



**PROVINCIA CATANZARO**

**COMUNE DI GIZZERIA**



**Dr. Geol. Vanessa ROMANO**

---

Via Santa Caterina, n. 26/A - 88040 GIZZERIA (CZ) – Tel/Fax: 0968/466300 – Cell: 333/5948553

E-mail: [romanovanessa@libero.it](mailto:romanovanessa@libero.it)

---

## **RELAZIONE GEOLOGICA**

Adeguamento sismico dell'edificio scolastico sito in via S. Giorgio  
del Comune di Gizzeria (CZ)



**COMMITTENTE:** COMUNE DI GIZZERIA

## **Indice**

1. Normativa di riferimento	<b>2</b>
2. Premessa	<b>2</b>
3. Metodologia di lavoro	<b>3</b>
4. Inquadramento dell'area in esame	<b>4</b>
5. Geologia e geomorfologia	<b>4</b>
6. Vincoli	<b>7</b>
7. Idrologia e idrogeologia	<b>7</b>
8. Indagini geognostiche	<b>8</b>
8.1.    Prospezioni sismiche	<b>8</b>
9. Caratterizzazione sismica	<b>9</b>
9.1.    Risposta sismica locale	<b>14</b>
9.2.    Effetti stratigrafici	<b>14</b>
9.3.    Spettri di risposta	<b>16</b>
9.4.    Effetti della topografia	<b>17</b>
10. Modello geologico	<b>17</b>
11. Conclusioni	<b>19</b>

## **Elenco allegati:**

1. Stralcio di carta geologica, in scala 1:25.000;
2. Stralcio carta geomorfologica, in scala 1:25.000;
3. Indagini geognostiche;
4. Risposta sismica locale.

## **1. Normativa di riferimento**

Lo studio è stato realizzato in osservanza delle seguenti leggi:

### **Legge Regionale n. 35 del 19/10/2009:**

Procedure per la denuncia, il deposito e l'autorizzazione di interventi di carattere strutturale e per la pianificazione territoriale in prospettiva sismica;

### **Circolare Ministeriale 02.02.2009:**

Istruzioni per l'applicazione delle "Norme tecniche per le costruzioni" di cui al D.M. 14 gennaio 2008;

### **Decreto Ministeriale 14.01.2008:**

Testo Unitario - Norme Tecniche per le Costruzioni;

### **Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici:**

Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale. Allegato al voto n. 36 del 27.07.2007;

### **Decreto Ministeriale 14.09.2005:**

Norme tecniche per le costruzioni;

### **O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003:**

Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;

### **D.M. 11.03.988:**

Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

## **2. Premessa**

Con determina del Responsabile del Servizio si dava incarico alla sottoscritta di redigere lo studio geologico relativo al progetto "*Adeguamento sismico dell'edificio scolastico sito in via S. Giorgio del Comune di Gizzeria (CZ)*".

Lo studio geologico è finalizzato alla costruzione del modello geologico, atto a definire le caratteristiche morfologiche, litologiche, idrogeologiche, tettonico-strutturali e sismiche dei terreni ricadenti nelle aree ove sorge l'istituto scolastico "S. Tolone".

La presente relazione, redatta in base alle prescrizioni dettate dalla normativa vigente, è una sintesi dei risultati ottenuti con le indagini eseguite e finalizzate essenzialmente all'individuazione delle eventuali problematiche che la natura e le caratteristiche intrinseche dei terreni pongono circa la scelta delle soluzioni progettuali e dei corrispondenti procedimenti costruttivi consentendo, altresì, di operare in ottemperanza alla normativa sismica vigente.

Il progetto prevede dunque l'adeguamento sismico di un edificio scolastico che, sulla scorta del D.M. 14.01.2008, è inserito nella **Classe d'Uso III** (NTC 2008 – 2.4.2.):

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

Il "periodo di riferimento per l'azione sismica" (NTC 2008 – 2.4.3), considerato che il coefficiente d'uso nel caso in esame vale  $CU = 1,5$  (tabella 2.4.II delle NTC 2008), si determina mediante la relazione:

$$VR = VN * CU = 50 \cdot 1,5 = 75 \text{ anni.}$$

### **3. Metodologia di lavoro**

Il presente studio finalizzato alla costruzione del modello geologico è stato articolato nelle seguenti fasi:

- attento esame della cartografia ufficiale, unitamente a ricerche bibliografiche atte al reperimento di notizie (storiche, morfologiche, tettoniche, sismiche, ideologiche, idrogeologiche, ecc.) della zona in esame;

- rilevamento geologico di campagna, che è consistito in un accertamento degli elementi quali: litologia affiorante nel sito in esame e nei dintorni, caratteristiche geomorfologiche, stato idrologico e idrogeologico.

Sulla scorta del rilevamento geologico sono stati acquisiti i dati relativi alla presenza o meno dei vincoli imposti dal Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) dell'autorità di Bacino della Calabria.

- prova penetrometrica dinamica sui terreni di fondazione allo scopo di definire la stratigrafia del sito oggetto di studio, gli spessori degli strati attraversati ed i relativi parametri geotecnici;
- indagini sismiche per la caratterizzazione dei terreni di fondazione.

#### **4. Inquadramento dell'area in esame**

L'area in esame ricade nel Comune di Gizzeria (CZ), in via San Giorgio, ed ha come riferimento cartografico il Foglio n. 574 sez. I "Lamezia Terme" della Carta topografica d'Italia, a scala 1:25.000.

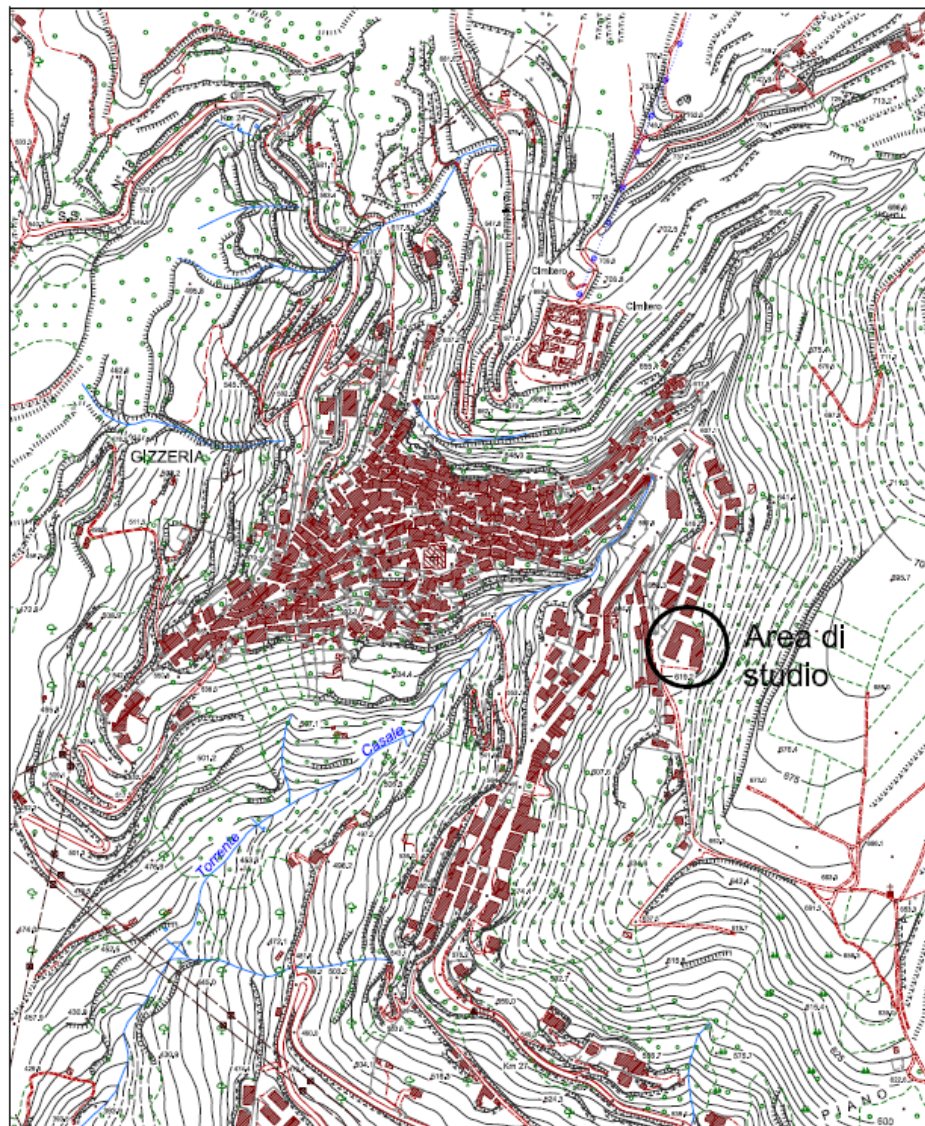
Il sito si trova ad una quota altimetrica pari a ca. 620 m s.l.m., su di un versante a pendenza media del 16% verso Sud-Ovest.

#### **5. Geologia e geomorfologia**

L'area in esame si inserisce nel contesto dell'Orogene Calabro Peloritano (OCP), cioè quel blocco litosferico strutturalmente costituito da basamento ercinico e copertura sedimentaria meso-cenozoica, che sovrascorre dall'originaria collocazione nella catena alpina verso l'avampaese ionico, differenziandosi fortemente dalla catena appenninica e maghrebide siciliana con cui va a contatto e da cui è strutturalmente separato da due lineamenti tettonici: la linea di Sangineto a nord (Tortorici, 1982) e la linea di Taormina a sud (Ghisetti, 1979; Ghisetti et al., 1982). Tali lineamenti si sarebbero attivati nell'Oligocene sup. – Miocene inf., allorquando il blocco Calabro-

Peloritano si sarebbe staccato dal margine europeo, migrando verso Est fino a raggiungere la posizione attuale.

Il blocco Calabro è storicamente suddiviso, all'altezza della stretta di Catanzaro, in due settori, settentrionale e meridionale, con caratteristiche e storia geologica molto diverse fra loro (Bonardi et al., 1982; Scandone, 1982; Tortorici, 1983; Dercourt et al., 1985).



**Fig. 1:** Ubicazione progetto.

L'area d'interesse si colloca all'interno della porzione più meridionale del massiccio della Sila ed è condizionata dalla presenza di un horst costituito da formazioni cristallino-metamorfiche paleozoiche che segnano il bordo nord-occidentale del Graben di Catanzaro.

Due sistemi principali di faglie (WNW-NNE-SSW) ne condizionano l'assetto tettonico. Quest'ultime hanno suddiviso l'area in un mosaico di blocchi a diverso tasso di sollevamento, condizionando l'evoluzione morfostrutturale e l'impostazione del reticolo idrografico.

Il contesto geologico dello stesso territorio è caratterizzato dalla presenza di una grande varietà di tipi litologici che, per origine e struttura, possono essere distinti in due grossi complessi litostratigrafici:

- il primo più antico si sviluppa dal centro storico del capoluogo e generalmente a quote superiori ai 200 metri s.l.m. ed è costituito da un complesso metamorfico- cristallino costituito da Scisti Filladici grigi, occasionalmente verdi, composti essenzialmente da clorite, sericite e quarzo, localmente caratterizzati dalla presenza di numerose e sottili intercalazioni quarzitiche. Gli scisti contengono caratteristiche segregazioni, o vene lenticolari di quarzo disposti parallelamente alla scistosità nonché intersecanti la medesima.

- il secondo complesso è costituito da Argille, Calcari, Conglomerati, Sabbie e Depositi Alluvionali. Detti sedimenti ricoprono antiche superfici di erosione sia di origine marina che continentale ed in prossimità della costa, le stesse coltri si presentano sia come conoidi di deiezione che come dune.

La morfologia dell'area è caratterizzata dalla presenza di rilievi che degradano verso valle in corrispondenza della parte litorale. I versanti sono incisi da una serie di valli fluviali ad andamento N-S che conferiscono al territorio un aspetto aspro. Fanno eccezione poche aree ad andamento sub-pianeggiante.

L'intera area risulta interessata da erosione di tipo areale, senza generare fenomeni di incisione o di accumuli. I fenomeni franosi presenti nell'area sono principalmente ubicati dove i versanti sono più acclivi e sono per lo più legati ai movimenti della coltre detritica degli scisti filladici.

La formazione affiorante nell'area d'interesse è quella costituita da prodotti di soliflussione e dilavamento, talora misti a materiale alluvionale di età Olocenica, sovrapposti alla formazione paleozoica degli scisti filladici qui rappresentata da una coltre detritica di colore bruno-rossastro, con caratteristiche geotecniche più scadenti della roccia in posto.

## **6. Vincoli**

Al fine di individuare vincoli o rischi di natura idrogeologica incombenti sul territorio oggetto dell'intervento, la zona è stata inquadrata nelle normative di pianificazione territoriale contenute nel Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) redatte dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria, finalizzate alla salvaguardia delle popolazioni, degli insediamenti, delle infrastrutture e del suolo.

Dallo studio degli elaborati tecnici allegati al PAI, nell'area oggetto di studio non risultano individuate zone soggette a vincolo. Pur tuttavia, l'intero abitato di Gizzeria, ove è collocato l'istituto scolastico in questione, risulta interessato da perimetrazioni a rischio frana con diverso grado R (R2-R4) e da diffuse scarpate di frana.

## **7. Idrologia e idrogeologia**

L'andamento dell'idrografia superficiale del territorio del comune di Gizzeria è piuttosto regolare ed i sistemi idrografici risultano essere numerosi e a carattere torrentizio. Essi sono caratterizzati da aste



fluviali che in posizione subparallela scorrono verso la linea di costa. Le linee di deflusso preferenziali si localizzano lungo gli assi delle principali depressioni del substrato impermeabile.

L'asta fluviale più prossima all'area investigata è quella del torrente Casale, ad andamento sub rettilineo e carattere stagionale, quindi disseccato nei mesi estivi, riprende il suo normale corso nei mesi piovosi. Incanalato nel substrato roccioso, è in parte regimentato da briglie e opere in c.a.

La permeabilità del territorio oggetto di studio può considerarsi da bassa a moderata a causa della presenza di giunti di fatturazione nel substrato roccioso in affioramento o dell'abbondante coltre detritica ad esso sovrapposta.

Non risulta individuata una falda idrica superficiale.

## **8. Indagini geognostiche**

Le indagini geognostiche, volte alla ricostruzione lito-stratigrafica del sottosuolo ed alla caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni individuati, sono consistite in:

- n. 1 prove penetrometriche dinamiche (D.P.S.H.) spinta fino alla profondità 5.30 m dal p.c.;
- misure sismiche con la tecnica della sismica a rifrazione associate a MASW.

I risultati delle indagini sopra elencate hanno consentito di evincere un quadro qualitativo della distribuzione verticale dei litotipi affioranti e le relative caratteristiche geomeccaniche.

### **8.1 Prospezioni sismiche**

La misura diretta della velocità di propagazione delle onde elastiche è stata effettuata mediante n°1 tomografia sismica a rifrazione e n°1 prospezione in sismica attiva M.A.S.W. ubicate in modo da caratterizzare l'intera area di studio.

Per le specifiche tecniche si rimanda all'allegato n. 3 "Indagini geognostiche".

In generale, le indagini sismiche hanno permesso di interpretare:

- la stratigrafia sismica del sito, da correlare al modello litostratimetrico;
- il parametro  $V_{s,30}$  (velocità equivalente delle onde di taglio per lo spessore di 30 m dalla superficie) e la categoria di sottosuolo di cui alla Tabella 3.2.II delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008.

## **9. Caratterizzazione sismica**

Nel contesto geologico regionale dell'Arco Calabro Peloritano, l'assetto geologico strutturale del territorio comunale di Gizzeria, sul margine meridionale del massiccio delle Sila, è condizionato dall'horst costituito da formazioni cristallino metamorfiche paleozoiche che segnano il bordo nord - occidentale del Graben di Catanzaro.

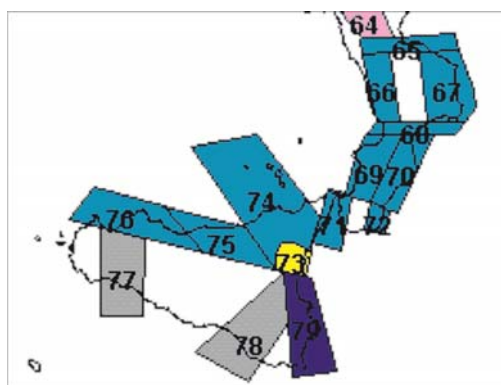
In particolare nella pubblicazione "Il database delle faglie capaci della Calabria: stato attuale delle conoscenze" di A. Moretti del Dipartimento di Scienze della Terra, Università della Calabria, la zona, è descritta nel Sistema CS18 composto da una complessa serie di faglie minori a scorrimento normale od obliquo, che delimitano il bordo settentrionale della struttura negativa della Stretta di Catanzaro. Secondo il sopracitato autore: "Le faglie minori hanno orientamento da E-W a SW-NE ed arrangiamento *en echelon* sinistro; negli sbancamenti eseguiti per la superstrada Lamezia-Catanzaro dislocano vistosamente le superfici terrazzate del Pleistocene superiore-Olocene. Anche in questo caso le strutture osservabili in superficie sono evidentemente da porre in relazione con un elemento trasforme profondo ben noto dalla sismica di esplorazione (*faglia di Catanzaro*, Finetti e Del Ben, 1986) di età quaternaria. Sul lato meridionale della struttura il corrispondente

sistema coniugato è difficilmente riconoscibile per le differenti condizioni di affioramento.

Riguardo la sismicità del contesto generale del territorio sono significative le “Considerazioni e proposte sulla zonazione sismogenetica della Calabria” di I. Guerra, A. Gervasi, A. Moretti del Dipartimento di Scienze della Terra, Università della Calabria, per la Zona sismogenetica 68 entro cui ricade il territorio d'interesse. La Zona Sismogenetica 68 comprende la fascia di raccordo tra i settori meridionale e settentrionale dell'Arco Calabro, in corrispondenza della Stretta di Catanzaro e gli autori evidenziano: *“La sismicità storica si è espressa in questa Zona con valori di danneggiamento estremamente elevati, in particolare in occasione dei terremoti del 5 novembre 1659 ( $I_{max} = 10$ ), del 28 marzo 1783 ( $I_{max} = 11$ ) e dell'8 settembre 1905 ( $I_{max} = 10$ ). Oltre a questi, la zona ha risentito anche di numerosi terremoti minori nonché degli effetti di eventi di grande energia nelle aree limitrofe. La sismicità degli anni più recenti si è mantenuta su di un livello molto modesto, con solo dieci scosse di magnitudo superiore a 3.0, di cui solo una superiore a 3.5, localizzata sotto la Moho. Anche il numero mensile di scosse registrate è molto basso, con due picchi dovuti alle repliche della scossa del marzo 1994, tutte localizzate a profondità superiore a 15 km, e ad un piccolo sciame nel settembre 1990. La profondità degli epicentri mostra un massimo tra 30 e 40 km, con un rilascio continuo di energia fino ad oltre 50 km. Questo sembra indicare che la struttura trascorrente evidente in superficie e ben nota dalla sismica di esplorazione possa essere continua anche in profondità, fino ad interessare uno spessore molto ampio della crosta, favorendo l'indipendenza cinematica dei due segmenti dell'Arco Calabro, suggerita anche dalla distribuzione nel tempo della sismicità storica. Evidenze di tettonica attiva si hanno solamente sul segmento di faglia (CS18 in Moretti, 1999) che borda il limite settentrionale della struttura, mentre la restante porzione dell'area è quasi sempre sepolta sotto depositi e coperture quaternarie. Allo stato attuale non sussistono*

*elementi che suggeriscano variazioni per i limiti o per l'interpretazione cinematica della Zona".*

La storia ha registrato numerosi eventi sismici che hanno segnato direttamente o indirettamente il territorio comunale. Il Catalogo parametrico dei terremoti italiani (Gruppo di Lavoro CPTI11), prodotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, riporta l'elenco dei terremoti che hanno interessato il comune di Gizzeria.



**Fig. 2:** Zonazione sismogenetica della Calabria

Tra gli eventi riportati compare il terremoto dell'8 settembre 1905, il cui epicentro è collocato nel Golfo di S. Eufemia, nei pressi del litorale di Pizzo e, che è collocato tra i fenomeni sismici più rovinosi dell'ultimo secolo. Esso è riportato con un grado di intensità pari al grado XI della scala MCS ed una magnitudo  $M_w$  di 7,24. In occasione di tale evento si verificarono movimenti di versante (frane sismo indotte) anche a diversi Km di distanza dall'epicentro. Anche il territorio di Gizzeria fu interessato da tali fenomeni. Lo stesso accadde durante il terremoto del 27 marzo 1638, di magnitudo 6 ed  $I_{max}=11$ .

Il Catalogo parametrico dei terremoti italiani riporta inoltre tra i terremoti che interessarono il territorio quello del Marzo 1783. La crisi sismica, conosciuta come "*Terremoto della Calabria del 1783*", durò quasi 3 anni e fu caratterizzata da 5 scosse catastrofiche dell'XI grado della scala Mercalli (5, 6 e 7 Febbraio, 1 e 28 Marzo 1783) e da varie

centinaia di scosse minori (alcune delle quali del IX grado, come quella del 26 Aprile 1783). Le scosse interessarono l'intera Calabria meridionale e, in parte, la Sicilia orientale (Messina).

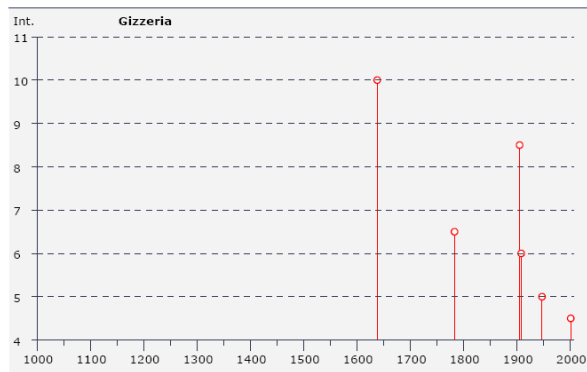
La tabella sotto riportata, relativa all'area di Gizzeria, fra tutte la zona più vicina all'area oggetto di studio, è stata prelevata dal database macrosismico italiano (DBMI11) utilizzato per la compilazione del Catalogo parametrico dei terremoti italiani CPTI11.

**Storia sismica di Gizzeria**  
**[38.981, 16.206]**

Numero di eventi: 6

Effetti	In occasione del terremoto del:				
Is	Data	Ax	Np	Io	Mw
10	1638 03 27 15:05	Calabria	213	11	7.03 ±0.12
6-7	1783 03 28 18:55	Calabria	323	11	6.98 ±0.08
8-9	1905 09 08 01:43	Calabria meridionale	895		7.04 ±0.16
6	1908 12 28 04:2	Calabria meridionale-Messina	800	11	7.10 ±0.15
5	1947 05 11 06:3	Calabria centrale	254	8	5.70 ±0.13
4-5	2001 10 18 11:0	Cosentino	115	5-6	4.31 ±0.09

**Tab. 1:** Storia sismica di Gizzeria. Fonte: database macrosismico italiano (DBMI11)



**Fig. 3:** Terremoti registrati nel Catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI11)

Secondo la recente normativa antisismica, O.P.C.M. n.3274 del 20-3-2003 e successivo D.M. 14/09/2005, il territorio nazionale è suddiviso in 4 zone sismiche, a ciascuna delle quali è attribuito un valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale ( $a_g$ , espressa come

frazione dell'accelerazione di gravità  $g = 9.81 \text{ m/s}^2$ ), su suolo di categoria A (“formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi”), con probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

Il territorio comunale di Gizzeria appartiene alla Zona 1, caratterizzata da una valore di  $a_g$  pari a 0.35 g, un coefficiente sismico  $C = 0,1$  e grado di sismicità  $S = 12$ .

zona sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ]
1	> 0.25	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Con l'entrata in vigore del D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica viene definita mediante un approccio “sito dipendente” e non più tramite un criterio “zona dipendente”. L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione, viene definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica.

Per definire l'azione sismica di progetto si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione delle categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II e 3.2.III) effettuata in base ai valori della *velocità equivalente*  $V_{s30}$  di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità.

Le misure sismiche effettuate sul sito di fondazione hanno consentito di ottenere i seguenti valori:

$$V_{s30} = 542 \text{ m/s}$$

### 9.1 Risposta sismica locale

L'opera in progetto rientra tra le strutture che devono essere progettate con previsione di resistenza e funzionalità garantite per una vita nominale non inferiore ai 50 anni e la sua tipologia è da collocare nella classe d'uso III, per la quale è definito un coefficiente d'uso pari a 1.5.

In base alla normativa regionale vigente (L. R. n. 35 del 19/10/2009), per le opere ricadenti nelle classi d'uso III e IV è richiesta un'analisi specifica, ovvero uno studio di Risposta Sismica Locale.

Il sito di riferimento, di cui si conoscono le coordinate geografiche decimali, è contraddistinto dai coefficienti e parametri riportati nella seguente tabella:

<b>Dati generali</b>	
Latitudine (ED50)	38.980680
Longitudine (ED50)	16.210600
Classe d'uso	III
Vita nominale	50
Vita di riferimento	75
Coefficiente d'uso $C_u$	1.5
<b>Parametri sismici</b>	
Categoria sottosuolo	B
Categoria topografica	T1

**Tab. 2:** Parametri sito di riferimento

### 9.2 Effetti stratigrafici

L'elaborazione dei risultati dell'indagine sismica a rifrazione ha permesso di individuare un orizzonte superficiale con  $V_p$  fino a 300 m/s verosimilmente correlabile con materiali scarsamente addensati, presente fino a 5 m dal p.c., sovrapposto ad uno a medio grado di addensamento con  $V_p$  fino a 600 m/s, verosimilmente correlabile con materiali mediamente addensati, presente fino a 15 m dal p.c. Al di

sotto di tale profondità si rinviene un orizzonte a buon grado di addensamento, le cui velocità variano tra 650 e 700 m/s, presente fino alle profondità indagate (15-20 m dal p.c.).

La categoria di sottosuolo del sito è stata determinata mediante la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio, ottenuta mediante una prospezione sismica attiva M.A.S.W. (*Multichannel Analysis of Surface Waves*).

L'elaborazione dei risultati di suddetta prova ha permesso di individuare i seguenti sismostrati:

- Il primo sismostrato è caratterizzato da  $V_s=200$  m/s ed è presente fino alla profondità di circa 6.0 m dal p.c.
- Il secondo sismostrato è caratterizzato da  $V_s=600$  m/s ed ha uno spessore di 2.0 m circa;
- Il terzo sismostrato è caratterizzato da  $V_s=1.000$  m/s ed è presente almeno fino a 30.0 m dal p.c.

La prospezione sismica MASW ha inoltre consentito di effettuare una stima delle caratteristiche geotecniche dei sismostrati individuati:

<i>OStrato</i>	<i>Profondità (m)</i>	<i>Densità (gr/cm<sup>3</sup>)</i>	<i>Modulo Poisson</i>	<i>Modulo di taglio (MPa)</i>	<i>Modulo di compressione (MPa)</i>	<i>Modulo di Young (MPa)</i>	<i>Modulo di Lamè (MPa)</i>
<b>1</b>	0 - 6	1.84	0.35	74	221	199	171
<b>2</b>	6 - 8	2.06	0.25	743	1237	1857	742
<b>3</b>	8 - 30	2.19	0.25	2187	3645	5468	2187

**Tab. 3:** Parametri geotecnici derivanti dalla prova sismica MASW

Poiché la velocità media delle onde di taglio nei primi trenta metri ( $V_{s30}$ ) è risultata pari a **542 m/s**, congruentemente con la descrizione stratigrafica secondo la tab. 3.2.II delle NTC 2008, il sito in esame ricade nella **categoria di sottosuolo B**.



Categoria	Definizione dei suoli
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $NSPT_{30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < NSPT_{30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $NSPT_{30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

### 9.3 Spettri di risposta

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto occorre valutare gli effetti delle condizioni stratigrafiche locali. Il suolo di fondazione dell'area di studio ricade nella categoria di tipo B.

Dal punto di vista progettuale, lo spettro di risposta elastico in accelerazione riveste particolare importanza nella definizione delle azioni sismiche da adottare. Esso viene riferito ad uno smorzamento  $\eta$  convenzionale pari al 5% e la sua forma spettrale dipende dai fattori precedentemente citati (accelerazione di base  $a_g$ , stratigrafia, topografia, probabilità di superamento nel periodo di riferimento riferiti agli stati limite di progetto). Nell'allegata relazione sulla "Risposta sismica locale" vengono riportati gli spettri elastici in riferimento ai diversi stati limite e la risposta sismica locale ossia l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenze, che un moto sismico relativo ad una

formazione rocciosa di base (terremoto di riferimento), subisce attraversando gli strati dal bedrock fino alla superficie.

#### 9.4 Effetti della topografia

Per la determinazione dell'azione sismica locale occorre considerare anche il contributo derivante dalla morfologia superficiale.

Nel caso in cui la topografia non presenti particolare complessità, è possibile adottare la seguente classificazione:

Tabella 3.2.IV – Categorie topografiche	
Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

**Tab. 4:** Categorie topografiche

La zona di studio ha una pendenza media di  $9^\circ$ ; la categoria topografica di appartenenza è quindi T1, alla quale non è attribuibile alcun fenomeno di amplificazione sismica legato alle condizioni topografiche.

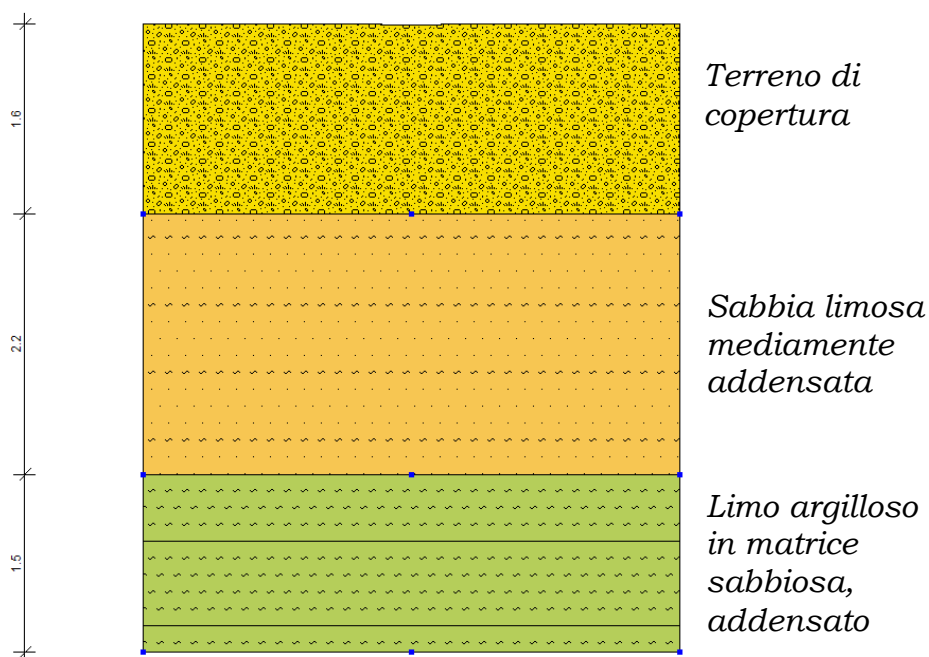
#### 10. Modello geologico

Il modello geologico del sito viene definito in base alle prescrizioni fornite dal D.M. 14 Gennaio 2008 e dalla relativa Circolare n. 617 del 2 febbraio 2009.

Alla luce delle indagini eseguite e del rilevamento geologico si può affermare che il sito interessato è caratterizzato dalla seguente stratigrafia (partendo dal p.c.):

1. Terreno sabbioso scarsamente addensato (spessore 1.60 m);
2. Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati (spessore 2.20 m);

3. Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato (spessore 1.50 m).



**Fig. 5:** Modello geologico

La prova penetrometrica non ha rivelato, fino alla profondità investigata, presenza di falda freatica.

Si riportano di seguito i principali parametri geotecnici attribuiti ai terreni individuati (i dati disaggregati sono forniti in allegato).

Profondità investigata mt. 5.30:

Descrizione	Profondità (m)	Angolo d'attrito $\varphi$ (°)	Cu (KPa)	Peso di volume $\gamma$ (KN/m <sup>3</sup> )	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Terreno sabbioso	1.60	-	22.65	16.48	1.66
[2] - Terreno sabbioso limoso	3.80	25.49	44.91	18.34	3.30
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa	5.30	31.24	116.40	20.50	7.91

**Tab. 6:** Sintesi stratigrafia

Per tutti gli altri parametri geotecnici si rimanda al relativo allegato.

## 11. Conclusioni

Nell'ambito della presente relazione geologica sono stati descritte le caratteristiche geologiche, litologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni coinvolti nell'ambito del progetto "*Adeguamento sismico dell'edificio scolastico sito in via S. Giorgio del Comune di Gizzeria (CZ)*".

Per quanto sopra esposto, circa i vari aspetti geologici dell'area, è possibile delineare le seguenti conclusioni:

- il territorio in esame è ubicato alla quota di ca. 620 m s.l.m., su un versante la cui pendenza media è circa pari al 16%;
- la litologia predominante è rappresentata da prodotti di soliflussione e dilavamento, talora misti a materiale alluvionale, di età Olocenica, sovrapposti alla formazione paleozoica degli scisti filladici qui coincidente con una coltre detritica di colore bruno-rossastro, con caratteristiche geotecniche più scadenti della roccia in posto;
- il territorio in esame risulta inserito, dalle vigenti Leggi (O.P.C.M. 20/03/2003 n. 3274; D.M. 14/09/2005; NTC 2008), tra le **zone sismiche di I<sup>a</sup> categoria**, a cui è stato attribuito un valore di accelerazione orizzontale massima convenzionale pari a 0,35 g;
- trattandosi di un edificio scolastico, sulla scorta del D.M. 14.01.2008, esso è inserito nella **Classe d'Uso III** per la quale, in base alla normativa regionale vigente è richiesta uno studio di Risposta Sismica Locale, riportato in allegato;
- le indagini sismiche hanno permesso di assimilare i terreni di fondazione alla **categoria B**, con una velocità di propagazione media delle onde di taglio ( $V_{s30}$ ) pari a **542 m/s**;
- la prova penetrometrica dinamica effettuata sul sito ha rivelato fino alla profondità di 5.30 m dal p.c. una stratigrafia composta da livelli di sabbie più o meno limose e argillose da moderatamente a scarsamente addensate;

- durante l'esecuzione della prova penetrometrica non è stata rivelata la presenza di falda capace di interferire con la struttura in progetto;
- in linea generale non si osservano limitazioni particolari all'intervento in progetto, in quanto dalle indagini svolte non sono state individuate condizioni tali da poter determinare rilevanti problematiche a carattere geologico.

Gizzeria, li 28.09.2015

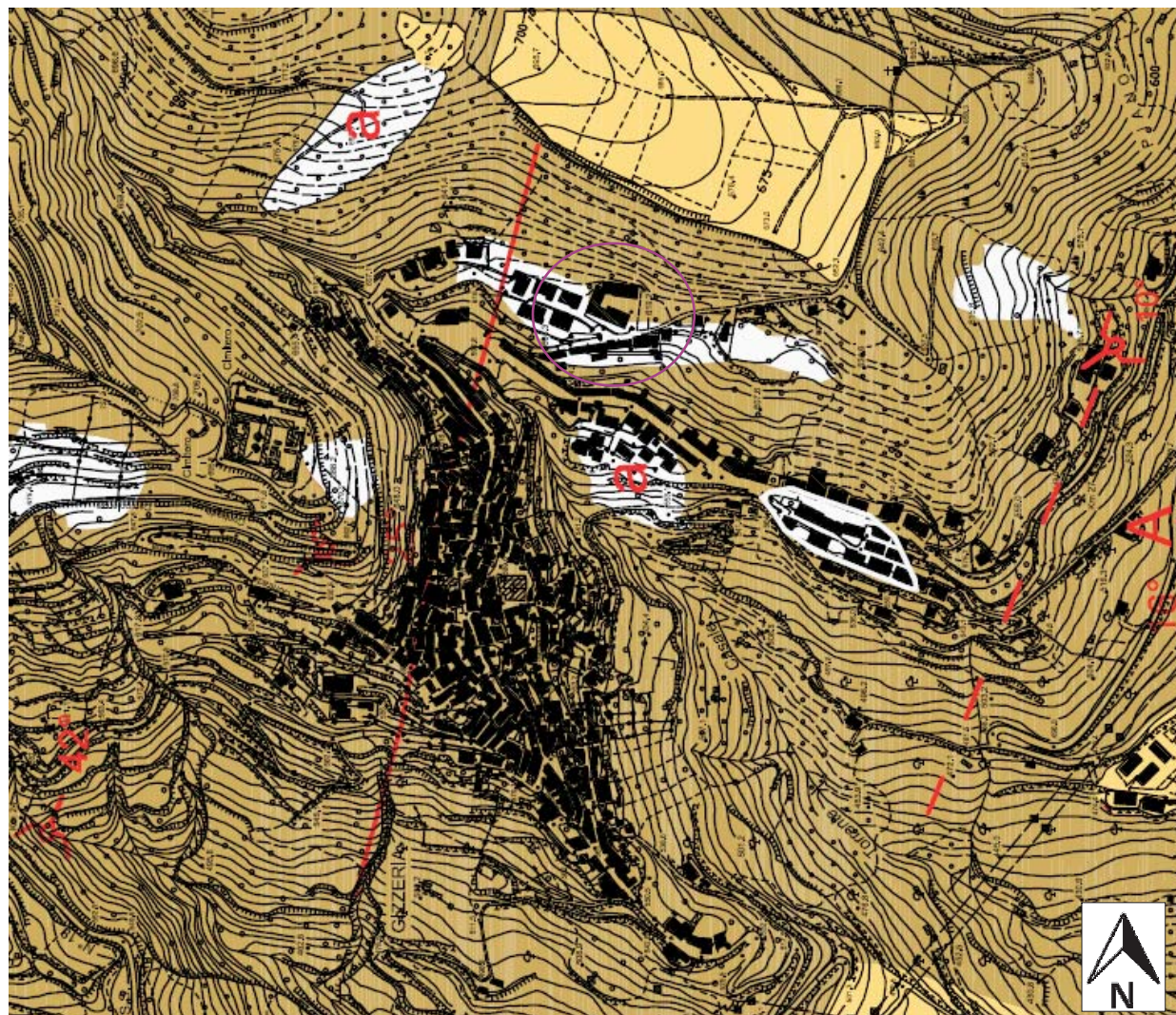




# Stralcio Carta Geologica

## Località: GIZZERIA

Allegato n. 1



Scala 1:25.000



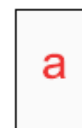
Area di studio



Faglia:  
certa



incerta, dedotta



Prodotti di soliflussione e dilavamento, talora misti a materiale alluvionale.



Depositi conglomeratici e sabbiosi, bruno-rossastri, di terrazzo marino. Non fossiliferi. I conglomerati sono composti da ciottoli arrotondati e subangolari di rocce metamorfiche e quarzo. Questi depositi sono in genere poco consolidati e facilmente disgregabili. Permeabilità elevata.

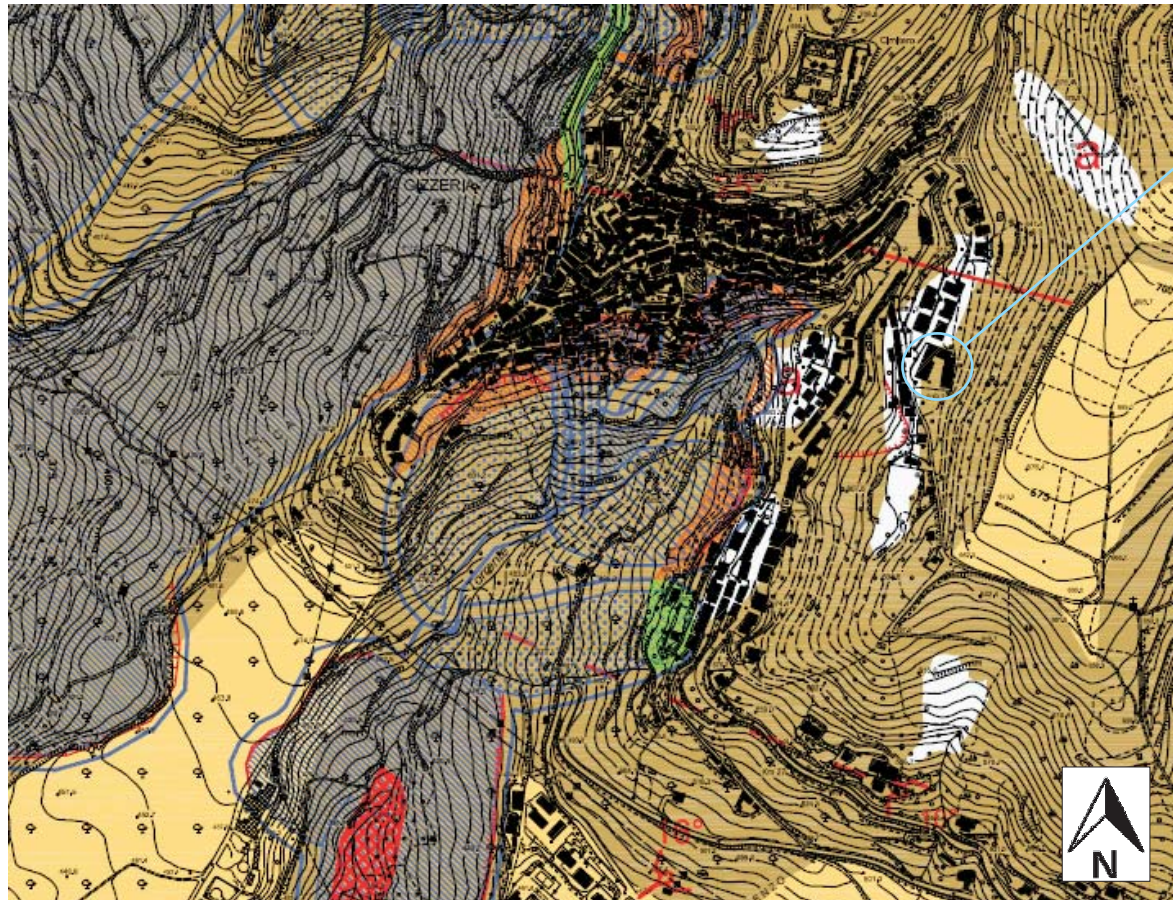


Scisti filladici grigi, occasionalmente verdi, composti essenzialmente da clorite, sericite e quarzo. Localmente con numerose sottili intercalazioni quarzitiche. Gli scisti contengono caratteristiche segregazioni, o vene, lenticolari di quarzo disposte parallelamente alla scistosità, nonché vene di quarzo intersecanti la medesima. Occasionalmente le vene di quarzo contengono pirite. Le rocce sono intensamente pieghettate e, localmente fratturate. Presentano complessivamente una resistenza all'erosione da moderata ad elevata. Permeabilità bassa, con aumento della stessa nelle zone di fratturazione.

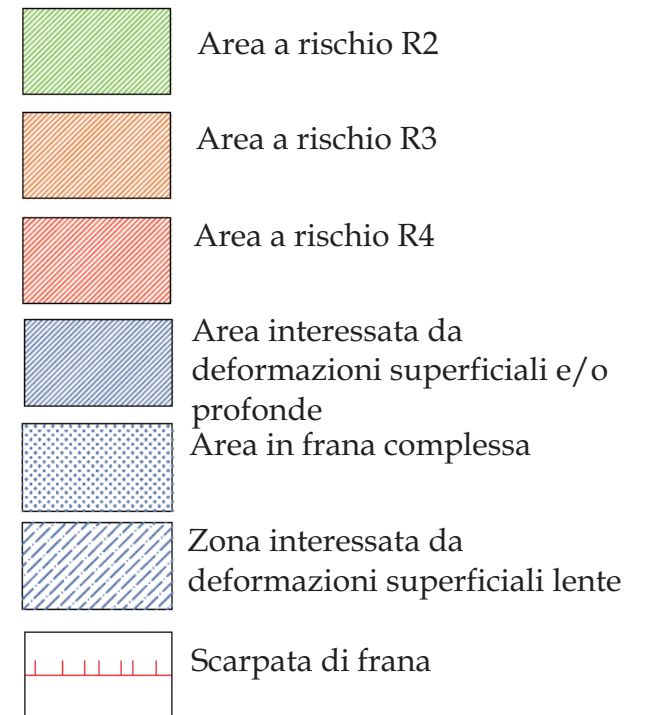


# Carta Geomorfologica

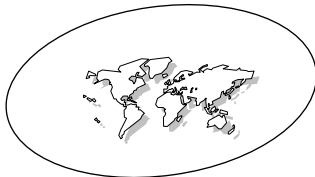
Allegato n. 2



Area di studio



Scala 1:25.000



*Studio Tecnico di Geologia e Geofisica*  
*P.zza M. Quintieri, 7 – 87100 Cosenza (CS) – Tel/Fax 0984/391834*

## COMUNE DI GIZZERIA

(Provincia di Catanzaro)

# INDAGINI GEOGNOSTICHE

**OGGETTO:** *Adeguamento sismico dell'edificio scolastico sito in via S. Giorgio del Comune di Gizzeria (CZ)*

**Ditta:**

PREMAC

In nome e per conto del Comune di Gizzeria

**IL TECNICO**

Dott. Geol. Carlo MEDURI



Settembre/2015



## 1. PREMESSA

Su incarico della Ditta PREMAC *in nome e per conto del Comune di Gizzeria* sono state eseguite una serie d'indagini geognostiche per il progetto “*Adeguamento sismico - dell'edificio scolastico sito in via S. Giorgio del Comune di Gizzeria (CZ)*”.

Le indagini sono state ubicate in modo da caratterizzare i terreni costituenti il sottosuolo delle aree interessate dall'intervento in oggetto. In particolare sono state eseguite:

- N. 1 Prove Penetrometriche Dinamiche D.P.M.
- N. 1 Tomografie sismiche di superficie;
- N. 1 Masw.

## 2. PROVE PENETROMETRICHE D.P.M.

### PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

#### (DYNAMIC PROBING)

#### DPSH – DPM (... scpt ecc.)

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di “catalogare e parametrizzare” il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica.

La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura )
- avanzamento (penetrazione)
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente) :

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)

- tipo PESANTE (DPH)
- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max battente (m)	indagine
Leggero	DPL (Light)	$M < 10$	8	
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25	
Pesante	DPH (Heavy)	$40 < M < 60$	25	
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M > 60$	25	

**PROVA ... Nr.1**

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
 Prova eseguita in data 25/09/2015  
 Profondità prova 5,30 mt  
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Distribuzione normale R.C.

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Mpa)	Res. dinamica (Mpa)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (KPa)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (KPa)
0,10	3	0	0,857	0,84	0,98	42,08	49,12
0,20	4	0	0,855	1,12	1,31	55,98	65,50
0,30	4	0	0,853	1,12	1,31	55,85	65,50
0,40	5	0	0,851	1,39	1,64	69,66	81,87
0,50	5	0	0,849	1,39	1,64	69,50	81,87
0,60	6	0	0,847	1,66	1,96	83,22	98,25
0,70	7	0	0,845	1,94	2,29	96,87	114,62
0,80	10	0	0,843	2,76	3,27	138,09	163,75
0,90	5	0	0,842	1,31	1,55	65,38	77,69
1,00	3	0	0,840	0,78	0,93	39,15	46,62
1,10	4	0	0,838	1,04	1,24	52,09	62,15
1,20	4	0	0,836	1,04	1,24	51,98	62,15
1,30	12	0	0,835	3,11	3,73	155,61	186,46
1,40	8	0	0,833	2,07	2,49	103,53	124,31
1,50	6	0	0,831	1,55	1,86	77,49	93,23
1,60	8	0	0,830	2,06	2,49	103,12	124,31
1,70	18	0	0,778	4,35	5,59	217,58	279,70
1,80	20	0	0,776	4,83	6,22	241,26	310,77
1,90	22	0	0,725	4,71	6,50	235,72	325,25
2,00	15	0	0,773	3,43	4,44	171,46	221,76
2,10	12	0	0,822	2,92	3,55	145,77	177,41
2,20	15	0	0,770	3,42	4,44	170,78	221,76
2,30	12	0	0,819	2,90	3,55	145,23	177,41
2,40	8	0	0,817	1,93	2,37	96,64	118,27
2,50	10	0	0,816	2,41	2,96	120,59	147,84
2,60	15	0	0,764	3,39	4,44	169,48	221,76
2,70	14	0	0,763	3,16	4,14	157,88	206,97

2,80	8	0	0,811	1,92	2,37	95,97	118,27
2,90	5	0	0,810	1,14	1,41	57,10	70,50
3,00	5	0	0,809	1,14	1,41	57,01	70,50
3,10	6	0	0,807	1,37	1,69	68,30	84,59
3,20	6	0	0,806	1,36	1,69	68,18	84,59
3,30	6	0	0,805	1,36	1,69	68,07	84,59
3,40	10	0	0,803	2,27	2,82	113,27	140,99
3,50	10	0	0,802	2,26	2,82	113,09	140,99
3,60	10	0	0,801	2,26	2,82	112,92	140,99
3,70	12	0	0,800	2,71	3,38	135,29	169,19
3,80	9	0	0,798	2,03	2,54	101,31	126,89
3,90	17	0	0,747	3,42	4,58	171,16	229,07
4,00	18	0	0,746	3,62	4,85	180,94	242,55
4,10	23	0	0,695	4,31	6,20	215,35	309,92
4,20	25	0	0,694	4,67	6,74	233,69	336,87
4,30	25	0	0,693	4,67	6,74	233,30	336,87
4,40	25	0	0,691	4,66	6,74	232,92	336,87
4,50	26	0	0,690	4,84	7,01	241,85	350,34
4,60	23	0	0,689	4,27	6,20	213,61	309,92
4,70	24	0	0,688	4,45	6,47	222,55	323,39
4,80	25	0	0,687	4,63	6,74	231,46	336,87
4,90	25	0	0,686	4,43	6,45	221,31	322,59
5,00	26	0	0,685	4,60	6,71	229,82	335,49
5,10	27	0	0,684	4,77	6,97	238,30	348,39
5,20	29	0	0,683	5,11	7,48	255,58	374,20
5,30	30	0	0,682	5,28	7,74	264,01	387,10

**STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1****TERRENI COESIVI****Coesione non drenata**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (KPa)
[1] - Terreno sabbioso scarsamente addensato	3,7	1,60	Terzaghi-Peck	22,65
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	Terzaghi-Peck	44,91
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	Terzaghi-Peck	116,40

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (Mpa)
[1] - Terreno sabbioso scarsamente addensato	3,7	1,60	Robertson (1983)	0,73
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	Robertson (1983)	1,44
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	Robertson (1983)	3,45

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Eed (Mpa)
[1] - Terreno sabbioso scarsamente addensato	3,7	1,60	Stroud e Butler (1975)	1,66
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	Stroud e Butler (1975)	3,30
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	Stroud e Butler (1975)	7,91

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Ey (Mpa)
[1] - Terreno sabbioso scarsamente addensato	3,7	1,60	Apollonia	3,63
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	Apollonia	7,19
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	Apollonia	17,25

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Terreno sabbioso scarsamente addensato	3,7	1,60	Classificaz. A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	Classificaz. A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	Classificaz. A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (KN/m³)
[1] - Terreno sabbioso scarsamente addensato	3,7	1,60	Meyerhof ed altri	16,48
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	Meyerhof ed altri	18,34
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	Meyerhof ed altri	20,50

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (KN/m³)
[1] - Terreno sabbioso scarsamente addensato	3,7	1,60	Meyerhof ed altri	18,34
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	Meyerhof ed altri	18,63
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	Meyerhof ed altri	--

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Gibbs & Holtz 1957	52,46
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Gibbs & Holtz 1957	71,04

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	25,49
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION)	31,24

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Mpa)
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con	7,33	3,80	7,33	Terzaghi	---

livelletti scarsamente addensati					
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Terzaghi	29,36

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Mpa)
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	6,93
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)	11,42

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Classificazione A.G.I. 1977	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma (KN/m³)
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Meyerhof ed altri	15,98
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Meyerhof ed altri	19,02

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Gamma Saturo
-------------	------	------------------	----------------------------------	--------------	--------------

					(KN/m <sup>3</sup> )
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,63
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,22

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	(A.G.I.)	0,34
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	(A.G.I.)	0,32

**Modulo di deformazione a taglio dinamico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	G (Mpa)
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Ohsaki (Sabbie pulite)	41,46
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Ohsaki (Sabbie pulite)	94,40

**Velocità onde**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Velocità onde m/s
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Ohta & Goto (1978) Limi	116,96
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Ohta & Goto (1978) Limi	150,504

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato	Nspt corretto per	Correlazione	Ko
-------------	------	--------------	-------------------	--------------	----

		(m)	presenza falda		(Kg/cm <sup>3</sup> )
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Navfac 1971-1982	1,52
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Navfac 1971-1982	3,62

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Mpa)
[2] - Terreno sabbioso limoso mediamente addensato con livelletti scarsamente addensati	7,33	3,80	7,33	Robertson 1983	1,44
[3] - Terreno limoso argilloso in matrice sabbiosa addensato	17,59	5,30	17,59	Robertson 1983	3,45

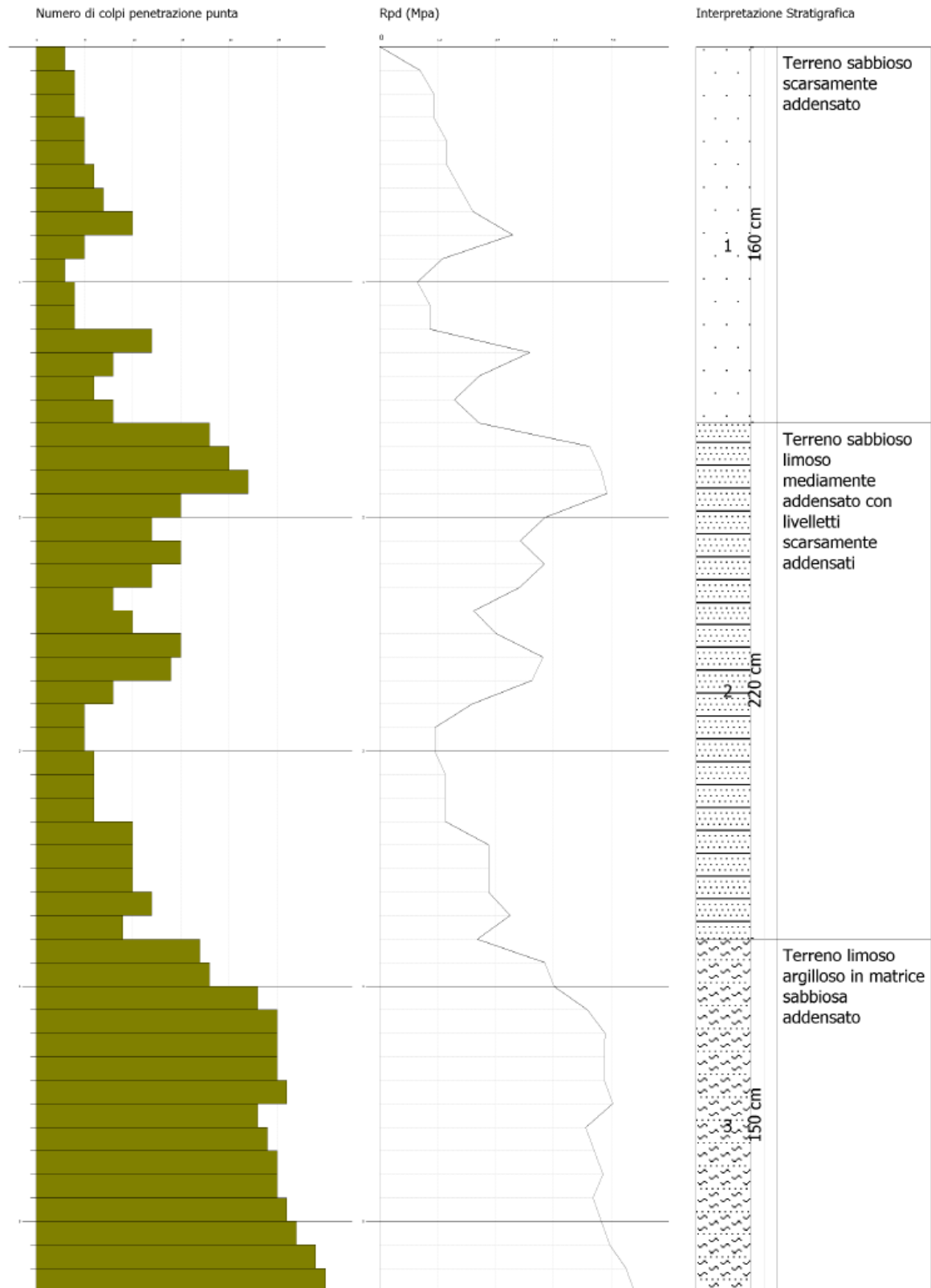


PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente: Premac  
Cantiere: Adeguamento sismico Scuola Media  
Località: Gizzeria (CZ)

Data: 25/09/2015

Scala 1:23



### 3. TOMOGRAFIE SISMICHE

Per la ricostruzione del modello geofisico sono state eseguite indagini sismiche a rifrazione con acquisizione delle onde di volume ( $V_p$ ).

L'acquisizione dei dati è stata effettuata utilizzando:

- Sistema di energizzazione per le onde P costituita da una mazza del peso di 10 kg battente verticalmente su una piastra in acciaio posta direttamente sul p.c.
- Sistema di ricezione costituito da geofoni verticali del tipo elettromagnetico a bobina mobile sospesa con frequenza propria (10 Hz)
- Sistema di acquisizione dati con memoria dinamica a 24 bit, cavo sismico telemetrico, notebook PC Windows XP
- Sistema di trigger costituito da un circuito elettrico che viene chiuso nell'istante in cui il grave colpisce la base di battuta, consentendo ad un condensatore di scaricare la carica precedentemente immagazzinata e di produrre un impulso che viene inviato ad un sensore collegato al sistema di acquisizione dati.

#### 3.1 Il metodo

Il metodo sismico a rifrazione si basa sul concetto della bi-rifrazione delle onde elastiche a seguito del fronte d'onda conico. Data una sorgente di onde elastiche e uno stendimento di geofoni, lungo un profilo giungeranno in superficie ai geofoni onde dirette, riflesse e coniche o bi-rifratte: le onde analizzate sono quelle bi-rifratte, cioè quelle che giungono sulla superficie di separazione con un angolo d'incidenza critico (secondo la legge di Snell) e che quindi vengono rifratte con un angolo di  $90^\circ$  propagandosi parallelamente alla superficie rifrangente e venendo nuovamente rifratte verso la superficie con lo stesso angolo di incidenza. I contrasti di proprietà possono essere legati a cause stratigrafiche, strutturali, idrogeologiche; il modello interpretativo del mezzo investigato è di tipo elastico, omogeneo, continuo ed isotropo, mentre la profondità totale di indagine è legata alla lunghezza dello stendimento di ricevitori. L'interpretazione dei segnali rilevati e la conseguente stima del profilo delle velocità è articolata nelle seguenti fasi fondamentali:

- Individuazione dei primi arrivi attraverso l'osservazione dei sismogrammi e l'operazione di picking;
- Ricostruzione delle dromocrone e scelta del modello di sottosuolo da utilizzare nell'interpretazione;
- Elaborazione tomografica delle dromocrone con la ricostruzione dei percorsi dei raggi sismici per mezzo di algoritmi di "ray-tracing".

L'elaborazione è stata eseguita utilizzando il software "Rayfract" che prevede la suddivisione in celle di dimensioni regolari (circa  $2.5 \times 2.5$  m). Ognuna di esse è attraversata da molteplici raggi sismici. Dopo varie fasi di calcolo basate sulla risoluzione di vari algoritmi di calcolo si giunge alla determinazione della "reale" di ogni cella. Il risultato finale dell'elaborazione consiste in una sezione di velocità sismica nella quale ad ogni cella si assegna un valore di velocità. Tali valori sono stati in seguito elaborati tramite le routine di "gridding" e "countoring" di Surfer 8 della Golden Software.

E' stata realizzata una tomografia sismica di lunghezza pari a 40m utilizzando la

seguente configurazione:

- Lunghezza stendimento: 40 m
- Profondità d'indagine: 15-20 m circa
- N. geofoni: 8
- Spaziature: 5 m
- N. punti di energizzazione (shots): 4
- Velocità di campionamento: 200 ms

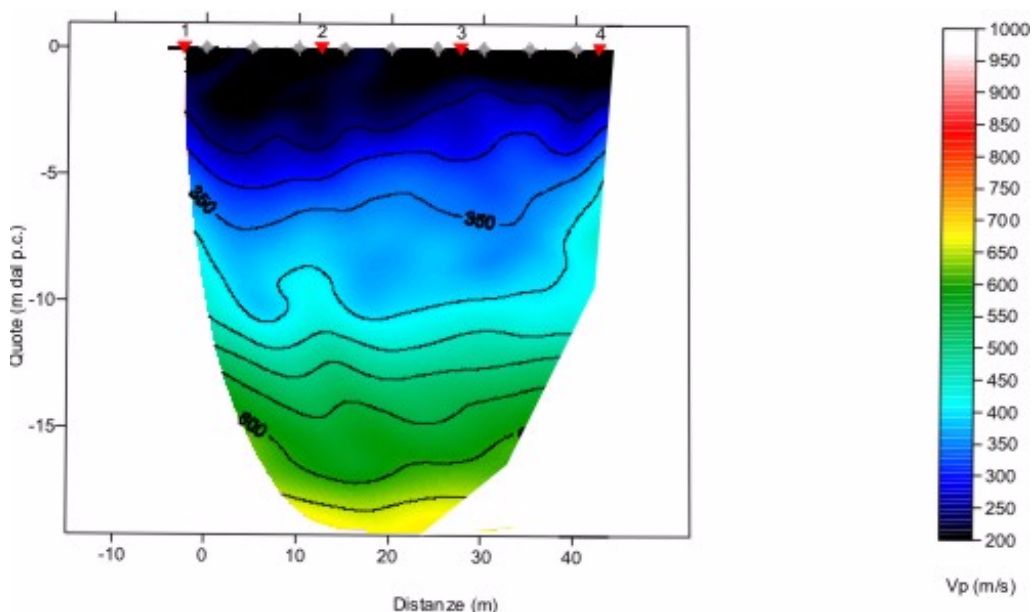
### 3.3 Analisi dei risultati

Nella sezione esemplificativa dei risultati della tomografia sismica la distinzione tra i materiali a diversa consistenza è evidenziata dai colori dal blu (bassa consistenza) al rosso (consistenza elevata).

In particolare, lungo il profilo 1-4, è possibile distinguere:

- Orizzonte superficiale con  $V_p$  fino a 300 m/s verosimilmente correlabile con materiali scarsamente addensati, presente fino a 5 m dal p.c.
- Orizzonte a medio grado di addensamento con  $V_p$  fino a 600 m/s verosimilmente correlabile con materiali mediamente addensati, presente fino a 15 m dal p.c.
- Orizzonte a buon grado di addensamento, le cui velocità variano tra 650 e 700 m/s, presente fino alle profondità indagate.

#### Stendimento 1



#### **4. PROVE SISMICHE DI TIPO MASW**

Al fine di classificare sismicamente il suolo dell'area d'interesse, in ottemperanza alla vigente normativa antisismica, è stata eseguita una prova sismica di tipo M.A.S.W. (Multichannel Analysis of Surface Waves ovvero Analisi Multicanale delle onde superficiali di Rayleigh).

##### **4.1 Onde superficiali di Rayleigh**

Le onde di Rayleigh sono polarizzate in un piano verticale e si generano in corrispondenza della superficie libera di un mezzo sollecitato acusticamente. In questo tipo di onde le particelle descrivono un movimento di tipo ellittico la cui ampiezza decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera. L'asse maggiore delle ellissi è normale alla superficie libera del mezzo ed alla direzione di propagazione delle onde e le particelle si muovono in senso inverso alla direzione di propagazione delle onde generate.

Le onde superficiali di Rayleigh, quando si propagano in un mezzo omogeneo, non presentano dispersione e la loro velocità è uguale a  $0.92V_s$ . In un mezzo disomogeneo la loro velocità varia in funzione della lunghezza d'onda tra 0 e  $0.92 V_s$ .

La determinazione della velocità delle onde di taglio  $V_s$  tramite le misure delle onde superficiali di Rayleigh risulta particolarmente indicata per suoli altamente attenuanti e ambienti rumorosi poiché la percentuale di energia convertita in onde di Rayleigh è di gran lunga predominante (67%) rispetto a quella coinvolta nella generazione e propagazione delle onde  $P$  (7%) ed  $S$  (26%). I metodi basati sull'analisi delle onde superficiali di Rayleigh forniscono una buona risoluzione e non sono limitati, a differenza del metodo a rifrazione, dalla presenza di inversioni di velocità in profondità. Inoltre, la propagazione delle onde di Rayleigh, anche se influenzata dalla  $V_p$  e dalla densità, è funzione innanzitutto della  $V_s$ , parametro di fondamentale importanza per la caratterizzazione geotecnica di un sito secondo quanto previsto dall'O.P.C.M. 3274/03. Infatti, mentre la velocità delle onde  $P$  misurata in terreni saturi dipende in maniera sostanziale dalle vibrazioni trasmesse dal fluido interstiziale e non dallo scheletro solido del materiale, la velocità delle onde  $S$  è caratteristica delle vibrazioni trasmesse dal solo scheletro solido e, pertanto, a differenza delle onde  $P$ , risulta rappresentativa delle reali proprietà meccaniche del terreno.

La proprietà fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh, sulla quale si basa l'analisi per la determinazione delle  $V_s$ , è costituita dal fenomeno della dispersione che si manifesta in mezzi stratificati.

Pertanto, analizzando la curva di dispersione, ossia la variazione delle velocità di fase delle onde di Rayleigh in funzione della lunghezza d'onda (o della frequenza, che è l'inverso della lunghezza d'onda), è possibile determinare la variazione della velocità delle onde di taglio con la profondità tramite il processo d'inversione.

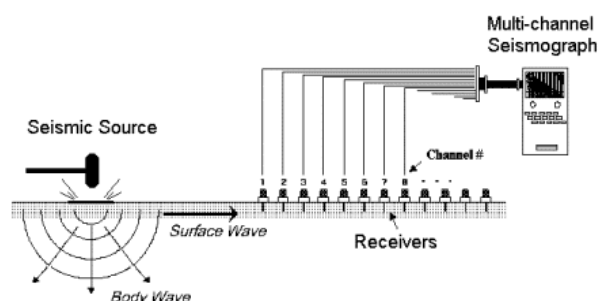
La modellazione del sottosuolo mediante l'impiego di comuni geofoni verticali a 4.5Hz e l'analisi delle onde superficiali di Rayleigh viene ottenuta con le tecniche: ReMi (Refraction Microtremor), FTAN (Frequency Time ANalysis), SASW (Spectral Analysis of Surface Waves), MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

L'analisi multicanale delle onde superficiali di Rayleigh – MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) – è un'efficiente metodologia sismica per la determinazione delle velocità delle onde di taglio  $V_s$ .

Tale metodo utilizza le onde superficiali di Rayleigh registrate da una serie di geofoni lungo uno stendimento rettilineo e collegati ad un comune sismografo multicanale. Le onde di Rayleigh, durante la loro propagazione vengono registrate lungo lo stendimento di geofoni e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno.

L'esecuzione di una MASW consiste in:

- Ripetute acquisizioni multicanale dei segnali sismici generati da una sorgente energizzante artificiale (mazza battente su piastra), lungo uno stendimento



- Estrazione del modo fondamentale dalle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh
- Inversione delle curve di dispersione
- Ricostruzione di una sezione (modello 2D) delle  $V_s$  dei terreni con approccio multicanale

Quando vengono generate onde sismiche usando una sorgente impattante come un martello su una piastra vengono generate sia onde di volume ( $P$  e  $S$ ), sia onde di superficie (Rayleigh e Love), che si propagano in tutte le direzioni. Alcune di queste onde vengono riflesse e disperse quando incontrano oggetti superficiali o poco profondi (ad esempio, fondazioni di edifici, canali sotterranei, trovanti lapidei, ecc.) e diventano rumore. Inoltre, vengono quasi sempre rilevate vibrazioni da rumore ambientale proveniente dal traffico veicolare, dall'attività industriale e, in generale, dall'attività umana. Il vantaggio principale dell'approccio multicanale della tecnica MASW sta nella sua intrinseca capacità di distinguere tutte queste onde dovute al rumore e di isolarle dalle onde superficiali di Rayleigh evidenziando solo il modo fondamentale di oscillazione dei terreni. L'isolamento del modo fondamentale di oscillazione si basa su molteplici caratteristiche sismiche dei segnali.

Le proprietà della dispersione di tutti i tipi di onde (di volume e superficiali) sono visualizzate attraverso un metodo di trasformazione (basato sull'analisi spettrale dei segnali sismici) del campo d'onda che converte direttamente i segnali sismici acquisiti in un'immagine dove un modello di dispersione è riconosciuto nella distribuzione dell'energia trasformata in oscillazioni. Successivamente, il modo fondamentale

(proprietà fondamentale della dispersione della velocità di fase delle onde di Rayleigh) viene estratto da un modello specifico. Tutte le altre onde (riflesse, disperse, modi superiori delle onde superficiali, noise ambientale) vengono quindi rimosse durante il processo di elaborazione.

#### 4.2 Indagini eseguite

E' stata eseguita una prova MASW mediante l'utilizzo di sismografo SUNDA - ECHO 24

La sorgente sismica è costituita da una massa battente (mazza dal peso di 8 kg) che batte su una piastra di alluminio.

L'elaborazione dei dati e l'inversione delle curve di dispersione delle velocità di fase delle onde superficiali di Rayleigh sono state effettuate con il programma winMASW.

Dopo aver eseguito l'operazione di filtraggio e di selezione dei dati, è stato calcolato lo spettro di velocità della MASW. La curva di dispersione è stata calcolata utilizzando il metodo della "Modellazione".

In particolare, il modello proposto opera una suddivisione in tre sismostrati:

- Il primo sismostrato è caratterizzato da  $V_s=200$  m/s ed è presente fino alla profondità di circa 6.0 m dal p.c.
- Il secondo sismostrato è caratterizzato da  $V_s=600$  m/s ed ha uno spessore di 2.0 m circa
- Il terzo sismostrato è caratterizzato da  $V_s=1.000$  m/s ed è presente almeno fino a 30.0 m dal p.c.

Dalle indagini, in ottemperanza alla vigente normativa, è stato calcolato il valore di  $V_{S30}$ , mediante la relazione:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove:

$h_i$  = Spessore in metri dello strato i-esimo

$V_i$  = Velocità dell'onda di taglio i-esima

$N$  = Numero di strati

Dai calcoli eseguiti risulta  $V_{S30}$  pari a **542** m/s.

#### COMPARAZIONE METODI DI CALCOLO E CATEGORIA DI SUOLO:

Metodi di calcolo	Valori (m/s)	Categoria suolo di fondazione (Ordinanza n.3274 del 2003)
<i><b><math>V_{S30}</math> desunto mediante esecuzione MASW</b></i>	<b>542</b>	<b>B</b>

Si fornisce di seguito una stima di densità, moduli di Poisson – taglio – compressione – Young – Lamè.

Stima VP (m/s): 416 1039 1732

Stima densità (gr/cm3): 1.84 2.06 2.19

Stima modulo di Poisson: 0.35 0.25 0.25

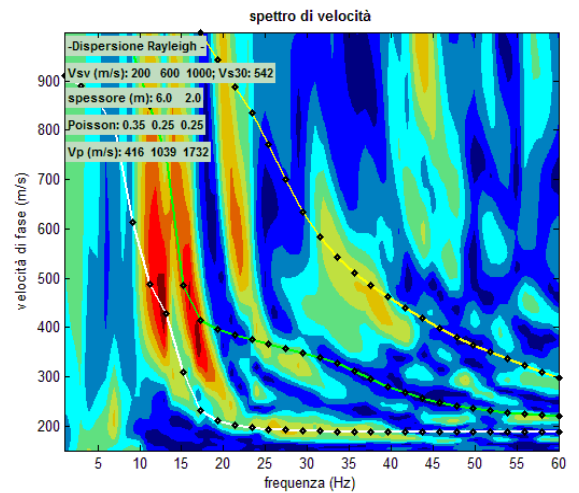
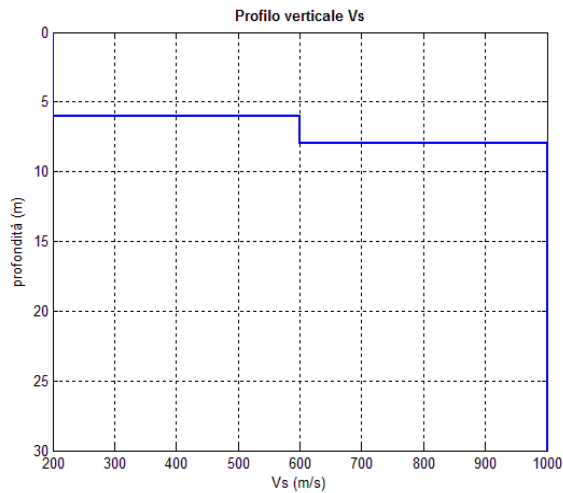
Stima modulo di taglio (MPa): 74 743 2187

Stima modulo di compressione (MPa): 221 1237 3645

Stima modulo di Young (MPa): 199 1857 5468

Stima modulo di Lamé (MPa): 171 742 2187

### PROVA MASW – Curva di dispersione



### PROVA MASW – Modello ottenuto



<i>Vs</i>	<i>densità</i>	<i>spessore</i>
(m/s)	(gr/cm <sup>3</sup> )	(m)

---

## **APPENDICE FOTOGRAFICA**

---





**ESECUZIONE INDAGINI  
GEOFISICHE**