2021	94	94	2061	212,80	30,7	S	S1

Identificativo	Località	Classe	Data	Media	Max	Min	Volume	Resistenza	Classe	Classe
CT P56-P57 P INT	Trave 00-07 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	2041	167,00	27,6	S	S1
CPP6 P INT	Pilastro 6 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	2160	176,13	25,4	S	S1
CT P73-P79 P INT	Trave 73-79 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	2116	242,29	34,6	S	S1
CT P13-P19 P INT	Trave 13-19 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	3081	162,36	29,1	S	S1
CP P52 P INT	Pilastro 52 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	2096	171,29	24,7	S	S1
CT P62-P63 PT	Trave 62-63 Piano interrato	--	02/08/2021	94	94	1996	119,43	17,2	S	S1

Tabella 1: Risultati prove di compressione – Piano interrato

SETTORE CALCESTRUZZI												
PROVA DI RESISTENZA A COMPRESSIONE E DETERMINAZIONE DELLA MASSA VOLUMICA SU PROVINI CILINDRICI E/O CAROTE DI CALCESTRUZZO INDURITO												
NORME DI RIFERIMENTO					UNI EN 12390-3 (UNI EN 12390-7)							
DATI DICHIARATI					RISULTATI E PROVA							
SOLA CAMPIONE	PARTE/OPERA	VERSALE FRECCIA	CLASSE DI RESIST. (N/mm <sup>2</sup> )	DATA PRELIEVO	DATA PROVA	DIMENSIONE (mm)		MASSA VOL. UNICA (kg/m <sup>3</sup> )	CARICO DI ROTTURA (kN)	RESIST. A COMP. (N/mm <sup>2</sup> )	TIPO DI ROTT. (1)	RETT. D.
						H	Ø					
CPP34 PT	Pilastro 34 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2074	120,03	17,3	S	S
CPP41 PT	Pilastro 41 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2183	207,91	30,0	S	S
CT P56-P57 PT	Trave 56-57 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2118	199,43	28,7	S	S
CT P18-P27 PT	Trave 18-27 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	1828	139,29	20,1	S	S
CP P36 PT	Pilastro 36 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2006	169,42	24,4	S	S
CT P25-P28 PT	Trave 25-28 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	1966	145,94	21,0	S	S
CP P52 PT	Pilastro 52 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2056	147,55	21,3	S	S
CT P32-P40 PT	Trave 32-40 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2048	141,34	20,4	S	S
CP P26 PT	Pilastro 26 Piano Terra	--	-	02/08/2021	30/10/2021	94	94	2064	157,69	22,7	S	S

Tabella 2: Risultati prove di compressione – Piano terra

La resistenza misurata sulle carote risente di numerosi fattori che la differenziano da quella che si misurerebbe su un equivalente provino standard.

Tali fattori sono in genere dipendenti da:

- 1) diverse modalità di preparazione e stagionatura;
- 2) differente età di stagionatura tra carota e provino standard;
- 3) posizione del prelievo nell'ambito dell'elemento strutturale (ad es. al piede o alla testa di un pilastro, parallelamente o ortogonalmente alla direzione di getto);
- 4) disturbo che inevitabilmente consegue alle operazioni di prelievo;
- 5) dimensioni delle carote (ad es. nel caso di micro-carote o con H/D diverso da 2);
- 6) presenza di armature incluse.



L'effetto dei fattori sopra elencati tende in generale a far sottostimare la resistenza rispetto a quella degli analoghi provini standard. Per correggere ciò si può fare ricorso a coefficienti correttivi di cui si dirà successivamente, opportunamente calibrati ed inseriti all'interno di formule di correlazione che legano la resistenza "attuale" (quella reale in situ dei calcestruzzi) con quella misurata sui campioni cilindrici (carote) estratte dagli stessi elementi strutturali. La valutazione della resistenza in situ viene eseguita utilizzando la formula proposta da Holos. Tale formula permette di tener conto con coefficienti di natura empirica degli effetti del carotaggio. Per convertire le N resistenze ottenute dalle prove di compressione sulle carote fcar nelle corrispondenti resistenze in-situ  $R_{c, is}$ , viene adottata la relazione proposta da Holos:

$$R_{c, is} = f_{car} \times F_{h/d} \times F_{fe} \times F_{tor} \times F_{dir} \times F_t \times F_T$$

dove:

$F_{h/d}$  è il parametro dipendente dal rapporto tra l'altezza e il diametro della carota. Il valore è unitario se  $H/D=1$ .

$F_{fe}$  è il parametro che tiene conto della presenza di barre d'armatura nella carota. Assume valore unitario in assenza di barre.

$F_{tor}$  è il parametro che tiene conto del tormento della carota per la presenza di microlesioni dovute agli effetti torsionali del carotiere durante la fase di estrazione. Il coefficiente correttivo è tabellato in funzione della resistenza registrata in laboratorio ed assume valori compresi tra 1 e 1.15.

$F_{dir}$  è il coefficiente correttivo che tiene conto della direzione del carotaggio rispetto a quella di posa in opera del conglomerato. Per direzione ortogonale il parametro varia tra 1.05 e 1.10.  $F_t$  è il coefficiente correttivo che tiene conto dell'età del calcestruzzo. Assume valore unitario per carote sottoposte a compressione ad età maggiori di 28 giorni.  $F_T$  è il coefficiente correttivo che tiene conto della temperatura in funzione dell'età del calcestruzzo. Assume valore unitario se la temperatura media ponderale è compresa tra 18°C e 27°. Nel seguito, della relazione vengo riassunti i parametri correttivi delle singole carote ed i conseguenti valori di resistenza risultanti considerando un rapporto D/H pari a 1. Il metodo è applicato a ciascuna carota sottoposta a prova di compressione fornendo i valori delle resistenze meccaniche del calcestruzzo a base di calcolo. Nelle tabelle seguenti, si riportano i risultati delle prove di compressione sulle carote estratte elaborati con il metodo Holos.

PROVA		DATA		D		H		S		S		S		S		S		S		S	
[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]	[C]
INT	FILASTRO	CP13P1INT	94,3	94,0	1,00	25,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INT	FILASTRO	CP11P1INT	94,3	94,0	1,00	24,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INT	FILASTRO	CP15P1INT	94,3	94,0	1,00	23,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INT	TRAVE	CT13P115P1INT	94,3	94,0	1,00	21,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INT	TRAVE	CT15P115P1INT	94,3	94,0	1,00	20,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INT	TRAVE	CT14P115P1INT	94,3	94,0	1,00	21,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INT	FILASTRO	CP14P1INT	94,3	94,0	1,00	25,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INT	TRAVE	CT13P115P1INT	94,3	94,0	1,00	24,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
INT	TRAVE	CT13P215P1INT	94,3	94,0	1,00	22,10	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	FILASTRO	CP15P1INT	94,3	94,0	1,00	24,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	FILASTRO	CP14P1INT	94,3	94,0	1,00	17,50	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	FILASTRO	CP15P1INT	94,3	94,0	1,00	20,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	TRAVE	CT13P115P1INT	94,3	94,0	1,00	20,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	TRAVE	CT15P115P1INT	94,3	94,0	1,00	20,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	FILASTRO	CP15P1INT	94,3	94,0	1,00	24,40	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	TRAVE	CT15P115P1INT	94,3	94,0	1,00	21,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
PT	FILASTRO	CP15P1INT	94,3	94,0	1,00	22,70	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00	1,00
Media						24,25															22,34

Tabella 3: Risultati provini calcestruzzo

Sui 20 campioni è stato fatto uno studio statistico per analizzare l'omogeneità dei risultati. Dopo aver calcolato lo scarto quadratico ( $\sigma$ ), la media ( $\bar{X}$ ) ed il loro rapporto ovvero il coefficiente di variazione (CV), si è posto come limite di accettabilità il valore di CV pari a 0.25 per attestare l'omogeneità dei risultati e l'adeguatezza del numero di indagini in Fase 1. Nel caso in esame si è ottenuto un CV pari a  $0.18 < 0.25$  e per tale motivo non si è proceduto ad effettuare le indagini della Fase 2.



Risultati ottenuti		Media (4)
1	25,00	24,25
2	26,80	Varianza ( $\sigma^2$ )
3	23,50	19,35
4	21,80	Scarto quadratico ( $\sigma$ )
5	30,70	4,40
6	27,00	$4 + 2\sigma$
7	25,40	33,05
8	34,90	$4 - 2\sigma$
9	22,10	15,45
10	24,70	$\sigma/4$
11	17,20	0,18
12	17,30	
13	30,00	
14	28,70	
15	20,10	
16	24,40	
17	21,00	
18	21,30	
19	20,40	
20	22,70	

Tabella 4: Studio statistico risultati prove calcestruzzo complete

Per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili, le resistenze medie in situ vengono divise per i fattori di confidenza e per i coefficienti parziali di sicurezza.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \times \gamma_m}$$

Resistenza di calcolo del calcestruzzo:

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \times \gamma_m} = \frac{24,47}{1,2 \times 1,5} = 13,59 \text{ N/mm}^2$$

### 4.3.2 Caratteristiche dell'acciaio

Le indagini distruttive su campioni metallici hanno permesso di identificare le caratteristiche meccaniche delle barre di armatura. Nell'impostazione della campagna di indagini, si sono scelti dei punti rappresentativi dello stato complessivo dell'edificio cercando di riflettere al meglio le caratteristiche di variabilità della struttura. I risultati delle 4 prove eseguite in fase 1 sono stati preliminarmente oggetto di analisi statistica al fine di stabilire la necessità o meno di procedere con le ulteriori indagini di fase 2. Parimenti a quanto effettuato per le indagini sul calcestruzzo si è verificato che il coefficiente di variazione CV fosse non superiore al valore limite di 0,25. Tutti i parametri dell'indagine statistica sono riassunti nella tabella a seguire.

Risultati ottenuti		Media (4)
1	501,1	448,38
2	315,9	Varianza ( $\sigma^2$ )
3	493,4	5890,66
4	483,1	Scarto quadratico ( $\sigma$ )
		76,75
		$4 + 2\sigma$
		601,88
		$4 - 2\sigma$
		294,87
		$\sigma/4$
		0,17

Tabella 5: Studio statistico risultati prove acciaio complete

Il valore di CV pari a 0,17 ottenuto, consente di desumere omogeneità dei risultati in termini di tensione di snervamento. Ciò ha portato a ritenere il numero di prove sufficiente a determinare con buona attendibilità il valore medio della tensione di snervamento senza dover procedere alle ulteriori prove previste nella fase 2. Sii è proceduto quindi ad estrarre il valore medio come risulta dalla tabella seguente:

TRAZIONE BARRE									
LIVELLO	DEN.	DIAM.	ELEMENTO	F <sub>y</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	F <sub>t</sub> (N/mm <sup>2</sup> )	ALLA5%	ALLAg%	F <sub>t</sub> /F <sub>y</sub>	
PT	BT P47-P48 PT	12	T 47-48	501,1	602,2	18,8	7,7	1,20	
PT	BP P26 PT	14	PIL 26	315,9	441,9	19,7	7,9	1,40	
INT	BT P61-P62 P INT	12	T 61-62	493,4	601,1	19,0	7,5	1,22	
INT	BP P56 P INT	14	PIL 56	483,1	563,7	19,8	8,6	1,17	
			MEDIA	448,4	552,2			1,2	

Dalla tabella si evince che l'acciaio ad aderenza migliorata utilizzato all'epoca di costruzione dell'edificio ha caratteristiche non inferiori a FeB38K.

Per definire le resistenze dei materiali da utilizzare nelle formule di capacità degli elementi duttili e fragili, le resistenze medie in situ vengono divise per i fattori di confidenza e per i coefficienti parziali di sicurezza.

$$f_d = \frac{f_m}{FC \times \gamma_m}$$

Resistenza di calcolo dell'acciaio:

$$f_{yd} = \frac{f_{ym}}{FC \times \gamma_m} = \frac{448,40}{1,2 \times 1,15} = 324,93 \text{ N/mm}^2$$

Per maggiori dettagli si rimanda all'**allegato A** che contiene le seguenti tavole dell'appalto "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65117000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD": Fase2\_RCM\_01 Relazione sulla caratterizzazione dei materiali; Fase2\_RRI01 Relazione dei risultati delle indagini; Fase2\_RRI02 Ubicazione indagini eseguite al I Impalcato; Fase2\_RRI03 Ubicazione indagini eseguite al II Impalcato.

## 5 VALUTAZIONE DELLA SICUREZZA SISMICA

### 5.1 Definizione dell'azione sismica

La valutazione della sicurezza sismica delle strutture nell'appalto di "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65117000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD" è stata effettuata mediante il confronto tra la domanda e la capacità sia nei confronti dei meccanismi di piano che per quelli fuori piano. La domanda, ovvero l'azione sismica di progetto per un determinato stato limite, è commisurata all'importanza dell'opera in questione secondo i principi richiamati dal D.M. 17.01.2018 al § 3.2.3. Le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi 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.

La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa ag in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A quale definita al § 3.2.2 del D.M. 17.01.2018), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione

ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR, come definite nel § 3.2.1, nel periodo di riferimento VR, come definito nel § 2.4 dello stesso decreto.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- F0 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.

## 5.2 Vita nominale

La vita nominale dell'opera VN è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata. La vita nominale dei diversi tipi di opere è riportata in Tabella.

Tipi di costruzione		Vita Nominale $V_N$ (in anni)
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	$\geq 100$

Per l'edificio in questione, trattandosi di edificio con caratteristiche ordinarie, si è assunto:

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

## 5.3 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.

Per l'edificio in questione, trattandosi di una struttura scolastica si è assunto il coefficiente d'uso  $C_u$ :

**CU = 1,50 (Classe III)**

#### 5.4 Periodo di riferimento dell'azione sismica

Le azioni sismiche su ciascuna costruzione vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento VR che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU:

**VR = 75 anni**

#### 5.5 Parametri di pericolosità sismica

Nota il periodo di riferimento per l'azione sismica su determinato ed nota l'esatta ubicazione dell'edificio rispetto alla griglia di valori prevista dal D.M. 17/01/2018 sono stati definiti i valori dei parametri di pericolosità sismica relativi ai diversi stati limite. Detti valori sono riportati nella tabella a seguire:

STATO LIMITE	Tr [anni]	$\alpha_B$ [g]	F <sub>0</sub>	T <sub>0</sub> <sup>**</sup> [g]	S <sub>s</sub>	C <sub>c</sub>
SLO	30	0,045	2,345	0,285	1,500	1,516
SLD	50	0,059	2,345	0,311	1,500	1,505
SLV	475	0,164	2,306	0,345	1,350	1,487
SLC	975	0,208	2,454	0,348	1,276	1,486

Tabella 6: Parametri di riferimento sismicità del sito

#### 5.6 Stati limite per le verifiche sismiche

Per la verifica di edifici esistenti il D.M. 17.01.2018 prevede che siano eseguite verifiche con riferimento ai seguenti stati limite:

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali;
- **Stato Limite di salvaguardia della vita umana (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.
- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;

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

Stati limite	P <sub>VR</sub> : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento VR
SLO (o DO)	81 %
SLD (o DL)	63 %
SLV (o DS)	10 %
SLC (o CO)	5 %



Nella fattispecie, sono state condotte con riferimento prevalentemente allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita, per quanto concerne gli stati limite ultimi, e allo Stato Limite di Danno, per quanto concerne gli stati limite di esercizio.

### 5.7 Suolo di fondazione

Il terreno è classificabile come suolo di tipo C secondo quanto previsto dal D.M. 17.01.2018 al paragrafo 3.2.2, per maggiori chiarimenti si demanda all'allegato C contenente la tavola Fase2\_RGEOL-T\_01-Relazione geologica e geotecnica redatta dai tecnici esterni al Comune nell'ambito dell'appalto "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65117000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD". Il terreno di fondazione è costituito da "Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180m/s e 360m/s.

### 5.8 Spettro elastico

Noti il tipo di suolo ed i parametri del sito sono definiti tutti gli altri parametri correlati per la determinazione dello spettro elastico come di seguito richiamato.

$$T_C = C_C \cdot T_C^* \quad T_B = T_C / 3 \quad T_D = 4,0 \cdot \frac{a_g}{g} + 1,6$$

Categoria sismica	$S_s$	$C_s$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot \frac{V_s}{g}$ $\frac{V_s}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{0,8}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot \frac{V_s}{g}$ $\frac{V_s}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{0,75}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot \frac{V_s}{g}$ $\frac{V_s}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{0,65}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot \frac{V_s}{g}$ $\frac{V_s}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{0,65}$

In definitiva si adottano i seguenti parametri di progetto e dati sismici:

- Zona sismica (OPCM 3274 del 20/03/2003): 2
- Vita nominale (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19):  $V_N \geq 50$  anni
- Classe d'uso (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19): III,  $C_U = 1.5$
- Periodo di riferimento (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19):  $V_R = 50 \cdot 1.5 = 75$  anni
- Categoria del suolo (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19): C
- Categoria topografica (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19): T1
- Coefficiente di amplificazione stratigrafica (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19):  $S_S = 1,43$
- Coefficiente di amplificazione topografica (DM 17/01/18 e CM 7 del 21/01/19 CM 7):  $S_T = 1$

## 6 MODELLAZIONE E SINTESI DELLE VERIFICHE SISMICHE

### 6.1 Criteri utilizzati per la modellazione del corpo di fabbrica

Durante la fase di modellazione è necessario trasferire le conoscenze raccolte con le indagini in un modello strutturale il più possibile aderente alla realtà fisica. Questo passaggio risulta uno dei più delicati del percorso che porta alla definizione del rischio sismico in quanto la trasposizione della realtà in un modello comporta sempre delle semplificazioni rispetto alla realtà. L'edificio in oggetto è stato modellato in modo da essere coerente con quanto emerso durante la fase di indagine; le sezioni resistenti sono quelle fornite dal rilievo geometrico, al netto degli intonaci; le proprietà dei materiali sono desumibili dalle ispezioni visive e dalle indagini eseguite in situ, secondo quanto illustrato. Per quanto concerne i solai esistenti, sono stati modellati

infinitamente rigidi. L'edificio scolastico risulta costruito in un periodo compreso tra il 1972 e il 1996, quando il Comune di Napoli era classificato come non sismico. Pertanto è stato progettato per resistere alle azioni antropiche ed al vento, ma in assenza di azioni orizzontali importanti quali quelle sismiche. Risulta evidente che la verifica del comportamento strutturale rispetto alle azioni sismiche come definite dalla normativa vigente per il sito in esame alla stregua delle nuove costruzioni difficilmente restituisce risultati confortanti, tanto più che oggi il territorio del Comune di Napoli ricade in zona 2.

## 6.2 Verifica in condizioni statiche

Preliminarmente è stata verificata la capacità di resistenza degli elementi strutturali primari rispetto ai carichi gravitazionali (permanententi e variabili) cui il corpo di fabbrica è soggetto (Relazione Fase3\_RCTA\_01), in assenza di azioni sismiche. Nessun elemento presenta criticità e pertanto la costruzione non necessita di interventi di rinforzo rispetto alle azioni antropiche.

## 6.3 Verifiche di vulnerabilità sismica

Per quanto attiene alle verifiche di sicurezza nei confronti delle azioni sismiche, si è proceduto al calcolo di verifica mediante analisi dinamica modale con fattore di comportamento  $q=2.40$  per strutture esistenti in c.a. utilizzando lo spettro di progetto valutato secondo quanto indicato dalla normativa vigente. Per le verifiche degli elementi fragili (verifiche a taglio) si è utilizzato il fattore di comportamento  $q = 1.5$ . Si riassumono di seguito le criticità emerse dal calcolo.

### 6.3.1 Verifiche pilastri

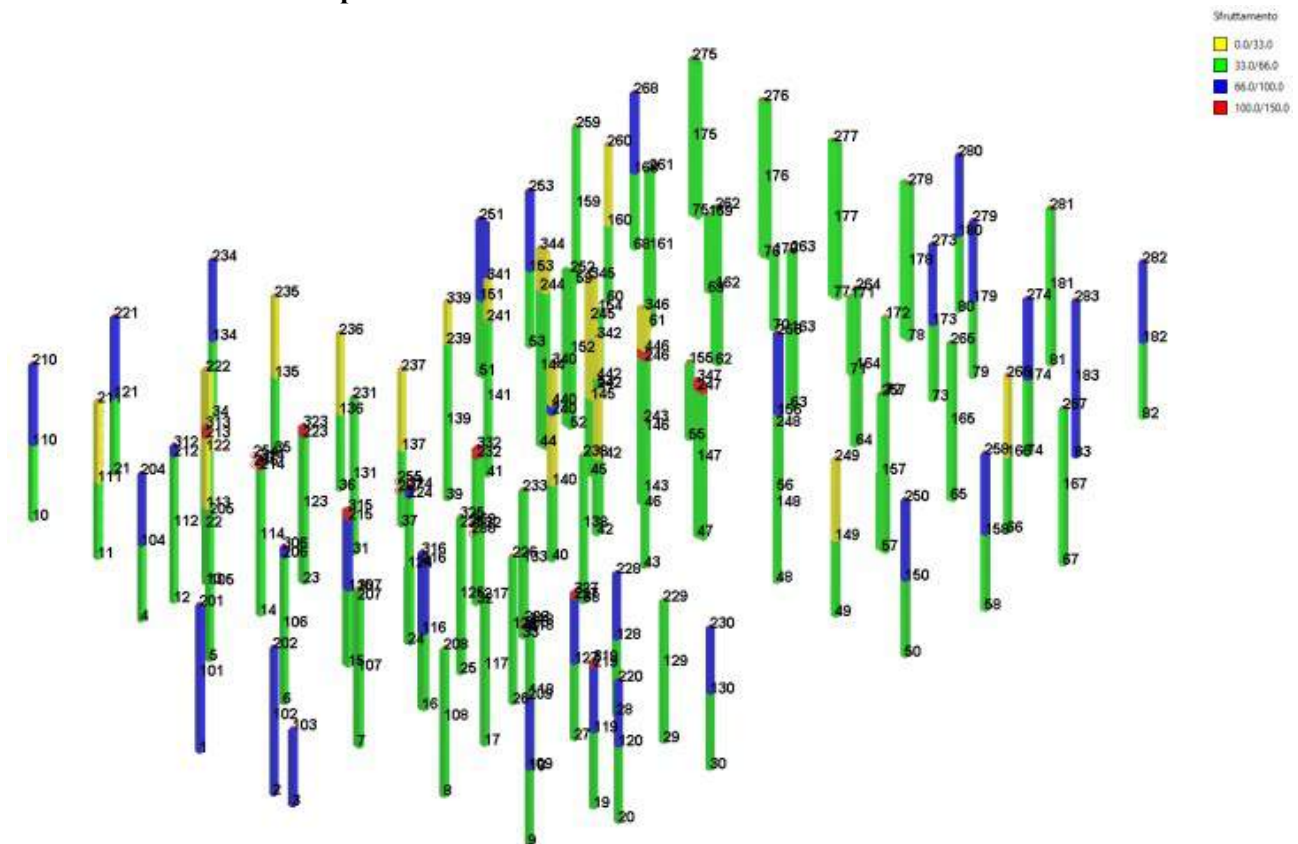


Figura 4: Verifiche duttili pilastri: Indici di sfruttamento % per  $agD=0.21agSlu = Capacita/Domanda\%$

Parte dei pilastri non rispettano i livelli di sicurezza richiesti a pressoflessione e risultano andare in crisi sotto l'azione sismica di progetto. Anche rispetto alle verifiche a taglio la gran parte dei pilastri presenta delle criticità.

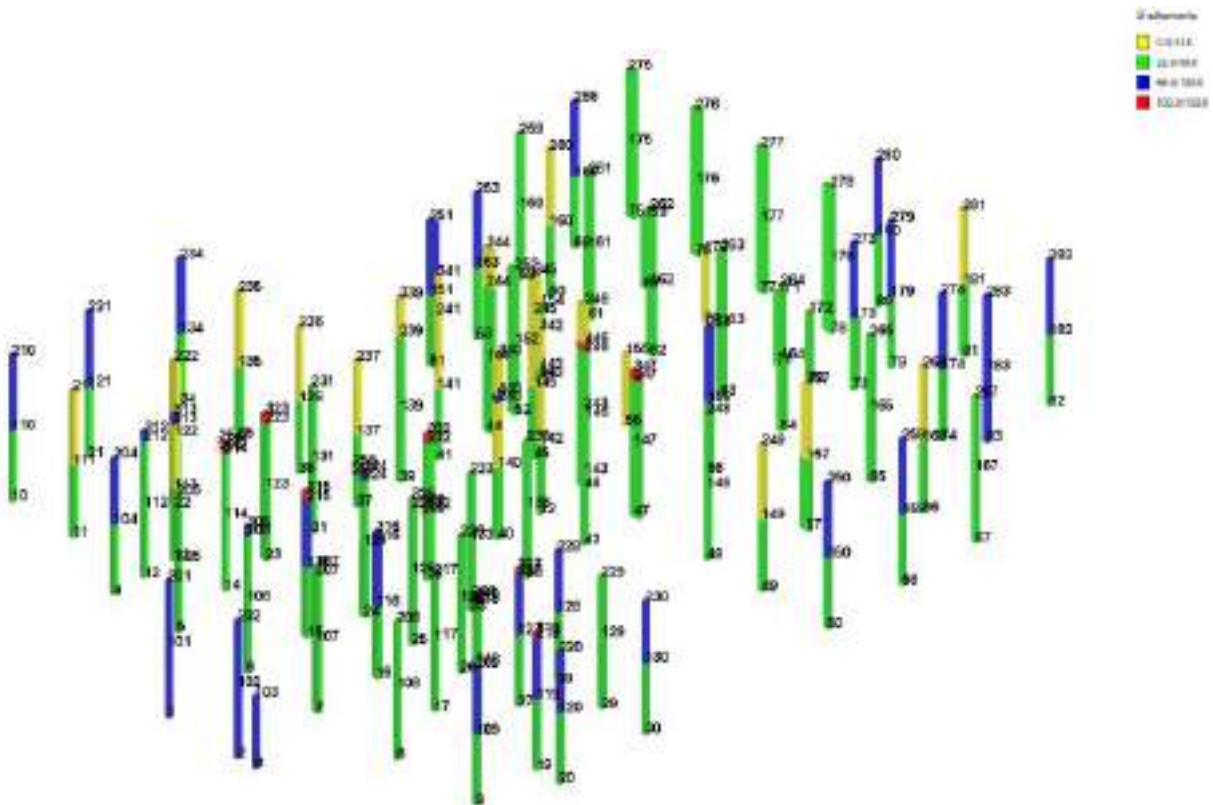


Figura 5: Verifiche duttili pilastri: Indici di sfruttamento % per  $agD=0.27agSlu = Capacita/Domanda\%$

### 6.3.2 Verifiche travi

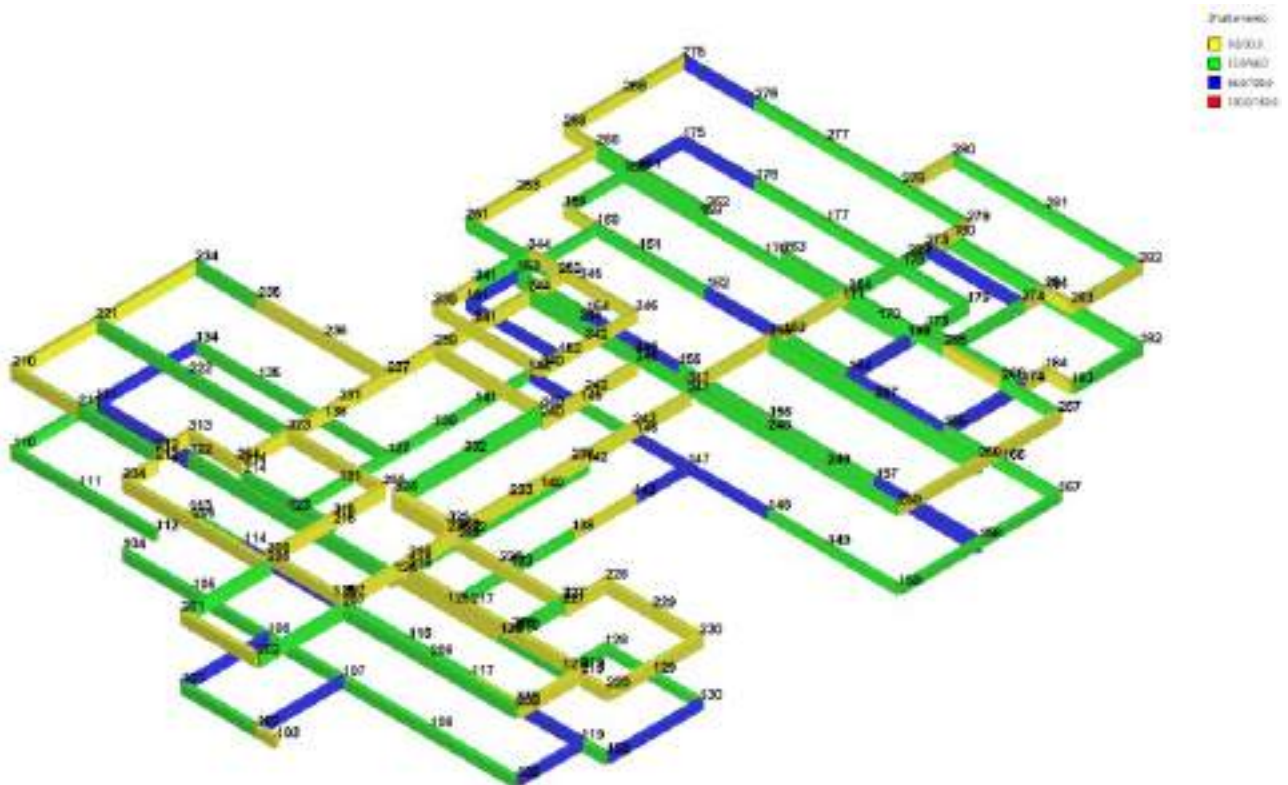


Figura 6: Verifiche duttili travi: Indici di sfruttamento % per  $agD=0.55agSlu = Capacita/Domanda\%$



Le verifiche a taglio delle travi invece presentano delle criticità

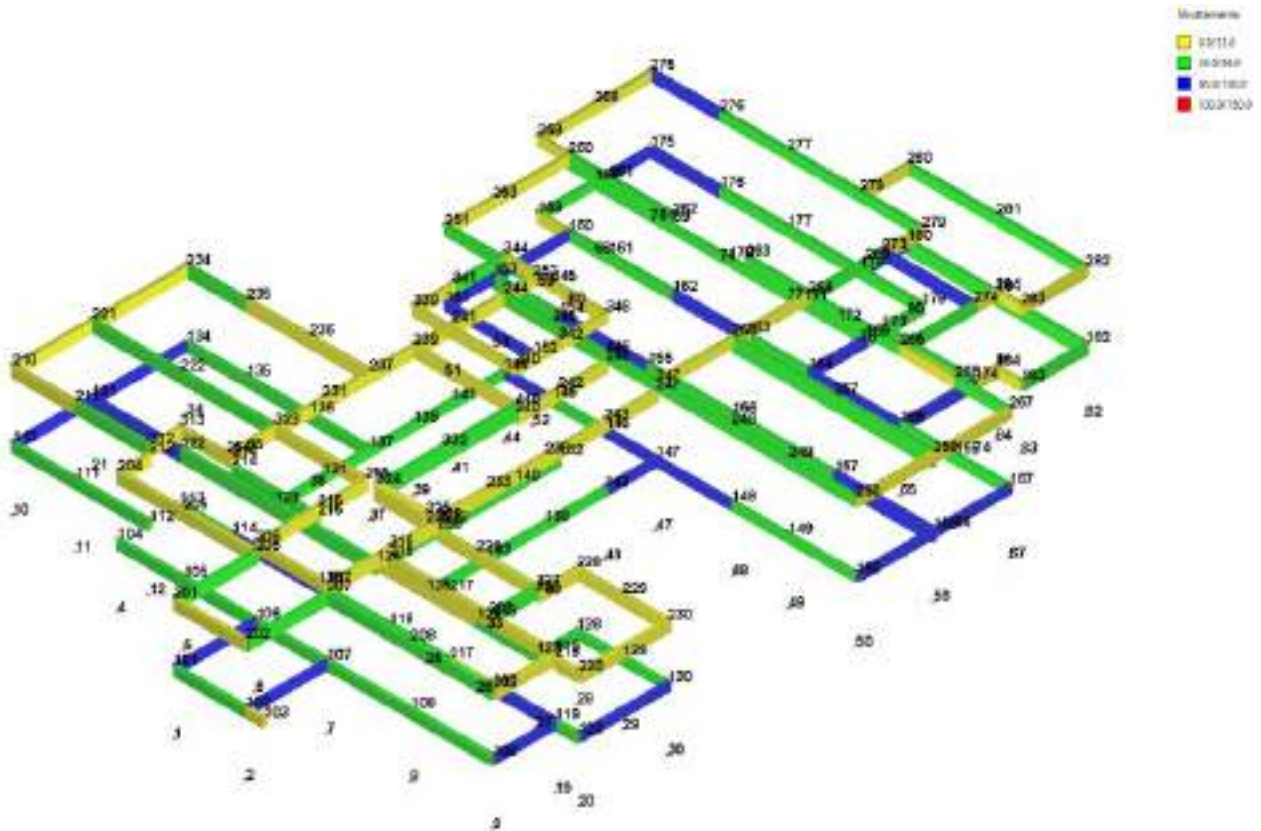


Figura 7: Verifiche duttili travi: Indici di sfruttamento % per  $agD=0.27agSlu = Capacita/Domanda\%$

### 6.3.3 Verifiche nodi non confinati

Alcuni nodi, mancando di armatura di confinamento, non rispettano i requisiti di resistenza richiesti con particolare riferimento alla verifica a taglio-trazione.

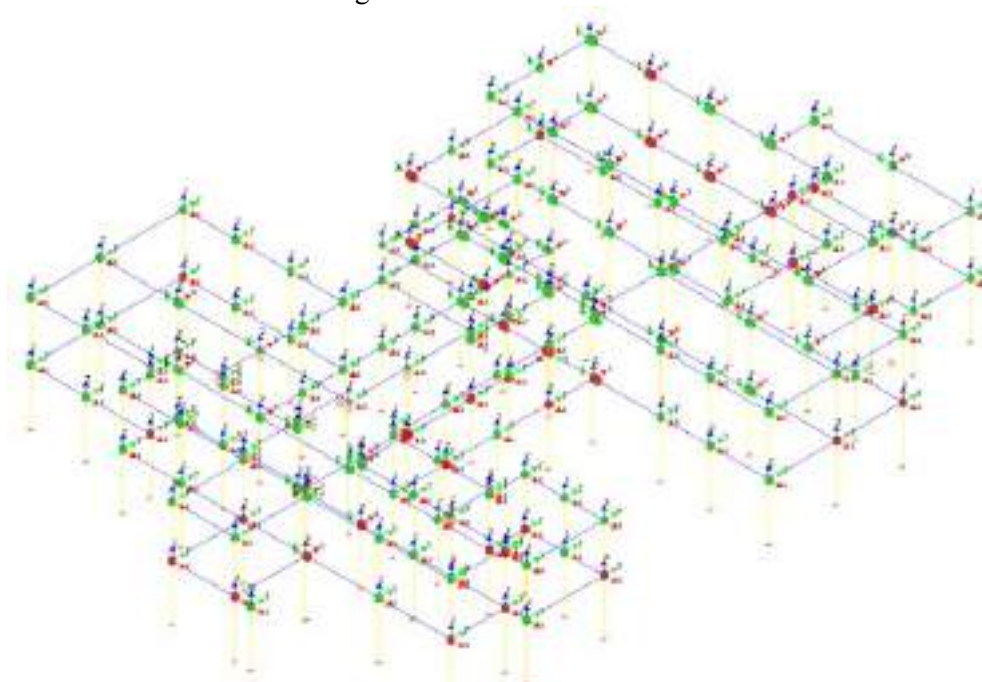


Figura 8: Verifiche fragili nodi: Verifiche nodi per  $agD=0.15agSlu = Capacita/Domanda\%$



### 6.3.4 Verifica a ribaltamento tamponature

La tamponatura esterna rilevata nel corso delle indagini diagnostiche è del tipo con blocco di lapillo cemento di spessore complessivo cm 10. La verifica all'espulsione ai sensi delle NTC (cfr. § 7.2.3 D.M. 2018), non risulta soddisfatta in quanto la muratura da 10 cm esterna risulta particolarmente fragile rispetto all'azione sismica con un coefficiente di sicurezza risulta  $0.25 < 1$ . Pertanto, si dovrà prevedere la messa in opera di sistemi antiribaltamento.

### 6.3.5 Risultati indice di sicurezza

L'indice di sicurezza sismica della struttura  $\zeta_E$  è definito come il rapporto tra l'azione sismica corrispondente al raggiungimento della capacità della struttura e la domanda sismica allo stato limite considerato (Stato Limite ultimo, di danno e di operatività) in termini di accelerazione. Si riportano di seguito le tabelle riassuntive degli indici di sicurezza divisi per elementi.

#### PILASTRI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
PILASTRI	TAGLIO	0.303	0.33
PILASTRI	FLESSIONE	0.205	0.27

#### TRAVI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
TRAVI	TAGLIO	0.391	0.40
TRAVI	FLESSIONE	0.186	0.27

#### NODI NON CONFINATI

ELEMENTO	TIPO VERIFICA	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI DI ACC. AL SUOLO	INDICE DI SICUREZZA IN TERMINI PERIODO DI RITORNO
		$\zeta_E (a_g)$	$\zeta_E (T_R)$
NODI	TAGLIO TRAZIONE	0.15	0.27

L'indice di sicurezza globale è il minore fra tutti gli indici calcolati:  $\zeta_E (a_g) = 0.15$ ,  $\zeta_E (T_R) = 0.27$ , corrispondente a PGA (capacità) =  $0.40 \text{ m/sec}^2$  e periodo di ritorno  $T_r = 30$  anni.

Per maggiori chiarimenti si demanda all'allegato B contenente la tavola Fase2\_RTD\_01-Relazione geologica e geotecnica redatta dai tecnici esterni al Comune nell'ambito dell'appalto "servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità – LOTTO 7 – CUP: B65I17000050001 CIG – LOTTO 7: 7882655CAD"

## 7 INTERVENTI DI ADEGUAMENTO SISMICO E INDICI DI RISCHIO POST INTERVENTO

L'edificio scolastico presenta criticità estese a tutti gli elementi in elevazione. In una situazione di debolezza diffusa, gli interventi puntuali sui singoli elementi risulterebbero estremamente invasivi e particolarmente costosi. Sulla base anche di esperienze similari, si propone un rinforzo strutturale che può consentire di raggiungere l'adeguamento sismico con interventi da adottare sull'involucro esterno della struttura. Ciò è

consentito anche dal fatto che l'edificio è isolato e libero sui lati. In particolare il rinforzo avviene con la costruzione di telai/contrafforti esterni da collegare rigidamente al corpo di fabbrica, dislocati possibilmente nei quattro angoli dello stesso. Gli elementi saranno dimensionati in modo da assorbire la quota di azioni contro cui attualmente il corpo strutturale non è in grado di offrire sufficienti garanzie di sicurezza. Unitamente a questo si dovrà intervenire sulle tamponature mettendo in opera dei sistemi antiribaltamento e sugli elementi strutturali ammalorati e degradati del piano seminterrato al fine di ripristinare le originarie sezioni resistenti. Altri ripristini riguarderanno i solai ammalorati in misura stimata nel 20% delle superfici.

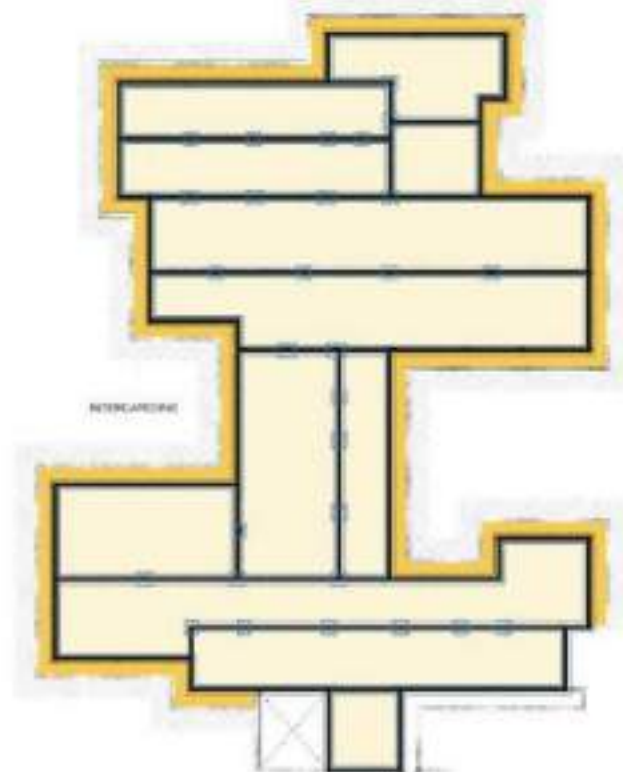
### IPOTESI DI INTERVENTO



PIANO TERRA



PIANO CANTINATO



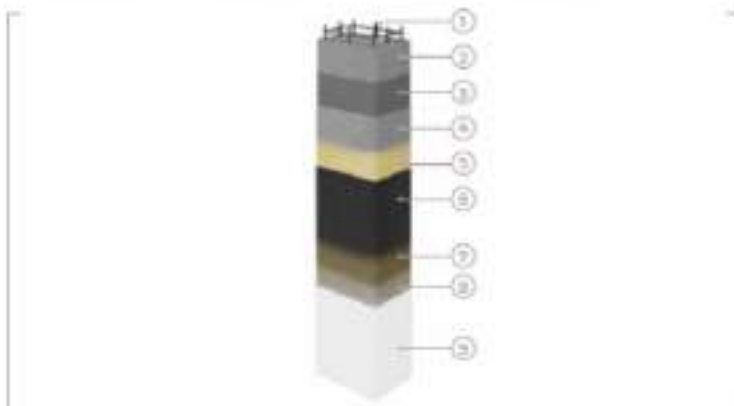
## 1. Ripristino sezione resistente di travi e pilastri

## 2. Aumento delle sezioni resistenti su travi e pilastri

Il progetto prevede interventi di ripristino della sezione resistente di travi e pilastri estremamente ammalorati. Tale fenomeno di riduzione della sezioni è stato riscontrato specificatamente negli elementi strutturali del piano cantinato. Suddetto intervento verrà seguito dall'eventuale aumento delle sezioni resistenti su travi e pilastri in funzione dei risultati ottenuti tramite i calcoli strutturali. L'aumento delle sezioni verrà eseguito tramite ringrosso della sezione in c.a. o attraverso l'utilizzo di fibre di FRPP. Di seguito si riporta la scheda tecnica per l'intervento tipo di rinforzo di pilastri.

### RINFORZO DI PILASTRI

### FASCIATURA DEI PILASTRI PER INCREMENTARE IL CONFINAMENTO E IL TAGLIO MEDIANTE FRP: TESSUTI MAPEWRAP SYSTEM



#### PROCEDURA TECNICA DI INTERVENTO

L'intervento di rinforzo di pilastri (a taglio o per confinamento) si realizza disponendo, ortogonalmente allo sviluppo longitudinale degli stessi, tessuti in fibra di carbonio unidirezionali MAPEWRAP applicati mediante ciclo epossidico. Dopo aver eseguito la preparazione del supporto (SCHEDE 1A), arrotondando gli spigoli vivi dei pilastri con raggio di curvatura di almeno 20 mm, e le eventuali operazioni di ripristino (SCHEDE 1C) si procede come di seguito descritto:

- ➔ Applicare sulla superficie da rinforzare il primer epossidico bicomponente MAPEWRAP PRIMER 1 (foto A).
- ➔ Stendere a spatola, sul primer fresco, uno strato uniforme di 10-15 mm di stucco epossidico bicomponente MAPEWRAP T1 o MAPEWRAP T2 (\*) (foto B).
- ➔ Applicare sullo stucco epossidico ancora fresco, uno strato di resina epossidica fluida per l'impregnazione dei tessuti MAPEWRAP 3I (foto C).
- ➔ Tagliare con forbici il tessuto MAPEWRAP C UNI-AX nella lunghezza desiderata.
- ➔ Fasciare il pilastro mediante fogli di tessuto MAPEWRAP C UNI-AX disposti ortogonalmente all'asse longitudinale dello stesso ed in forma di anello chiuso. Passaggio con RULLINO PER MAPEWRAP al fine di eliminare eventuali bolle d'aria (foto D).
- ➔ Applicare un secondo strato di MAPEWRAP 3I (foto E).
- ➔ Spargere con sabbia di QUARZO 1,2 asciutta la resina fresca (foto F).
- ➔ Trascorsa almeno 24 ore dall'applicazione dei tessuti, procedere alla rasatura con rasanti cementizi della linea PLANITOP.

(\*) Per un tempo di lavorabilità maggiore è possibile impiegare MAPEWRAP T2.





### 3. Interventi su solai ammalorati

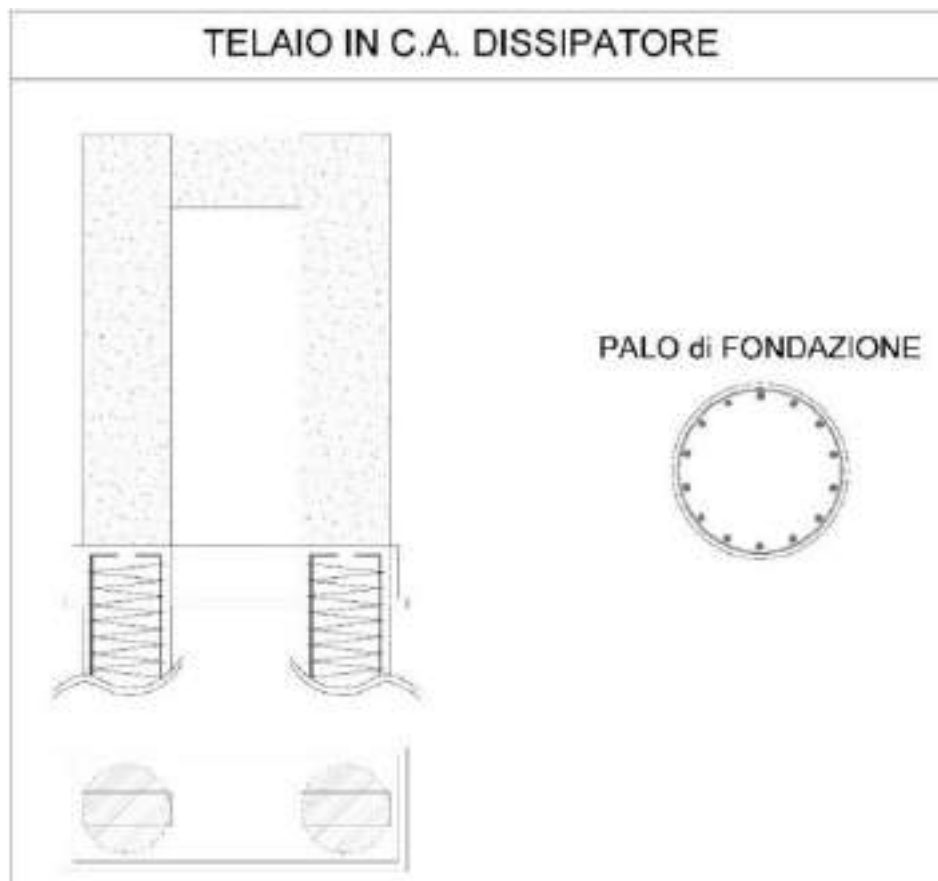
### 4. Interventi su solaio di collegamento tra la trave di piano terra e intercapedine esterno

Si prevedono interventi di antisfondellamento dei solai esistenti tramite l'installazione di un controsoffitto interno, di contenimento, in aderenza rispetto al solaio realizzato con lastre in gesso rivestito su orditura metallica singola, atto a garantire il contenimento per solai in latero-cemento soggetti a tale fenomeno. L'orditura sarà fissata al solaio tramite ganci distanziatori e rivestita con un singolo strato di lastre in gesso.



### 5. Realizzazione di setti in c.a. di contrasto alle forze orizzontali

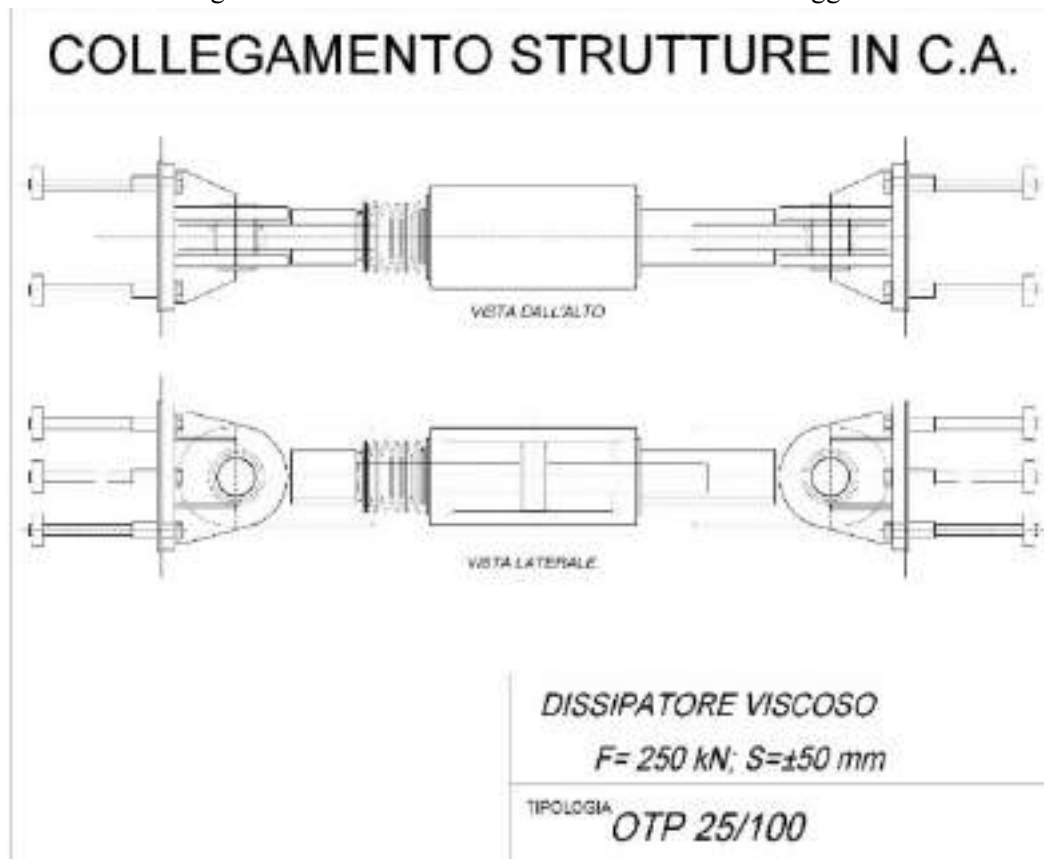
L'idea progettuale scaturisce dalla considerazione di non agire solamente dal lato della capacità, incrementando la resistenza della struttura, ma anche riducendo significativamente la domanda sismica trasmettendo gran parte delle sollecitazioni a nuovi elementi resistenti costituiti da telai esterni, con funzione di contrasto, collegati alla struttura esistente mediante dissipatori sismici. Il sistema adottato, oltre ad agire sul grado di sicurezza delle strutture, diminuisce le accelerazioni e gli spostamenti di interpiano, con conseguente riduzione anche dei danni agli elementi non strutturali, ai dispositivi mobili ed agli impianti. La posizione dei telai viene determinata da considerazioni strutturali, funzionali ed architettoniche.





## 6. Dissipatori sismici del tipo fluido-viscosi

I dissipatori e i setti in c.a. avranno il compito di contrastare le forze orizzontali generate dall'evento sismico. Tali dissipatori sono dispositivi meccanici che reagiscono con forze che si oppongono a quelle sismiche (diminuendo quindi lo spostamento richiesto) e allo stesso tempo sottraggono energia all'input, riducendo quella che sarà assorbita dagli elementi strutturali ed in definitiva il loro danneggiamento.

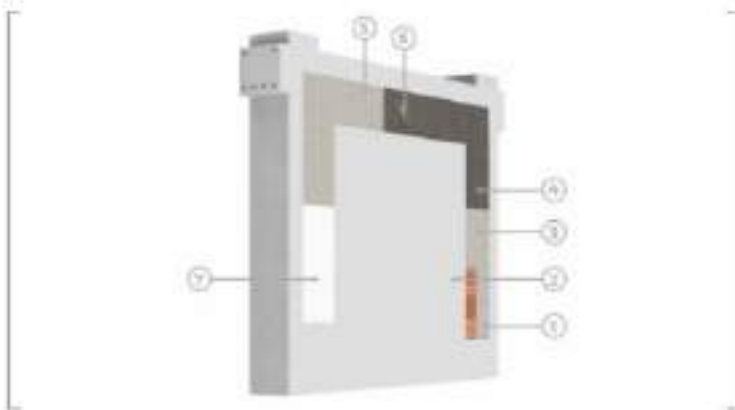


## 7. Sistema di protezione antiribaltamento delle partizioni non strutturali

L'intervento finalizzato al rinforzo dei tramezzi ed al loro collegamento alle strutture di confinamento perimetrale (travi, solai, pilastri/pareti), si articola secondo le seguenti fasi di lavorazione

- Rimozione dell'intonaco esistente dalle superfici di intervento.
- Depolverizzazione delle superfici stonacate e lavaggio con acqua a bassa pressione
- Inserimento dei connettori costituiti da barre in acciaio inox elicoidali
- In entrambi i lati del tramezzo, procedere con l'applicazione di malta strutturale con bassa classe di resistenza
- Sulla malta ancora fresco, posizionare la rete strutturale in fibra di vetro
- Inserire per ogni barra appositi fazzoletti quadrati di rete (dimensioni circa 10x10cm) e procedere alla piegatura delle barre, mediante idonea piegaferri, fino a portare le stesse in posizione di perfetta adiacenza con la rete
- Terminare l'intervento con l'applicazione del secondo strato di malta strutturale
- Lo spessore totale dell'intervento sarà di circa 12-15 mm e la rete dovrà risultare nella metà dello spessore totale del rinforzo
- L'intervento sarà eseguito nelle pareti che delimitano i connettivi ai vari piani.
- Si riporta di seguito la schede tecnica dell'intervento.

## SISTEMI DI ANTIRIBALTAMENTO SU TAMPONAMENTI E TRAMEZZE PRESIDIO LOCALE DAL RIBALTAMENTO MEDIANTE RASATURA ARMATA A BASSO SPESSORE: FRCM SYSTEM (PARTE A)



- ←
- 1 | TBAMEZZA/TAMPONAMENTO ESISTENTE
  - 2 | INTONACO ESISTENTE
  - 3 | PLANITOP HDH MAXI
  - 4 | MAPEGRID G 120
  - 5 | PLANITOP HDH MAXI
  - 6 | MAPEWRAP SG FIOCCO
  - 7 | RASATURA

### PROCEDURA TECNICA DI INTERVENTO

Al fine di evitare il ribaltamento dei tamponamenti o delle tramezze a seguito di un evento sismico, si procede alla realizzazione di un fascio a cavallo del giunto tra la struttura in c.a. e gli stessi tamponamenti o tramezzi mediante l'impiego di prodotti della linea MAPEI FRCM SYSTEM.

È possibile procedere come di seguito descritto:

- Rimuovere l'intonaco esistente tra tamponamento/tramezza e scafo/trave per una zona pari a circa 50 cm, in modo da conformare una sezione di lato 25 cm x 25 cm.
- Forare per l'intero spessore il tamponamento o la tramezza per la successiva applicazione del fiocco-connettore di diametro pari a  $\varnothing$  16 mm e occludere temporaneamente il foro con apposito segnalino rimovibile.
- Rimuovere dalla superficie il materiale incoerente e lavare con acqua a bassa pressione in modo da avere le superfici umide prima dell'esecuzione delle fasi successive (foto A).
- Applicare il primo strato di malta cementizia bicomponente fibrorinforzata ad elevata duttilità **PLANITOP HDH MAXI** per uno spessore pari a 5-6 mm (foto B).
- Posizionare contestualmente a cavallo della tamponatura (o tramezza) la rete in fibre di vetro A.R. alcali resistenti pre-apprettata **MAPEGRID G 120** in modo da aprire i 50 cm precedentemente liberati (foto C).
- Applicare il secondo strato di **PLANITOP HDH MAXI** quando il primo è ancora fresco, in modo da coprire completamente la rete in fibre di vetro, per uno



## 8 STIMA DEGLI INDICATORI DI RISCHIO RAGGIUNGIBILI

Con riferimento allo Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV) l'insieme degli interventi proposti può consentire di ottenere l'adeguamento sismico ai sensi delle NTC2018 e relativa circolare applicativa innalzando l'attuale indice di sicurezza fino al valore  $\zeta_E=0.8$ . Tale valore è sufficiente a conseguire l'adeguamento sismico alla luce di quanto indicato al par. 8.4.3 delle NTC, non ricadendo nei casi a), b) o d) ai sensi del par. C.8.4.3 della Circolare 21 gennaio 2019 N.7. Infatti l'intervento è solo finalizzato all'adeguamento sismico deciso a seguito di inadeguatezza riscontrata attraverso la valutazione di sicurezza. Nei riguardi degli SLU-SLV vengono soddisfatte tutte le verifiche. Le verifiche in termini di deformazione agli SLE (SLD) risultano ampiamente rispettate. Nella tabella successiva vengono riportati gli indici di rischio agli SLV per tutti gli elementi.

Plesso infanzia				
elemento	Verifiche duttili ( $ag_d/ag_d$ )%	Verifiche fragili ( $ag_d/ag_d$ )%	Verifiche Nodi ( $ag_d/ag_d$ )%	Indice di sicurezza $\zeta_E$
Travi	80	80	---	0.8
Pilastri	80	80	80	0.8
<b>INDICE DI SICUREZZA GLOBALE POST INTERVENTO <math>\zeta_E (A_g) = 0.8</math></b>				