

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 mediante intervento di sostituzione edilizia della scuola dell'Infanzia Villa Adele del 15° Circolo Didattico (cod. Ares 0630490702)

Responsabile del Procedimento:

Arch. Alfonso Ghezzi

Progettisti:

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

TAVOLA:

A1.0A

Descrizione elaborato:

Allegato A_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;

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_RCM_01 ▶ OGGETTO: Relazione sulla caratterizzazione dei materiali

▶ SCALA:

▶ DATA: 21/07/21

▶ 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

**Scuola infanzia "Villa Adele"
Via Vecchia Miano Piscinola, 2A**

Relazione sulla caratterizzazione dei materiali

SOMMARIO

1. PREMESSA	2
2. INTRODUZIONE.....	2
3. RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE	3
3.1. DESCRIZIONE ARCHITETTONICA E FUNZIONALE DELL'OPERA.....	3
3.2. DEFINIZIONE DEI DATI DIMENSIONALI E DELLO SCHEMA PLANO-ALTIMETRICO DELL'EDIFICIO	4
4. DEFINIZIONE SAGGI, PRELIEVI ED INDAGINI STRUTTURALI	8
4.1. OBIETTIVI DEL PIANO DI INDAGINE	8
4.2. INDICAZIONI DI NORMATIVA	8
4.3. TIPOLOGIA INDAGINI STRUTTURALI INDIVIDUATE PER L'EDIFICIO IN ESAME	10
4.4. PIANO DELLE INDAGINI STRUTTURALI.....	11
4.5. PROPRIETÀ DEI MATERIALI	14
5. CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI	15
5.1. CARATTERIZZAZIONE DEL CALCESTRUZZO.....	15
5.2. CARATTERIZZAZIONE DELL'ACCIAIO	18
INDICE DELLE FIGURE	20
INDICE DELLE TABELLE	20

1. PREMESSA

Lo scopo del servizio è la valutazione della sicurezza degli edifici scolastici di proprietà del Comune di Napoli che ricadono nella VII Municipalità, ritenuti di “interesse strategico” o “rilevanti” ai sensi dell’OPCM 3274/2003, art. 2, comma 3, nonché l’acquisizione di tutti gli elementi necessari per la redazione di un eventuale progetto di adeguamento strutturale per evitare, ove possibile, ulteriori campagne di indagine. L’appalto consiste dunque nel Servizio di ingegneria per la valutazione in parola, comprese tutte le attività necessarie al raggiungimento dello scopo stesso, ponendo l’attenzione all’acquisizione anche degli elementi necessari alla progettazione degli interventi di adeguamento. Si specifica che la progettazione degli interventi di adeguamento non è compresa nel presente servizio.

2. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive i parametri dei materiali in base alle risultanze delle indagini eseguite in sito ed il livello di conoscenza acquisito con la finalità di stabilire il livello di sicurezza sismica dell’edificio ai sensi dell’OPCM 3274/2003 e ss. mm. e ii. nei confronti delle azioni di progetto previste dalle norme tecniche vigenti (D.M. 17.01.2018) e indicare le soluzioni progettuali per il miglioramento o adeguamento sismico delle strutture; a tal fine la Circolare del 17 gennaio 2019 n. 7 fornisce gli strumenti e le regole applicative. L’edificio in esame è ubicato a Napoli, Via Vecchia Miano Piscinola, 2/A° ed è costituito da n. 1 corpo di fabbrica.



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

3. RILIEVO GEOMETRICO-STRUTTURALE

Nella prima fase di rilievo sono state effettuate delle rilevazioni metriche e fotografiche per ricostruire:

- L'esatta geometria del manufatto
- Le sezioni strutturali di travi e pilastri
- Lo spessore dei muri con funzione strutturale
- Le orditure dei solai
- Le varie tipologie di aperture
- Eventuali interferenze tra opere impiantistiche e strutturali

I rilievi sono stati condotti mediante ricognizione visiva, metrica e con ausilio di strumentazione specifica (termocamere/pacometro). Tramite ciò è stato possibile rilevare le tipologie delle tamponature, dei solai e delle coperture, nonché dettagli costruttivi tramite osservazioni visive, rilievi magnetometrici, osservazioni mediante termocamera ad infrarossi, battiture superficiali.

I dettagli costruttivi mancanti, così come la caratterizzazione meccanica dei materiali, saranno determinati dalla campagna di indagini oggetto della presente relazione.

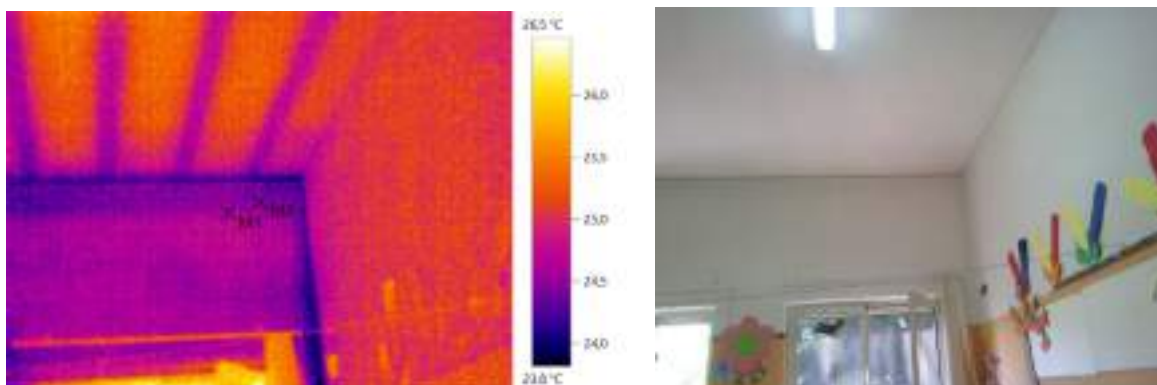


Figura 2 – Foto eseguita con la termocamera

3.1. Descrizione architettonica e funzionale dell'opera

La scuola infanzia "Villa Adele" è un istituto di piccole dimensioni inserito in un contesto fortemente urbanizzato. L'area scolastica è dotata, infatti, di una contenuta fascia di pertinenza che garantisce piccoli spazi aperti su tutti i lati del fabbricato. La scuola risulta, infatti, esternamente circondata da piccole aree di verde incolto e presenta una pavimentazione esterna non in un buono stato di conservazione. Sui fronti ad Est sono inoltre presenti rampe esterne di accesso alle aule utili a superare il salto di quota di circa +1.2 m definito dal piano seminterrato percepibile tramite delle bocchette di areazione presenti sui fronti sud ed est dell'edificio.

L'area al catasto terreni è individuata al foglio 16 particella 315 per una superficie complessiva di mq 1562



Figura 3 – Inquadramento lotto di interesse



Figura 4 – Vista del prospetto principale

3.2. Definizione dei dati dimensionali e dello schema piano-altimetrico dell'edificio

La configurazione dell'edificio è costituita da un singolo corpo di fabbrica. Il piano terra è adibito ad attività didattica per l'infanzia. Il piano cantinato, di limitata altezza mediamente 1,40m, salvo un limitato deposito, non è attualmente utilizzato.

L'intero volume si sviluppa su una superficie coperta di circa 670 mq, per un totale di circa 3862 mc. Il calpestio del piano terra si è assunto a quota 0,00 (in parte per alloggio custode a +1,40m) mentre lo spiccato di fondazione (calpestio cantinato) è a quota -1,60m.. Il solaio di copertura è posto in parte a quota +3,90m ed in parte a quota +4,40m

La copertura, piana è accessibile per sola manutenzione.

Si riportano di seguito le piante schematiche della struttura:

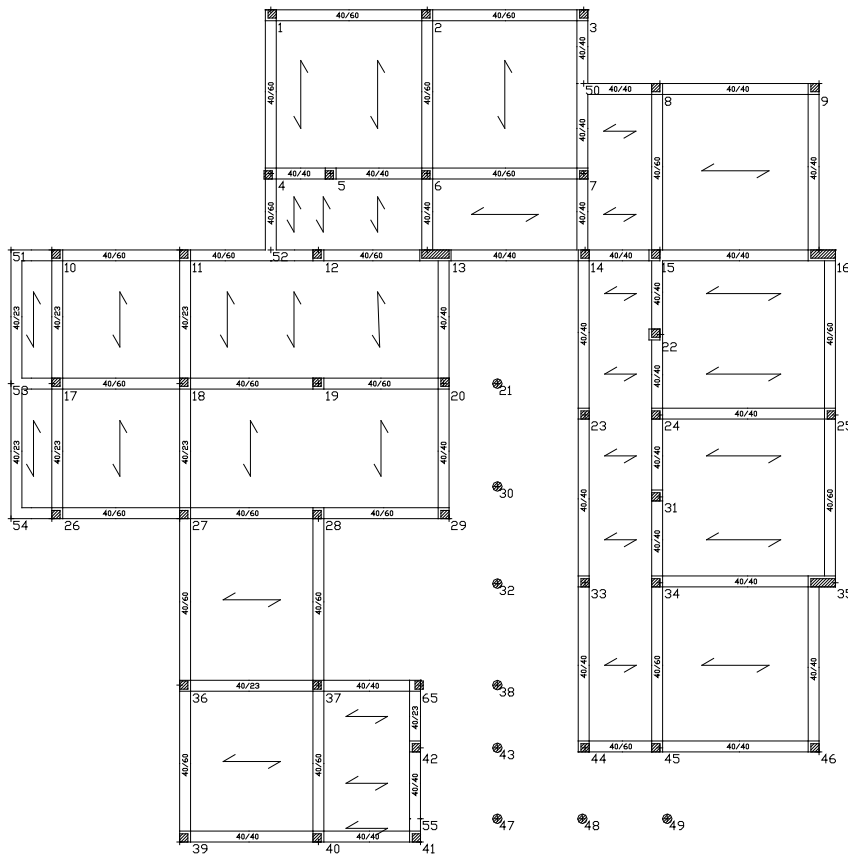


Figura 5 – Schema carpenteria primo impalcato (piano cantinato)

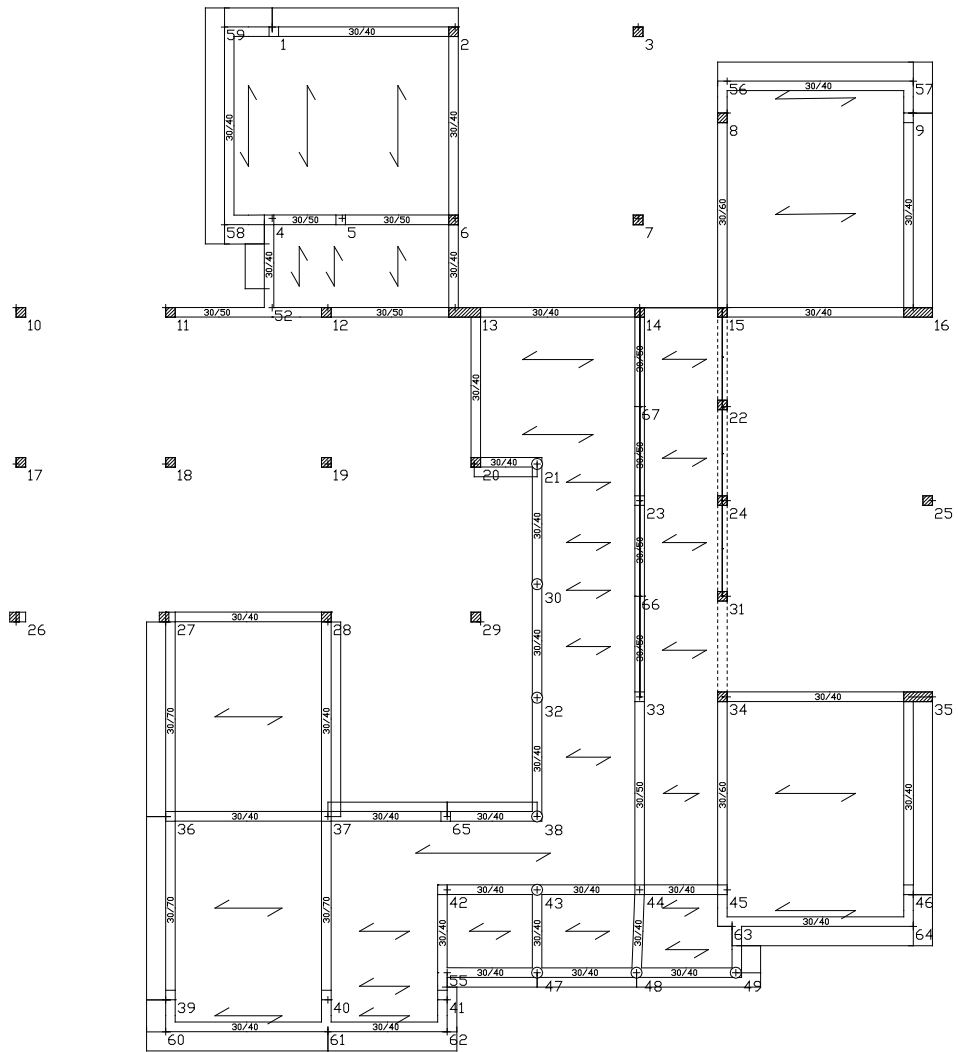


Figura 6 – Schema carpenteria 2° impalcato (q. +3,90m)

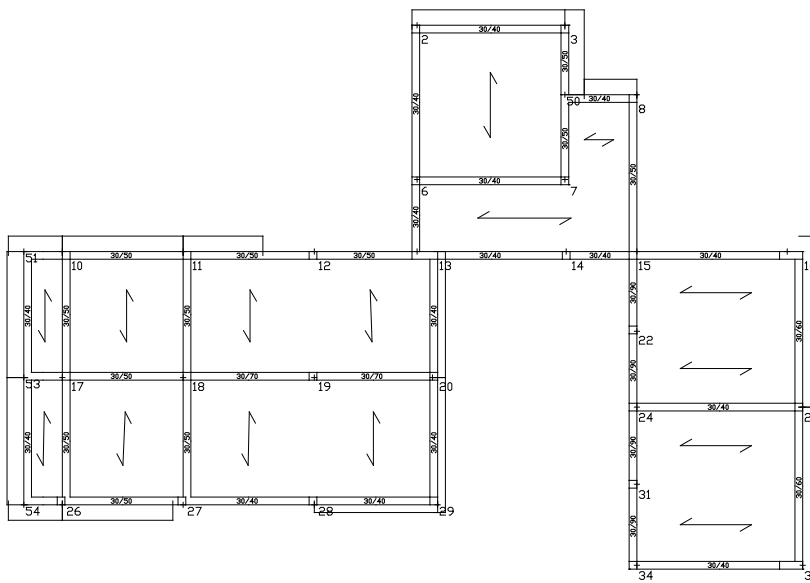


Figura 7 – Schema carpenteria 2° impalcato (q. +4,40m)

Di seguito viene riportata una tabella con i dati dimensionali:

SUPERFICIE E VOLUMETRIA
Sup. totale: 670 mq (compreso alloggio custode)
Sup. chiostrina: 45 mq
Volume complessivo involucro edilizio: 3862 mc

Tabella 1 – Tabella valori dimensionali

DEFINIZIONE SAGGI, PRELIEVI ED INDAGINI STRUTTURALI

3.3. Obiettivi del piano di indagine

Il progetto delle indagini mira al conseguimento di un **livello di conoscenza LC2** attraverso una campagna di prove in sito ed in laboratorio sia di tipo distruttivo sia di tipo semi-distruttivo o non distruttivo. L'acquisizione della documentazione disponibile, i rilievi eseguiti sull'immobile nonché le indagini predisposte assicurano un adeguato livello di approfondimento della conoscenza dell'organismo strutturale in termini di identificazione:

- della geometria;
- dei dettagli costruttivi;
- delle proprietà materiali.

L'acquisizione dei dati necessari all'identificazione è stata disposta secondo quanto previsto al paragrafo 11.3 dell'O.P.C.M. 3431/2005 e al capitolo 8 della Circ. 7/2019.

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

Nel caso dell'edificio in esame, il livello LC2 si intende raggiunto quando siano stati effettuati

- l'analisi storico-critica commisurata al livello considerato, come descritta al § C8.5.1;
- un controllo della documentazione acquisita ed eseguendo, ove questa sia carente, il rilievo geometrico ex novo di porzioni di interesse;
- indagini estese in situ sulle armature e sui collegamenti presenti approfondendo le, completo in ogni sua parte, e indagini esaustive sui dettagli costruttivi, come descritto al § C8.5.2,
- prove estese in situ per la determinazione delle caratteristiche dei materiali (qualora non fosse possibile l'acquisizione della documentazione del progetto originario), come indicato al § C8.5.3.

Il corrispondente fattore di confidenza è $FC=1.2$.

Le indagini individuate per ottenere le informazioni necessarie, sulla base della documentazione attualmente disponibile sono descritte nel seguito.

3.4. Indicazioni di normativa

3.4.1. Geometria

La geometria della struttura è nota o in base a un rilievo o dai disegni originali. In quest'ultimo caso viene effettuato un rilievo visivo a campione per verificare l'effettiva corrispondenza del costruito ai disegni. I dati raccolti sulle dimensioni degli elementi strutturali, insieme a quelli riguardanti i dettagli strutturali, saranno tali da consentire la messa a punto di un modello strutturale idoneo ad un'analisi lineare o non lineare.

Per gli elementi aventi funzione strutturale la geometria esterna deve essere sempre descritta in maniera la più completa possibile, allo scopo di ottenere un modello di calcolo affidabile, mentre i dettagli, spesso occultati alla vista (ad esempio la disposizione delle armature), possono essere rilevati a campione, estendendo poi le valutazioni agli altri elementi operando per analogia, anche in forza delle norme vigenti e dei prodotti in commercio all'epoca della costruzione.

Il rilievo di manufatti che non hanno funzione strutturale (pareti divisorie, controsoffitti, impianti) deve essere effettuato con l'obiettivo principale di identificare eventuali rischi per la sicurezza degli abitanti, connessi a problemi di stabilità dei manufatti stessi o delle strutture.

Il rilievo geometrico degli elementi deve permettere:

- L'identificazione dell'organizzazione strutturale;

- L'individuazione della posizione e delle dimensioni di travi, pilastri, scale e setti;
- L'identificazione dei solai e della loro tipologia, orditura, sezione verticale;
- L'individuazione di tipologia e dimensioni degli elementi non strutturali quali tamponamenti, tramezzature, etc.

3.4.2. *Dettagli costruttivi*

Nel definire il comportamento della costruzione in presenza di sisma sono di particolare importanza i dettagli costruttivi; le informazioni su di essi possono essere desunte dai disegni originali, da un progetto simulato o da indagini in situ.

Sia che si disponga dei disegni originali, sia che si sia prodotto un progetto simulato, per verificarne la rispondenza alla realtà del costruito in termini di particolari costruttivi occorre effettuare rilievi in situ.

Nei rilievi si possono individuare tre livelli di indagine, in relazione al loro grado di approfondimento.

Indagini limitate: consentono di valutare, mediante saggi a campione, la corrispondenza tra le caratteristiche dei collegamenti riportate negli elaborati progettuali originali o ottenute attraverso il progetto simulato, e quelle effettivamente presenti.

Indagini estese: si effettuano quando non sono disponibili gli elaborati progettuali originali, o come alternativa al progetto simulato seguito da indagini limitate, oppure quando gli elaborati progettuali originali risultano incompleti.

Indagini esaustive: si effettuano quando si desidera un livello di conoscenza accurata e non sono disponibili gli elaborati progettuali originali.

Le indagini in-situ basate su saggi sono effettuate su una congrua percentuale degli elementi strutturali, privilegiando, tra le tipologie di elementi strutturali (travi, pilastri, pareti...), quelle che rivestono un ruolo di primaria importanza nella struttura.

Il quantitativo di indagini in-situ basate su saggi dipende dal livello di conoscenza desiderato in relazione al grado di sicurezza attuale e deve essere accuratamente valutato, anche in vista delle notevoli conseguenze che comporta sulla progettazione degli interventi.

Il rilievo dei dettagli costruttivi per le costruzioni in calcestruzzo armato è finalizzato a conseguire le seguenti informazioni:

- 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 copriferri;
- lunghezza delle zone di sovrapposizione delle barre e dei loro ancoraggi;

3.4.3. *Proprietà dei materiali*

Per il caso in esame le proprietà dei materiali sono state ricavate da estese verifiche in situ (vista la remota possibilità di rintracciare i disegni esecutivi originari) mediante prove di tipo distruttivo

Metodi di prova distruttivi

- *Calcestruzzo*: la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove di compressione fino a rottura.
- *Acciaio*: la misura delle caratteristiche meccaniche si ottiene mediante estrazione di campioni ed esecuzione di prove a trazione fino a rottura con determinazione della resistenza a snervamento e della resistenza a deformazione ultima.

Le prove sui materiali, in analogia a quanto definito per le indagini sui dettagli costruttivi, possono essere eseguite su un numero di elementi diverso, a seconda del livello di conoscenza che si vuole raggiungere.

Si possono distinguere, in relazione al loro grado di approfondimento, tre livelli di prova.

Prove limitate: prevedono un numero limitato di prove in-situ o su campioni, impiegate per completare le informazioni sulle proprietà dei materiali, siano esse ottenute dalle normative in vigore all'epoca della costruzione, o dalle caratteristiche nominali riportate sui disegni costruttivi o nei certificati originali di prova.

Prove estese: prevedono prove in-situ o su campioni più numerose di quelle del caso precedente e finalizzate a fornire informazioni in assenza sia dei disegni costruttivi, sia dei certificati originali di prova o quando i valori ottenuti con le **prove limitate** risultino inferiori a quelli riportati nei disegni o sui certificati originali.

Prove esaustive: prevedono prove in-situ o su campioni più numerose di quelle del caso precedente e finalizzate a ottenere informazioni in mancanza sia dei disegni costruttivi, sia dei certificati originali di prova, o quando i valori ottenuti dalle **prove, limitate o estese**, risultino inferiori a quelli riportati sui disegni o nei certificati originali, oppure nei casi in cui si desideri una conoscenza particolarmente accurata.

3.5. **Tipologia indagini strutturali individuate per l'edificio in esame**

Le indagini strutturali consistono in prove distruttive; tutte le tipologie di prove sono disciplinate da specifiche norme UNI. Per l'edificio in questione sono state previste le seguenti tipologie di prove sugli elementi in cemento armato:

- prelievo campione di calcestruzzo mediante carotaggio;
- prelievo campione di barra d'acciaio;
- indagini pacometriche e saggi;
- indagini visive sullo spessore dei giunti (ove presenti), dei solai e delle tamponature esterne;
- endoscopie sulle tamponature esterne e sui solai;
- prove per la determinazione della profondità di carbonatazione;
- prove di laboratorio su carote di calcestruzzo;
- prove indirette sul calcestruzzo;
- prove di laboratorio su campioni di acciaio;

3.6. Piano delle indagini strutturali

Non disponendo dei disegni costruttivi e delle specifiche originali di progetto, sono stati definiti i livelli di approfondimento delle verifiche e delle prove da eseguire in sito sulla scorta della tabella C8.5.IV della Circolare Cons. Sup. LL.PP. 7 del 21 gennaio 2019.

In particolare:

- la conoscenza dei dettagli costruttivi richiede acquisizione delle informazioni mediante **indagini estese in situ**.
- la conoscenza delle proprietà dei materiali richiede **prove estese in situ**.

Si riassumono nelle successive tabelle i requisiti necessari contenuti nel piano di indagine al fine di soddisfare il Livello di conoscenza prestabilita LC2 tenendo conto che tutti i corpi di fabbrica sono stati realizzati contemporaneamente.

Tabella C8.5.IV – Livelli di conoscenza in funzione dell'informazione disponibile e conseguenti metodi di analisi ammessi e valori dei fattori di confidenza, per edifici in calcestruzzo armato e in acciaio

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

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

Livello di Indagini e Prove	Rilievo dei dettagli costruttivi ¹⁾	Prove (sui materiali) ²⁾
	Per ogni elemento "primario" (trave, pilastro)	
<i>limitata</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 15% degli elementi	1 provino di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 1 campione di armatura per piano dell'edificio
<i>esteso</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 35% degli elementi	2 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 2 campioni di armatura per piano dell'edificio
<i>esauritivo</i>	La quantità e disposizione dell'armatura è verificata per almeno il 50% degli elementi	3 provini di cls. per 300 m ² di piano dell'edificio, 3 campioni di armatura per piano dell'edificio

Secondo quanto previsto all'ART.7 del Capitolato Speciale d'Appalto, le percentuali di elementi da verificare ed il numero di provini da estrarre sono state adattate al caso specifico, tenendo conto dei seguenti aspetti:

- Nel controllo del raggiungimento delle percentuali di elementi indagati, ai fini del rilievo dei dettagli costruttivi, si tiene conto delle eventuali situazioni ripetitive che consentano di estendere ad una più ampia percentuale i controlli effettuati su alcuni elementi strutturali facenti parte di una serie con evidenti caratteristiche di ripetibilità, per uguale geometria e ruolo nello schema strutturale;
- Ai fini delle prove sui materiali è possibile sostituire alcune prove distruttive, non più del 50%, con un più ampio numero, almeno il triplo, di prove non distruttive, singole o combinate, tarate su quelle distruttive;
- Il numero di provini riportato nelle tabelle C8.5.V e C8.5.VI può esser variato, in aumento o in diminuzione, in relazione alle caratteristiche di omogeneità del materiale. Nel caso del calcestruzzo

VII Municipalità 7.37-208-Scuola materna Villa Adele-Via Vecchia Miano Piscinola 2/A pagina 12

in opera, tali caratteristiche sono spesso legate alle modalità costruttive tipiche dell'epoca di costruzione e del tipo di manufatto, di cui occorrerà tener conto nel pianificare l'indagine. Sarà opportuno, in tal senso, prevedere effettuazione di una seconda campagna di prove integrative, nel caso in cui i risultati della prima risultino fortemente disomogenei.

3.6.1. Rilievo geometrico-strutturale

Il rilievo geometrico e strutturale dell'edificio deve essere tale da poter restituire in maniera completa piante, prospetti e sezioni. Poiché non sono stati reperiti elaborati grafici relativi alle carpenterie, ma solo inerenti il progetto architettonico, questi sono stati integrati in situ con particolare attenzione alle sezioni strutturali di travi e pilastri. Durante la fase di rilievo visivo a campione si è riscontrata una elevata ripetitività degli elementi principali.

Le fasi del rilievo geometrico strutturale saranno integrate inoltre da prove termografiche e pacometriche su l'intradosso dei solai al fine di verificarne l'orditura, interasse dei travetti e numero di barre di armatura.

3.6.2. Dettagli costruttivi

Per quanto concerne il rilievo dei dettagli costruttivi, dovendo conseguire un esteso livello di indagine corrispondente al 35% degli elementi si è proceduto classificando ciascun elemento strutturale dell'edificio (travi e pilastri) per sezione e funzione analoga, anche con riferimento alla pratica costruttiva dell'epoca. Per analizzare i dettagli costruttivi, considerando le diverse ripetitività degli elementi strutturali, sono state previste indagini pacometriche e saggi strutturali.

La quantità e la posizione dei saggi indirizzati alla conoscenza dei dettagli costruttivi sono tali da superare la percentuale indicata dalla circolare (35%) come evidenziato nelle tabelle seguenti che riportano la tipologia e il numero degli di elementi da indagare.

Tabella 2-Percentuali pilastri indagati al piano seminterrato (~67%)

TIPOLOGIE PILASTRI PIANO SEMINTERRATO						
TIPOLOGIE SEZIONI	PIANO	DIMENSIONE E POSIZIONE	CORPI DI FABBRICA	RIPETTIVITA' TIPOLOGIE	PERCENTUALE TIPOLOGIA	ELEMENTI INDAGATI
P1	P-I	40x40 (di bordo)		13	26,53%	1
P2	P-I	40x40 (di spigolo)		16	32,65%	
P3	P-I	40x40 (interni)		17	34,69%	3
P4	P-I	40x100		3	6,12%	1
TOTALE PILASTRI Piano Seminterrato				49	100,00%	67,35%

Tabella 3-Percentuali pilastri indagati piano terra (~ 80%)

TIPOLOGIE PILASTRI PIANO TERRA						
TIPOLOGIE SEZIONI	PIANO	DIMENSIONE E POSIZIONE	CORPI DI FABBRICA	RIPETTIVITA' TIPOLOGIE	PERCENTUALE TIPOLOGIA	ELEMENTI INDAGATI
P5	PT	30x30 (di bordo)		6	12,24%	
P6	PT	30x30 (di spigolo)		15	30,61%	1
P7	PT	30x30 (interni)		17	34,69%	1
P8	PT	30x100		1	2,04%	1
P9	PT	30x90		2	4,08%	1
P10	PT	rotondi diam.35 chiostrina		4	8,16%	1
P11	PT	rotondi diam.35 tettoia		4	8,16%	
TOTALE PILASTRI Piano Terra				49	100,00%	79,59%

Tabella 4-Percentuali travi indagate piano seminterrato (~60%)

TIPOLOGIE TRAVI PIANO SEMINTERRATO						
TIPOLOGIE SEZIONI	PIANO	DIMENSIONE E POSIZIONE	CORPI DI FABBRICA	RIPETTIVITA' TIPOLOGIE	PERCENTUALE TIPOLOGIA	ELEMENTI INDAGATI
T0	P-I	40x60 (sbalzo)		3	4,05%	
T1	P-I	40x60 (caricate)		20	27,03%	2
T2	P-I	40x60 (non caricate)		4	5,41%	
T3	P-I	40x40 (caricate)		3	4,05%	1
T4	P-I	40x40 (non caricate)		9	12,16%	
T5	P-I	40x40 corte (non caric.)		10	13,51%	
T6	P-I	40x40 corte (caricate)		15	20,27%	1
T7	P-I	40x23		7	9,46%	1
T8	P-I	40x50		3	4,05%	
TOTALE TRAVI Piano Seminterrato				74	100,00%	60,81%

Tabella 5-Percentuali travi indagate piano terra (~75%)

TIPOLOGIE TRAVI PIANO TERRA						
TIPOLOGIE SEZIONI	PIANO	DIMENSIONE E POSIZIONE	CORPI DI FABBRICA	RIPETTIVITA' TIPOLOGIE	PERCENTUALE TIPOLOGIA	ELEMENTI INDAGATI
T9	PT	30x30 (architrave)		5	5,68%	
T10	PT	30x40 (caricate)		15	17,05%	1
T11	PT	30x40 (non caricate)		17	19,32%	1
T12	PT	30x50 caricate		12	13,64%	2
T13	PT	30x50 a sbalzo		3	3,41%	
T14	PT	30x50 corte caricate		2	2,27%	
T15	PT	30x40 corte (caricate)		9	10,23%	1
T16	PT	30x40 corte (non caricate)		12	13,64%	
T17	PT	30x70 caricate		5	5,68%	1
T18	PT	20x40 caricata		4	4,55%	1
T19	PT	30x60 caricata		4	4,55%	1
TOTALE TRAVI Piano Terra				88	100,00%	75,00%

L'indagine su un elemento appartenente alla tipologia è quindi equivalente ad una verifica delle armature in numero di elementi pari a quello della ripetitività (numero pilastri all'interno della tipologia). Si eseguiranno, ove ritenuto utile, misure ridondanti così da indagare più elementi della stessa tipologia. In tal caso il numero di elementi indagati sarà comunque pari alla ripetitività.

3.7. Proprietà dei materiali

Il quadro completo del piano di indagine, i saggi conoscitivi sui solai e le indagini sugli elementi non strutturali, è illustrato nelle tavole grafiche a cui si rimanda per i dettagli e per l'eventuale suddivisione tra i vari corpi di fabbrica.

In Tabella 6 sono riassunti il tipo ed il numero delle indagini strutturali stimate per ottenere il livello di conoscenza LC2.

Le indagini sono state suddivise in due fasi consecutive, la seconda delle quali non è stata attuata in quanto si è riscontrata una buona omogeneità nei risultati acquisiti nella fase iniziale.

Il quantitativo delle indagini inizialmente previsto per acquisire le caratteristiche dei materiali era riferito alla sola tipologia *distruttiva* (prelievo carote e barre), sebbene il 50% poteva essere sostituito con il triplo di indagini *non distruttive* (sclerometrie, soniche, durometrie). Non sono state eseguite indagini non distruttive.

Vista la notevole ripetitività degli elementi strutturali le indagini erano previste in due fasi, il 50% delle prove necessarie per ottenere il livello di conoscenza LC2 sono state eseguite in fase 1, mentre la restante parte in fase 2, data l'omogeneità dei risultati, non è stata eseguita.

PIANO SEMINTERRATO				PIANO TERRA			
Indagine	Numero complessivo	Fase 1	Fase 2	Indagine	Numero complessivo	Fase 1	Fase 2
carote pilastri	4	3	1	carote pilastri	4	3	1
carote travi	4	3	1	carote travi	4	3	1
prelievi barre pilastri	2	1	1	prelievi barre pilastri	2	1	1
prelievi barre travi	2	1	1	prelievi barre travi	2	1	1
pacometrie pilastri	4	4	0	pacometrie pilastri	4	4	0
saggi pilastri	1	1	0	saggi pilastri	1	1	0
pacometrie travi	4	4	0	pacometrie travi	4	4	0
saggi travi	1	1	0	saggi travi	4	4	0
ispezioni giunti	/	/	/	ispezioni giunti	/	/	/
ispezioni solai	1	1	0	ispezioni solai	1	1	0
ispezioni tamponature	1	1	0	ispezioni tamponature	/	/	/
endoscopie	/	/	/	ispezioni tamponature	/	/	/
pozzetto fondazione	1	1	0	pozzetto fondazione	1	1	0

Tabella 6 – Quadro sinottico piano di indagine

VII Municipalità 7.37-208-Scuola materna Villa Adele-Via Vecchia Miano Piscinola 2/A pagina 15

CARATTERISTICHE MECCANICHE DEI MATERIALI

Le indagini sui materiali condotte dalla ditta L.R. Laboratori e Ricerche nel mese di Agosto 2021, certificato 1137/21-q del 8-11-21 (cls) 998/21-f e 1137/21-r del 8-11-21 (acciaio) sono le seguenti:

- 12 prelievi campione di calcestruzzo mediante carotaggio
- 4 prelievi campione di barre di armatura

3.8. Caratterizzazione del calcestruzzo

Nel presente paragrafo sono esaminate le risultanze delle prove eseguite tramite carotaggio e sono indicate espressioni per valutare quantitativamente i principali fattori che influiscono sulla resistenza delle carote ed una procedura per stimare la resistenza del calcestruzzo in situ mediante prove distruttive.

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.

SIGLA CAMPIONE	UBICAZIONE	DIAMETRO PROVINO (mm)	ALTEZZA PROVINO (mm)	MASSA VOLUMICA (Kg/m ³)	RESIST. A COMPR. (N/mm ²)
CP P17 INT	Pilastro 17 Piano interrato	94	94	2226	23,2
CT P19-P20 INT	Trave 19-20 Piano interrato	94	94	2379	34,6
CT P12-P13 INT	Trave 12-13 Piano interrato	94	94	2427	40,4
CP P13 INT	Pilastro 13 Piano interrato	94	94	2206	23,8
CP 19 INT	Pilastro 19 Piano interrato	74	74	2259	21,9
CT P17-P18 INT	Trave 17-18 Piano interrato	94	94	2252	24,6
CT P8-P15 PT	Trave 8-15 Piano terra	94	94	2191	24,6
CP P12 PT	Pilastro 12 Piano terra	94	94	2149	23,5
CP P22 PT	Pilastro 22 Piano terra	74	74	2168	21,0
CP P13 PT	Pilastro 13 Piano terra	94	94	2198	22,7
CT 15-16 PT	Trave 15-16 Piano terra	94	94	2252	26,5
CT 15-22 PT	Trave 15-22 Piano terra	94	94	2223	24,1

Tabella 6 – Risultati prove di compressione

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

VII Municipalità 7.37-208-Scuola materna Villa Adele-Via Vecchia Miano Piscinola 2/A pagina 17

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 L. Coppola. 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 f_{car} nelle corrispondenti resistenze in-situ $R_{c, is}$, viene adottata la relazione proposta da L. Coppola:

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

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. La media dei 12 valori della precedente tabella risulta essere:

$$f_{cm} = 25,90 \text{ N/mm}^2$$

È stato fatto uno studio statistico per analizzare l'omogeneità dei risultati. Dopo aver calcolato lo scarto quadratico (σ), la media (μ) 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. In questo caso $\sigma = 5.72$ $\mu = 25.90$ e $CV = 0.22$

VII Municipalità 7.37-208-Scuola materna Villa Adele-Via Vecchia Miano Piscinola 2/A pagina 18

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. $FC=1.2$ per LC2.

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

Resistenza di calcolo del calcestruzzo:

Meccanismi Duttile (Flessione):

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \times \gamma_m} = \frac{25.90}{1.2 \times 1.0} = 21.58 \text{ N/mm}^2$$

Meccanismi Fragili (Taglio):

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \times \gamma_m} = \frac{25.90}{1.2 \times 1.5} = 14.38 \text{ N/mm}^2$$

3.9. Caratterizzazione dell'acciaio

Le indagini distruttive e non su campioni metallici hanno permesso di identificare le caratteristiche meccaniche degli elementi.

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.

SIGLA CAMPIONE	UBICAZIONE	DIAMETRO PROVINO (mm)	TENSIONE DI SNERVAMENTO (N/mm ²)	TENSIONE DI ROTTURA (N/mm ²)
BT 19-20 PT	Trave 19-20 Piano Terra	16	403,11	517,31
BP 23 PT	Pilastro 23 Piano Terra	14	412	528,64
BT P18-P19 INT	Trave 18-1912 Piano Interrato	16	501,60	610,91
BP 10 INT	Pilastro 10 Piano Interrato	16	510,31	624,26

Dai risultati ottenuti dalle indagini di fase 1 si evince un'elevata omogeneità dei risultati che ha permesso di valutare con elevata attendibilità il valore medio della tensione di snervamento senza dover procedere alle ulteriori prove previste nella fase 2. Infatti, applicando lo stesso approccio esposto relativamente alle prove sul calcestruzzo, si ottiene:

$$\sigma = 55.09 \quad \mu = 570.28 \quad \text{e} \quad CV = 0.09$$

il quale conferma l'elevata omogeneità dei risultati.

Per la valutazione delle caratteristiche meccaniche delle barre di armatura presenti all'interno delle strutture in c.a. si è proceduto all'asportazione di alcuni spezzoni di barre esistenti e si sono eseguite prove di trazione e piegamento all'interno di laboratorio prove autorizzato.

I risultati delle prove hanno restituito valori di snervamento omogenei per cui si è proceduto ad estrarre il valore medio :

$$f_{ym} = 570,28 \text{ N/mm}^2$$

:

Le barre d'acciaio sono del tipo LISCIO, tipologia utilizzata all'epoca..

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:

Meccanismi Duttili (Flessione):

$$f_{yd} = \frac{f_{ym}}{FC \times \gamma_m} = \frac{570.28}{1.2 \times 1.0} = 475.23 \text{ N/mm}^2$$

Meccanismi Fragili (Taglio):

$$f_{cd} = \frac{f_{cm}}{FC \times \gamma_m} = \frac{570.28}{1.2 \times 1.15} = 413.24 \text{ N/mm}^2$$

INDICE DELLE FIGURE

Figura 1 – Inquadramento dell'edificio oggetto di indagine e verifica sismica.....	2
Figura 2 – Foto eseguita con la termocamera	3
Figura 3 – Inquadramento lotto di interesse.....	4
Figura 4 – Vista del prospetto principale.....	4
Figura 5 – Schema carpenteria primo impalcato (piano cantinato).....	5
Figura 6 – Schema carpenteria 2° impalcato (q. +3,90m)	6
Figura 7 – Schema carpenteria 2° impalcato (q. +4,40m)	7

INDICE DELLE TABELLE

Tabella 1 – Tabella valori dimensionali.....	7
Tabella 2–Percentuali pilastri indagati al piano seminterrato (~67%).....	12
Tabella 3–Percentuali pilastri indagati piano terra (~ 80%)	12
Tabella 4–Percentuali travi indagate piano seminterrato (~60%)	13
Tabella 5–Percentuali travi indagate piano terra (~75%).....	13
Tabella 6 –Quadro sinottico piano di indagine	14



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_RRI_01 ► OGGETTO: Relazione sui risultati delle indagini

► SCALA: 1:100

► DATA: 21/07/21

► 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

**15° Circolo, scuola materna “Villa Adele”
Via vecchia Miano Piscinola, 2A**

**RELAZIONE TECNICA
INDAGINI STRUTTURALI**

SOMMARIO

1	INTRODUZIONE.....	3
1.1	TIPOLOGIA E CONSISTENZA DEGLI ACCERTAMENTI ESEGUITI	4
1.2	ALLEGATI	4
2	INDAGINI PACOMETRICHE	5
2.1	GENERALITÀ	5
2.2	RISULTATI DELLE PROVE	7
2.2.1	<i>Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano terra</i>	<i>8</i>
2.2.2	<i>Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano interrato</i>	<i>18</i>
3	SAGGI SUI SOLAI	25
3.1	GENERALITÀ	25
3.1.1	<i>Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano terra</i>	<i>26</i>
3.1.2	<i>Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano interrato</i>	<i>27</i>
4	PROVE SU CALCESTRUZZO	28
4.1	GENERALITÀ	28
4.2	PRELIEVI DI CAMPIONI E PROVE DI CARBONATAZIONE	28
4.2.1	<i>Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano terra.....</i>	<i>30</i>
4.2.2	<i>Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano interrato.....</i>	<i>33</i>
4.3	PROVE DI COMPRESSIONE IN LABORATORIO.....	36
5	ESTRAZIONE DI BARRE D'ARMATURA.....	38
5.1	GENERALITÀ	38
5.1.1	<i>Dettagli dei prelievi di barra di armatura eseguiti al piano terra</i>	<i>39</i>
5.1.2	<i>Dettagli dei prelievi di barra eseguiti al piano interrato</i>	<i>40</i>
5.2	RISULTATI DI LABORATORIO	41
6	ULTERIORI INDAGINI.....	42
6.1	GENERALITÀ	42
6.2	RISULTATI DELLE PROVE	43

1 INTRODUZIONE

Il presente Rapporto di Prova ha per oggetto le indagini strutturali eseguite sull'edificio scolastico che ospita la scuola materna "Villa Adele" (15° Circolo) ubicato a Napoli, in Via vecchia Miano Piscinola, nel quartiere di Miano (Figura 1).



Figura 1: inquadramento edificio oggetto delle indagini

L'edificio scolastico si compone di 1 corpo di fabbrica in c.a. e si articola in un unico livello fuori terra. Tuttavia il fabbricato presenta un ulteriore piano, interrato, praticabile solo negli ambienti sottostanti l'alloggio del custode, utilizzati come vani tecnici (centrale termica). Da uno di questi ambienti è accessibile il livello fondale dell'edificio, dove è visibile il banco di tufo sul quale si inseriscono le fondazioni in c.a. dell'edificio.

Gli accertamenti strutturali di che trattasi, sono stati affidati alla scrivente L&R Laboratori e Ricerche s.r.l. con sede in via Pablo Picasso 2 – San Giovanni La Punta (CT), in qualità di impresa facente parte del gruppo aggiudicatario della gara e sono stati eseguiti in cantiere dal 04 al 05 agosto 2021 dai tecnici L&R sotto la supervisione dell'Ing. Claudia Maccarrone.

1.1 Tipologia e consistenza degli accertamenti eseguiti

Sono state eseguite indagini magnetotermiche con pacometro, saggi sui solai, carotaggi su calcestruzzo, prelievi di armatura e saggi visivi su muratura di cui si rimanda ai dettagli nei paragrafi successivi.

1.2 Allegati

Formano parte integrante della presente relazione le tavole allegate che riportano le ubicazioni delle indagini eseguite, di cui di seguito in elenco:

- Fase 2-RR102 Ubicazione delle indagini 1° impalcato;
- Fase 2-RR103 Ubicazione delle indagini 2° impalcato;
- Certificati di laboratorio n.1137/21 – q/r

2 INDAGINI PACOMETRICHE

2.1 Generalità

Per approfondire la conoscenza di alcuni elementi strutturali sono state eseguite delle indagini pacometriche approfondite in alcuni casi dai saggi visivi.

Complessivamente sono state eseguite 27 pacometrie come di seguito dettagliato:

- | | |
|------------------------|--|
| 1. P ₉ | Pacometria Pilastro 9 Piano terra |
| 2. P ₁₂ | Pacometria Pilastro 12 Piano terra |
| 3. P ₁₃ | Pacometria Pilastro 13 Piano terra |
| 4. P ₁₆ | Pacometria Pilastro 16 Piano terra |
| 5. P ₂₂ | Pacometria Pilastro 22 Piano terra |
| 6. P ₂₃ | Pacometria Pilastro 23 Piano terra |
| 7. P ₃₀ | Pacometria Pilastro 30 Piano terra |
| 8. P ₃₃ | Pacometria Pilastro 33 Piano terra |
| 9. P ₈₋₁₅ | Pacometria Trave 8-15 Piano terra |
| 10. P ₁₃₋₂₀ | Pacometria Trave 13-20 Piano terra |
| 11. P ₁₂₋₁₃ | Pacometria Trave 12-13 Piano terra |
| 12. P ₁₄₋₂₃ | Pacometria Trave 14-23 Piano terra |
| 13. P ₁₅₋₂₂ | Pacometria Trave 15-22 Piano terra |
| 14. P ₁₉₋₂₀ | Pacometria Trave 19-20 Piano terra |
| 15. P ₆ | Pacometria Pilastro 6 Piano interrato |
| 16. P ₁₀ | Pacometria Pilastro 10 Piano interrato |
| 17. P ₁₃ | Pacometria Pilastro 13 Piano interrato |
| 18. P ₁₇ | Pacometria Pilastro 17 Piano interrato |
| 19. P ₁₉ | Pacometria Pilastro 19 Piano interrato |
| 20. P ₂₀ | Pacometria Pilastro 20 Piano interrato |
| 21. P ₂₈ | Pacometria Pilastro 28 Piano interrato |
| 22. P ₅₋₆ | Pacometria Trave 5-6 Piano interrato |
| 23. P ₆₋₇ | Pacometria Trave 6-7 Piano interrato |
| 24. P ₁₀₋₁₁ | Pacometria Trave 10-11 Piano interrato |
| 25. P ₁₂₋₁₃ | Pacometria Trave 12-13 Piano interrato |
| 26. P ₁₈₋₁₉ | Pacometria Trave 18-19 Piano interrato |
| 27. P ₁₉₋₂₀ | Pacometria Trave 19-20 Piano interrato |

Le pacometrie sono state eseguite mediante l'impiego di:

- Pacometro COVERMASTER ELCOMETER P331-H

I saggi di armatura e i rilievi geometrici sono stati eseguiti mediante l'impiego di:

- Martello demolitore HILTI mod. TE50;

- Calibro centesimale.
- Trapano

2.2 Risultati delle prove

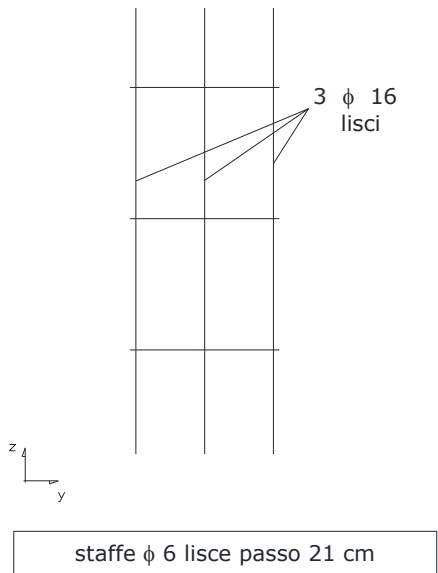

Nelle tabelle seguenti sono riportati i risultati delle indagini pacometriche e dei saggi strutturali eseguiti sui vari elementi. Nelle schede i vari elementi sono riportati in sezione trasversale dove sono indicate le barre di armatura individuate nell'indagine. Per quanto riguarda la simbologia adottata si faccia riferimento a quanto segue:

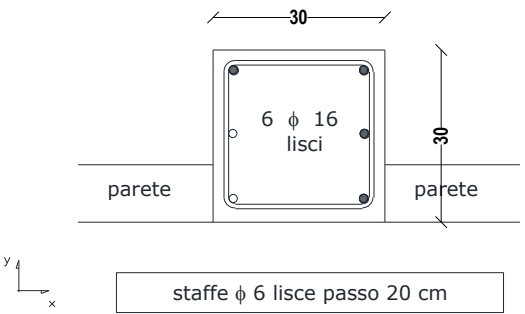



LEGENDA INDAGINI PACOMETRICHE	
●	BARRA DI ARMATURA RILEVATA DALL'INDAGINE STRUMENTALE
○	BARRA DI ARMATURA CON PRESENZA IPOTIZZATA
●	BARRA DI ARMATURA RISCONTRATA DA SAGGIO VISIVO
●	BARRA DI ARMATURA PRELEVATA PER INDAGINE DI LABORATORIO

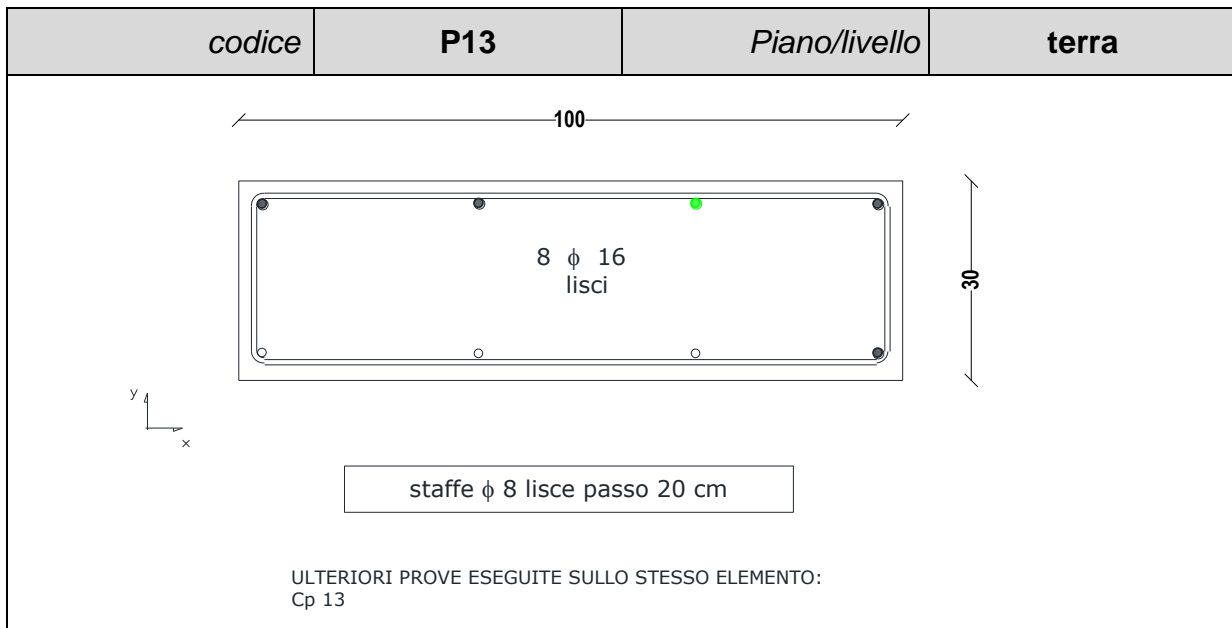
Tabella 1. Legenda indagini pacometriche

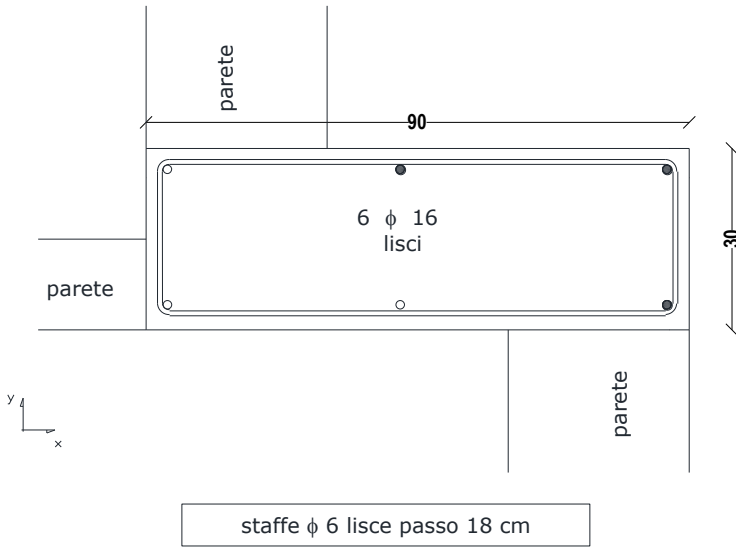

Il passo delle staffe è riportato come valore medio su almeno 5 staffe

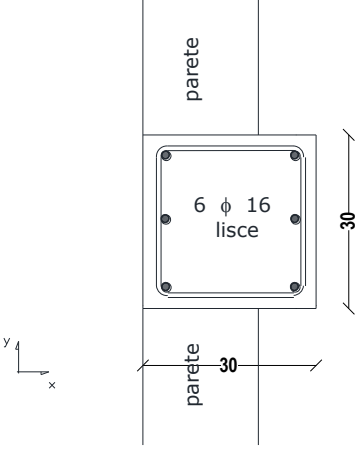

2.2.1 Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano terra

codice	P9	Piano/livello	terra
	 <p>3 ϕ 16 lisci</p> <p>z y</p> <p>staffe ϕ 6 lisce passo 21 cm</p>		

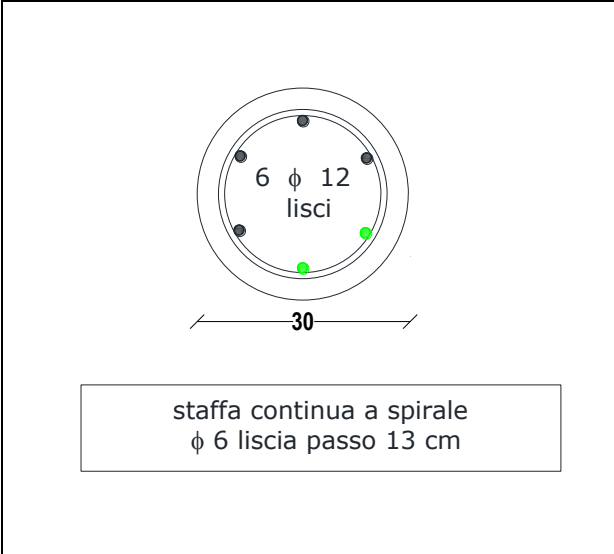

codice	P12	Piano/livello	terra
 <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 12</p>			
			

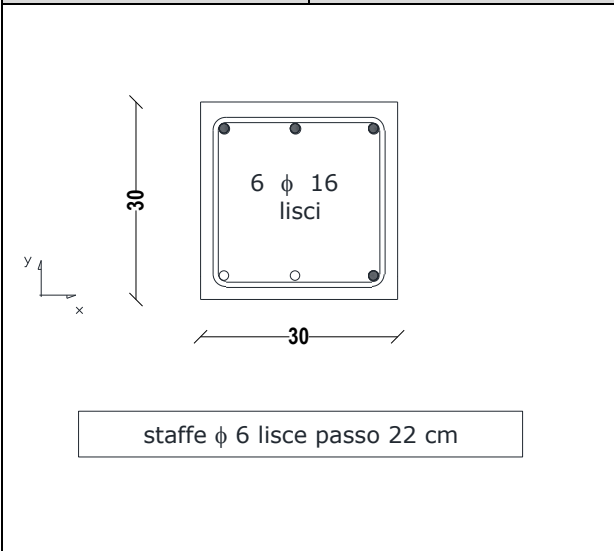



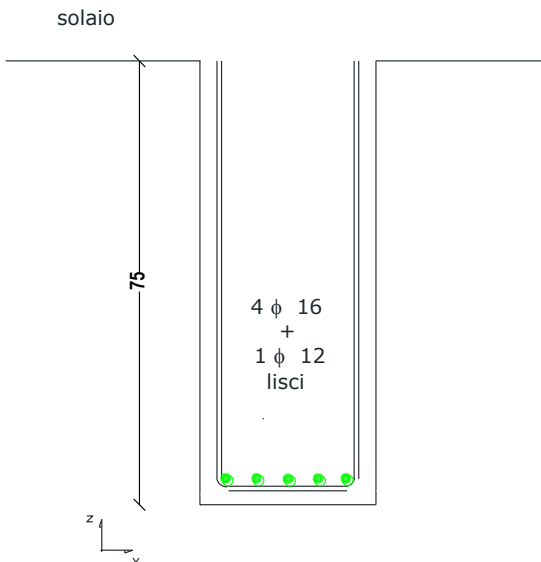

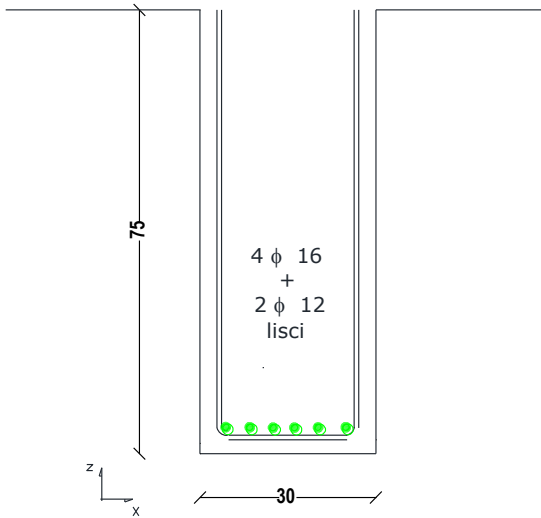

codice	P16	Piano/livello	terra
 <p data-bbox="544 815 954 860">staffe ϕ 6 lisce passo 18 cm</p>			
			

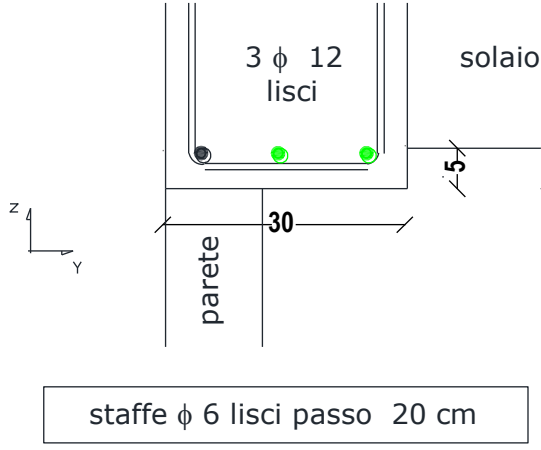

codice	P22	Piano/livello	terra
	 <p data-bbox="284 779 678 824">staffe ϕ 6 lisce passo 20 cm</p> <p data-bbox="236 842 703 887">ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 22</p>		

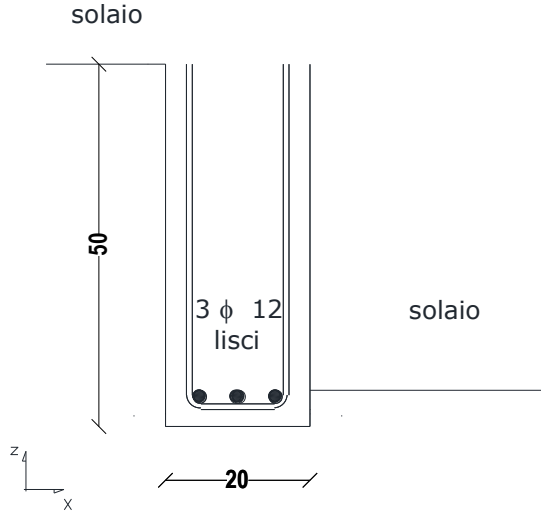

codice	P23	Piano/livello	terra
	 <p data-bbox="260 1384 702 1429">staffe ϕ 6 lisce passo 19 cm</p> <p data-bbox="204 1451 730 1496">ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Bp 23</p>		

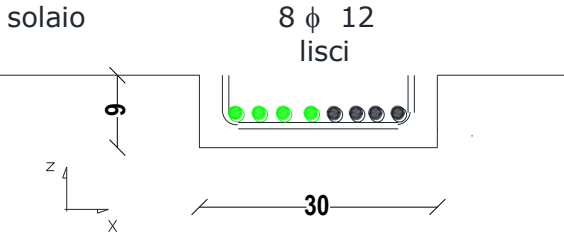

codice	P30	Piano/livello	terra
 <p data-bbox="248 674 732 763">staffa continua a spirale φ 6 liscia passo 13 cm</p>			

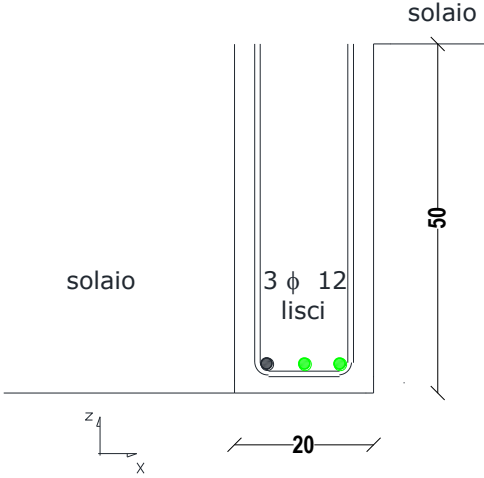
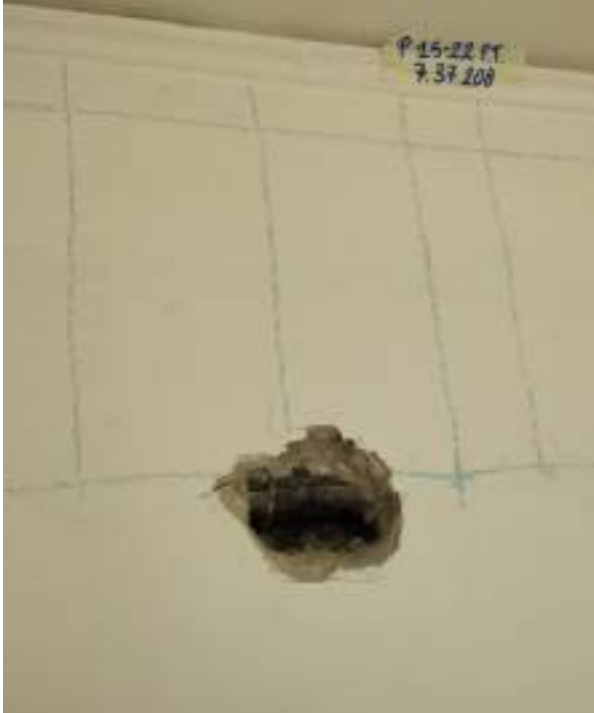
codice	P33	Piano/livello	terra
 <p data-bbox="248 1361 694 1413">staffe φ 6 lisce passo 22 cm</p>			

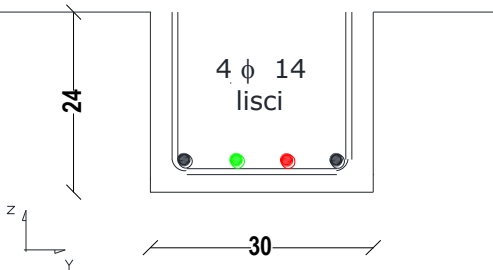

codice	P8-15	Piano/livello	terra
<p style="text-align: center;">Appoggio</p>  <p style="text-align: center;">solaio</p> <p style="text-align: center;">75</p> <p style="text-align: center;">4 ϕ 16 + 1 ϕ 12 lisci</p> <p style="text-align: center;">z x</p>			
<p style="text-align: center;">Mezzeria</p>  <p style="text-align: center;">solaio</p> <p style="text-align: center;">75</p> <p style="text-align: center;">30</p> <p style="text-align: center;">4 ϕ 16 + 2 ϕ 12 lisci</p> <p style="text-align: center;">z x</p> <div style="border: 1px solid black; padding: 2px; width: fit-content; margin: 0 auto;"> <p>staffe ϕ 6 lisci passo 17 cm</p> </div> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 8-15</p>			

codice	P12-13	Piano/livello	terra
			

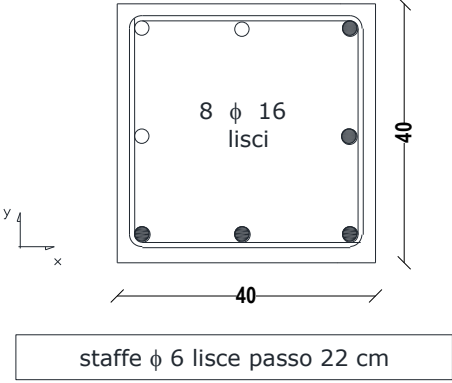

codice	P13-20	Piano/livello	terra
			

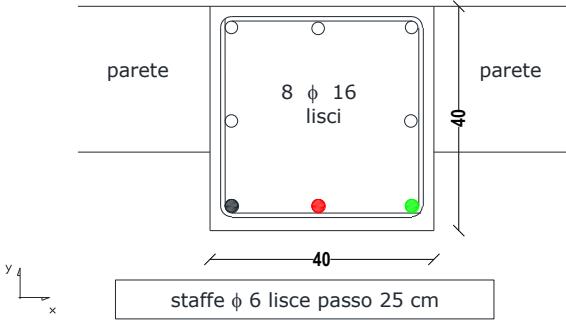

codice	P14-23	Piano/livello	terra
 <p data-bbox="180 477 268 510">solaio</p> <p data-bbox="459 477 555 544">8 φ 12 lisci</p> <p data-bbox="475 667 523 701">30</p> <div data-bbox="256 752 735 808" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p data-bbox="300 763 691 797">staffe φ 6 lisci passo 20 cm</p> </div>			

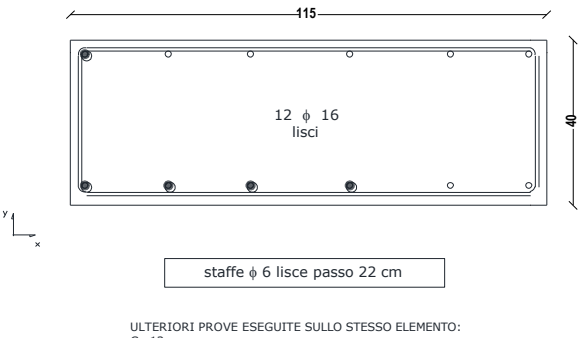

codice	P15-22	Piano/livello	terra
 <p data-bbox="643 1144 722 1178">solaio</p> <p data-bbox="300 1406 371 1440">solaio</p> <p data-bbox="499 1406 595 1473">3 φ 12 lisci</p> <p data-bbox="659 1350 691 1384">50</p> <p data-bbox="523 1574 563 1608">20</p> <div data-bbox="292 1648 715 1704" style="border: 1px solid black; padding: 5px; width: fit-content; margin: 10px auto;"> <p data-bbox="331 1659 675 1693">staffe φ 6 lisci passo 17 cm</p> </div> <p data-bbox="209 1753 770 1809" style="margin-top: 20px;"> ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 15-22 </p>			

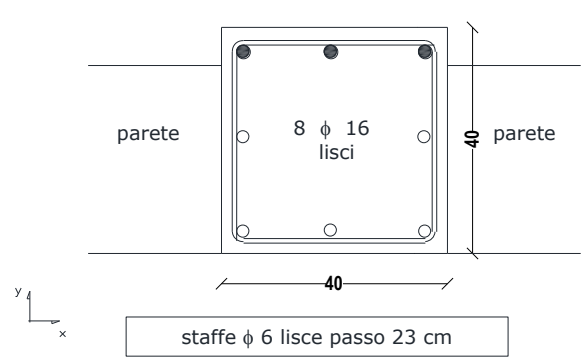

codice	P19-20	Piano/livello	terra
	<p data-bbox="204 414 284 443">solaio</p>  <p data-bbox="274 784 724 833">staffe ϕ 6 lisci passo 25 cm</p> <p data-bbox="181 898 783 949">ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Bt 19-20</p>		

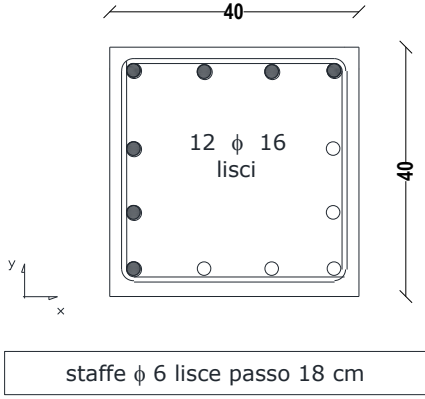

2.2.2 Dettaglio delle indagini pacometriche eseguite al piano interrato

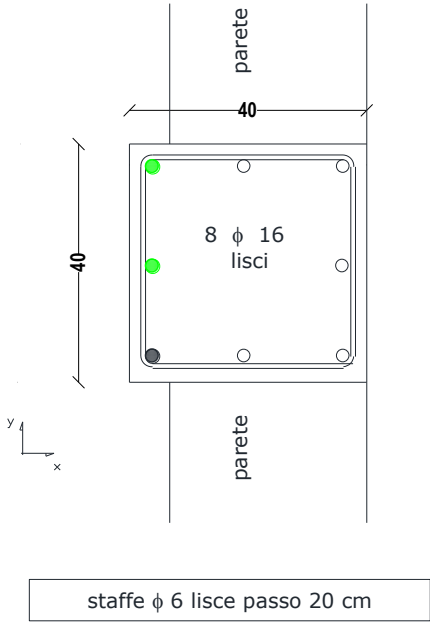

codice	P6	Piano/livello	interrato
	 <p>8 ϕ 16 lisci</p> <p>40</p> <p>40</p> <p>staffe ϕ 6 lisce passo 22 cm</p>		

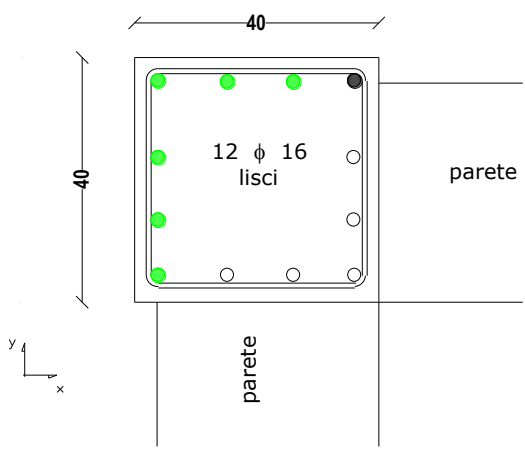

codice	P10	Piano/livello	interrato
	 <p>parete</p> <p>parete</p> <p>8 ϕ 16 lisci</p> <p>40</p> <p>40</p> <p>staffe ϕ 6 lisce passo 25 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Bp 10</p>		

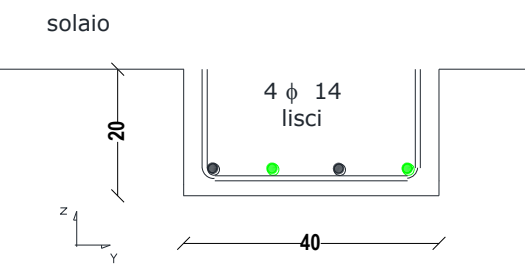

codice	P13	Piano/livello	interrato
	 <p>115</p> <p>12 φ 16 lisci</p> <p>40</p> <p>staffe φ 6 lisce passo 22 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 13</p>		

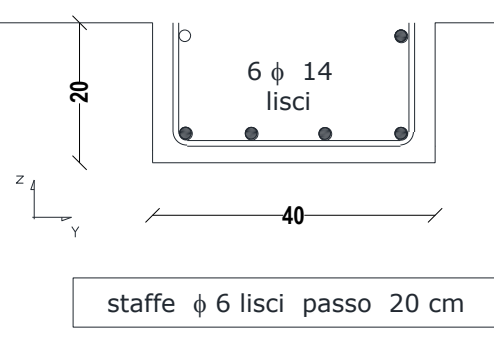

codice	P17	Piano/livello	interrato
	 <p>parete</p> <p>8 φ 16 lisci</p> <p>parete</p> <p>40</p> <p>40</p> <p>staffe φ 6 lisce passo 23 cm</p> <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 17</p>		

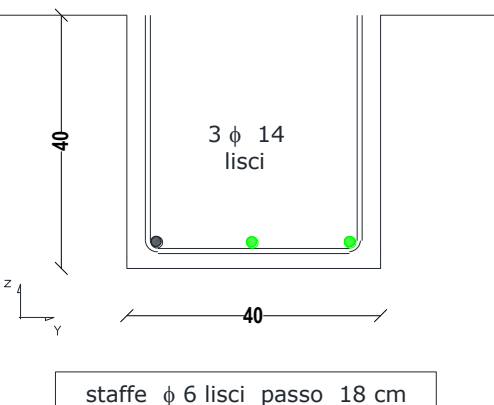
codice	P19	Piano/livello	interrato
	 <p data-bbox="231 840 734 884">ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Cp 19</p>		

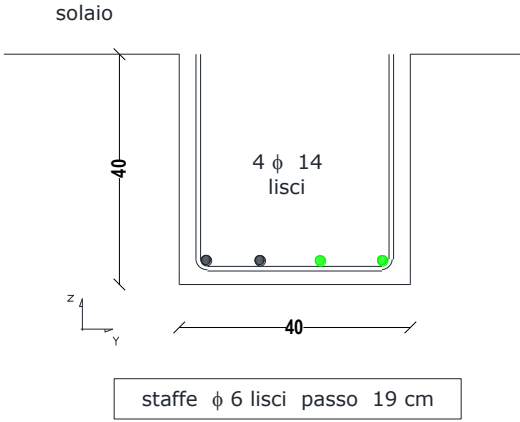

codice	P20	Piano/livello	interrato
	 <p data-bbox="290 1713 694 1758">staffe φ 6 lisce passo 20 cm</p>		
<p>NOTA Barre e staffe estremamente ossidate</p>			

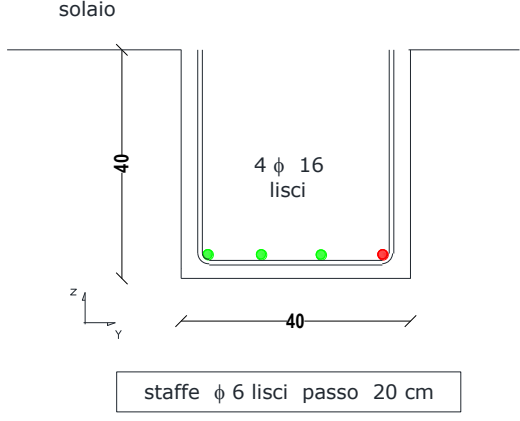

codice	P28	Piano/livello	interrato
 <p data-bbox="295 974 598 1019">staffe ϕ 6 lisce passo 21 cm</p>			
<p>NOTA Barre e staffe a vista estremamente ossidate</p>			

codice	P5-6	Piano/livello	interrato
 <p data-bbox="343 1691 678 1736">staffe ϕ 6 lisci passo 19 cm</p>			

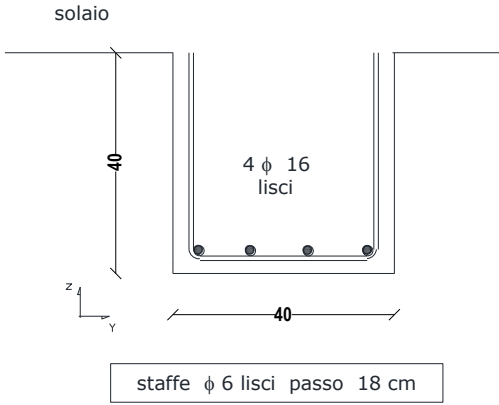

codice	P6-7	Piano/livello	interrato
<p>solaio</p>  <p>6 ϕ 14 lisci</p> <p>20</p> <p>40</p> <p>z</p> <p>y</p> <p>staffe ϕ 6 lisci passo 20 cm</p>			

codice	P10-11	Piano/livello	interrato
<p>solaio</p>  <p>3 ϕ 14 lisci</p> <p>40</p> <p>40</p> <p>z</p> <p>y</p> <p>staffe ϕ 6 lisci passo 18 cm</p>		<p>N.D.</p>	

codice	P12-13	Piano/livello	interrato
	 <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Ct 12-13</p>		

codice	P18-19	Piano/livello	interrato
	 <p>ULTERIORI PROVE ESEGUITE SULLO STESSO ELEMENTO: Bt 18-19</p>		



codice	P19-20	Piano/livello	interrato
			

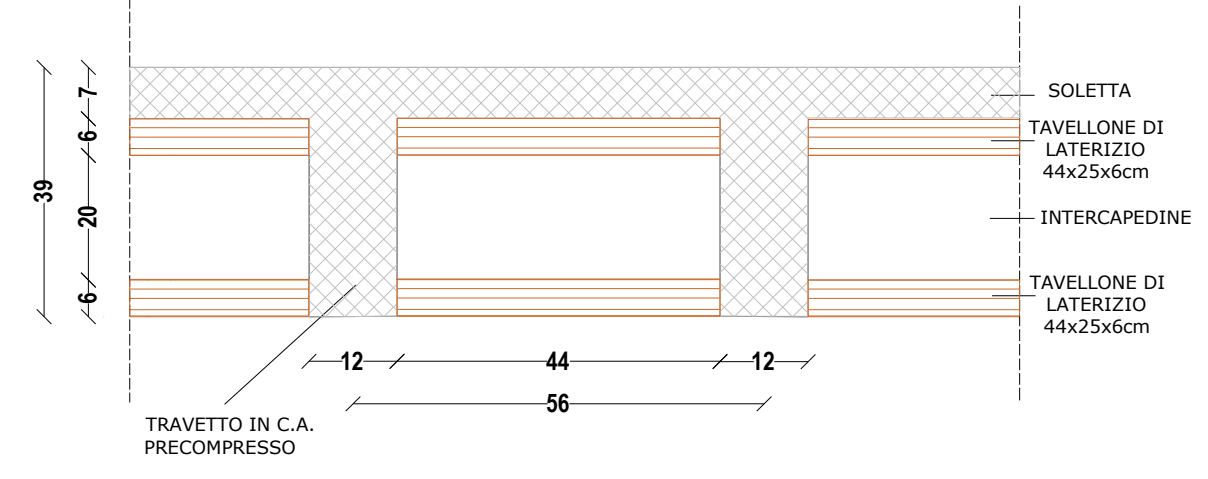

3 SAGGI SUI SOLAI

3.1 Generalità

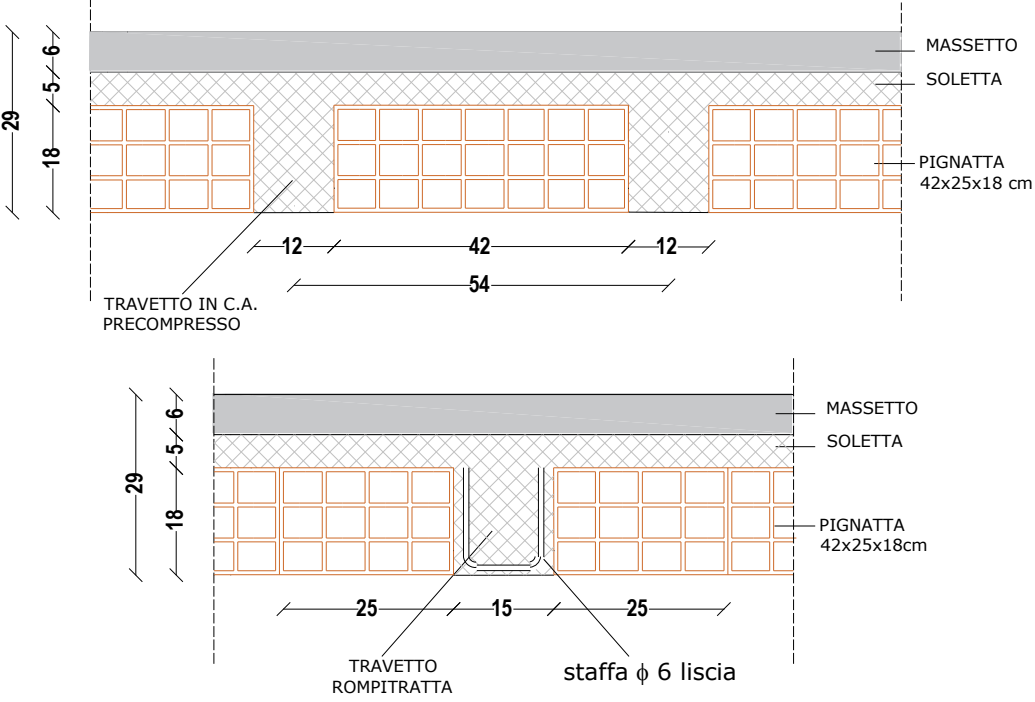


Sono stati eseguiti saggi diretti sui solai mediante l'impiego di tecniche distruttive e non al fine di individuarne la tipologia strutturale e ricostruirne una sezione trasversale. In alcuni casi sono stati eseguiti fori con trapano o carotatrice accompagnati da indagini endoscopiche. Complessivamente sono stati eseguiti 2 saggi come di seguito dettagliato:

1. SOL1 Saggio su solaio di piano al piano terra
2. SOL2 Saggio su solaio di piano al piano interrato

3.1.1 Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano terra

codice	Sol1	Piano/livello	terra
 <p>The technical drawing illustrates a cross-section of a floor slab. On the left, vertical dimensions are shown: a total height of 39, with sub-sections of 6, 20, 6, and 7. Horizontal dimensions at the bottom indicate a central section of 44, flanked by two sections of 12, for a total width of 56. The drawing identifies several layers: a top layer labeled 'SOLETTA', a middle layer of 'TAVELLONE DI LATERIZIO 44x25x6cm', and an 'INTERCAPEDINE' (interlayer) between the brick tiles. The bottom layer is labeled 'TAVELLONE DI LATERIZIO 44x25x6cm'. A 'TRAVETTO IN C.A. PRECOMPRESSO' (precast concrete beam) is shown at the base of the slab.</p>			
 <p>Two photographs show a worker in a grey t-shirt and safety glasses using a yellow and black core drill to take a sample from a floor slab. The worker is positioned on the left, and the drill is held vertically against the ceiling. The drill bit is shown cutting through the concrete, creating a vertical hole. The photographs are arranged side-by-side, showing the progression of the drilling process.</p>			

3.1.2 Dettaglio dei saggi sui solai eseguite al piano interrato

codice	Sol2	Piano/livello	interrato
 <p>MASSETTO</p> <p>SOLETTA</p> <p>PIGNATTA 42x25x18 cm</p> <p>TRAVETTO IN C.A. PRECOMPRESSO</p> <p>12 42 12</p> <p>54</p> <p>29</p> <p>18</p> <p>5 6</p> <p>MASSETTO</p> <p>SOLETTA</p> <p>PIGNATTA 42x25x18cm</p> <p>25 15 25</p> <p>TRAVETTO ROMPITRATTA</p> <p>staffa ϕ 6 liscia</p> <p>29</p> <p>18</p> <p>5 6</p>			
			

4 PROVE SU CALCESTRUZZO

4.1 Generalità

Per la valutazione dello stato di conservazione e delle caratteristiche meccaniche del calcestruzzo sono stati effettuati, tramite carotaggio, prelievi di campioni dai vari elementi strutturali (travi e pilastri).

Complessivamente sono state eseguiti n°12 carotaggi con corona di diametro pari a 100 mm sugli elementi strutturali indicati nelle planimetrie, prelevando da ciascuno di essi una carota su cui sono state effettuate le successive indagini per la valutazione dello stato di conservazione (prove di carbonatazione) e della resistenza meccanica allo schiacciamento (prove di compressione in laboratorio).

Effettuato il prelievo, a completamento delle indagini, tutti i fori sono stati ripristinati con malta tissotropica premiscelata antiritiro per il ripristino del cls e finitura superficiale con intonaco pronto.

4.2 Prelievi di campioni e prove di carbonatazione

Le prove di carbonatazione vengono eseguite per la determinazione dello spessore carbonatato di sezioni in calcestruzzo, direttamente in situ oppure su campioni estratti. Si tratta di una prova colorimetrica eseguibile ricoprendo la superficie con una soluzione chimica, detta *fenolftaleina*. La soluzione di fenolftaleina subisce un cambiamento di colore, passando dal bianco trasparente al rosso violetto quando la superficie risulta non carbonatata (materiali il cui pH è maggiore di circa 9,2); contrariamente nella superficie carbonatata la soluzione non varia, mantenendo il colore trasparente (valori di pH minori di 9,2).

La verifica della presenza di uno spessore carbonatato su campioni estratti dalle strutture è stata eseguita secondo le prescrizioni fornite dalla norma UNI 9944/92, con l'utilizzazione come indicatore chimico di una soluzione acquosa di fenolftaleina all'1% in alcool etilico.



La soluzione è stata applicata direttamente su tutti i campioni di cls prelevati, secondo i piani normali alla superficie esposta all'aria.



Di seguito si riporta una tabella riepilogativa dei campioni di cls prelevati con l'indicazione della profondità di carbonatazione misurate.



SIGLA CAMPIONE	DATA PRELIEVO	UBICAZIONE	LUNGHEZZA DELLA CAROTA (mm)	DIAMETRO CAROTA (mm)	LUNGHEZZA DI CARBONATAZIONE (cm)
CP P17 INT	5/8/2021	Pilastro 17 Piano interrato	180	100	1,0
CT P19-P20 INT	5/8/2021	Trave 19-20 Piano interrato	200	100	0,0
CT P12-P13 INT	5/8/2021	Trave 12-13 Piano interrato	200	100	0,0
CP P13 INT	5/8/2021	Pilastro 13 Piano interrato	180	100	5,0
CP 19 INT	5/8/2021	Pilastro 19 Piano interrato	170	80	2,0
CT P17-P18 INT	5/8/2021	Trave 17-18 Piano interrato	190	100	4,0
CT P8-P15 PT	4/8/2021	Trave 8-15 Piano terra	150	100	6,0
CP P12 PT	4/8/2021	Pilastro 12 Piano terra	150	100	8,0
CP P22 PT	4/8/2021	Pilastro 22 Piano terra	140	80	0,0
CP P13 PT	4/8/2021	Pilastro 13 Piano terra	180	100	4,0
CT 15-16 PT	4/8/2021	Trave 15-16 Piano terra	170	100	8,0
CT 15-22 PT	4/8/2021	Trave 15-22 Piano terra	140	100	8,0

4.2.1 Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano terra



codice	CT 8-15	Piano/livello	terra
			
	<i>carbonatazione</i>		6 cm

codice	CP22	Piano/livello	terra
			
	<i>carbonatazione</i>		0



codice	CP12	Piano/livello	terra
			
carbonatazione		8 cm	



codice	CP 13	Piano/livello	terra
			
carbonatazione		4 cm	



codice	CT 15-16	Piano/livello	terra
			
carbonatazione		8 cm	



codice	CT 15-22	Piano/livello	terra
			
carbonatazione		8 cm	



4.2.2 Dettagli dei carotaggi e delle prove di carbonatazione eseguiti al piano interrato



codice	CP17	Piano/livello	interrato
			
	<i>carbonatazione</i>		1 cm

codice	CP13	Piano/livello	interrato
			
	<i>carbonatazione</i>		5 cm

<i>codice</i>	CP 19	<i>Piano/livello</i>	interrato
			
	<i>carbonatazione</i>		2 cm

<i>codice</i>	CT 19-20	<i>Piano/livello</i>	interrato
			
	<i>carbonatazione</i>		0 cm

codice	CT 12-13	Piano/livello	interrato
			
	carbonatazione		0 cm

codice	CT 17-18	Piano/livello	interrato
			
	carbonatazione		4 cm

4.3 Prove di compressione in laboratorio

La prova su carote di calcestruzzo è un metodo distruttivo che consente di stimare il valore della resistenza a compressione di un conglomerato cementizio attraverso prove di compressione effettuate in laboratorio su provini cilindrici (carote) prelevati in sito mediante macchina carotatrice.

Le carote estratte sono state trasferite presso il laboratorio L&R di Catenanuova, autorizzato ai sensi dell'ex art 59 del D.P.R. n° 380/01 per l'effettuazione di prove su materiali da costruzione con decreto n° 0000160 del 02/08/2016 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – STC, per essere sottoposte a prove di rottura a compressione semplice.

A tal fine da tutte le carote estratte è stato ricavato, mediante taglio con sega circolare con disco diamantato, n.1 provino cilindrico con rapporto h/d = 1 per ciascuna carota.

Tali campioni sono stati successivamente sottoposti a prova di rottura a compressione per la determinazione della resistenza del conglomerato cementizio.

I risultati ottenuti in laboratorio sulle carote di cls sono riportati nel Cert. n° 1137/21-q del 08/11/2021 allegato, rilasciato dalla scrivente L&R Laboratori e Ricerche S.r.l., e vengono riepilogati nella seguente tabella:

SIGLA CAMPIONE	UBICAZIONE	DIAMETRO PROVINO (mm)	ALTEZZA PROVINO (mm)	MASSA VOLUMICA (Kg/m³)	RESIST. A COMPR. (N/mm²)
CP P17 INT	Pilastro 17 Piano interrato	94	94	2226	23,2
CT P19-P20 INT	Trave 19-20 Piano interrato	94	94	2379	34,6
CT P12-P13 INT	Trave 12-13 Piano interrato	94	94	2427	40,4
CP P13 INT	Pilastro 13 Piano interrato	94	94	2206	23,8
CP 19 INT	Pilastro 19 Piano interrato	74	74	2259	21,9
CT P17-P18 INT	Trave 17-18 Piano interrato	94	94	2252	24,6

CT P8-P15 PT	Trave 8-15 Piano terra	94	94	2191	24,6
CP P12 PT	Pilastro 12 Piano terra	94	94	2149	23,5
CP P22 PT	Pilastro 22 Piano terra	74	74	2168	21,0
CP P13 PT	Pilastro 13 Piano terra	94	94	2198	22,7
CT 15-16 PT	Trave 15-16 Piano terra	94	94	2252	26,5
CT 15-22 PT	Trave 15-22 Piano terra	94	94	2223	24,1

5 ESTRAZIONE DI BARRE D'ARMATURA

5.1 Generalità

Al fine di verificare lo stato di conservazione ed il mantenimento delle originarie caratteristiche meccaniche sono state estratte n°4 barre di armatura da diversi elementi strutturali, delle quali si esplicitano le caratteristiche nella seguente tabella:

SIGLA CAMPIONE	PIANO	DATA PRELIEVO	UBICAZIONE	DIAMETRO PROVINO (mm)
BT 19-20 PT	Terra	4/8/2021	Trave 19-20 Piano Terra	14
BP 23 PT	Terra	4/8/2021	Pilastro 23 Piano Terra	16
BT P18-P19 INT	Interrato	5/8/2021	Trave 18-19 Piano Interrato	16
BP 10 INT	Interrato	4/8/2021	Pilastro 10 Piano Interrato	16

Il prelievo di barre d'armatura è stato eseguito mediante l'impiego di:



- Martello demolitore per frantumazione cls;
- Smerigliatrice elettrica con disco per taglio acciaio;
- Saldatrice elettrica a resistenza per ripristino della barra estratta.

5.1.1 Dettagli dei prelievi di barra di armatura eseguiti al piano terra

<i>codice</i>	BP23	<i>Piano/livello</i>	Terra
			
Diametro		16 mm liscia	

<i>codice</i>	BT 19-20	<i>Piano/livello</i>	Terra
			
Diametro		14 liscia	

5.1.2 Dettagli dei prelievi di barra eseguiti al piano interrato

<i>codice</i>	BP10	<i>Piano/livello</i>	Interrato
			
	Diametro		16 mm liscia

<i>codice</i>	BT 18-19	<i>Piano/livello</i>	Interrato
			
	Diametro		16 mm liscia

5.2 Risultati di laboratorio

Le barre di armatura estratte sono state trasferite presso il laboratorio L&R di Catenanuova, autorizzato ai sensi dell'ex art 59 del D.P.R. n° 380/01 per l'effettuazione di prove su materiali da costruzione con decreto n° 0000160 del 02/08/2016 – Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici – STC, per essere sottoposte a prova di rottura a trazione semplice.

I risultati ottenuti in laboratorio sono riportati nei Cert. n° 1137/21-r del 08/11/2021 allegato alla presente, rilasciati dalla scrivente L&R Laboratori e Ricerche S.r.l. vengono riepilogati nella seguente tabella:

SIGLA CAMPIONE	UBICAZIONE	DIAMETRO PROVINO (mm)	TENSIONE DI SNERVAMENTO (N/mm²)	TENSIONE DI ROTTURA (N/mm²)
BT 19-20 PT	Trave 19-20 Piano Terra	16	403,11	517,31
BP 23 PT	Pilastro 23 Piano Terra	14	412	528,64
BT P18-P19 INT	Trave 18-1912 Piano Interrato	16	501,60	610,91
BP 10 INT	Pilastro 10 Piano Interrato	16	510,31	624,26

6 ULTERIORI INDAGINI

6.1 Generalità

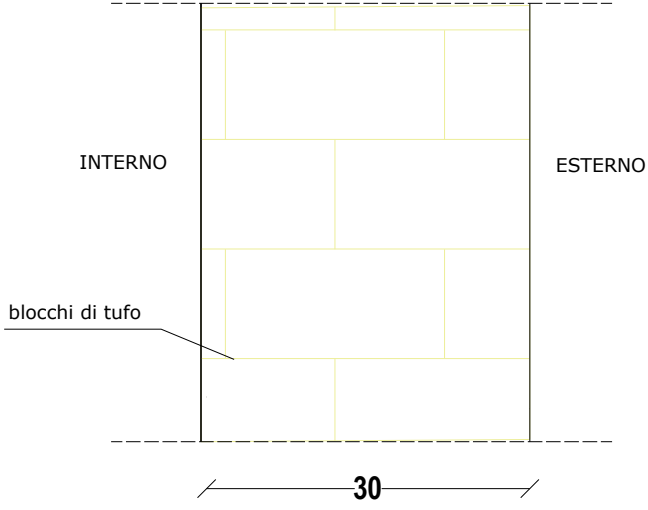

Sono state eseguite ulteriori indagini per individuazione tecnologica delle muratura ed un saggio visivo sulla fondazione.

Nel dettaglio:

1. M1 Indagine sulla tamponatura esterna per l' individuazione tipologica M1 - Piano interrato
2. F1 Saggio visivo in fondazione.

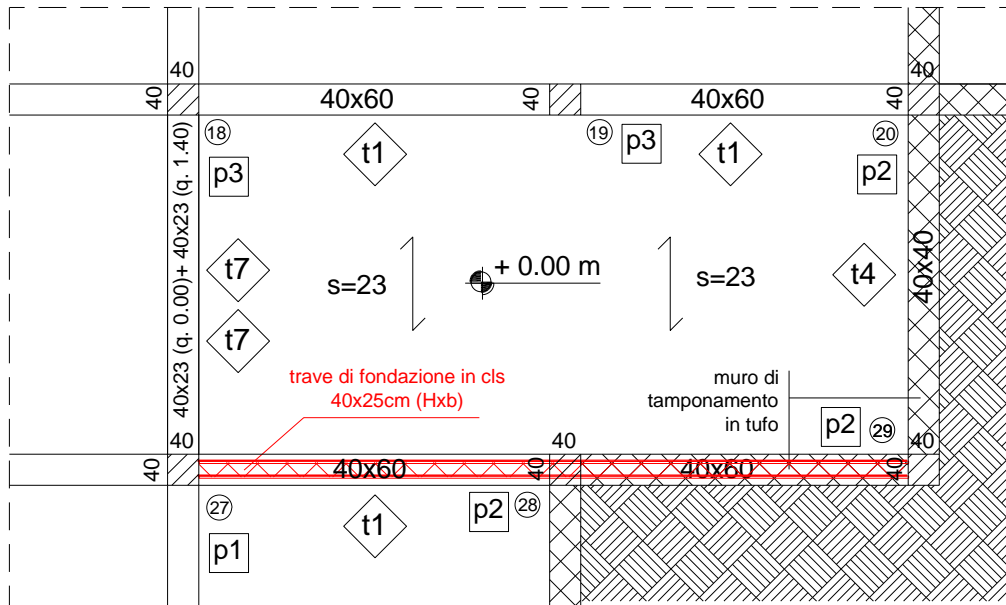
6.2 Risultati delle prove

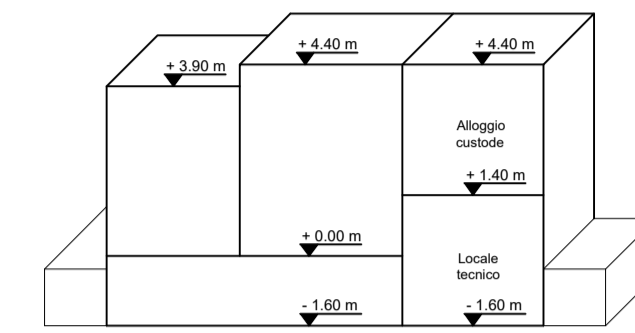
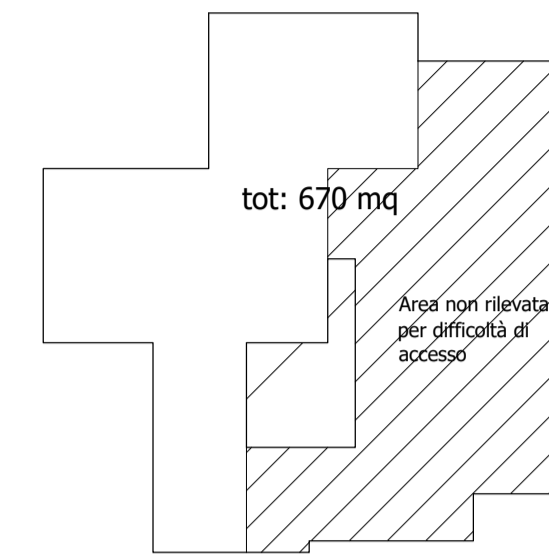
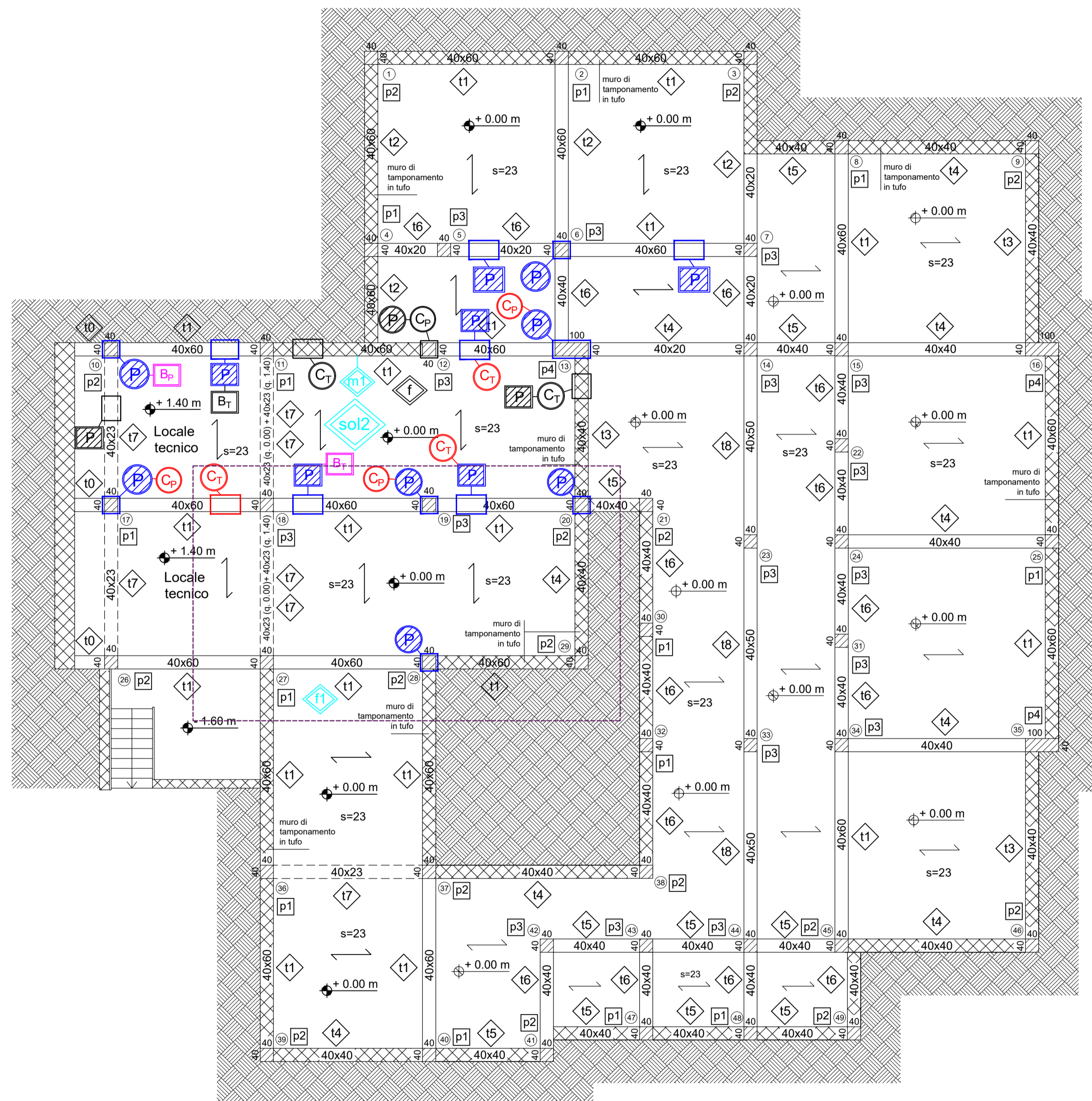
Di seguito si riportano, in schede monografiche, i risultati conseguiti dalle indagini.

codice	M1	Piano/livello	interrato
 <p>Il diagramma illustra un muro di tufo con una larghezza di 30 unità. Il muro è diviso in due sezioni: 'INTERNO' a sinistra e 'ESTERNO' a destra. Le linee gialle indicano la struttura del muro, con un'etichetta 'blocchi di tufo' che punta a una delle file. Le linee tratteggiate rappresentano i livelli superiore e inferiore del muro.</p>			
 <p>La fotografia mostra un tecnico che sta lavorando su un muro di tufo. Il tecnico è indossando una mascherina e occhiali di sicurezza. Sta utilizzando un attrezzo per lavorare sui blocchi di tufo. Il muro è composto da blocchi di tufo irregolari e si trova in un ambiente sotterraneo.</p>			

codice	F1	Piano/livello	interrato
--------	----	---------------	-----------

E' stato eseguito un saggio in fondazione che mostra una trave di collegamento tra i pilastri 27-28 e 28-29, realizzata in cls, di altezza 40 cm e larghezza 25 cm. Non   presente invece una trave di collegamento tra i pilastri 28-19.





Schema riferimenti quote

SCHEMA PER PIANO INDAGINI

PIANO	QUOTA	SUP (mq)
Primo impalcato	+ 0.00 m	670 mq
CAROTAGGI N.B. Il 50% dei carotaggi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
Cp PIL n.carote: 3	(13) (19) (17)	
Ct TRV n.carote: 3	(12-13) (19-20) (17-18)	
PRELIEVI BARRE N.B. Il 50% dei prelievi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
Bp PIL n.prelievi: 1	(10)	
Bt TRV n.prelievi: 1	(18) (19)	
PACOMETRIE E SAGGI		
P PIL tot pacom: 7	(6) (28) (13) (17) (19) (10) (20)	
P TRV tot pacom: 6	(5-6) (10-11) (12-13) (18-19) (19-20) (6-7)	
INDAGINI VISIVE		
s solaio	SOL2	
m muratura	m1	
f fondazione	f1	

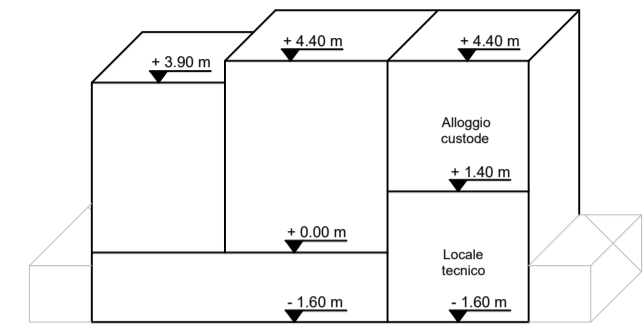


Procedura aperta per l'affidamento di servizi professionali finalizzati alle verifiche di vulnerabilità sismica di n. 333 edifici scolastici di proprietà comunale ubicati nel territorio delle dieci municipalità VII Municipalità Lotto 7 CIG: B65117000050001 CUP: 7882655CAD

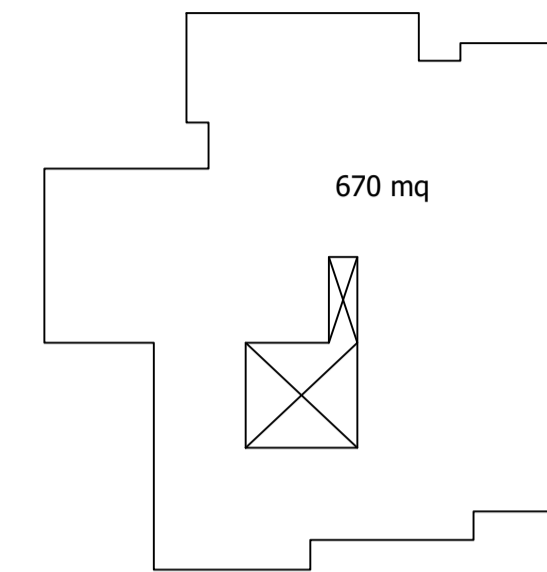
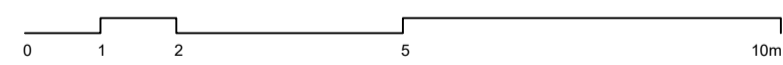
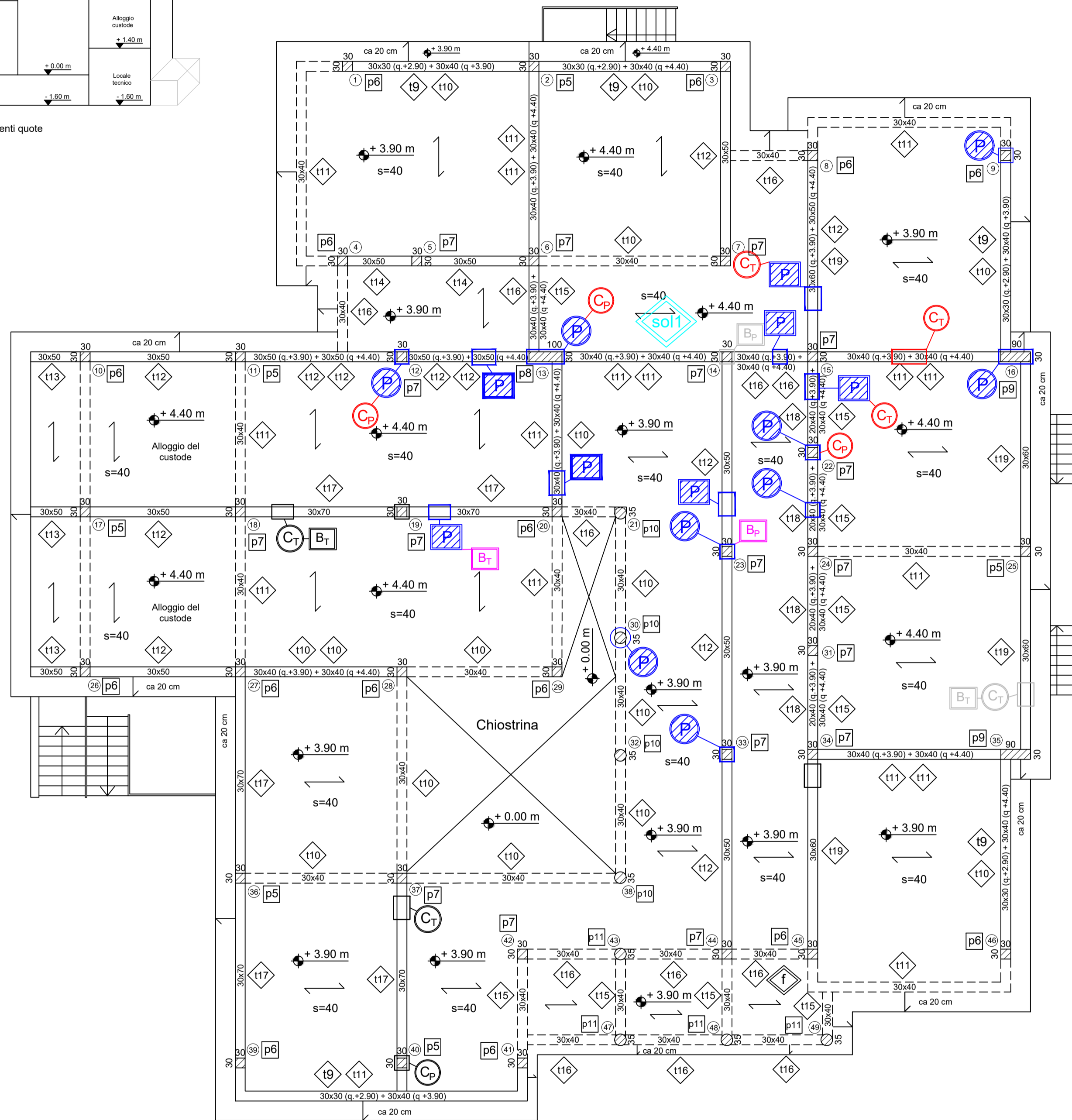


ELABORATO: Fase2_RRI_02 OGGETTO: Ubicazione delle indagini_Carpenterie 1° impalcato
SCALA: 1:100 DATA: 21/07/21 REV: [0]

RTP
Capogruppo e coordinatore scientifico: Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)
Professionisti responsabili strutturali e della calcolo delle strutture: Ing. Marco Muratore (TECHNOSIDE srl), Ing. Placido Impollonia (PLANIR srl)
Professionista responsabile delle attività di predisposizione della relazione geologica: Geol. Sergio Dolfin
Professionisti collaboratori tecnici: Ing. Filippo Di Mauro (TECHNOSIDE srl), Ing. Antonio Principato Trosso (PROGEN srl)
Professionisti responsabili della fase dell'esecuzione delle indagini strutturali: Ing. Andrea De Maio, Ing. Pierluca Lombardo (TECHNOSIDE srl)
STAZIONE APPALTANTE: D.E.C. Ing. Marianna Vanacore
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)
R.U.P.: Arch. Alfonso Ghezzi



Schema riferimenti quote



SCHEMA PER PIANO INDAGINI

PIANO	QUOTA	SUP (mq)
Secondo impalcato	+ 3.90 / + 4.40 m	670 mq
CAROTAGGI N.B. Il 50% dei carotaggi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
C_p PIL	12 22 13	n. carote: 3
C_t TRV	8-15 15-22 15-16	n. carote: 3
PRELIEVI BARRE N.B. Il 50% dei prelievi possono essere sostituiti con il triplo di prove non distruttive		
B_p PIL	23	n. prelievi: 1
B_t TRV	19-20	n. prelievi: 1
PACOMETRIE E SAGGI		
P PIL	9 12 13 16 30 22 23	tot pacom: 8
P TRV	8-15 12-13 13-20 15-22 14-23 19-20 14-15	tot pacom: 7
INDAGINI VISIVE		
s solaio	SOL1	



geol. Sergio Dolfin
Ing. Andrea De Maio



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



RELAZIONE DEI RISULTATI DELLE INDAGINI

► ELABORATO: Fase2_RRI_03 ► OGGETTO: Ubicazione delle indagini_Carpenterie 2° impalcato
► SCALA: 1:100 ► DATA: 21/07/21 ► REV: [0]

- RTP
- Capogruppo e coordinatore scientifico:**
Ing. Fabio Neri (PROGEN srl)
- Professionisti responsabili strutturali e della calcolo delle strutture:**
Ing. Marco Muratore (TECNOSIDE srl)
Ing. Placido Impoltonia (PLANIR srl)
- 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

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 mediante intervento di sostituzione edilizia della scuola dell'Infanzia Villa Adele del 15° Circolo Didattico (cod. Ares 0630490702)

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_RGEOL-T_01 ▶ OGGETTO: Relazione geologica e geotecnica

▶ SCALA:

▶ DATA: 21/07/21

▶ 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

**15° Circolo, scuola materna "Villa Adele"
Via Vecchia Miano Piscinola, 2A**

Codice scheda: 7.37.208

RELAZIONE GEOLOGICA

Indice

1. PREMESSE	4
2. UBICAZIONE DELL'AREA IN ESAME	5
3. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE - GEOMORFOLOGICO.....	5
4. CONDIZIONI GEOLOGICHE LOCALI.....	6
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.....	15
10. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE.....	27

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 sede della scuola materna "Villa Adele" 15° Circolo sito in Via Vecchia Miano Piscinola, 2 A , Miano - 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 Miano in sito in Via Vecchia Miano Piscinola, 2 A un'area densamente urbanizzata, alle coordinate Latitudine 40°53'13.62"N e Longitudine 14°14'55.52"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 124 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.

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.

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 **“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.

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 é 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 breccie 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 cm²;

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:

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

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/cm².

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:

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

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 - ϕ' (°)	Peso di volume γ (t/m ³)	Coesione drenata c' (t/m ²)
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 - 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.

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.

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 V_S 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:

$$\begin{aligned}
 0 \leq T < T_B & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left[\frac{T}{T_B} + \frac{1}{\eta \cdot F_0} \left(1 - \frac{T}{T_B} \right) \right] \\
 T_B \leq T < T_C & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \\
 T_C \leq T < T_D & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C}{T} \right) \\
 T_D \leq T & \quad S_e(T) = a_g \cdot S \cdot \eta \cdot F_0 \cdot \left(\frac{T_C T_D}{T^2} \right)
 \end{aligned}$$

Dove:

η = 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:

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

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

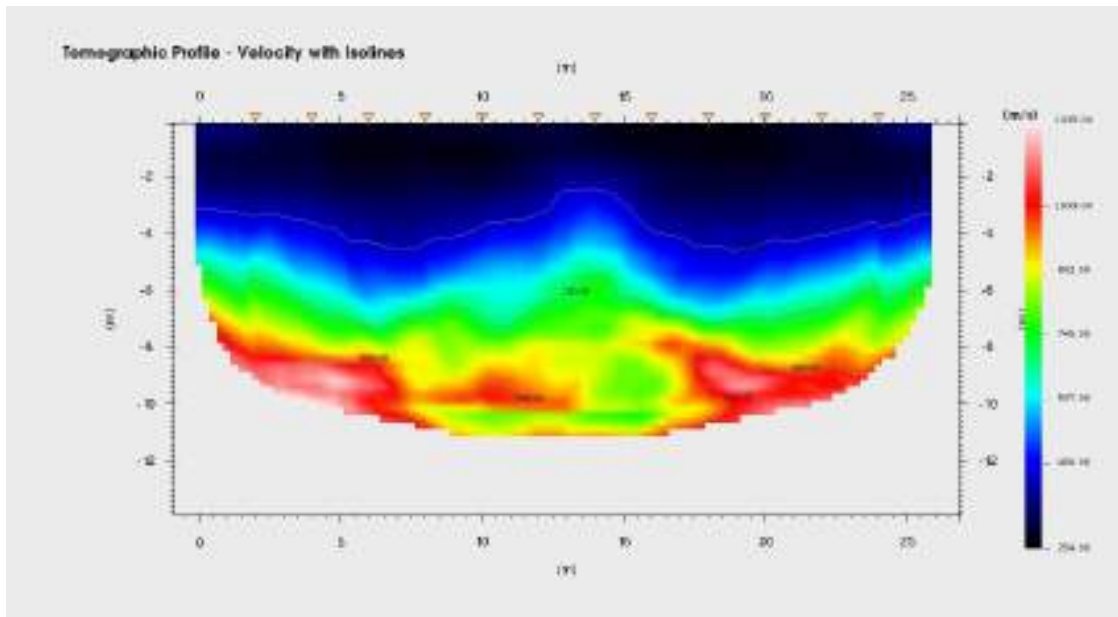
Dai risultati delle indagini geognostiche e geofisiche eseguite nell'area di sedime, in accordo con quanto riportato in bibliografia i terreni indagati, costituiti da **“Depositi cineritici stratificati afferenti al Subsistema di Contrada Romano”**, sono riconducibili alla **classe C** *Depositi di terreni 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 **271 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:

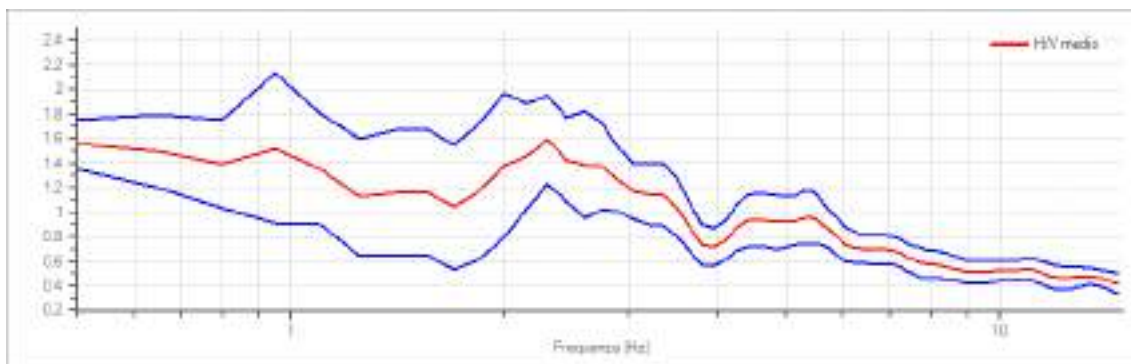


Tomo1

Risultati:

Frequenza del picco del rapporto H/V: 2.30 Hz \pm 0.22 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.

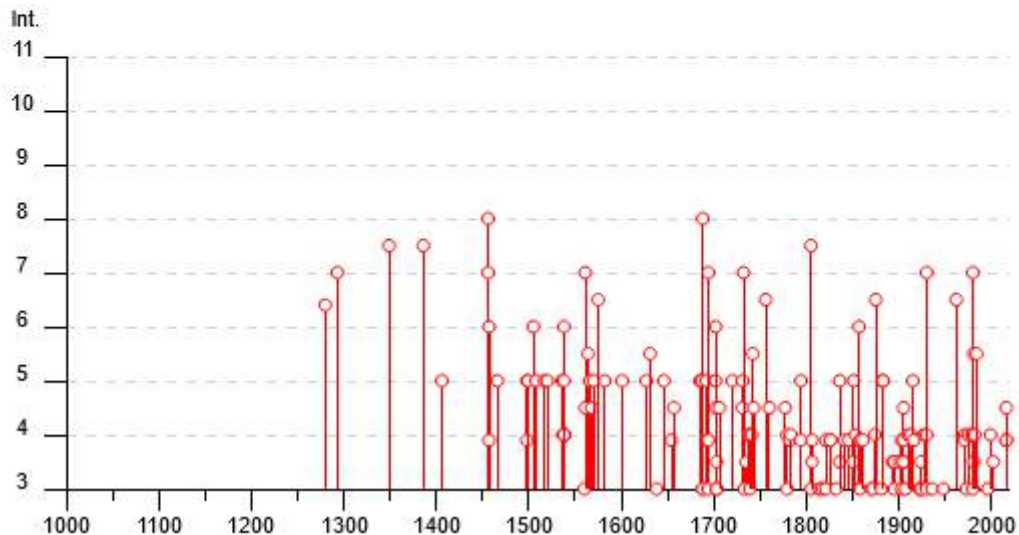
Nella tabella seguente è riassunta la storia sismica di Napoli (I.N.G.V. – Database Macrosismico Italiano 2015 – DBMI15); in essa sono riportati (su 183 osservazioni disponibili) i principali terremoti cui è stato sottoposto il territorio del Comune di Napoli.

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	Ma	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	15	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	29	19			Irpinia	3	7-8	5.33
5	1520	01	28	23	50		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.50
5	1536	08	07				Napoli	1	5	3.12
4	1537	02	14				Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7	3.50
6	1538	04	20				Campi Flegrei	1	5-6	3.25
4	1538	09	20				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538	09	22				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538	09	23				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538	09	24				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538	09	25				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538	09	26				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538	09	27				Campi Flegrei (Pozzuoli)	3	5-6	3.25
4	1538	09	28	06	00		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
4	1538	09	28	17	30		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
4	1538	09	29	11	00		Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	5-6	3.25
5	1538	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	15	50		Valle 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	🔗 1568 12 27	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6 3.37
5	🔗 1570 04 30 23 06	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	6-7 3.50
6-7	🔗 1575 06 05 20 30	Napoli	2	5-6 3.25
5	🔗 1582 06 05 07 08	Campi Flegrei (Pozzuoli)	2	8 3.88
5	🔗 1601 08 10	Napoli	1	5 3.12
5	🔗 1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10 6.66
5-6	🔗 1631 12	Area Vesuviana	2	5-6 3.25
3	🔗 1638 03 27 15 05	Calabria centrale	213	11 7.09
5	🔗 1646 05 31	Gargano	35	10 6.72
F	🔗 1654 07 24 00 25	Sorano	44	9-10 6.33
4-5	🔗 1657 01 29 02	Capitanata	12	8-9 5.96
5	🔗 1685 05	Penisola Sorrentina	5	5-6 4.73
5	🔗 1687 04 25 00 30	Penisola Sorrentina	2	6 4.63
8	🔗 1688 06 05 15 30	Sannio	215	11 7.06
3	🔗 1688 07 23	Capitanata	3	7-8 5.33
3	🔗 1688 08 14	Beneventano	3	6-7 4.86
5	🔗 1692 03 04 22 20	Ispinia	9	8 5.88
F	🔗 1693 01 08	Pollino	16	7 5.27
7	🔗 1694 09 08 11 40	Ispinia-Basilicata	251	10 6.73
F	🔗 1694 10 07 15	Penisola sorrentina	9	5-6 4.71
3	🔗 1694 10 09	Avellino	2	5-6 4.40
5	🔗 1702 03 14 04 30	Sannio-Ispinia	4	6-7 4.86
6	🔗 1702 03 14 05	Sannio-Ispinia	37	10 6.56
4-5	🔗 1702 04 02 06 20	Sannio-Ispinia	4	6-7 4.86
3-4	🔗 1703 01 14 18	Valnerina	197	11 6.92
3	🔗 1703 01 16 13 30	Appennino laziale-abruzzese	22	
3	🔗 1703 02 02 11 05	Aquilano	69	10 6.67
4-5	🔗 1706 11 03 13	Maiella	99	10-11 6.84
5	🔗 1720 08 28	Cassinese	2	5-6 4.35
5	🔗 1731 03 20 03	Tavoliere delle Puglie	49	9 6.33
4-5	🔗 1731 10 17 11	Tavoliere delle Puglie	6	6-7 4.86
7	🔗 1732 11 29 07 40	Ispinia	183	10-11 6.75
3	🔗 1733 05 15 00 30	Puglia	3	
3-4	🔗 1735 01 26	Casertano	3	5 4.16

4	🔗	1737 03 31 17 20	Monti di Avella	3	7 5.10
3	🔗	1739 02 12 21 30	Tavoliere della Puglia	5	5-6 4.40
4	🔗	1739 02 27 04 20	Benevento	3	5-6 4.40
4	🔗	1741 08 06 13 30	Irpinia	8	7-8 5.44
5-6	🔗	1742 08 17	Napoli	1	5-6 3.25
4-5	🔗	1743 02 20	Ionio settentrionale	84	9 6.68
6-7	🔗	1756 10 22 14	Napolitano	5	6-7 3.50
4-5	🔗	1760 12 23	Area vesuviana	7	6-7 3.50
4-5	🔗	1777 06 06 16 15	Tirreno meridionale	9	
4	🔗	1779 10 01 00 45	Napolitano	3	6 3.37
3	🔗	1779 12 12	Napolitano	5	6 3.37
F	🔗	1782 01 11	Benevento	2	5 4.16
NF	🔗	1783 02 05 12	Calabria meridionale	356	11 7.10
4	🔗	1783 03 28 18 55	Calabria centrale	323	11 7.03
5	🔗	1794 06 12 22 30	Irpinia	16	7 5.26
F	🔗	1794 06 15	Area vesuviana	3	4 2.87
7-8	🔗	1805 07 26 21	Molise	220	10 6.68
3	🔗	1805 10 13 22	Pianura Campana	3	7 5.10
F	🔗	1806 07 21 09	Cassinese	5	5-6 4.40
3-4	🔗	1806 08 26 07 35	Colli Albani	35	8 5.61
3	🔗	1814 11 25	Beneventano	2	5-6 4.40
3	🔗	1817 04 17	Potentino	7	4-5 3.97
F	🔗	1821 08 02	Calabria centrale	3	7 5.10
3	🔗	1821 11 22 01 15	Costa molisana	9	7-8 5.59
F	🔗	1826 02 01 16	Potentino	18	8 5.74
F	🔗	1826 10 26 18	Salento	7	6-7 5.22
NF	🔗	1828 02 02 09 15	Isole d'Ischia	10	8-9 4.01
3	🔗	1832 03 08 18 30	Crotonese	99	10 6.65
3-4	🔗	1836 04 25 00 20	Calabria settentrionale	44	9 6.18
5	🔗	1836 11 20 07 30	Appennino lucano	17	8 5.86
F	🔗	1841 02 21	Gargano	13	6-7 5.17
F	🔗	1846 08 08	Potentino	13	6-7 5.18
5	🔗	1851 08 14 13 20	Vulture	103	10 6.52
3-4	🔗	1851 08 14 14 40	Vulture	10	7-8 5.48
4	🔗	1853 04 09 12 45	Irpinia	47	8 5.60

2	📄	1854 02 12 17 50	Cosentino	89	10 6.34
6	📄	1857 12 16 21 15	Basilicata	340	11 7.12
F	📄	1858 03 07 14	Campania meridionale	9	7-8 5.39
F	📄	1858 03 07 19	Vibonati	3	4 3.70
3	📄	1858 05 24 09 20	Tavoliere della Puglia	13	4-5 4.35
F	📄	1861 12 09	Torre del Greco	3	5-6 3.25
2	📄	1867 08 15 23 30	Isola d'Ischia	2	4-5 2.99
3	📄	1870 10 04 16 55	Cosentino	54	9-10 6.24
3	📄	1872 10 08 13 25	Cosentino	6	5 4.72
2	📄	1873 03 12 20 04	Appennino marchigiano	196	8 5.85
2-3	📄	1873 07 12 06 06	Val Comino	61	7-8 5.38
4	📄	1874 12 06 15 50	Val Comino	43	7-8 5.48
NF	📄	1875 03 17 23 51	Costa romagnola	144	8 5.74
6-7	📄	1875 12 06	Gargano	97	8 5.86
NF	📄	1880 07 24 05 40	Isola di Ventotene	5	6 4.63
NF	📄	1881 03 04 12 15	Isola d'Ischia	17	9 4.14
3	📄	1881 09 10 07	Chietino	43	7-8 5.41
5	📄	1882 06 06 05 40	Isernino	50	7 5.20
5	📄	1883 07 28 20 25	Isola d'Ischia	27	9-10 4.26
2	📄	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5 4.26
2	📄	1885 12 26 02	Molise	28	5-6 4.66
NF	📄	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8 5.55
2	📄	1889 12 08	Gargano	122	7 5.47
3-4	📄	1893 01 25	Valle di Diano	134	7 5.15
3-4	📄	1895 02 01 07 24 35	Monti del Partenio	40	5 4.29
3	📄	1895 08 09 17 38 20	Adriatico centrale	103	6 5.11
3-4	📄	1901 07 31 10 38 30	Sorano	76	7 5.16
F	📄	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7 4.69
3	📄	1903 12 07 05 58	Beneventano	9	4-5 4.14
4-5	📄	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7 4.90
F	📄	1905 08 25 20 41	Valle Peligna	29	6 5.15
3-4	📄	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11 6.95
3-4	📄	1905 11 26	Irpinia	122	7-8 5.18
3	📄	1907 12 18 19 21	Monti Picentini	35	5-6 4.52
2	📄	1908 12 28 04 20 27	Stretto di Messina	772	11 7.10

4	1910 06 07 02 04	Ispinia-Basilicata	376	8 5.76
4	1913 10 04 18 26	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	Isola di Stromboli	18	5-6 4.66
2-3	1919 10 22 06 10	Anzio	142	6-7 5.22
3	1922 12 29 12 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 50	Sannio	12	4 4.06
3-4	1924 05 09 05 48	Ispinia	8	4 4.71
2	1925 09 24 13 33 46	Molise occidentale	50	7 5.26
4	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6 4.98
NF	1927 12 26 15 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	Ispinia	547	10 6.67
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	57	6 4.64
6-7	1962 08 21 18 19	Ispinia	562	9 6.15
NF	1967 12 09 03 09 56	Adriatico centrale	22	4.36
4	1971 05 06 03 45 05	Ispinia	68	6 4.83
F	1971 11 29 18 49 3	Alta Val d'Agri	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	Ispinia	85	5-6 4.37
2	1978 02 08 04 10 29	Ispinia	100	5-6 4.44
4	1979 09 19 21 35 37	Valnerina	694	8-9 5.83
3	1980 06 14 20 56 50	Marsica	69	5-6 4.96
7	1980 11 23 18 34 52	Ispinia-Basilicata	1394	10 6.81
4	1980 12 03 23 54 22	Ispinia-Basilicata	11	6 4.83
3-4	1981 01 09 00 12 49	Ispinia-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 50	Monti della Meta	911	8 5.86
3	1996 04 03 13 04 3	Ispinia	557	6 4.90
4	1999 10 09 05 41 0	Area vesuviana	38	5 3.24
3-4	2002 11 01 15 09 0	Molise	638	7 5.72
2	2003 06 01 15 45 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	379	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 = 5.67**

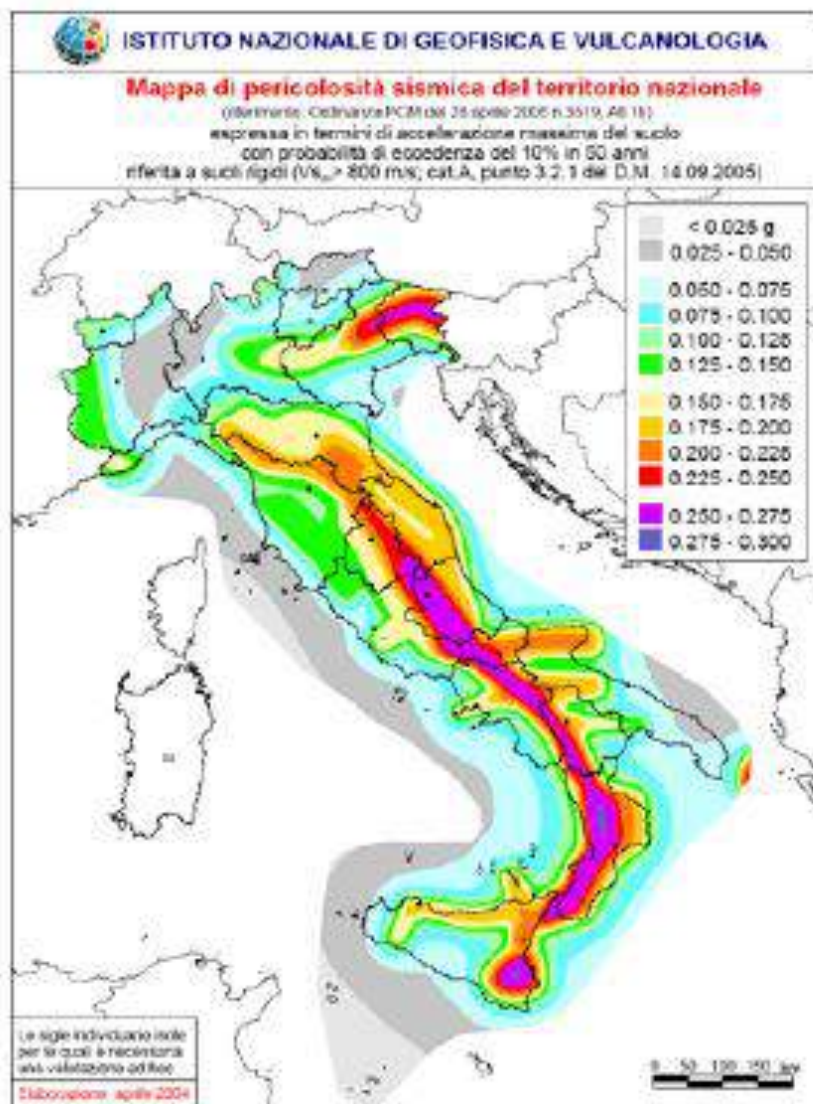
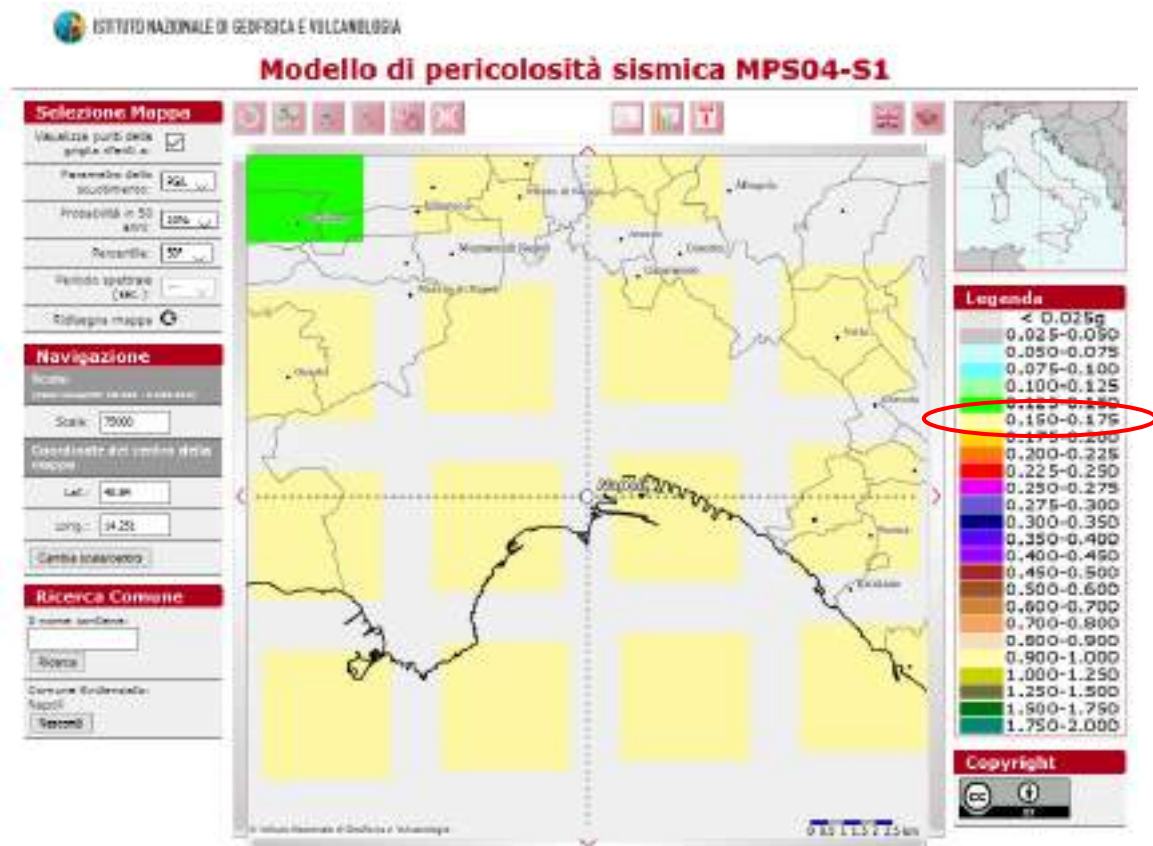


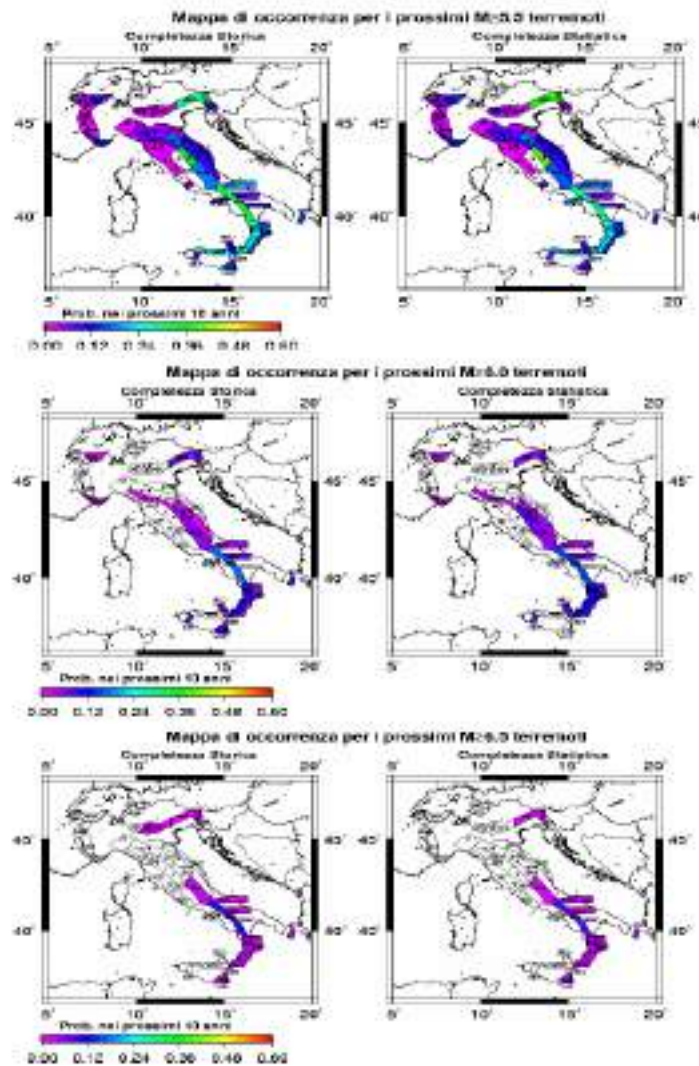
Figura 2 - Mappa della pericolosità sismica - INGV

Sempre l'INGV, nella sua 'Mappa 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 probabilità istantanea di occorrenza in ogni area è più elevata immediatamente dopo un evento e decresce fino a raggiungere, dopo circa 10 anni, un valore costante che rappresenta la probabilità media di occorrenza per quella zona, che segue una legge poissoniana. Ciò significa che subito dopo un forte evento sismico nell'area interessata dall'evento stesso la probabilità 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 probabilità 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°53'13.62"N
- Longitudine: 14°14'55.52"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	32978	32979	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 (32978), 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 Miano in sito in Via Vecchia Miano Piscinola, 2 A un'area densamente urbanizzata, alle coordinate Latitudine 40°53'13.62"N e Longitudine 14°14'55.52"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..
- 2) Da un punto di vista morfologico il sito di progetto si colloca alla quota topografica di circa 124 m. s.l.m., in un'area sub-pianeggiante densamente urbanizzata. La categoria topografica, secondo la vigente normativa, è **T1**.
- 3) 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) 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) Ai fini del calcolo dei parametri sismici di base sono state utilizzate le seguenti coordinate del baricentro dell'area di studio sono Latitudine 40°53'13.62"N e Longitudine 14°14'55.52"E (riferite all'ellissoide WGS 84)
- 6) 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.

- 7) 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.
- 8) 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: $M_{sw1} : V_{seq}$ pari a **271 m/sec.**
- 9) I parametri geomeccanici che caratterizzano i terreni di interesse progettuale, definiti sulla base dei dati ottenuti dall'elaborazione dei risultati delle prove dirette (prove penetrometriche dinamiche leggere continue) effettuate dallo scrivente in aree limitrofe al sito di progetto e sui medesimi litotipi, nonché dal raffronto con quanto presente in un'ampia letteratura specializzata, sono i seguenti:

TIPO DI TERRENO	Angolo di attrito interno - φ' (°)	Peso di volume γ (t/m ³)	Coesione drenata c' (t/m ²)
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

1:5,000



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



15° Circolo, scuola materna “Villa Adele” Via Vecchia Miano Piscinola, 2A

RELAZIONE INDAGINI

SOMMARIO

1. GENERALITA'	1
1.1 INTRODUZIONE	1
1.2 ELABORATI	1
2. CAMPAGNA GEOFISICA	2
2.1 INDAGINE GEOFISICA	2
2.2 ATTREZZATURA GEOFISICA	2
2.3 PROVE SISMICHE “ACTIVE MASW”	4
2.4 TOMOGRAFIA SISMICA A RIFRAZIONE	10
2.5 PROVE DI SISMICA PASSIVA A STAZIONE SINGOLA (HVSR)	15

ALLEGATO 1_CARTA UBICAZIONE INDAGINI

ALLEGATO 2_DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

1. GENERALITA'

1.1 Introduzione

La campagna indagini oggetto del presente report è stata eseguita dal 26/07/2021 al 28/07/2021. 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 della scuola materna "Villa Adele" 15° Circolo sito in Via Vecchia Miano Piscinola, 2 A , Miano - 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, presenti in allegato:

- 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 V_s e relativa curva di taglio verticale. Il processo dati si chiude con la definizione delle unità sismogenetiche e relativi valori di V_s 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 **22,00** metri.

Sono stati adoperati 12 geofoni con frequenza di 4,5 Hz collocati nel terreno lungo una linea con interdistanza di **2,00** metri.

Il punto di energizzazione è stato posto a – **2,00** 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.

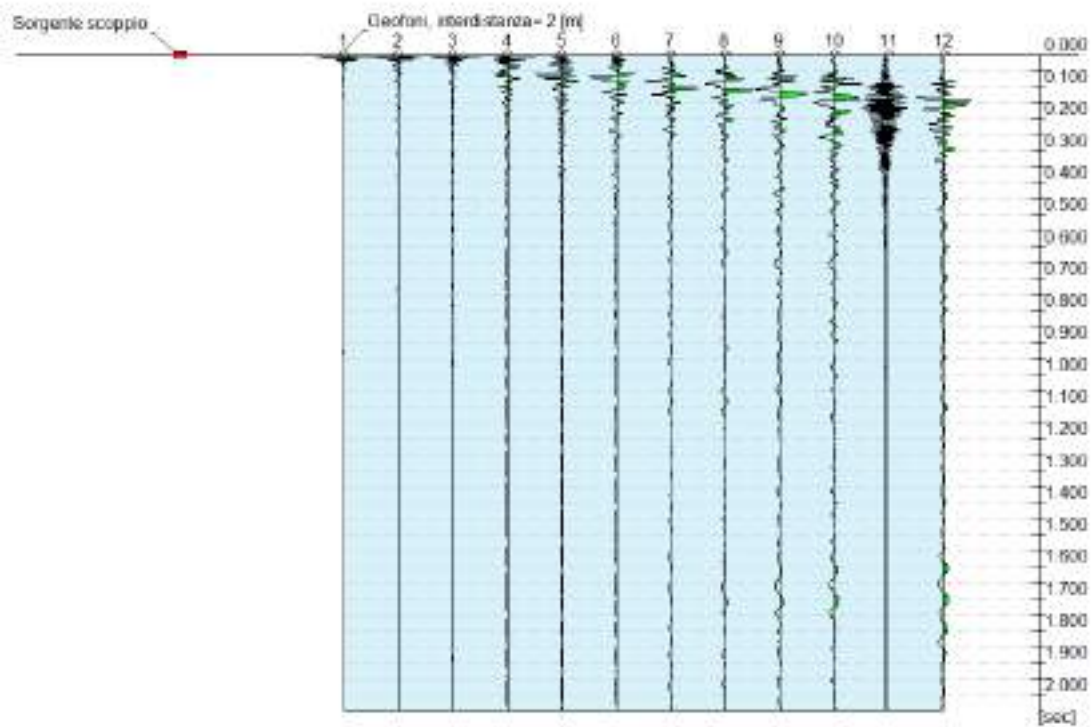


Figura 3 – Tracce sperimentali

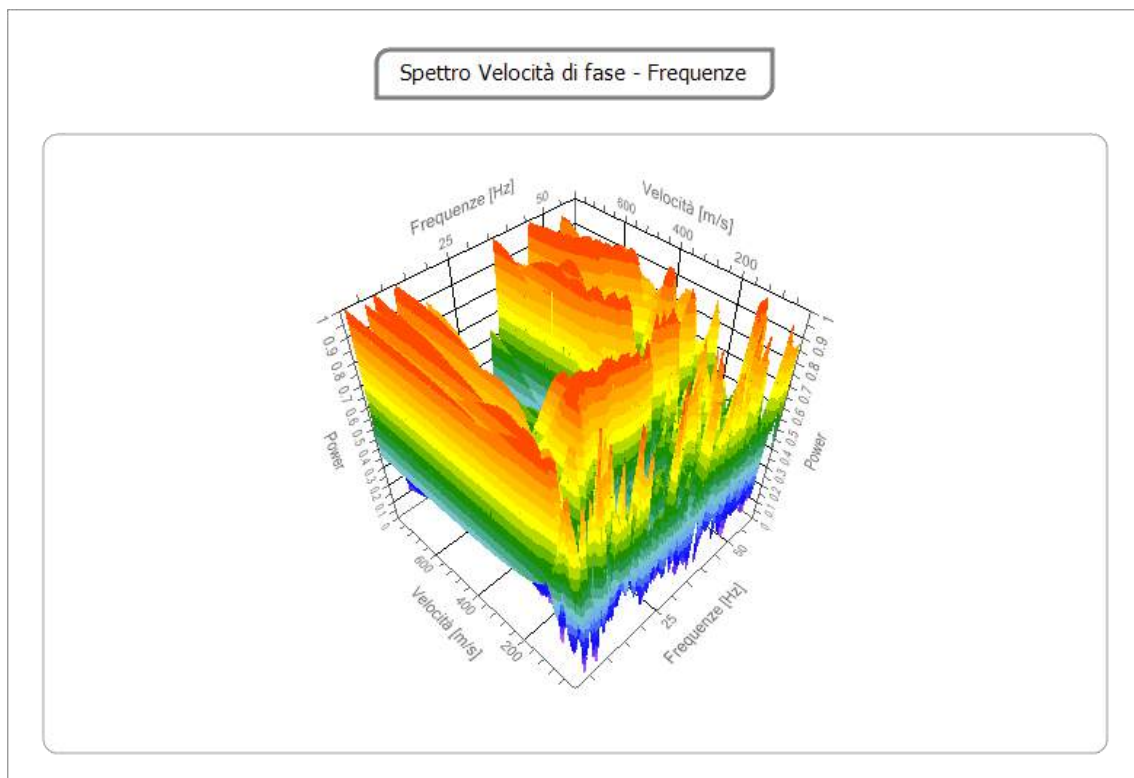


Figura 4 – Spettro Velocità di fase - Frequenze

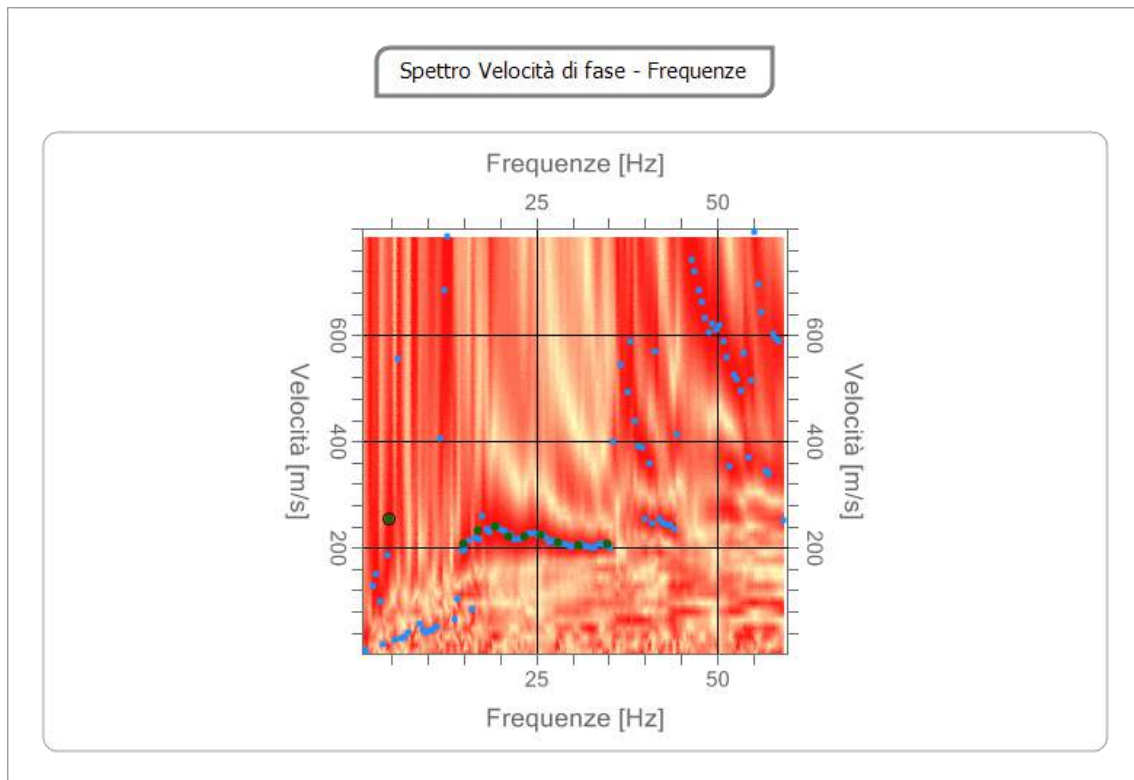


Figura 5 – Curva di dispersione sperimentale

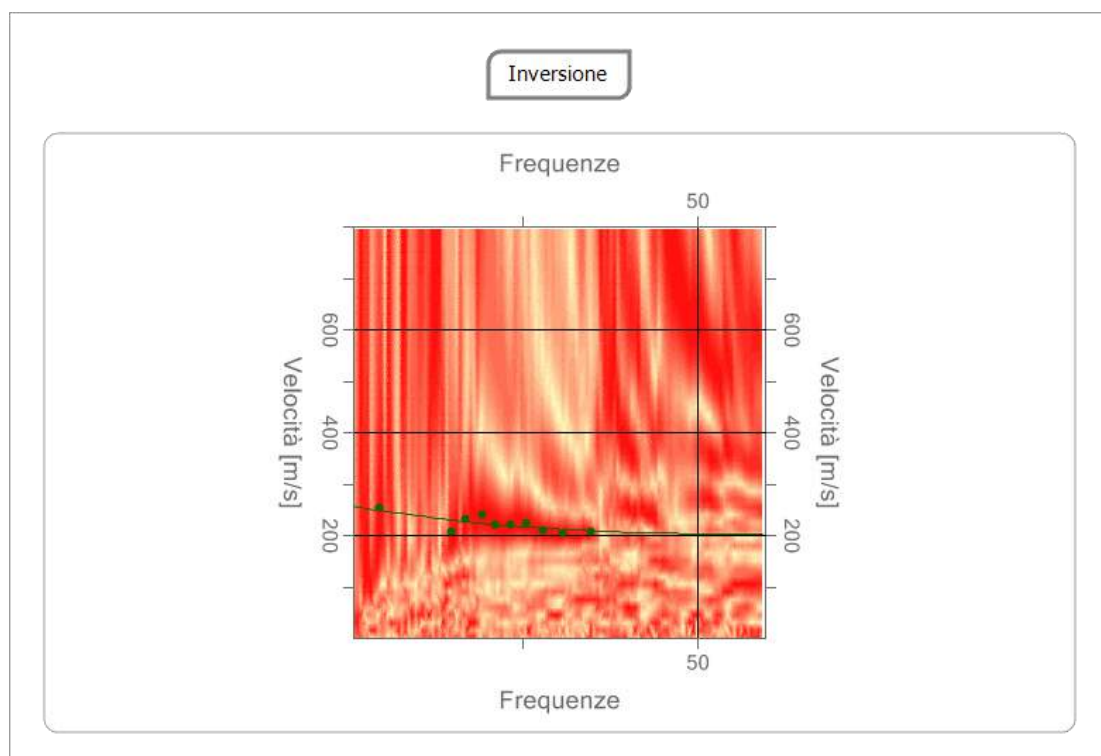


Figura 6 – Inversione

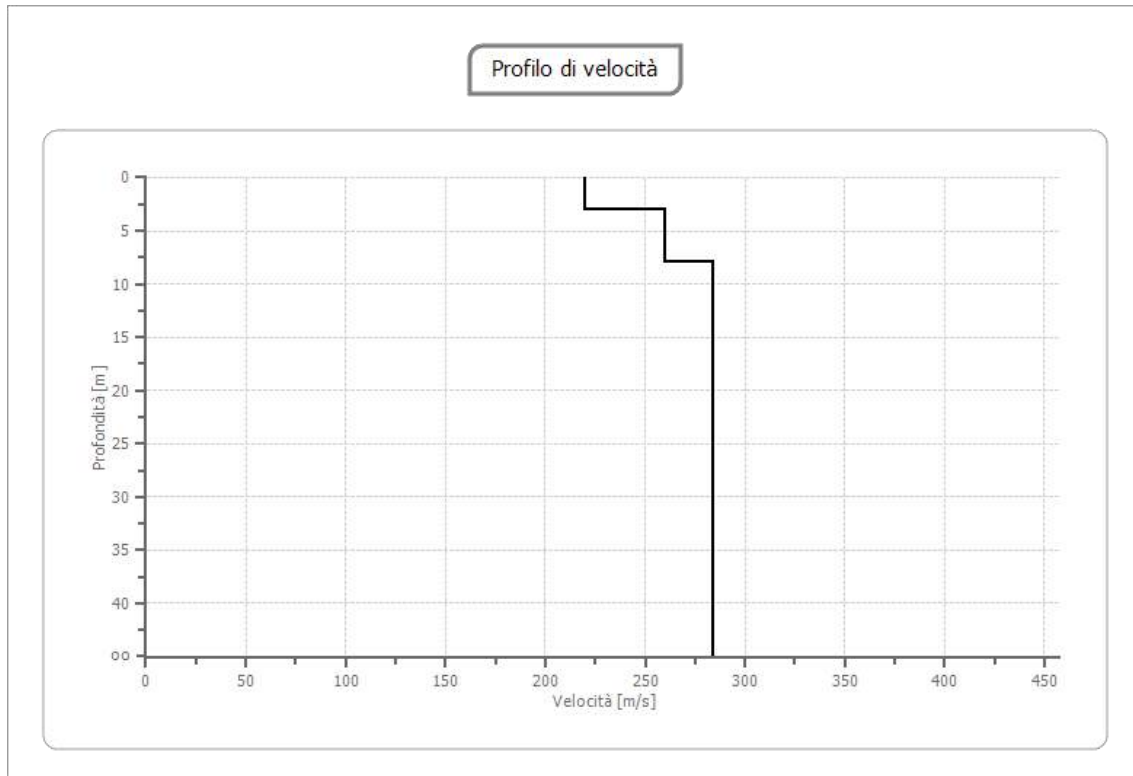


Figura 7 – Profilo di velocità

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

Strato (m)	$V_{s,i}$
0 -3,00	219.64
3,00 -8,00	259.83
8,00-∞	283.56

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	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.	180÷360
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:

Vs,eq = 271 m/sec

In base al valore di $V_{s,eq}$ 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 linea 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
TERRENI E ACQUA		
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
ROCCE SEDIMENTARIE		
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
ROCCE IGNEE		
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.

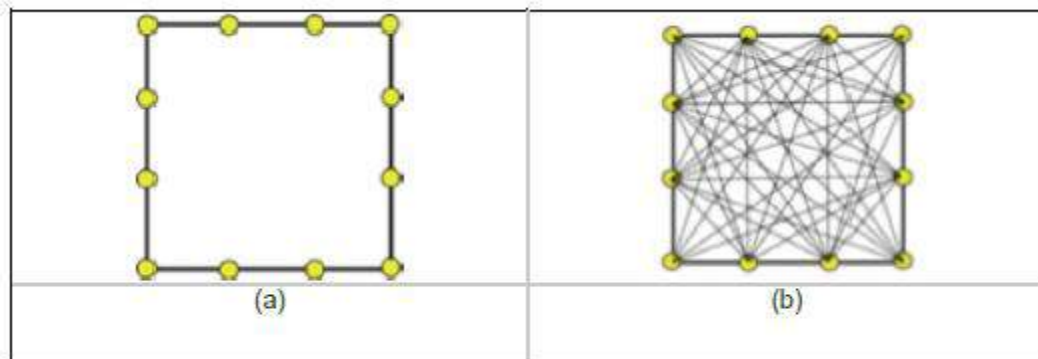


Figura 1 (a) Esempio di cella con 4 nodi; (b) visualizzazione dei possibili raggi sismici che congiungono i nodi della cella.

- 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

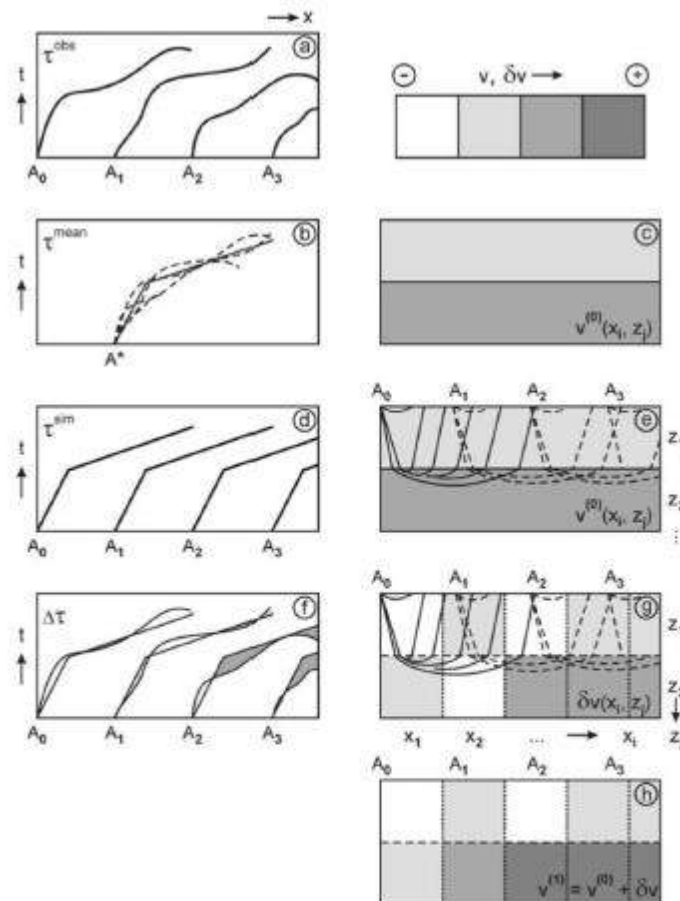


Figura 2 Immagine che illustra il processo di ottimizzazione del risultato da parte della tomografia sismica.
 (a) Le dromocronie misurate sulle tracce registrate sul terreno sono utilizzate per costruire il modello iniziale (b) e (c).
 (d) Utilizzando il modello iniziale (e) vengono calcolate le dromocronie simulate.
 (f) Vengono calcolate le differenze tra le dromocronie 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 è stata eseguita lungo una linea rettilinea di **22,00 m**. Sono stati adoperati 12 geofoni con frequenza di 4,5 Hz collocati nel terreno lungo una linea rettilinea con interdistanza di **2,00 metri**. I punti di energizzazione sono stati posti a -2,00 m; 5,00 m; 9,00 m; 13,00 m; 17,00 m; 21,00 m, 24 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.

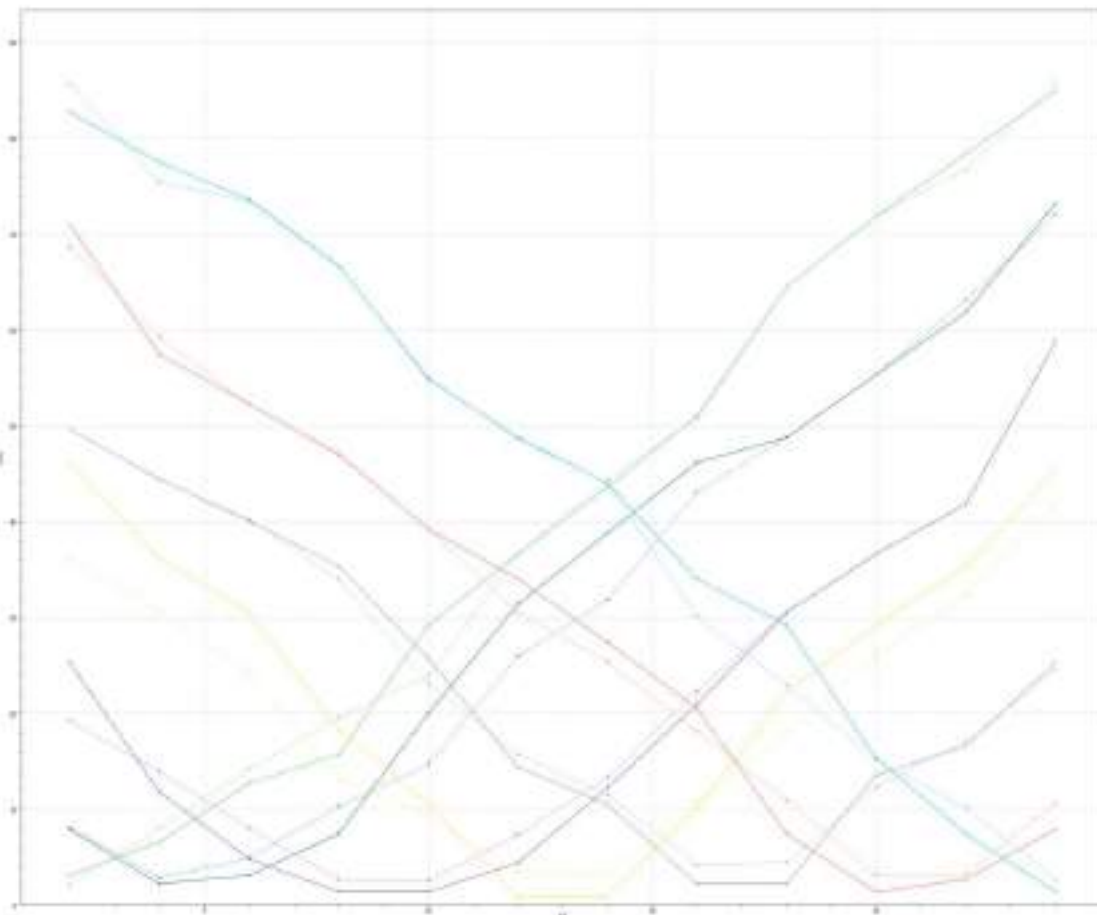


Figura 8 – Dromocrone

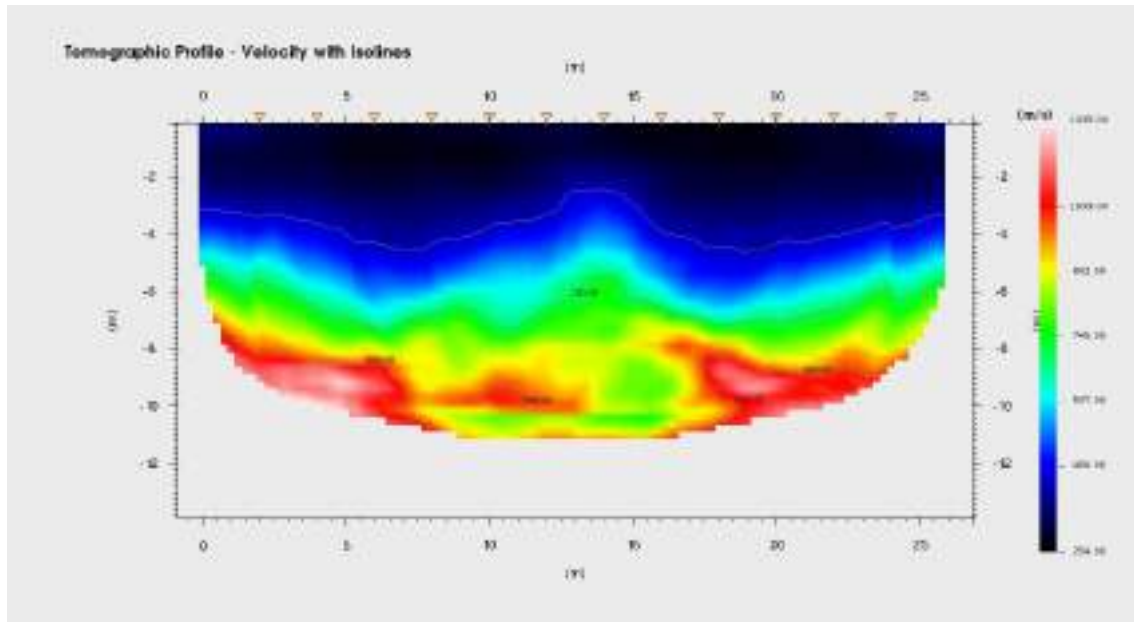


Figura 9 – Profilo tomografico

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;

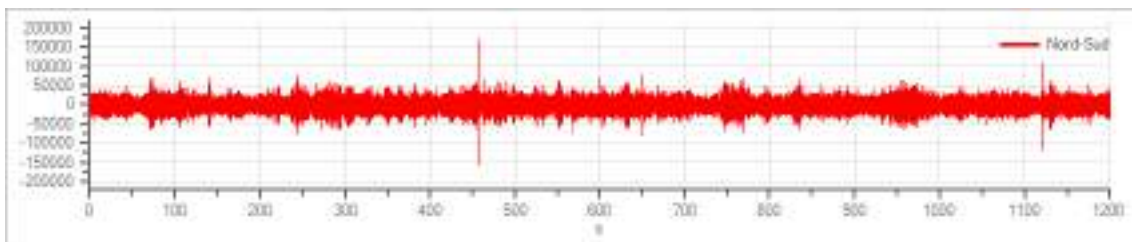
Prima di effettuare le misure, il sensore 3D è stato correttamente orientato mediante l'ausilio di una bussola e posizionato sulla superficie da investigare. Successivamente si è verificato il corretto accoppiamento dello strumento con il terreno avendo cura di metterlo in posizione perfettamente orizzontale.

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.

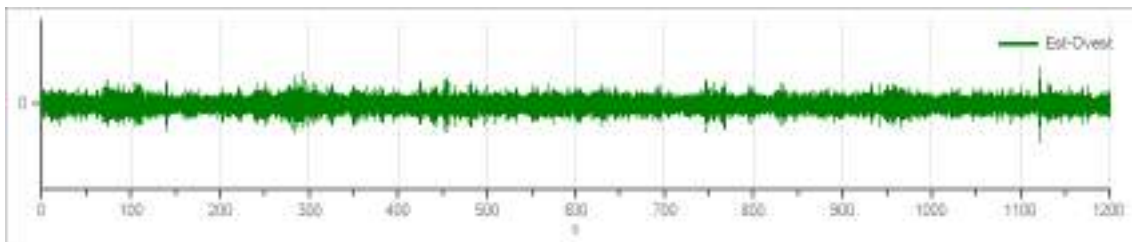
2.5.3 Misura HVSR1

Dettagli acquisizione

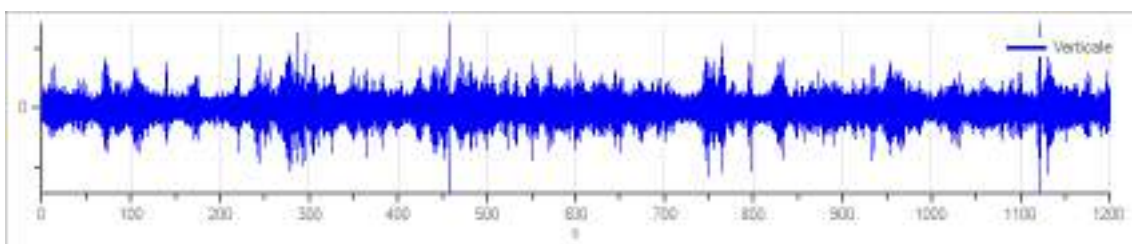
- Numero tracce: 3
- Durata registrazione: 00:20:00
- Frequenza di campionamento: 250,00 Hz
- Coordinate punto di misura: **LAT 40°53'13.06"N; LONG. 14°14'54.98"E** (riferite all'ellissoide WGS 84).



Traccia in direzione Nord-Sud



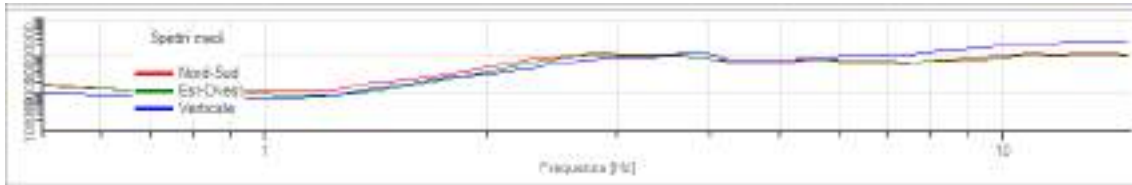
Traccia in direzione Est-Ovest



Traccia in direzione Verticale

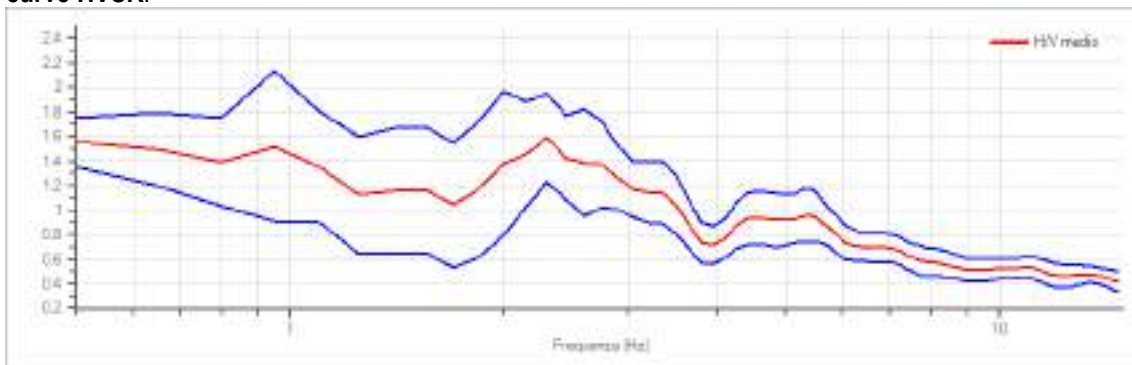
Elaborazione

Frequenza di campionamento: 250 Hz
Numero totale di finestre temporali: 48
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 (f_0): 2.30 Hz \pm 0.22 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 $f_0 > 0.5\text{Hz}$	Ok
$\sigma_A(f) < 3$ per $0.5 \cdot f_0 < f < 2 \cdot f_0$ se $f_0 < 0.5\text{Hz}$	
$\exists f^- \in [f_0/4, f_0] \mid A_{H/V}(f^-) < A_0/2$	Non superato
$\exists f^+ \in [f_0, 4 \cdot f_0] \mid A_{H/V}(f^+) < A_0/2$	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 - 2- Stendimento sismico MASW 1 – TOMO1 + Prova di sismica passiva HVSR1

Il Geologo
Dott. Sergio Dolfin



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 mediante intervento di sostituzione edilizia della scuola dell'Infanzia Villa Adele del 15° Circolo Didattico (cod. Ares 0630490702)

Responsabile del Procedimento:

Arch. Alfonso Ghezzi

Progettisti:

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

TAVOLA:

R.03

Descrizione elaborato:

**Relazione Specialistica Efficientamento
Energetico**

Data:

Marzo 2022

1 INTRODUZIONE

La presente relazione tecnica di fattibilità dell'intervento di riqualificazione energetica a farsi alla scuola dell'Infanzia denominata Villa Adele del 15° Circolo – Cod. Ares 0630490702. Trattandosi di intervento di abbattimento e ricostruzione la relazione illustra lo stato attuale dell'edificio esistente e le tecnologie che saranno utilizzati per la realizzazione del nuovo edificio scolastico.

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 esistente:



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

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 EFFICIENZA ENERGETICA DELL'EDIFICIO ESISTENTE

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/m²)

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

RIEPILOGO DISPERSIONI

GLOBALE EDIFICIO	541.5	2328.5	0.233	1.312	0.401	91654
Appart/zona/ambiente	A	volume	S/V	Cdr	Cdl	dispers
Piano/Scala: 01 TERRA						91654
0101 VILLA ADELE MATERNA	541.5	2328.5	0.233			91654
01 UNICO	541.45	2328.48	0.233			91654

CALCOLO DISPERSIONI DI CALORE PER SINGOLO AMBIENTE

AMBIENTE : 010101 UNICO

Te = 2
Ta = 20

q	ric	largh	lung	altez	volume	dispvol
1	2.5	23.10	28.80	3.50	2328.5	36674

nr	Co-str	q	es	U	dt	lung	al/la	A	A·U·dt	a.es	dispra
01	192 P.E	1	S	1.13	18	22.80	3.50	71.38	1445.55	1.00	1446
02	202 S.E	2	S	5.53	18	2.55	1.65	8.41	837.78	1.00	838
03	710 PTE	2	S	0.13	18	8.40	1.00	0.00	37.80	1.00	38
04	202 S.E	1	S	5.53	18	0.70	1.65	1.15	114.99	1.00	115
05	710 PTE	1	S	0.13	18	4.70	1.00	0.00	10.58	1.00	11
06	202 S.E	1	S	5.53	18	2.05	0.70	1.43	142.87	1.00	143
07	710 PTE	1	S	0.13	18	5.50	1.00	0.00	12.38	1.00	12
08	202 S.E	1	S	5.53	18	5.70	3.50	19.95	1986.18	1.00	1986
09	710 PTE	1	S	0.13	18	18.40	1.00	0.00	41.40	1.00	41
10	192 P.E	1	E	1.13	18	3.60	3.50	12.60	255.15	1.15	293
11	192 P.E	1	E	1.13	18	26.80	3.50	81.92	1658.88	1.15	1908
12	202 S.E	2	E	5.53	18	3.60	1.65	11.88	1182.75	1.15	1360
13	710 PTE	2	E	0.13	18	10.50	1.00	0.00	47.25	1.15	54
14	202 S.E	2	E	5.53	18	2.55	1.65	8.41	837.78	1.15	963
15	710 PTE	2	E	0.13	18	8.40	1.00	0.00	37.80	1.15	43
16	202 S.E	2	E	5.53	18	1.60	2.50	8.00	796.46	1.15	916
17	710 PTE	2	E	0.13	18	8.20	1.00	0.00	36.90	1.15	42
18	192 P.E	1	E	1.13	18	3.40	3.50	11.90	240.97	1.15	277
19	192 P.E	1	N	1.13	18	5.20	3.50	18.20	368.55	1.20	442
20	192 P.E	1	N	1.13	18	12.40	3.50	34.98	708.45	1.20	850
21	202 S.E	2	N	5.53	18	2.55	1.65	8.41	837.78	1.20	1005
22	710 PTE	2	N	0.13	18	8.40	1.00	0.00	37.80	1.20	45
23	202 S.E	1	N	5.53	18	1.60	2.50	4.00	398.23	1.20	478
24	710 PTE	1	N	0.13	18	8.20	1.00	0.00	18.45	1.20	22
25	202 S.E	1	N	5.53	18	1.85	0.70	1.29	128.93	1.20	155
26	710 PTE	1	N	0.13	18	5.10	1.00	0.00	11.47	1.20	14
27	192 P.E	1	W	1.13	18	6.40	3.50	22.40	453.60	1.10	499
28	192 P.E	1	W	1.13	18	2.20	3.50	6.41	129.70	1.10	143
29	202 S.E	1	W	5.53	18	1.85	0.70	1.29	128.93	1.10	142
30	710 PTE	1	W	0.13	18	5.10	1.00	0.00	11.47	1.10	13
31	192 P.E	1	N	1.13	18	1.00	3.50	3.50	70.88	1.20	85
32	192 P.E	1	S	1.13	18	2.20	3.50	4.90	99.12	1.00	99
33	202 S.E	1	S	5.53	18	1.70	1.65	2.80	279.26	1.00	279
34	710 PTE	1	S	0.13	18	6.70	1.00	0.00	15.08	1.00	15
35	192 P.E	1	W	1.13	18	22.00	3.50	73.37	1485.74	1.10	1634
36	202 S.E	2	W	5.53	18	1.10	1.65	3.63	361.40	1.10	398
37	710 PTE	2	W	0.13	18	5.50	1.00	0.00	24.75	1.10	27
38	202 S.E	1	W	5.53	18	1.10	2.60	2.86	284.74	1.10	313
39	710 PTE	1	W	0.13	18	7.40	1.00	0.00	16.65	1.10	18
40	202 S.E	1	W	5.53	18	1.50	0.70	1.05	104.54	1.10	115
41	710 PTE	1	W	0.13	18	4.40	1.00	0.00	9.90	1.10	11
42	202 S.E	1	W	5.53	18	0.70	0.70	0.49	48.78	1.10	54
43	710 PTE	1	W	0.13	18	2.80	1.00	0.00	6.30	1.10	7
44	202 S.E	1	E	5.53	18	10.50	3.50	36.75	3658.76	1.15	4208

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	1	E	0.13	18	28.00	1.00	0.00	63.00	1.15	72
46	202 S.E	1	N	5.53	18	1.70	3.50	5.95	592.37	1.20	711
47	710 PTE	1	N	0.13	18	10.40	1.00	0.00	23.40	1.20	28
48	192 P.E	1	W	1.13	18	4.80	3.50	12.30	248.97	1.10	274
49	202 S.E	1	W	5.53	18	2.65	1.70	4.50	448.51	1.10	493
50	710 PTE	1	W	0.13	18	8.70	1.00	0.00	19.57	1.10	22
51	192 P.E	1	S	1.13	18	3.60	3.50	8.18	165.64	1.00	166
52	202 S.E	1	S	5.53	18	2.60	1.70	4.42	440.05	1.00	440
53	710 PTE	1	S	0.13	18	8.60	1.00	0.00	19.35	1.00	19
54	192 P.E	1	W	1.13	18	5.80	3.50	17.32	350.83	1.10	386
55	202 S.E	1	W	5.53	18	1.75	1.70	2.98	296.19	1.10	326
56	710 PTE	1	W	0.13	18	6.90	1.00	0.00	15.53	1.10	17
57	192 P.E	1	S	1.13	18	3.40	3.50	8.84	179.01	1.00	179
58	202 S.E	1	S	5.53	18	1.80	1.70	3.06	304.65	1.00	305
59	710 PTE	1	S	0.13	18	7.00	1.00	0.00	15.75	1.00	16
60	202 S.E	1	S	5.53	18	3.00	3.50	10.50	1045.36	1.00	1045
61	710 PTE	1	S	0.13	18	13.00	1.00	0.00	29.25	1.00	29
62	524 PAV	1	TF	1.38	10	28.80	23.10	665.28	9147.60	1.00	9148
63	653 SOF	1	TF	1.65	18	28.80	23.10	665.28	19746.84	1.00	19747
TOTALI:	dispvol	+	(dispra•au%)	=	A	volume	S/V				
	36674		54981 0%	91654	541.45	2328.5	0.23				

Nelle pagine successive sono riportate le tabelle relative alle:

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

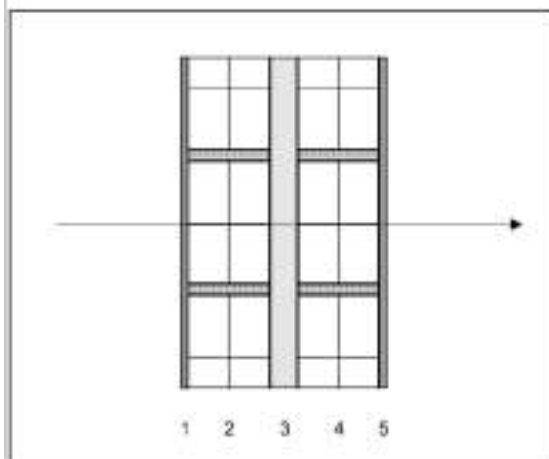
LEGENDA

s	[m]	Spessore dello strato
λ	[W/mK]	Conduttività termica del materiale
C	[W/m ² K]	Conduttanza unitaria
ρ	[kg/m ³]	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 ² K/W]	Resistenza termica dei singoli strati
A_g	[m ²]	Area del vetro
A_f	[m ²]	Area del telaio
L_g	[m]	Lunghezza perimetrale della superficie vetrata
U_g	[W/m ² K]	Trasmittanza termica dell'elemento vetrato
U_f	[W/m ² K]	Trasmittanza termica del telaio
Ψ_l	[W/mK]	Trasmittanza lineica (nulla in caso di singolo vetro)
U_w	[W/m ² K]	Trasmittanza termica totale del serramento
c	[J/(kg·K)]	Capacità termica specifica
δ	[m]	Profondità di penetrazione periodica di un'onda termica
ξ	[-]	Rapporto tra lo spessore dello strato e la profondità di penetrazione
χ	[J/(m ² K)]	Capacità termica areica
Y_{mn}	[W/(m ² K)]	Ammettenza termica dinamica
Z_{mn}		Elemento della matrice di trasmissione del calore
Z_{11}	[-]	
Z_{12}	[m ² ·K/W]	
Z_{21}	[W/(m ² K)]	
Z_{22}	[-]	
T	[s]	Periodo delle variazioni
Δt	[s]	Variazione di tempo: anticipo (se positiva) o ritardo (se negativa)

CARATTERISTICHE TERMICHE/IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

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

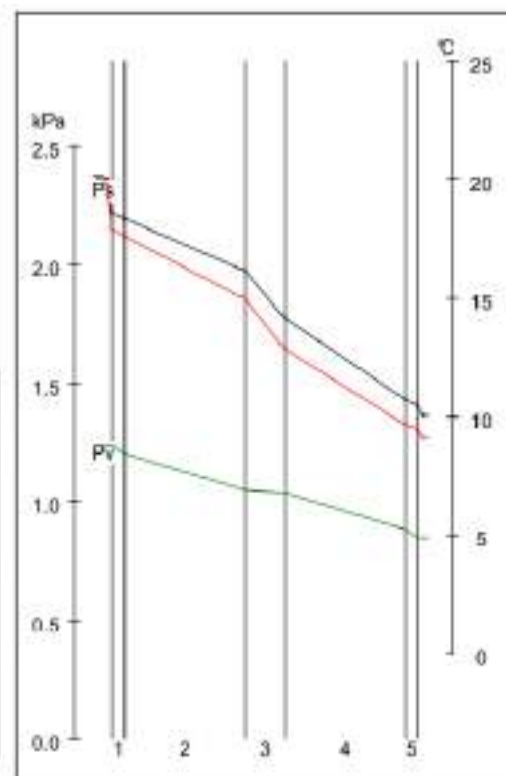
Massa [kg/m ²]	287.1	Capacità [kJ/m ² K]	224.3	Type Ashrae	5			
N	Descrizione strato (dall'interno verso esterno)	s (m)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	ρ (kg/m ³)	δa 10 ¹² (kg/m ³ Pa)	δu 10 ¹² (kg/m ³ Pa)	R (m ² /KW)
1	Intonaco di calce e gesso	0,0150	0,700	46,67	1400	18,0000	18,0000	0,021
2	Laterizi in mattoni 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	0,1500		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]		0,3800						



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/m²K]	1,108	RESISTENZA TERMICA TOTALE[m²/W]	0,903

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

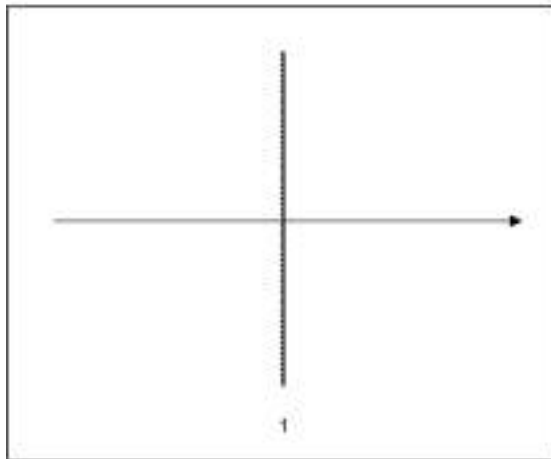
CONDIZIONE	Ti(°C)	Pi(Pa)	Te(°C)	Pe(Pa)
INVERNALE: gennaio	20.0	1234	10.5	849
ESTIVA: agosto	26.5	2043	26.5	2043
<input checked="" type="checkbox"/> La struttura non è soggetta a fenomeni di condensa interstiziale; la differenza minima di pressione tra quella di saturazione e quella reale è pari a [Pa]				430
<input type="checkbox"/> La struttura è soggetta a fenomeni di condensa; la quantità stagionale di condensato è pari a [kg/m ²] (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 adimensionale in vetro semplice, telaio in alluminio.
cod 202 S E

Massa [kg/m ²]		15.0	Capacità [kJ/m ² K]		12.6				
N	Descrizione strato (dall'interno verso l'esterno)	s (m)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	ρ (kg/m ³)	δα 10 ¹² (kg/m ³ Pa)	δu 10 ¹² (kg/m ³ Pa)	R (m ² K/W)	
1	Superfici vetrate con vetro semplice da 6 mm (U=5,682) e telaio (s = 16%) in alluminio con taglio termico da 10mm	0,0060		63,291	2500	0,0000	0,0000	0,016	
SPESSORE TOTALE [m]		0,0060							



Conduttanza unitaria superficie interna	8	Resistenza unitaria superficie interna	0,125
---	---	--	-------

Conduttanza unitaria superficie esterna	25	Resistenza unitaria superficie esterna	0,040
---	----	--	-------

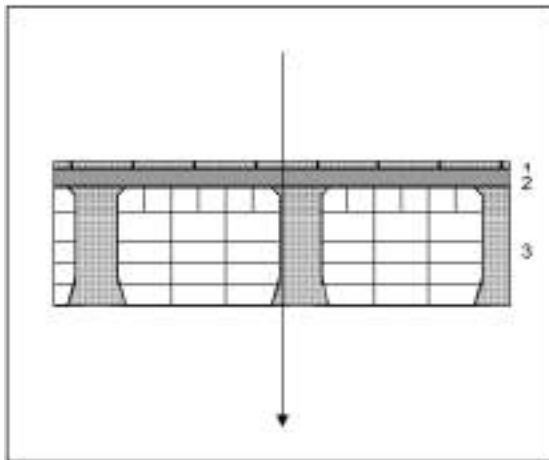
TRASMITTANZA TOTALE[W/m ² K]	5,531	RESISTENZA TERMICA TOTALE[m ² K/W]	0,181
---	-------	---	-------

Descrizione	Ag (m ²)	Af (m ²)	Lg (m)	Ug (W/m ² K)	Uf (W/m ² K)	ψl (W/mK)	Uw (W/m ² K)
Serramento singolo	1.68	0.32	7.00	5.682	3.100	0.000	5.269
Doppio serramento e/o combinato							

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 ²]		415,0	Capacità [kJ/m ² K]		348,6	Type Ashrae			16
N	Descrizione strato (dall'interno verso l'esterno)	s (m)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	ρ (kg/m ³)	δa 10 ¹² (kg/m ³ Pa)	δu 10 ¹² (kg/m ³ Pa)	R (m ² 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							

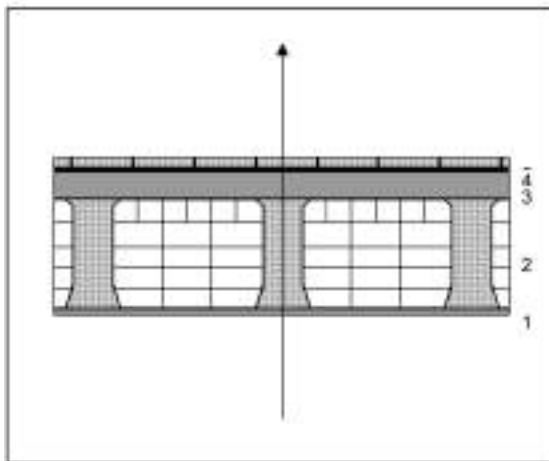


Conduttanza unitaria superficie interna	6	Resistenza unitaria superficie interna	0,170
Conduttanza unitaria superficie esterna	6	Resistenza unitaria superficie esterna	0,170
TRASMITTANZA TOTALE [W/m ² K]	1,375	RESISTENZA TERMICA TOTALE [m ² K/W]	0,727

CARATTERISTICHE TERMICHE/IGROMETRICHE DEI COMPONENTI OPACHI DELL'INVOLUCRO EDILIZIO

TIPO DI STRUTTURA *Solaio di copertura a terrazzo*
cod 653 S0F

Massa [kg/m ³]	545.1	Capacità [kJ/m ² K]	458.7	Type Ashrae		12			
N	Descrizione strato (dall'interno verso l'esterno)		s (m)	λ (W/mK)	C (W/m ² K)	ρ (kg/m ³)	δa 10 ¹² (kg/mPa)	δu 10 ¹² (kg/mPa)	R (m ² 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	Piastrelle di ceramica		0,0150	1,000	66,67	2300	0,9380	0,9380	0,015
SPESSORE TOTALE [m]			0,3380						

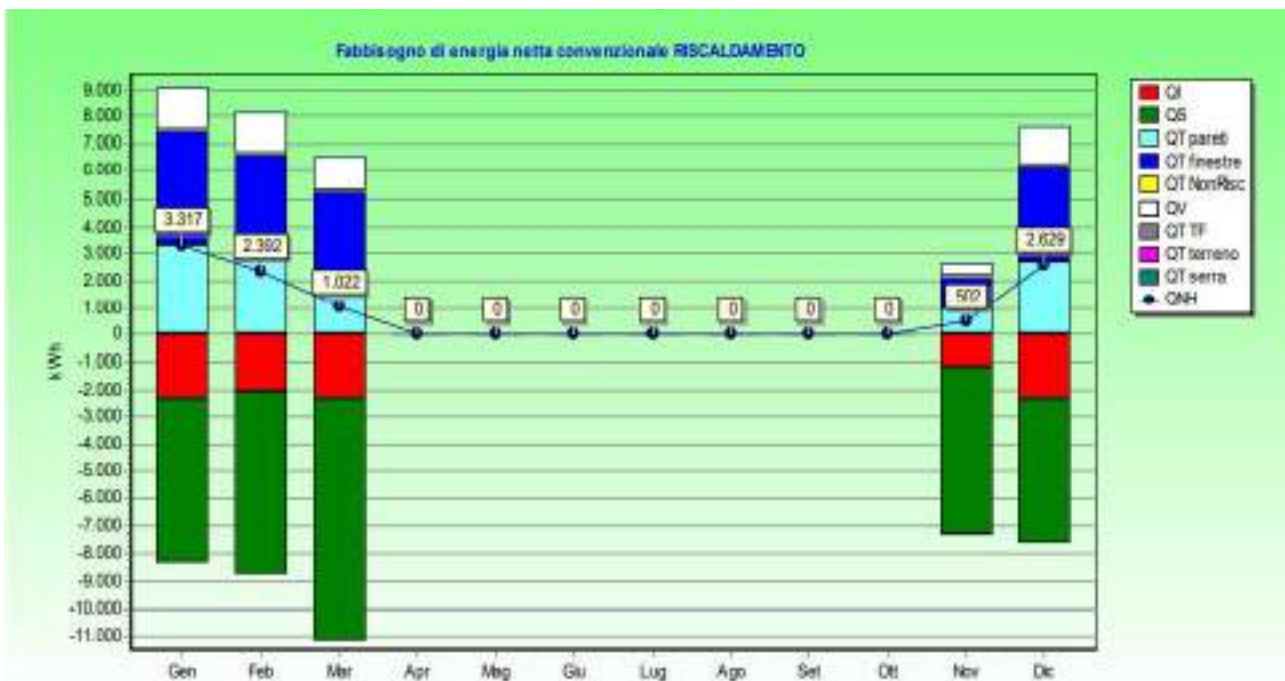


Conduttanza unitaria superficie interna	10	Resistenza unitaria superficie interna	0,100
Conduttanza unitaria superficie esterna	10	Resistenza unitaria superficie esterna	0,100
TRASMITTANZA TOTALE[W/m ² K]	1,649	RESISTENZA TERMICA TOTALE[m ² K/W]	0,606

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	11807	10641	8523	0	0	3461	9901	44432
QT finestre	14907	13323	10670	0	0	4333	12396	55629
QT non riscaldati	0	0	0	0	0	0	0	0
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	5206	4700	5150	0	0	2643	5173	22872
QT totale	32019	28664	24343	0	0	10437	27470	122933
QV ventilazione	5925	5295	4241	0	0	1722	4927	22110
QI	37944	33959	28584	0	0	12159	32397	145043
QI apporti interni	8315	7511	8315	0	0	4292	8315	36749
Qs apporti solari (opachi + trasparenze)	25598	28307	37732	0	0	13768	22417	127822
Qsa apporti serra	0	0	0	0	0	0	0	0
Rapporto apporti/disperzioni	0.894	1.055	1.611	0.000	0.000	1.485	0.949	
nu - Fattore utilizzazione apporti	0.767	0.708	0.541	0.000	0.000	0.573	0.746	
Qn,h Fabbisogno riscaldamento	11940	8613	3679	0	0	1806	9465	35504

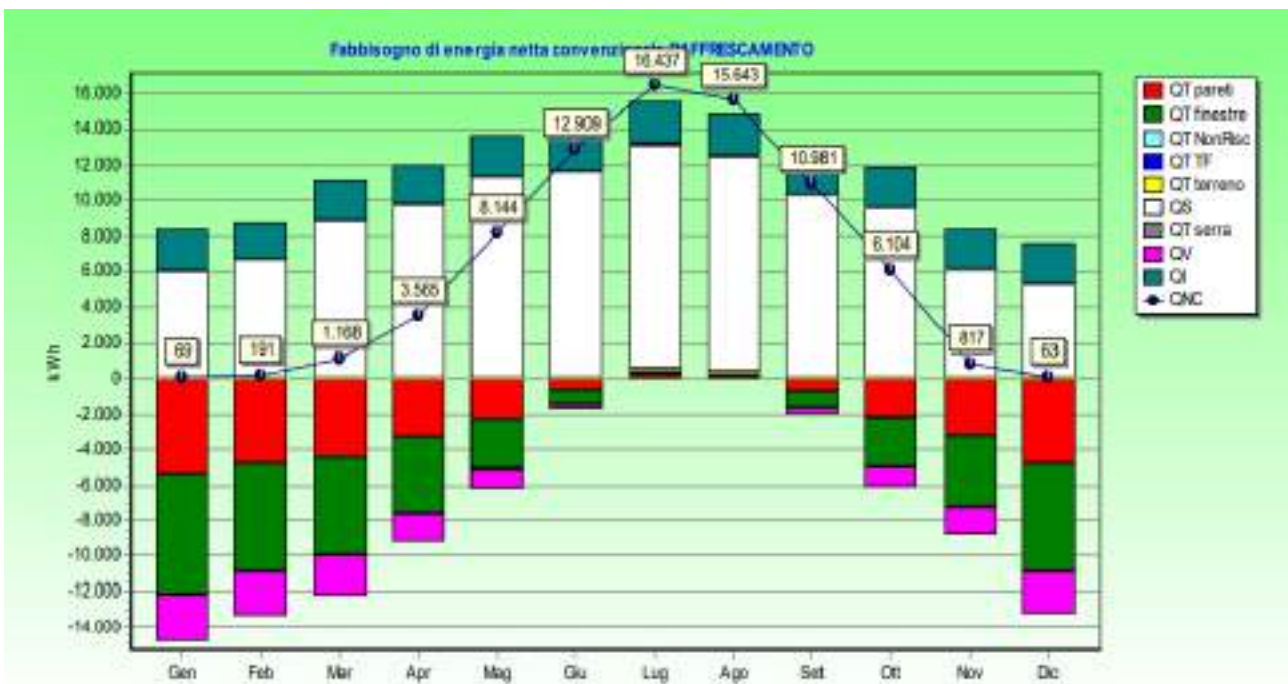
RISCALDAMENTO	Totale	Unità
Dispersione per trasmissione	14.7	kWh/m³
Dispersione per ventilazione	2.8	kWh/m³
Apporti serra	0.0	kWh/m³
Costante di tempo	25.0	h
Apporti interni	4.4	kWh/m³
Apporti solari	15.2	kWh/m³
Fabbisogno netto	4.2	kWh/m³
Volume lordo	2328.5	m³



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

ENERGIA [MJ]	Gen	Feb	Mar	Apr	Mag	Giu	Lug	Ago	Set	Ott	Nov	Dic	Totali
QT opache	19427	17433	16043	12129	8147	2304	-877	-627	2668	8021	11532	17421	113622
QT finestre	24322	21826	20085	15185	10190	2885	-1098	-785	3341	10043	14438	21811	142253
QT NR	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
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	5206	4790	5150	4929	5022	4770	4877	4881	4778	5020	4956	5173	59460
QT totale	48054	43060	41278	32243	23368	9960	2901	3470	10785	23084	30926	44405	315335
QV	9667	8675	7983	6035	4054	1147	-437	-312	1328	3991	5739	8669	56639
QL	58621	52635	49261	38279	27422	11107	2465	3158	12113	27075	36685	53074	371873
QI	8315	7511	8315	8047	8315	8047	8315	8315	8047	8315	8047	8315	97008
Qs	25598	28307	37732	41633	48361	48531	53323	51156	43599	40583	25814	22417	396058
Qse serra	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
gamma	0.579	0.690	0.935	1.298	2.067	5.184	25.006	18.831	4.264	1.806	0.924	0.579	
nu	0.574	0.607	0.649	0.853	0.998	1.000	1.000	1.000	1.000	0.994	0.843	0.575	
Qn.c	260	866	4295	12632	29320	46472	69173	66314	39533	21975	2942	227	273830

RAFFRESCAMENTO	Totale	Unità
Dispersione per trasmissione	37,6	kWh/m²
Dispersione per ventilazione	6,7	kWh/m²
Costante di tempo	25,0	h
Apporti interni	11,7	kWh/m²
Apporti solari	47,2	kWh/m²
Apporti solari opaco	8,6	kWh/m²
Fabbisogno netto	32,7	kWh/m²
Volume lordo	2328,5	m³



ATTESTATO DI PRESTAZIONE ENERGETICA

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

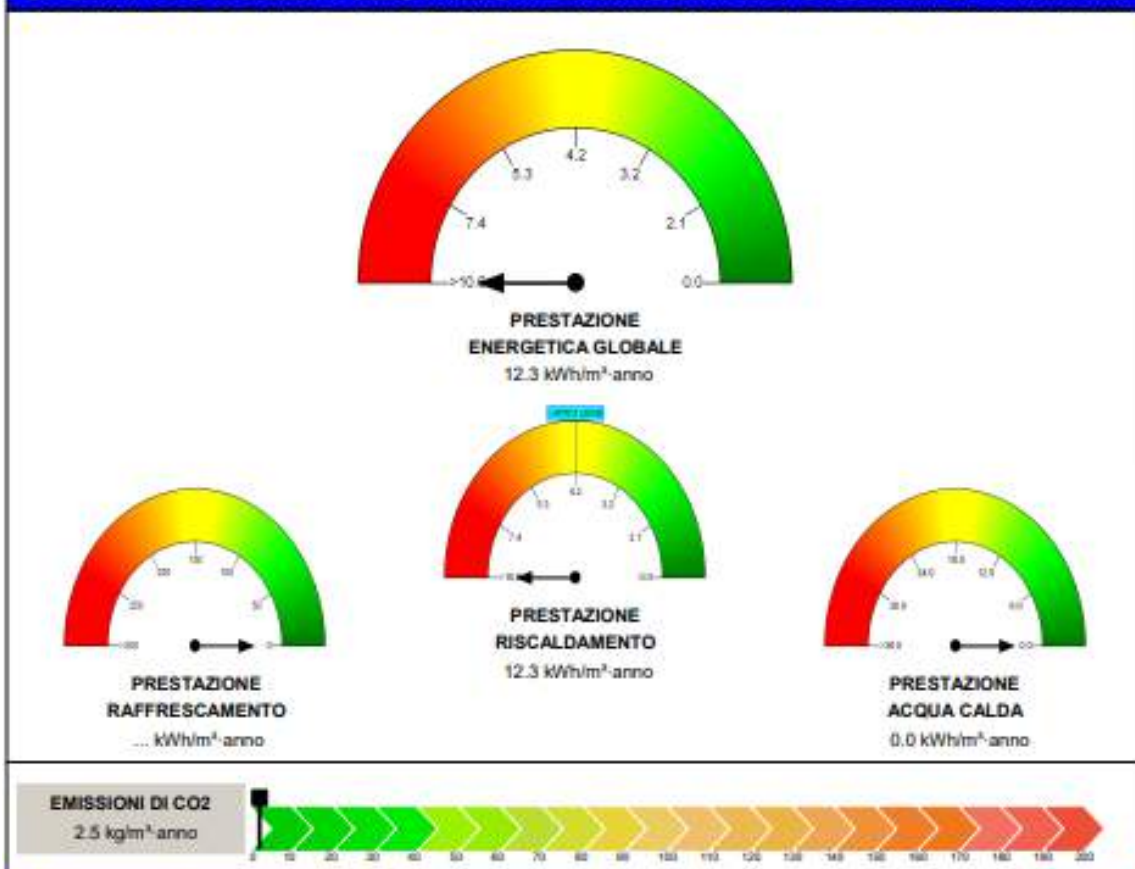
1. INFORMAZIONI GENERALI

Codice Certificato	Scuola Materna "Villa Adele" - Napoli - cod.101	Validità	10 Anni
Riferimenti catastali	SEZ. SCA – Foglio 8 – particella 1220 – sub. 1		
Indirizzo edificio	Via Vecchia Miano 2/a 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		
Indirizzo			
E-mail		Telefono	

2. CLASSE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO

Edificio di classe: **G**

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



FUTURA 2020 LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI



Unione Europea
per Sviluppo EU



Ministero dell'Istruzione



Italia domani



REGIONE CAMPANIA

6. RACCOMANDAZIONI

Interventi	Prestazione Energetica/Classe a valle del singolo intervento	Tempo di ritorno (anno)
Sostituire generatore di calore con generatore a condensazione	5	6
Coibentare le montanti a vista all'interno della scuola	5,5	4
Coibentare tubazioni in centrale	5,6	4
Installare valvole termostatiche antivandalo	5,6	5
PRESTAZIONE ENERGETICA RAGGIUNGIBILE	5,1 kWh/m²anno	(<10 anni)

7. CLASSIFICAZIONE ENERGETICA GLOBALE DELL'EDIFICIO

SERVIZI ENERGETICI INCLUSI NELLA CLASSIFICAZIONE	Riscaldamento	Raffrescamento	Acqua calda sanitaria	Illuminazione
	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>



8. DATI PRESTAZIONI ENERGETICHE PARZIALI

8.1 RAFFRESCAMENTO		8.2 RISCALDAMENTO		8.3 ACQUA CALDA SANITARIA		8.4 ILLUMINAZIONE	
Indice energia primaria (EPe)		Indice energia primaria (EPI)	12.28	Indice energia primaria (EPacs)	0.00	Indice energia primaria (EPII)	
Indice energia limite di legge (involucro)	10.00	Indice en. primaria limite di legge (d.lgs 192/06)	4.22			Indice en. primaria limite di legge	
Indice involucro (EPe_invol)	32.68	Indice involucro (EPI_invol)	4.24				
Rendimento impianto		Rendimento medio stagionale impianto ($\eta_{s,i}$)	0.345	Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili	
Fonti rinnovabili		Fonti rinnovabili					

9. NOTE

Produttori autonomi di acs assenti.

10. EDIFICIO

Tipologia edilizia	VERIFICA A.P.E.			Foto dell'edificio
Tipologia costruttiva	Struttura mista in C.A. e tamponatura in laterizio			
Anno di costruzione		Numero di appartamenti	1	
Volume lordo riscaldato V(m ³)	2328.48	Superficie utile m ²	776.16	
Superficie disperdente S(m ²)	541.45	Zona climatica / GG	C / 1034	
Rapporto S/V	0.23	Destinazione d'uso	E.7	

11. IMPIANTI

Riscaldamento	Anno di installazione		Tipologia	23c. Generatori di calore a gas o gas
	Potenza nominale (kW)	92.0	Combustibile	Gas naturale
Acqua calda sanitaria	Anno di installazione		Tipologia	
	Potenza nominale (kW)	0.0	Combustibile	
Raffrescamento	Anno di installazione		Tipologia	
	Potenza nominale (kW)		Combustibile	
Illuminazione	Anno di installazione	---	Tipologia	---
	Potenza nominale (kW)	---		
Fonti rinnovabili	Anno di installazione		Tipologia	
	Energia annua prodotta (kWh / kWh _e)	0/0		

12. PROGETTAZIONE

Progettista/i architettonico			
Indirizzo		Telefono/e-mail	
Progettista/i impianti			
Indirizzo		Telefono/e-mail	

13. COSTRUZIONE

Costruttore			
Indirizzo		Telefono/e-mail	
Direttore/i lavori			
Indirizzo		Telefono/e-mail	



FUTURA 2020 LA SCUOLA PER L'ITALIA DI DOMANI



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 28/10/2014
2)
3)

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

17. SOFTWARE			
Denominazione	STIMA10-TFM ver. 8.0.04d1	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.

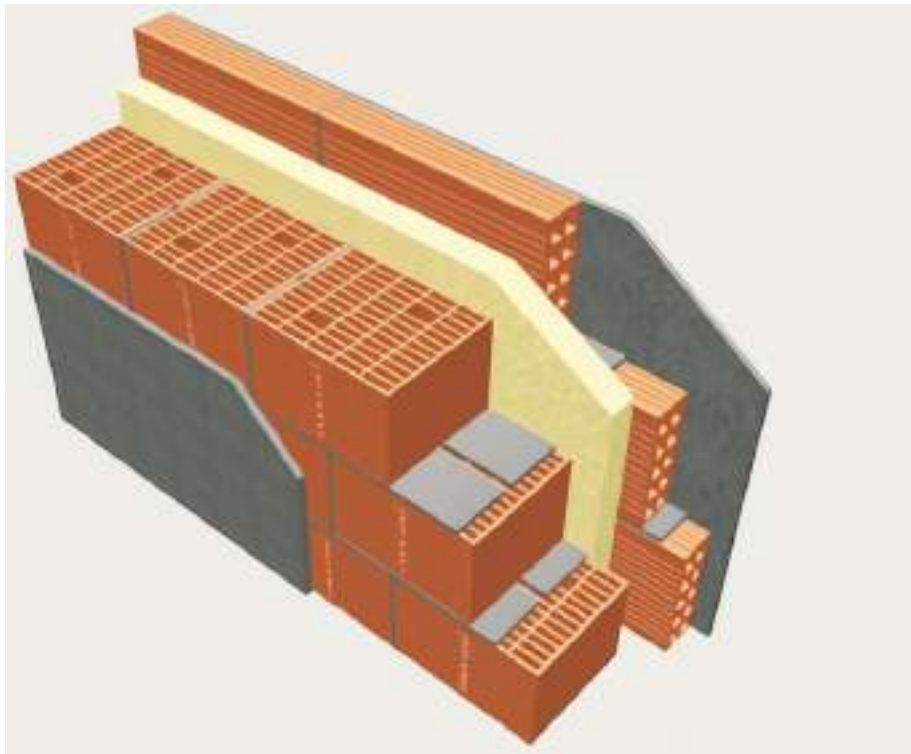
3 DESCRIZIONE INTERVENTI DI RIQUALIFICAZIONE ENERGETICA

Trattandosi di un intervento di abbattimento e ricostruzione il presente paragrafo illustra le caratteristiche degli elementi che costituiscono l'edificio e degli impianti che saranno utilizzati nella costruzione del nuovo edificio scolastico.

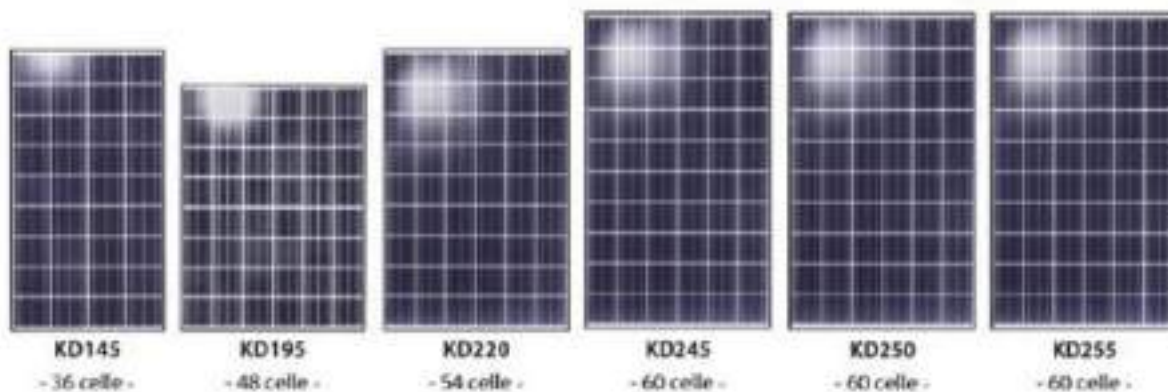
A livello progettuale si prevede di adottare specifiche soluzioni tecniche volte al maggior risparmio energetico e tendenti sia alla minor produzione di rifiuti che al minor inquinamento nel rispetto dell'ambiente (rispetto delle norme sul risparmio energetico - D. Lgs.311/2006, D.lgs. 192/2005, e L.R.39/2005 e s.m.i). Gli impianti saranno sezionati regolandoli separatamente, nel rispetto della flessibilità impiantistica che prevede anche modifiche dimensionali degli spazi (pareti/porte scorrevoli che raddoppiano o dimezzano spazi). Gli impianti tecnologici saranno progettati e dimensionati nel rispetto delle normative specifiche.

La scuola verrà quindi realizzata utilizzando criteri di risparmio energetico e sostenibilità, a tal fine si terrà conto in particolar modo dei seguenti elementi:

- **Tamponatura** con esternamente blocco di laterizio porizzato di spessore 20 cm mentre internamente blocco di laterizio da 8 cm, tra i due blocchi di laterizio è interposto isolante termico in poliuretano dello spessore di almeno 5 cm.



- **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/m², 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 %.
- **Infissi esterni con telaio metallico a taglio termico con triplo vetro e doppia camera con gas argon**

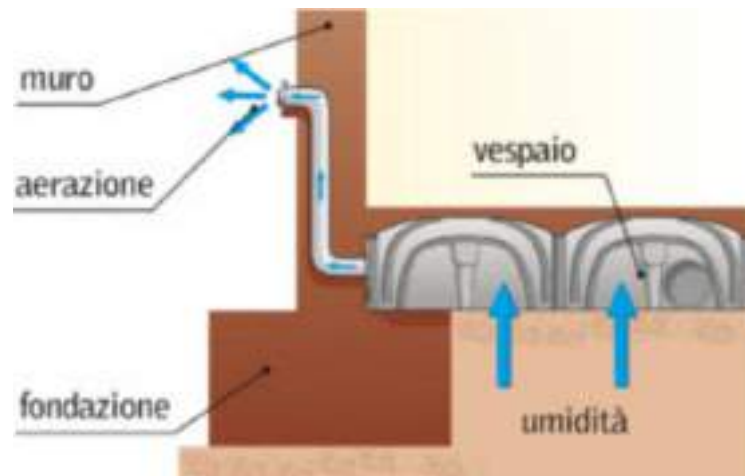
La camera interna all'alloggiamento del vetro ventilata in modo da prevenire eventuali formazioni di condensa in corrispondenza della sigillatura del vetro camera. Accessori di movimento e chiusura di primaria qualità di materiale protetto contro la corrosione con zincatura di 15 micron e successiva 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 certificata secondo DIN 7863 elastometriche resistenti all'invecchiamento alloggiare in una sede continua dei profilati.



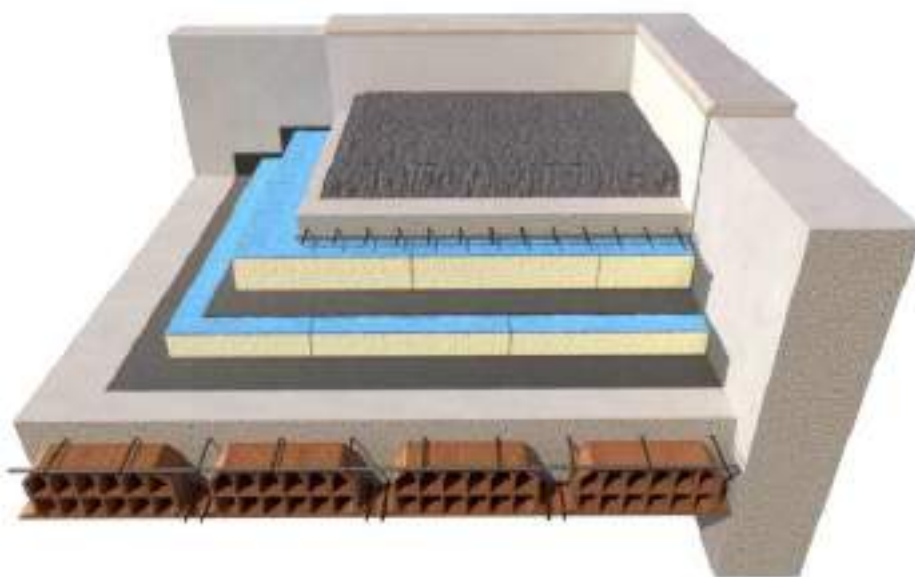
- **Isolamento del piano terra controterra con sistema ad igloo**

Le funzioni principali sono:

- impermeabilizzare contro l'umidità di risalita. In pratica, si crea un distacco tra il terreno e l'edificio, permettendo all'aria di circolare e quindi di portar via l'umidità con fori sulle muraure esterne almeno ogni 2/3 metri per poter far circolare l'aria liberamente. Senza ventilazione, il vespaio è una struttura priva di significato.



- permettere il passaggio sotto la soletta di cavi, tubazioni ed impianti. Altro aspetto molto importante da considerare in fase di progettazione è il passaggio degli impianti e specialmente dei tubi di scarico delle acque nere. Quest'ultimi devono avere pendenze maggiori del 1,5% e devono raggiungere la fossa biologica. In questo, le altezze dei casseforme svolgono un ruolo primario.
- isolare termicamente: il nuovo solaio sopra il vespaio, dovrà rispettare determinati requisiti di legge volti al risparmio energetico attestati attraverso la relazione energetica nota come "legge 10". In particolare, la trasmittanza (capacità di un materiale di dissipare calore) del solaio dovrà essere inferiore ai valori indicati di seguito, che variano in base alla zona climatica dove si trova l'immobile oggetto di intervento nel nostro caso è C.
- **Isolamento termico della copertura piana ed inclinata 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.



- **impianto di riscaldamento**, sempre nell'ottica di definire un complesso edilizio che limiti i consumi energetici e riduca i costi di manutenzione, la proposta progettuale prevede l'utilizzo di tecnologie che

massimizzino l'efficienza e garantiscano il comfort indoor in ogni stagione (pompa di calore aria/acqua ad inverter abbinata a impianto fotovoltaico).

Per la gestione dei consumi elettrici e di riscaldamento/raffrescamento, anche da remoto, dovrà essere installato un sistema intelligente di building automation (BACS).

Un forte contributo alla regolazione della temperatura e dell'umidità interna verrà garantito dall'impianto di ricambio d'aria forzato con recuperatore di calore ad alta efficienza. Nelle strutture molto isolate risulta necessario l'inserimento dell'impianto di ricambio d'aria; esso contribuisce a ridurre i consumi energetici ed a mantenere la purezza dell'aria. Ogni ambiente potrà essere dotato di sensore di presenza collegato alle saracinesche poste sulle canalizzazioni o all'interruttore/variante delle singole macchine. Con presenza di persone all'interno degli ambienti l'impianto di ricambio d'aria ricomincerà automaticamente a funzionare facendo defluire i proporzionati volumi d'aria.

- **boiler a pompa di calore per la produzione ACS**



- **Illuminazione con lampade a LED con dimmer incorporato** per la modulazione dell'intensità luminosa. Ogni ambiente potrà essere dotato di sensore di luminosità con taratura adeguata a garantire il giusto livello luminoso. I sensori di luminosità, abbinati ai sensori di presenza, garantiranno la riduzione dei consumi elettrici: ad ambiente vuoto il sensore di presenza darà il consenso allo spegnimento dei corpi illuminanti; con presenza di persone, per contro, verrà chiamato in causa il sensore di luminosità che bilancerà il flusso luminoso, a seconda del livello di luminosità naturale, fino a raggiungere il livello assegnato per il determinato ambiente.

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 A4.