

COMUNE DI SCICLI

Oggetto: progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo "Elio Vittorini" C.M. RGIIC81300P Scuola Primaria, ubicata in via Milizie Donnalucata frazione del Comune di Scicli.

RELAZIONE GEOLOGICA

Committente:
COMUNE DI SCICLI

p.p.v
Progettista strutturale

IL GEOLOGO
(dott. Roberto Barone)



SCOPO DEL LAVORO

Su incarico conferitomi dal *Comune di Scicli* giusta determina n. 262 del 12-12-2017, registrata il 19-12-2017 al n. 1261, ho proceduto alla redazione della seguente relazione geologica in merito al:

“progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica dell’edificio appartenente all’Istituto Comprensivo “Elio Vittorini” C.M. RGIIC81300P Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione del Comune di Scicli”

Lo scopo del lavoro è quello di descrivere le condizioni *geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche* al fine di valutare le *pericolosità geologiche* del sito, in ottemperanza a quanto richiesto dal *D.M. del 14/01/2008 T.U. “Norme tecniche per le costruzioni”* e la *Circolare n° 617 del 02/02/2009* che disciplinano la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle costruzioni al fine di garantire, per stabiliti livelli di sicurezza, la pubblica incolumità.

Dal *P.A.I., Piano per l’Assetto Idrogeologico*, inoltre è stato verificato se la zona è soggetta a dissesti, rischi e/o pericolosità geomorfologiche ed idrauliche.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L’edificio scolastico appartenente all’Istituto Comprensivo *“Elio Vittorini”* oggetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica è sito in via Milizie territorio di Donnalucata frazione di Scicli.

Nella *Carta d’Italia dell’IGM* il ricade nella zona centro-meridionale del foglio 276 tavoletta *“DONNALUCATA” III N.E.* ad una quota di 20,00 m circa s.l.m..

INTRODUZIONE

La ricostruzione del modello geologico dell’area è stata effettuata in più fasi.

I caratteri strutturali, geomorfologici e idrogeologici sono stati ricavati attraverso dei rilievi estesi a l'area limitrofa in modo di avere un inquadramento generale del sito, correlati con i dati presenti in letteratura.

La litologia e stratigrafia derivano da pozzetti esplorativi, affioramenti in scavi fondazionali limitrofi, da quanto presente in letteratura e da conoscenze personali.

I parametri elastici e la classificazione del suolo di fondazione così come richiesto dal D.M. del 14/01/2008 T.U. e la Circolare n° 617 del 02/02/2009 sono quelli scaturiti da un'indagine sismica di tipo S-H effettuata in situ.

I parametri geotecnici invece sono stati definiti da valutazioni di tipo qualitativo (*Bieniawski*) in affioramenti calcarenitici presenti in situ che hanno permesso di classificare l'ammasso roccioso (*indice RMR*), inoltre dai 2 pozzetti esplorativi effettuati in situ sono stati prelevati altrettanti campioni di roccia sottoposti a prova di compressione monoassiale in laboratorio.

Il calcolo della portanza è stato effettuato facendo riferimento al criterio di *Terzaghi* per roccia.

Fanno parte integrante del lavoro:

- Corografia scala 1:25.000;
- Carta idrogeologica scala 1:5.000;
- Ubicazione indagini e affioramenti calcarenitici scala 1:2.000;
- Sezione geolitologica scala 1:100;
- Carte P.A.I.;
- Documentazione fotografica;
- Indagine sismica di tipo S-H;
- Prova di compressione monoassiale.

GEOMORFOLOGIA E TETTONICA

Il territorio di Donnalucata presenta una morfologia strettamente dipendente dalla natura litologica delle formazioni affioranti e dall'azione degli agenti esogeni che ne determinano le forme del rilievo.

Il sito in oggetto ricade in una zona di affioramento dall'Alternanza calcarenitico-marnosa del Mb. Irmínio della Formazione Ragusa. Tale successione è composta da calcareniti dure grigiastre a grana medio-fine con strati di spessore medio di 30-60 cm, regolarmente alternati a strati calcareo-marnosi bianco-giallastri di uguale spessore.

In virtù delle caratteristiche fisico-meccaniche, la zona presenta una morfologia prettamente tabulare a tratti aspra, accidentata ed interrotta da piccole e grandi incisioni torrentizie; questo tipico paesaggio fluvio-carsico presenta particolari forme superficiali causate dal più o meno alto grado di solubilità della roccia calcarea visibili nelle zone ove la roccia risulta scoperta.

L'area in esame non presenta particolari fenomeni carsici superficiali e nel complesso risulta morfologicamente stabile, così come confermato nel P.A.I.

Nell'insieme il substrato presenta discrete proprietà di compattezza e consistenza e anche se presenta una fratturazione moderata, non influenzerà la stabilità della struttura scolastica in oggetto.

Dal punto di vista tettonico il territorio in studio è ubicato nella Sicilia sud-orientale ovvero nel settore sud dell'avampaese Ibleo, che rappresenta il margine settentrionale indeformato della placca africana rimasto relativamente indisturbato durante le principali fasi tettonogenetiche che hanno interessato il resto della Sicilia. Le sole dislocazioni subite consistono in fitti sistemi di faglie prevalentemente normali.

L'avampaese risulta essere composto da una sequenza meso-cenozoica prevalentemente carbonatica con ripetute intercalazione di vulcaniti basiche (*Carbone et al., 1982*).

La giacitura degli strati è prevalentemente sub-orizzontale (0° - 5°) con immersione sud sud-est, ma con tendenza a variare in prossimità di dislocazioni tettoniche (5° - 15°).

Nelle immediate vicinanze dell'edificio scolastico in oggetto non è stata rilevata nessun tipo di faglia o altra struttura tettonica.

IDROLOGIA E IDROGEOLOGIA ZONALE

Le caratteristiche idrogeologiche dell'area dipendono essenzialmente dalle condizioni climatiche e dalle proprietà idrogeologiche dei litotipi affioranti.

Il clima dell'area in esame, compresa nel settore orientale dell'Altopiano ibleo è tipico dell'area mediterranea di bassa latitudine, caratterizzato da inverni miti e relativamente brevi ed estati calde e prolungate. Le poche piogge sono concentrate nel semestre autunno-inverno, mentre nel semestre primavera-estate predomina la siccità.

Le falde presenti nel territorio sono alimentate oltre dalle acque meteoriche, anche dalle acque provenienti dagli acquiferi carbonatici presenti nell'Alternanza calcarenitico-marnosa e nei livelli a banchi calcarenitici del Mb. Irminio della Formazione Ragusa. Le proprietà idrogeologiche dei terreni presenti nell'area oggetto di studio, ricavate dai rilievi eseguiti in zona e correlati con i dati presenti nello studio geologico prima citato, sono le seguenti:

Alternanza calcarenitico-marnosa:

Terreni permeabili per fessurazione e carsismo:

Questi terreni presentano una permeabilità in grande di tipo discontinuo di medio grado, dovuto all'intersecarsi del reticolo di faglie e di diaclasi che, associate e ai fenomeni chimico-dissolutivi delle acque, creano cavità carsiche che influenzano notevolmente la permeabilità dei litotipi, infatti da queste cavità si ha un grande deflusso di acque che vanno ad alimentare l'eventuale falda sottostante. Il coefficiente di permeabilità per tali formazioni è:

$$K = 10^{-3} \text{ cm/sec}$$

Acquifero

Nell'alternanza di calcarenitico-marnosa si è instaurato un acquifero avente una discreta potenzialità idrica; infatti dal censimento di pozzi trivellati si è desunto che la falda libera si è instaurata ad una profondità superiore a 50 mt dal p.c. e che le acque di alimentazione provengono dai calcari del Massiccio Ibleo.

Data la notevole profondità dell'acquifero si deduce che anche nei periodi più piovosi dell'anno non si avranno oscillazioni della falda tali da interferire con le fondazioni dell'edificio in oggetto.

Idrologia

Dal punto di vista idrologico in zona non sono stati rilevati corsi d'acqua perenni. Le acque meteoriche di ruscellamento seguendo la linea di massima pendenza convergeranno verso mare, nel caso in esame con direzione sud.

GEOLITOLOGIA

I litotipi insistenti nell'area oggetto di studio sono tutti di origine sedimentaria e sono costituiti esclusivamente dall'Alternanza calcarenitico marnosa del Mb.Irminio della F.ne Ragusa. Si tratta di calcareniti a macroforaminiferi biancastri, ben cementati, aventi generalmente spessore compreso tra i 30 e i 60 cm, gli elementi costituenti il sedimento sono granulometricamente classificabili nel campo delle areniti immersi in una pasta di fondo costituita da cemento spatico.

Dal rilevamento geologico dell'area, da pozzetti esplorativi, scavi fondazionali, da quanto presente in letteratura e da conoscenze personali si è desunta la seguente successione litologica:

da 0,00 a 0,30 m	Suolo agrario brunastro
da 0,30 ad oltre 60,00 m	Alternanza di strati calcarenitici grigiastri ben cementati di spessore 40 cm alternati a strati marnosi giallastri, ben compattati di uguale spessore

7 - CLASSIFICAZIONE DEL SUOLO DI FONDAZIONE E
PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

- Categoria di sottosuolo:

In virtù del *D.M. 14/01/2008 T.U.*, al fine di definire le azioni sismiche di progetto bisogna classificare le formazioni insistenti nel sito.

Le categorie lito-stratigrafiche si dividono in 5 classi (*A-B-C-D-E*) più le 2 categorie *S1* e *S2* definite dal valore della velocità media di propagazione delle onde sismiche di taglio nei primi 30 m di profondità dal piano di posa delle fondazioni.

Il *Vs30* è calcolato con la seguente relazione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} h_i/V_{s,i}}$$

dove *h_i* e *V_i* sono rispettivamente lo spessore in m e la velocità delle onde di taglio dello strato *i*-esimo per *N* strati presenti nei primi 30 m di profondità.

Nel caso in esame, come visto il valore del *Vs30* preso in considerazione è quello scaturito dall'indagine sismica di tipo S-H effettuata in situ di cui in allegato.

Da tale indagine il valore del *Vs30* determinato è:

$$V_{s30} = 1.198,50 \text{ m/sec}$$

Dalle tabelle di classificazione riportate nel *D.M. 14/01/2008 T.U.*, il lotto in esame appartiene alla:

CLASSE A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di <i>Vs,30</i> superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.</i>
-----------------	--

I *moduli elastici* riportati nella sottostante tabella rappresentano la media dei parametri scaturiti dalla prova sismica e sono così riassumibili:

Moduli elastici e rigidità sismica											
Velocità onde P (m/s)			Velocità onde S (m/s)			Modulo di Poisson			Mod. incompressibilità (kg/cm ²)		
Vp1	Vp2	Vp3	Vs1	Vs2	Vs3	v1	v2	v3	K1	K2	K3
1200,0	2300,0		600,00	1314,60		0,33	0,26		18722	66753	
Modulo elastico (kg/cm ²)			Modulo di taglio (kg/cm ²)			Densità (g/m ³)			Rigidità sismica (km/s * g/cm ³)		
Edin1	Edin2	Edin3	G1	G2	G3	J1	J2	J3	R1	R2	R3
18722	97165		7021	38637		1,95	2,24		1,17	2,94	

Condizioni topografiche

Il D.M. 14/01/2008 prende in considerazione pure la topografia del terreno ai fini del calcolo dell'azione sismica e nelle condizioni più semplici riporta la seguente classificazione:

T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i \geq 15^\circ$
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 $i > 30^\circ$

Nel caso in esame il sito trovasi ubicato in classe T1.

- Parametri pericolosità sismica:

Una volta classificato il suolo di fondazione e determinata la categoria topografica si possono estrapolare i parametri utili nel calcolo dell'azione sismica.

Innanzitutto dal reticolo di riferimento riportato nel *D.M. del 14/01/2008 T.U.* bisogna calcolare i parametri rappresentativi della pericolosità sismica ovvero:

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

La definizione di tali parametri è effettuata in funzione *all'allegato A del D.M.*, infatti dalle coordinate del sito edificatorio e per estrapolazione dei parametri già riportati nella *maglia elementare dell'allegato B dello stesso D.M.* tramite la seguente relazione si ottiene:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 p_i / d_i}{\sum_{i=1}^4 1 / d_i}$$

dove

p = parametro di interesse nel punto in esame;

p_i = parametro di interesse nel punto nell' i -esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d_i = distanza del punto in esame dall' i -esimo punto della maglia suddetta;

Le coordinate geografiche del sito edificatorio oggetto di studio sono:

- sistema WGS84:

- Longitudine 14°,638910
- Latitudine 36°,764679

- sistema ED50:

- Longitudine 14°,639726
- Latitudine 36°,765754

Per tale sito i parametri di *pericolosità sismica*, considerando che siamo in presenza di un edificio scolastico quindi *classe d'uso 3* sono:

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	90	0,045	2,555	0,282
Danno (SLD)	151	0,060	2,524	0,326
Salvaguardia vita (SLV)	1424	0,205	2,430	0,525
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0,257	2,522	0,546

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,012	0,061	0,077
kv	0,005	0,006	0,031	0,039
Amax [m/s ²]	0,444	0,593	2,009	2,519
Beta	0,200	0,200	0,300	0,300

8 - PARAMETRI FISICO-MECCANICI E VALUTAZIONI GEOTECNICHE

Le fondazioni dell'edificio scolastico in oggetto da pozzetti esplorativi effettuati in 2 diversi punti sono posti ad una profondità di circa 0,70 m dal p.c., ovvero sulle calcareniti dell'alternanza calcarenitico-marnosa del Mb. Irminio F,ne Ragusa.

Dagli stessi pozzetti esplorativi sono stati prelevati altrettanti campioni calcarenitici sottoposti a prova di compressione monoassiale in laboratorio da cui si sono ricavati i seguenti valori di rottura:

$$\sigma_{r1} = 785,48 \text{ kg/cm}^2$$

$$\sigma_{r2} = 58,73 \text{ kg/cm}^2$$

Per un valore medio di rottura:

$$\sigma_{rm} = 418,08 \text{ kg/cm}^2$$

Per le rocce al valore caratteristico della resistenza monoassiale bisogna applicare un coefficiente parziale $\gamma_{qu} = 1,60$, per cui avremo:

$$\sigma_{rk}' = 418,08 / 1,60 = 261,30 \text{ kg/cm}^2$$

INDICE DI QUALITÀ DI BIENIAWSKI - INDICE RMR CARATTERISTICHE GEOMECCANICHE

Constatato che dai pozzetti esplorativi le fondazioni poggiano sui calcarei dell'Alternanza calcarenitico marnosa, da un affioramento calcareo limitrofo (vedi fotografie) sono state eseguite delle valutazioni di tipo qualitativo (*Bieniawski*), le quali hanno permesso di classificare l'ammasso roccioso.

La classificazione geomeccanica delle rocce è impostata su cinque parametri principali ad ognuno dei quali, sono assegnati degli indici o punteggi, suddivisi in cinque intervalli.

I parametri presi in considerazione sono:

1. Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta

La resistenza della roccia risulta medio-bassa nella porzione marnosa, mentre è alta nella porzione calcarea con valori di resistenza alla compressione uniaxiale caratteristico, da prove di laboratorio, pari a di $261,30 \text{ kg/cm}^2$

2. Indice RQD

Il valore di R.Q.D. è stato calcolato tenendo in considerazione il numero dei giunti per mc di roccia che nel sito in osservazione oscillano tra 15 a 23, per cui considerando la condizione peggiore avremo:

$$RQD = 115 - 3,3 N = 115 - 3,3 \times 23 = 39,10 \%$$

PARAMETRI		CAMPO VALORI					
1	FESISTENZA ROCCIA INTATTA	CARICO FURIALE	>20 Kg/cm ²	40-50 Kg/cm ²	20-40 Kg/cm ²	20-40 Kg/cm ²	NON AFFICCIABILE
		COMPRESIONE UNIASSIALE	> 2000 Kg/cm ²	1000-5000 Kg/cm ²	500-1000 Kg/cm ²	250-5000 Kg/cm ²	100-250 20-100 10-20 Kg/cm ² Kg/cm ² Kg/cm ²
	INDICE		15	19	7	4	2 1 0
2		RQD	50-100%	75-90%	50-75%	25-50%	< 25%
		INDICE	20	17	13	8	2
3		SPAZIATURA GIUNTI	< 3 M	1-3 m	0,3-1 m	50-300 mm	< 50 mm
		INDICE	20	25	20	10	5
4		CONDIZIONE GIUNTI	Superficie molto scabra con coerenza facile scollare	Superficie scabra Apertura < 1 mm. Pietri roccia dura	Superficie scabra molto alterata Apertura < 1 mm	Superficie liscia o lunghetta o irregolarità < 3 mm o apertura 1-3 mm Gravità moderata	Pietrificazione totale spessore < 5 mm o giunti aperti < 3 mm Gravità moderata
		INDICE	25	20	19	6	0
5	CONDIZIONI IDRAULICHE	Adesivo per 10 m lunghezza tunnel	Assente		< 55 litri/min	55-125 litri/min	< 125 litri/min
		Indice	0		0,0-0,2	0,2-0,5	< 0,5
		Condizione	Completamente asciutto		Solo umidità	Acqua in debole presenza	Severi problemi idraulici
	INDICE	10		7	4	0	

- Valori dei parametri relativi alla classificazione di Bieniawski.

- Proprietà meccaniche e comportamento degli ammassi rocciosi

N - I n l	0 - 25	26 - 50	50 - 70	70 - 90	90 - 100
CLASSE	V	IV	III	II	I
QUALITA' DELL'AMMASSO	molto scadente	scadente	discreta	bucra	ottima
σ Kg/cm ²	> 1	1 - 1,5	1,5 - 2,0	2,0 - 3,0	> 3,0
ϕ	< 30°	30° - 35°	35° - 40°	40° - 45°	> 45°
OPINIONE SULLE ESPETTATIVE DI SCARICAMENTO	molto difficile	può essere tenuto facilmente frammentazione notevole	difficile difficile	si cura con difficoltà frammentazione di notevole dimensione	notevoli difficoltà di scarico

- Classificazione dell'ammasso roccioso secondo Bieniawski.



3. Spaziatura dei giunti

Sono presenti sistemi di discontinuità primaria (*stratificazione*) e secondaria (*fratturazione*), con spaziature dei giunti di circa 0,25 m.

4. Condizioni dei giunti

Le discontinuità si presentano con superficie scabre e alterate con aperture < 1 mm.

5. Condizioni idrauliche

I litotipi su cui verranno impostate le fondazioni sono completamente asciutti.

Ad ogni parametro sopraccitato, è stato assegnato un valore numerico, per cui sommando il tutto si ottiene l'Indice RMR system (*vedi tabella*).

INDICE RMR - CLASSIFICAZIONE DI BIENIAWSKI

Parametro	Valore
1. Resistenza a compressione uniax σ_a	3
2. R.Q.D.	7
3. Spaziatura discontinuità	10
4. Condizioni discontinuità	12
5. Presenza acqua	10
	<hr/>
	INDICE RMR = Σ 42

Dall'*Indice RMR* scaturito, la qualità dell'ammasso roccioso risulta collocato nella *classe scadente* (*vedi tab. all.*).

I parametri geotecnici del sedime fondazionale, sono stati calcolati tramite le correlazioni indicate dallo stesso *Bieniawski*, con l'indice RMR che come visto per l'ammasso in questione è pari a 42, per cui:

$$C = 5 \times \text{RMR}$$
$$\Phi = 5 + \text{RMR} / 2$$

ovvero:

$$C = 5 \times \text{RMR} = 5 \times 42 = 210 \text{ Kpa} = 2,14 \text{ kg/cmq} \quad \text{Coesione}$$
$$\Phi = 5 + \text{RMR} / 2 = 5 + 42/2 = 26,0^\circ \quad \text{Angolo attrito interno}$$

Da ulteriori classificazioni geomeccaniche effettuate dal sottoscritto per litotipi simili in zona si sono ricavati i seguenti valori di coesione e angolo di attrito:

$$C_u = 2,29 \text{ kg/cmq e } 2,04 \text{ kg/cmq}$$
$$\Phi = 27,50^\circ \text{ e } 25,00^\circ$$

- Calcolo valori caratteristici:

Il valore caratteristico di ogni grandezza è determinato come frattile della serie di dati disponibili e calcolato con la seguente formula:

$$F_k = F_m (1 - K \cdot \delta)$$

dove:

F_k = parametro caratteristico;

F_m = valore medio dei dati a disposizione;

K = coefficiente commisurato in funzione al livello di confidenza voluto
normalmente pari a 1,64;

δ = coefficiente di variazione della grandezza considerata;

Coesione:

Dati disponibili: 2,14 – 2,29 – 2,04 kg/cmq

$$\delta = \delta^*/\bar{v} = 0,220 / 2,45 = 0,089$$

δ^* = deviazione standard = 0,130

υ = media aritmetica = 2,16

$$\text{Coesione } C_k = ((2,16 * (1 - 1,64 * 0,058)) = 1,95 \text{ Kg/cm}^2$$

Angolo d'attrito:

Dati disponibili: 26,0° – 27,5° – 25,0°

$$\delta = \delta^*/\upsilon = 1,89 / 29,17^\circ = 0,065$$

δ^* = deviazione standard = 1,26

υ = media aritmetica = 26,17°

$$\text{Angolo attrito } \Phi_k = ((26,17^\circ * (1 - 1,64 * 0,048)) = 24,11^\circ$$

Peso specifico:

Il peso di volume dei litotipi presenti in situ determinati sia da misure in laboratorio che indirettamente da prove sismiche è:

$$\gamma = 1,90 \text{ t/mc}$$

$$\gamma = 2,00 \text{ t/mc}$$

$$\gamma = 2,15 \text{ t/mc}$$

Pertanto il calcolo del valore caratteristico è:

$$\delta = \delta^*/\upsilon = 0,10 / 2,20 = 0,045$$

δ^* = deviazione standard = 0,13;

υ = media aritmetica = 2,02

$$\text{Peso specifico } \gamma_k = ((2,02 * (1 - 1,64 * 0,013)) = 1,98 \text{ t/mc}$$

Come prescritto nel *D.M. 14/01/2008 T.U.*, i parametri geotecnici a seconda del tipo di approccio che si utilizza nelle verifiche potrebbero subire un'ulteriore riduzione. Esistono n° 2 approcci, nel primo ci sono 2 combinazioni, A1-M1-R1 e A2-M2-R2, mentre nell'approccio 2 c'è un'unica combinazione A1-M1-R3.

CARICHI	EFFETTO	Coefficiente γ_f	EQU	(A1) STR	(A2) GEO
Permanenti	Favorevole	γ_{G1}	0,9	1,0	1,0
	Sfavorevole		1,1	1,3	1,0
Permanenti non strutturali	Favorevole	γ_{G2}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3
Variabili	Favorevole	γ_{G3}	0,0	0,0	0,0
	Sfavorevole		1,5	1,5	1,3

PARAMETRO	Grandezza alla quale applicare il coefficiente parziale	COEFFICIENTE PARZIALE γ_{M1}	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	c'_k	γ_c	1,0	1,25
Resistenza non drenata	c_u	γ_{c_u}	1,0	1,4
Fattore di unità di volume	γ	γ_1	1,0	1,0

- CARICO LIMITE E CEDIMENTI

Il carico limite di una fondazione superficiale può essere definito come quel valore massimo del carico per il quale in nessun punto del sottosuolo si raggiunge la condizione di rottura. I metodi di calcolo sono svariati, nel caso in esame è stato fatto riferimento al metodo di *Terzaghi*:

DATI GENERALI

Azione sismica	NTC 2008
Larghezza fondazione	0,60 m
Lunghezza fondazione	5,00 m
Altezza fondazione	0,60 m
Profondità piano di posa	0,60 m
Altezza di incastro	0,60 m
Profondità falda	50,0 m

-CARICO LIMITE FONDAZIONE COMBINAZIONE

Autore: Terzaghi

A1+M1+R3

Fattore [Nq]	11,4
Fattore [Nc]	23,36
Fattore [Ng]	8,58
Fattore forma [Sc]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0

Carico limite **711,27 kN/m²**

Sisma

Fattore [Nq]	11,4
Fattore [Nc]	23,36
Fattore [Ng]	8,58
Fattore forma [Sc]	1,0
Fattore forma [Sg]	1,0

Carico limite **711,27 kN/m²**

CEDIMENTI ELASTICI

Pressione normale massima di progetto	711,27 kN/m ²
Spessore strato	30,0 m
Profondità substrato roccioso	0,0 m
Modulo Elastico	5682317,0 kN/m ²
Coefficiente di Poisson	0,3

Coefficiente di influenza I1	0,26
Coefficiente di influenza I2	0,14
Coefficiente di influenza Is	0,34

Cedimento al centro della fondazione **0,04 mm**

Coefficiente di influenza I1	0,11
Coefficiente di influenza I2	0,12
Coefficiente di influenza Is	0,18

Cedimento al bordo **0,01 mm**

10 - MODULO DI REAZIONE DEL SOTTOFONDO

Il valore del *Coefficiente di sottofondo "K"* consigliato alla progettazione, date le caratteristiche geotecniche del sedime fondazionale, è di:

$$K = 30,00 \text{ Kg/cm}^3$$

11 - CONCLUSIONI

Il sito in esame da indagini e rilievi risulta è idoneo a contenere l'edificio scolastico in oggetto, infatti non c'è nessun rischio dal punto di visto *geomorfologico-strutturale, idrogeologico e più in generale delle pericolosità geologiche* così come confermato pure dal *Piano per l'Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia*.

TABELLA RIEPILOGATIVA DEI PARAMETRI FISICO-MECCANICI ED ELASTICI DEL SUOLO DI FONDAZIONE

• Categoria suolo di fondazione	A
• Classe d'uso	III
• Coefficiente topografico	T1
• Coesione drenata	$Ck' = 1,95 \text{ Kg/cm}^2$
• Angolo attrito interno	$\phi k' = 24,11^\circ$
• Peso di volume	$\gamma k' = 1,98 \text{ t/m}^3$
• Modulo elastico	$E = 57.943,50 \text{ kg/cm}^2$
• Modulo di taglio	$\mu = 22.829,0 \text{ kg/cm}^2$
• Modulo di poisson	$\rho = 0,295$
• Coefficiente di sottofondazione	$K = 30,00 \text{ Kg/cm}^3$

Le coordinate geografiche del sito edificatorio oggetto di studio sono:

- sistema WGS84:

- Longitudine 14°,638910
- Latitudine 36°,764679

- sistema ED50:

- Longitudine 14°,639726
- Latitudine 36°,765754

Per tale sito i parametri di pericolosità sismica sono:

Stato Limite	Tr [anni]	a_g [g]	Fo	Tc' [s]
Operatività (SLO)	90	0,045	2,555	0,282
Danno (SLD)	151	0,060	2,524	0,326
Salvaguardia vita (SLV)	1424	0,205	2,430	0,525
Prevenzione collasso (SLC)	2475	0,257	2,522	0,546

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0,009	0,012	0,061	0,077
kv	0,005	0,006	0,031	0,039
Amax [m/s ²]	0,444	0,593	2,009	2,519
Beta	0,200	0,200	0,300	0,300

I *moduli elastici* riportati nella sottostante tabella rappresentano la media dei parametri scaturiti dalla prova sismica e sono così riassumibili:

Moduli elastici e rigidità sismica											
Velocità onde P (m/s)			Velocità onde S (m/s)			Modulo di Poisson			Mod. incompressibilità (kg/cm ²)		
Vp1	Vp2	Vp3	Vs1	Vs2	Vs3	v1	v2	v3	K1	K2	K3
1200,0	2300,0		600,00	1314,60		0,33	0,26		18722	66753	
Modulo elastico (kg/cm ²)			Modulo di taglio (kg/cm ²)			Densità (g/m ³)			Rigidità sismica (km/s * g/cm ³)		
Edin1	Edin2	Edin3	G1	G2	G3	J1	J2	J3	R1	R2	R3
18722	97165		7021	38637		1,95	2,24		1,17	2,94	

Il carico limite calcolato con le formule di Terzaghi è:

- $A1+M1+R3 = 711,27 \text{ KN/mq} = 7,25 \text{ Kg/cmq}$
- $SISMA = 711,27 \text{ KN/mq} = 7,25 \text{ Kg/cmq}$

Ispica, li

IL GEOLOGO

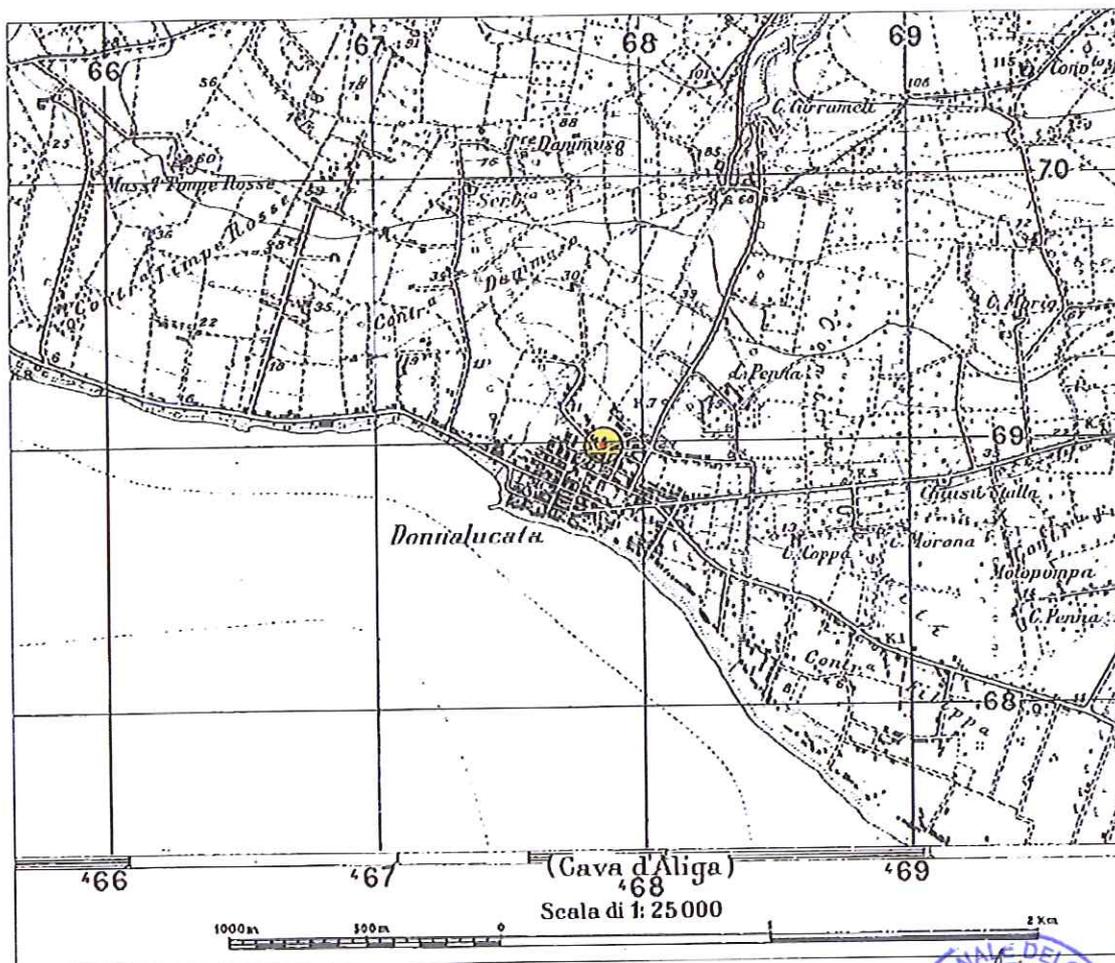
Dott. Roberto Barone



Progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica
dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo «Elio Vittorini» C.M. RGIC81300P
Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione di Scieli

COROGRAFIA

Scala 1:25.000



LEGENDA:

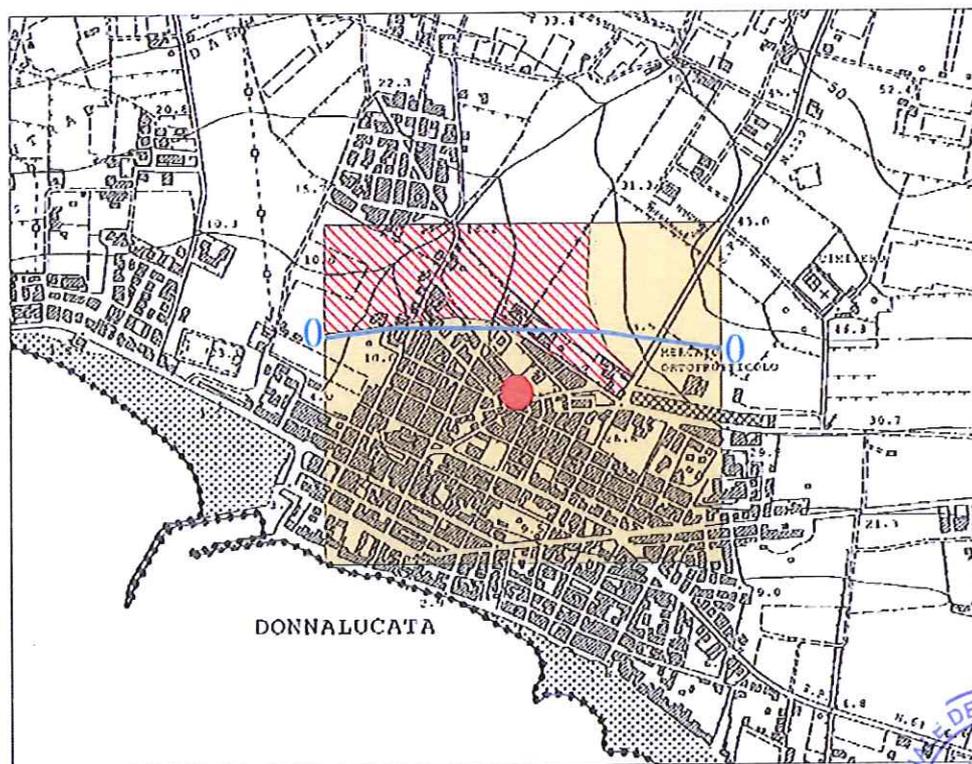


Ubicazione Istituto Elio Vittorini

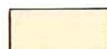
Progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica
dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo «Elio Vittorini» C.M. RGIC81300P
Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione di Sciacca

CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:5.000



Ubicazione edificio scolastico
«Elio Vittorini»



Alternanza calcarenitico marnosa costituita da calcareniti biancastre compatte e fratturate e da calcareniti marnose in livelli spessi 40-50 cm alternati a calcareniti biancastre compatti in livelli di 1,00 m.

Mb Irminto - Fne Ragusa (Miocene medio)

- Terreni permeabili con coefficiente di permeabilità $K = 10^{-3}$ cm/sec.

Grado vulnerabilità acquifero medio-alto



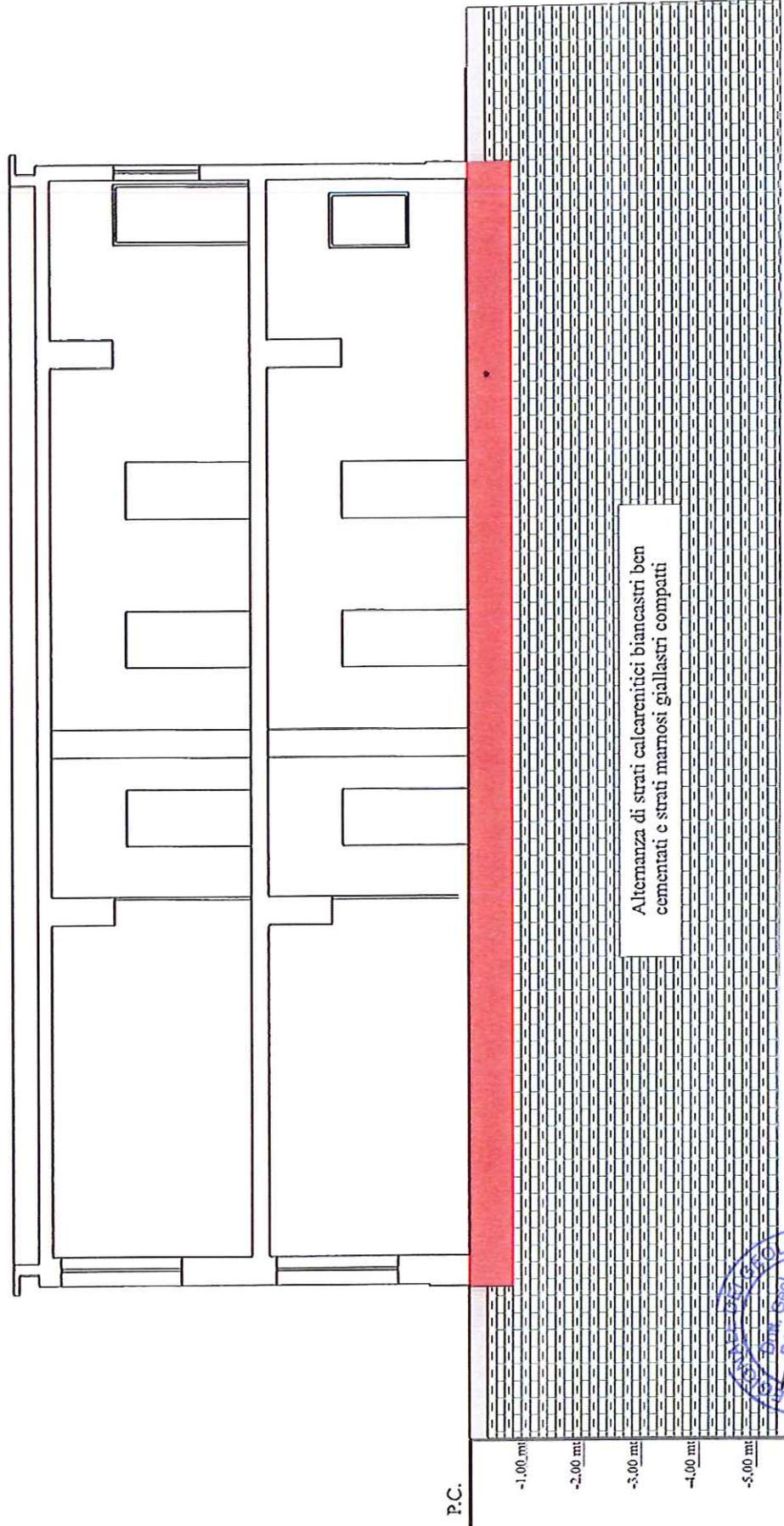
Isopiezometrica e relativa quota della falda idrica sotterranea libera rispetto al l.m..



Sedimenti marini pleistocenici

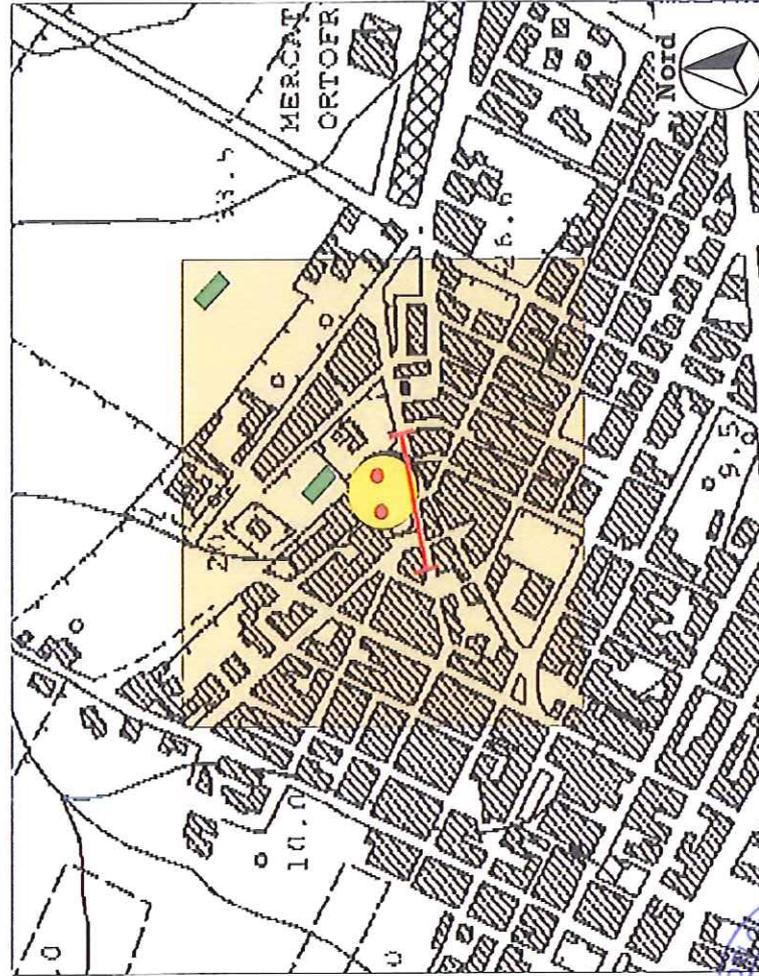
Progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica
dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo «Elio Vittorini» C.M. RGIC81300P
Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione di Scicli

SEZIONE
Scala 1:100



Progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica
 dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo «Elio Vittorini» C.M. RGIC81300P
 Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione di Scicli

UBICAZIONI INDAGINI Scala 1:2.000



- 
 Istituto scolastico «Elio Vittorini», pozzetti esplorativi.
 Prelievo campioni calcarenitici
- 
 Strati di calcareniti dure grigio-biancastre
 ben cementate dallo spessore di 30 cm circa,
 regolarmente alternate a strati calcareo-marmosi.
 F.ne Ragusa - Mb. Irmínio (*Miocene Medio*)
- 
 Indagine sismica di tipo S-H
- 
 Affioramenti calcarenitici -
 Prove sclerometriche e classificazione
 geomeccanica di Bieniawsky



Progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica
dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo «Elio Vittorini» C.M. RGUC81300P
Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione di Scicli

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1 - 2 - Affioramenti calcarenitici presenti in uno scavo limitrofo. Valutazione geomeccaniche, classificazione di Bieniawsky e prove sclerometriche.



Progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica
dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo «Elio Vittorini» C.M. RGIC81300P
Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione di Scicli

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1 - 2 - Pozzetto esplorativo lato sud fabbricato. Dopo uno spessore di circa 50-60 cm di riporto e terreno agrario affiorano le calcareniti del Mb. Irminio F.ne Ragusa. In questo pozzetto è stato prelevato un campione di roccia sottoposto a prova di compressione monoassiale.



Progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica
dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo «Elio Vittorini» C.M. RGIC81300P
Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione di Scicli

**DOCUMENTAZIONE
FOTOGRAFICA**

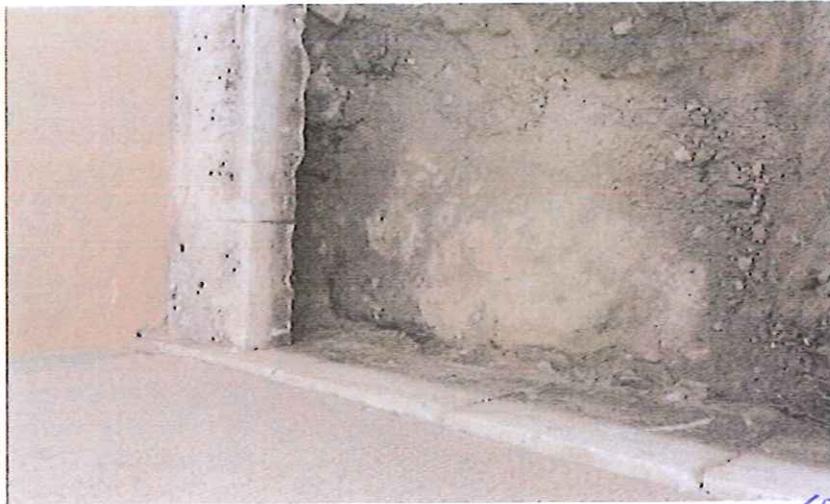
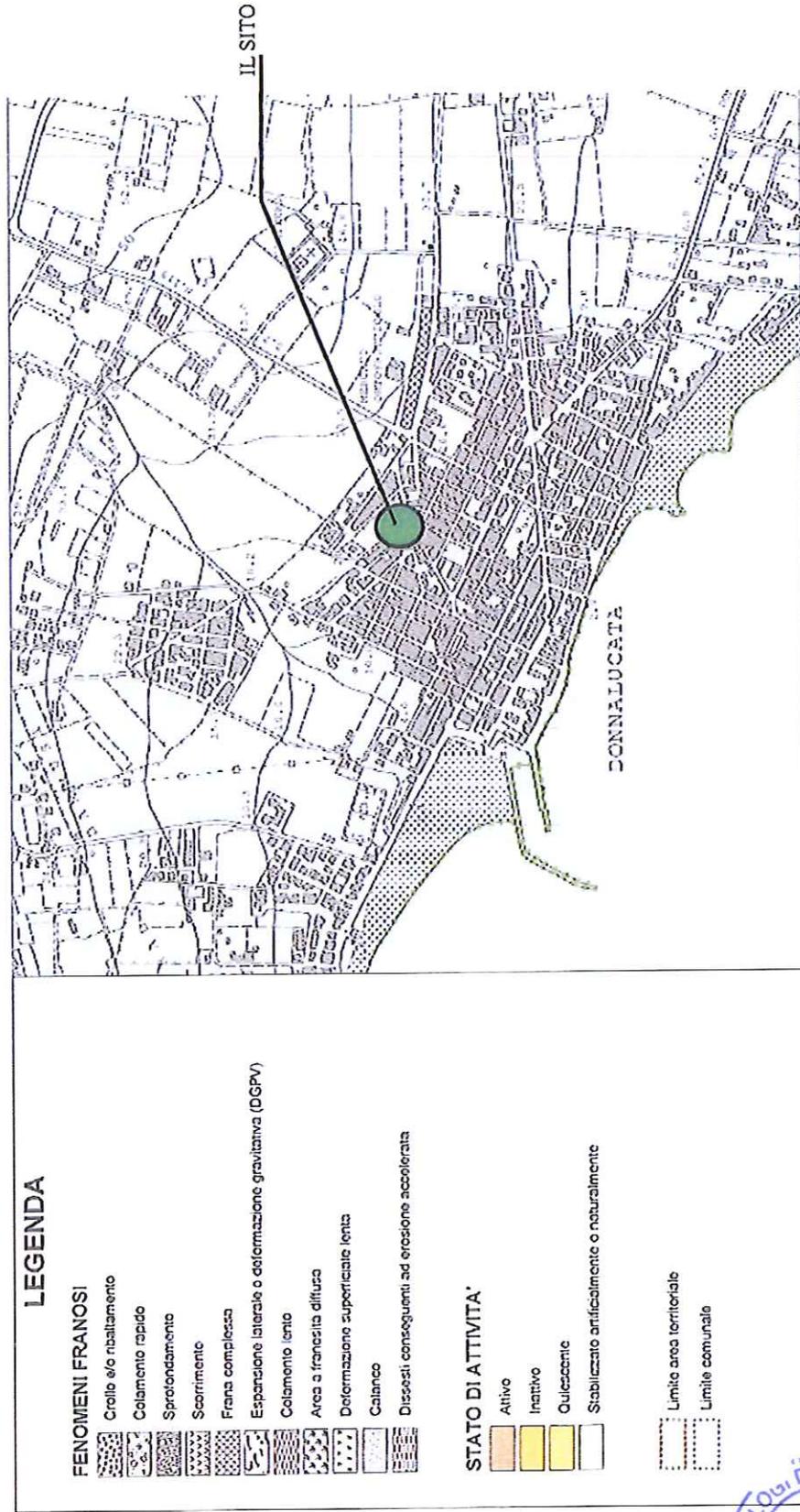


FOTO 1 - 2 - Pozzetto esplorativo lato nord fabbricato. Si nota che le fondazioni poggiano sulle calcareniti.
In questo pozzetto è stato prelevato un campione di roccia sottoposto a prova di compressione monoassiale.



Progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica
 dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo «Elio Vittorini» C.M. RGIC81300P
 Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione di Scicli

STRALCIO P.A.I.
 CARTA DEI DISSESTI



STRALCIO P.A.I.
 CARTA DELLA PERICOLOSITA'
 IDRAULICA

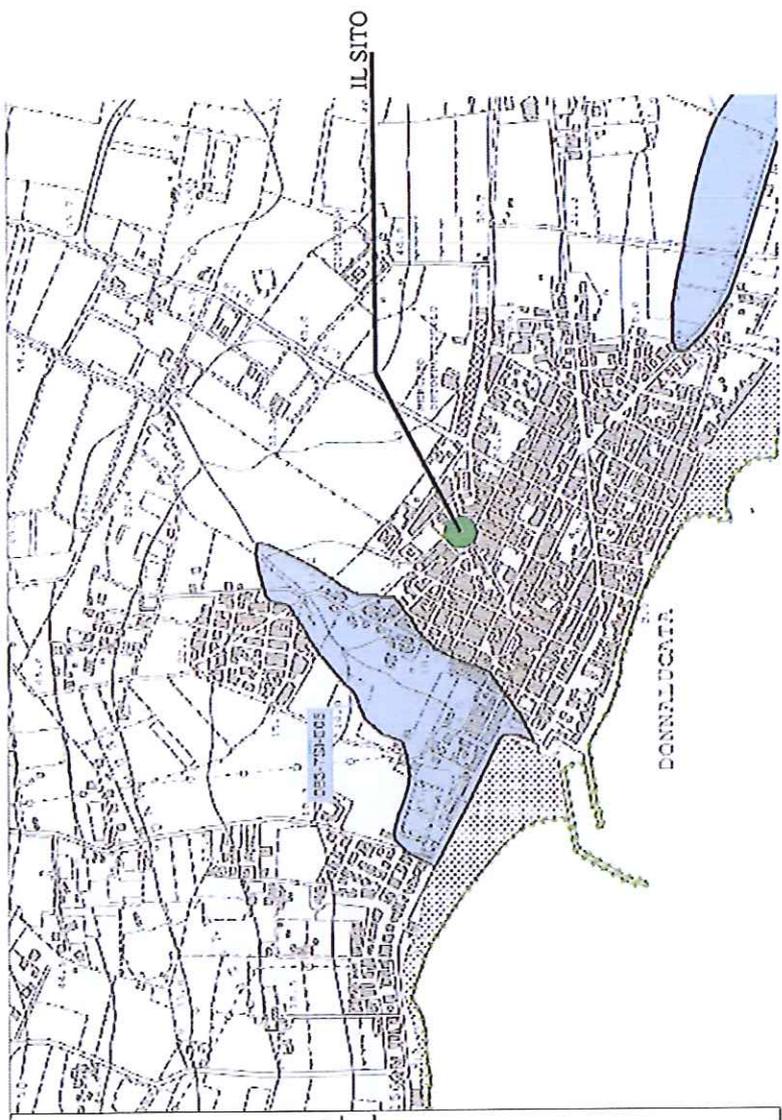
Progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica
 dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo «Elio Vittorini» C.M. RGIC81300P
 Scuola Primaria ubicata in via Milizie a Donnalucata frazione di Scicli

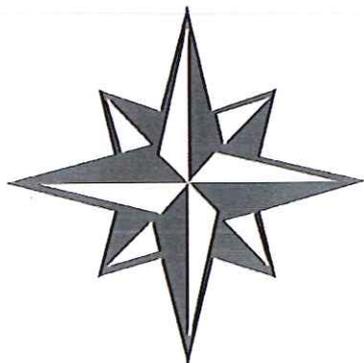
**CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA
 PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N° 19**
 Anno 2005

Scala 1:10.000

LEGENDA

- P1 Pericolosità massima
- P2 Pericolosità media
- P3 Pericolosità elevata
- Sito d'attenzione





COMUNE DI SCICLI

OGGETTO: *indagine geosismica a rifrazione S-H effettuata in via delle Milizie, Donnalucata, frazione del Comune di Scicli, inerente il progetto di adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica dell'edificio scolastico appartenente all'Istituto Comprensivo "Elio Vittorini".*

INDAGINE GEOSISMICA A RIFRAZIONE S-H

Committente:

COMUNE DI SCICLI

IL GEOLOGO

(Dott. Roberto Barone)

Roberto Barone
Dott. Geol.
BARONE
ROBERTO
n. 2746
Sez. A
REGIONE DEL SICILIA

INDAGINE GEOSISMICA A RIFRAZIONE SH

- PREMESSA

Su incarico conferitomi dal **COMUNE DI SCICLI** al fine di realizzare un adeguamento sismico e diagnosi sismica ed energetica dell'edificio appartenente all'Istituto Comprensivo "*Elio Vittorini*" sito in via Milizie, Donnalucata, frazione di Scicli, è stata prevista una campagna di indagini sismica a rifrazione di tipo S-H tesa ad accertare le caratteristiche stratigrafiche, le velocità dei sismostrati e la valutazione dei moduli elastici dei terreni insistenti nel lotto il tutto in conformità alle norme dettate dal *ASTM D 5777 - 95*, *D.M. LL. PP. 11/03/1988* e dal *D.M. LL. PP. 14/01/2008*.

- ANALISI SITUAZIONE GENERALE e SCELTA METODO INDAGINE

L'indagine effettuata è stata valutata relativamente alla necessità di avere un grado di conoscenza maggiore della stratigrafia, velocità dei sismostrati e dei moduli elastici del substrato dove sono poste le fondazioni dell'Istituto scolastico in oggetto.

La tecnica utilizzata è quella del sondaggio geosismico a rifrazione S-H, con l'analisi della traccia sismica generata da una massa battente e rilevata da un sistema di geofoni **ORIZZONTALI** in linea ubicati nei pressi del sedime fondazionale.

La metodologia in esame, permette la rilevazione dei primi tempi delle singole tracce sismiche rilevate nei singoli geofoni vengono rielaborate tramite software, attraverso il quale si arriva alla restituzione grafica dei sismostrati e all'elaborazione dei vari indici dinamici.

La stratigrafia, da affioramenti e conoscenze personali è costituita dalla sola Alternanza calcarenitico marnosa del Mb. Irminio della F.ne Ragusa ricoperta da uno strato di suolo agrario di circa 30 cm.

Il sedime fondazionale è orizzontale.

-CARATTERISTICHE APPARECCHIATURE

L'apparecchiatura dotata di dichiarazione di conformità è composta da:

- sismografo PASI LCM-03
- sistema di geofoni orizzontali 4,5 hz, marca PASI;

-
- cavi sismici;
 - mazza battente da 8-9 kg
 - parallelepipedo in legno con protezioni laterali in acciaio;
 - geofono starter;

- METODOLOGIE DI ACQUISIZIONE

Le operazioni sono state eseguite secondo le seguenti procedure:

- posizionamento cavo di trasmissione;
- posizionamento e bloccaggio geofoni;
- posizionamento parallelepipedo in legno con protezioni in acciaio e geofono Start;
- collegamento cavetteria al Sismografo;
- energizzazione;
- acquisizione energizzazioni, visualizzazione dei sismogrammi;
- registrazione dei dati acquisiti su memoria;

La prova consiste nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali per la generazione delle onde P e S orizzontali per la generazione delle onde S-H e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie, a distanze note e prefissate mediante sensori a componente orizzontale.

Il sistema sorgente per le onde S-H è generalmente costituito da un parallelepipedo di forma tale da poter essere colpito lateralmente ad entrambe le estremità con una massa pesante. E' importante che il parallelepipedo venga gravato di un carico statico addizionale in modo che possa rimanere aderente al terreno sia al momento in cui viene colpita sia successivamente, affinché l'energia prodotta non venga in parte dispersa. Con questo dispositivo è possibile generare essenzialmente delle onde elastiche di taglio polarizzate orizzontalmente, con uniformità sia nella direzione di propagazione che nella polarizzazione e con una generazione di onde P trascurabile.

La sorgente viene attivata producendo, su un lato del parallelepipedo, una sollecitazione che attiva il *trigger* e si propaga dalla sorgente verso i ricevitori con vibrazioni di tipo SH, dirette perpendicolarmente alla direzione di percussione e polarizzate sul piano orizzontale. Poiché si

devono ricavare onde SH, per consentire la registrazione di dati di buona qualità è necessario produrre alla sorgente due onde di polarità opposta e sommare/sottrarre battuta sinistra e battuta destra, in modo da individuare meglio l'istante di primo arrivo (*metodo cross-over*).

E' preferibile che questa operazione venga eseguita direttamente in campagna, ovvero in fase di acquisizione, ed è per tale motivo che la strumentazione utilizzata deve essere in grado di eseguire l'inversione di polarità.

- RISULTATI FINALI

Come è noto, si suppone che, nell'ambito della porzione di sottosuolo indagata, la distribuzione delle velocità sismiche sia crescente con la profondità; questa infatti è la condizione necessaria affinché si verifichi il fenomeno della doppia rifrazione, attraverso il quale, il treno d'onde sismico generato è in grado di essere registrato dai geofoni posti in superficie. Altrimenti, si potrà incorrere nel fenomeno cosiddetto dell'orizzonte muto, ovvero nell'impossibilità di poter distinguere ed individuare strati con velocità di propagazione delle onde sismiche inferiori rispetto ai livelli sovrastanti.

Dall'indagine eseguita in sito si evince l'esistenza di due pseudo-sismostrati principali aventi velocità delle onde P e S diversa ma con un andamento crescente con la profondità:

<i>sismostrato s1</i>	$V_p = 1.200 \text{ m/s}$	$V_s = 600,00 \text{ m/s}$
<i>sismostrato s2</i>	$V_p = 2.300 \text{ m/s}$	$V_s = 1.314,60 \text{ m/s}$

CALCOLO V_{s30} :

Nelle definizioni delle categorie, in funzione della velocità media di propagazione delle onde di taglio entro i primi 30 metri di profondità, viene considerata la seguente espressione:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

dove:

h_i = spessore (*in metri*) della *i*-esima formazione o strato compreso nei primi 30 metri di profondità dal piano di posa delle fondazioni.

V_i = velocità delle onde di taglio nella stessa formazione o strato;

n = numero di formazioni o strati compresi nei primi 30 metri di profondità.

Dalla prova sismica a rifrazione SH eseguita in loco, il valore del V_{s30} calcolato è:

$$V_{s30} = 1.198,50 \text{ m/sec}$$

- Dal valore di V_{s30} scaturito il sedime fondazionale si classifica nella seguente categoria:

CLASSE A	<i>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.</i>
-----------------	---

IL GEOLOGO
(Dott. Roberto Barone)



PROSPEZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE Sh

Data: 15/12/2017 **Ubicaz. sondaggio:** Scicli - Donnaluca - Via Milizie **Quota s.l.m. (metri):** 20

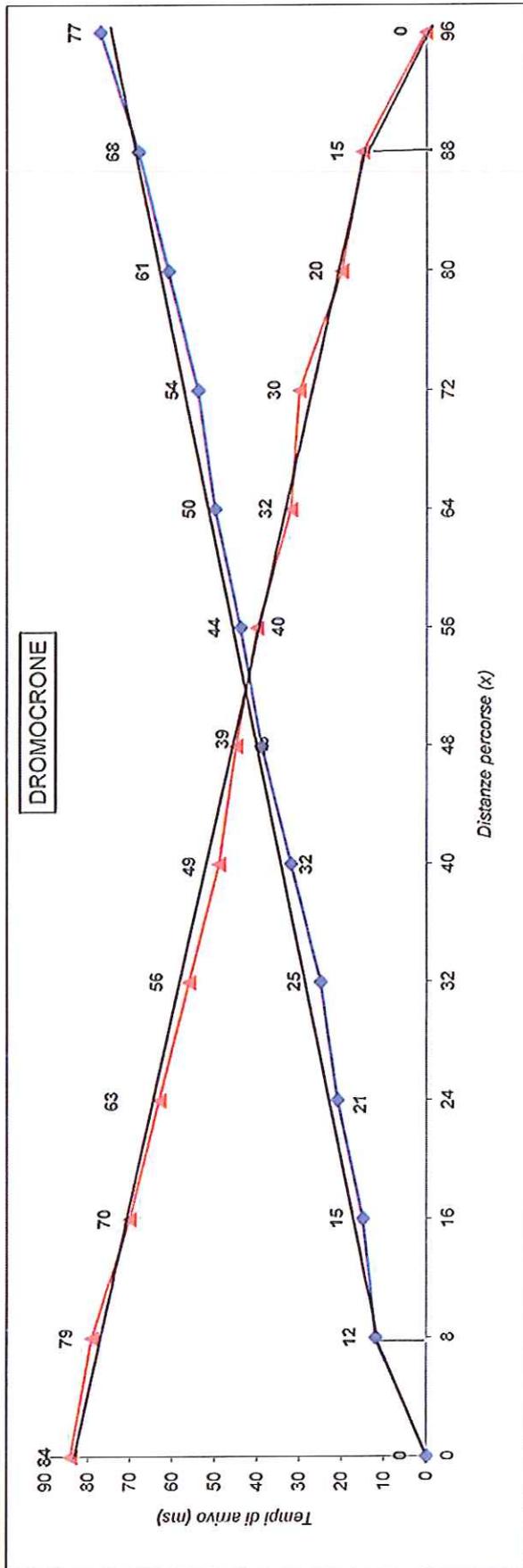
Numero geofoni:	12
Distanza geofoni (m):	8
Lungh. sondaggio (m):	96
Prof. indagata (m)	30

	Starter	S1	S2	S3	S4	S5	S6	S7	S8	S9	S10	S11	S12
Distanze	0	8	16	24	32	40	48	56	64	72	80	88	96
Tempi andata	0	12	15	21	25	32	39	44	50	54	61	68	77
Tempi ritorno	84	79	70	63	56	49	45	40	32	30	20	15	0

	Dromocrona di andata				Velocità onde Sh in andata (m/s)		Velocità onde Sh in ritorno (m/s)	
	t	Δt	x	Δx	V1 =	V2 =	V1 =	V2 =
Punto di flesso 1	12	12	8	8	666,67	1353,85	533,33	1275,36
Punto di flesso 2	77	65	96	88				
Dromocrona di ritorno								
	t	Δt	x	Δx	Spessore strati in andata (m)		Spessore strati in ritorno (m)	
Punto di flesso 1	15	15	8	8	X1 =	X2 =	X1 =	X2 =
Punto di flesso 2	84	69	96	88	2,33	27,67	2,56	27,44

Spessori strati
 X1 AndataX1 Ritorno 2,33 2,56
 X2 AndataX2 Ritorno 27,67 27,44
 X3 AndataX3 Ritorno

PROSPERAZIONE SISMICA A RIFRAZIONE CON ONDE Sh

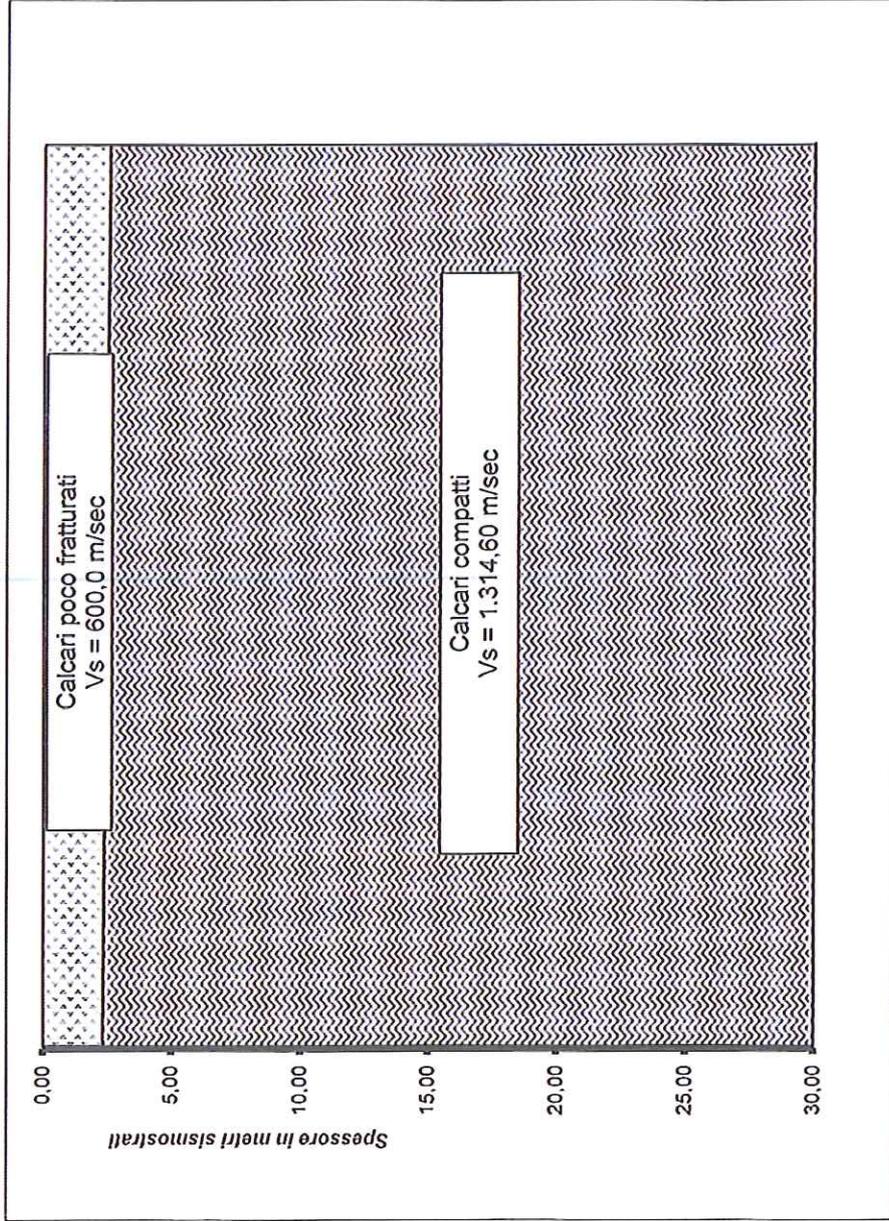


Data:	15/12/2017
Ubicaz. sondaggio:	Scicli - Donnaluca - Via Milizie -
Quota s.l.m. (metri):	20
Numero geofoni:	12
Distanza geofoni (m):	8
Lungh. sondaggio (m):	96

Velocità medie onde Sh (m/s)	
V1 =	600,0
V2 =	1314,6
V3 =	0,0

Pasi LCM-03
 Geofoni orizzontali PASI 4,5 Hz
 Mazza 9 kg

STRATIGRAFIA



Moduli elastici e rigidità sismica

Velocità onde P (m/s)			Velocità onde S (m/s)			Modulo di Poisson			Mod. incompressibilità (kg/cm ³)		
Vp1	Vp2	Vp3	Vs1	Vs2	Vs3	v1	v2	v3	K1	K2	K3
1200,0	2300,0		600,00	1314,60		0,33	0,26		18722	66753	
Modulo elastico (kg/cm ²)			Modulo di taglio (kg/cm ²)			Densità (g/m ³)			Rigidità sismica (km/s ² g/cm ³)		
Edin1	Edin2	Edin3	G1	G2	G3	J1	J2	J3	R1	R2	R3
18722	97165		7021	38637		1,95	2,24		1,17	2,94	



V_{s30} da prospezioni sismiche

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

h_i = Spessore in metri dello strato i-esimo

V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima

N = Numero di strati

Spessori strati	Litotipo	Spessore strato in metri	Velocità onda P misurata in sito (m/s)	Velocità onda S misurata in sito (m/s)	Rapporto spessore velocità	Tempi parziali in secondi (onda S misurata)
h_1	Calcarei poco fratturati	2,44		600,00	h_1/V_1	0,004
h_2	Calcarei compatti	27,56		1314,60	h_2/V_2	0,021
h_3				0,00	h_3/V_3	0,000
h_4					h_4/V_4	0,000
h_{totale}		30			$\sum h_i/V_i$	0,025

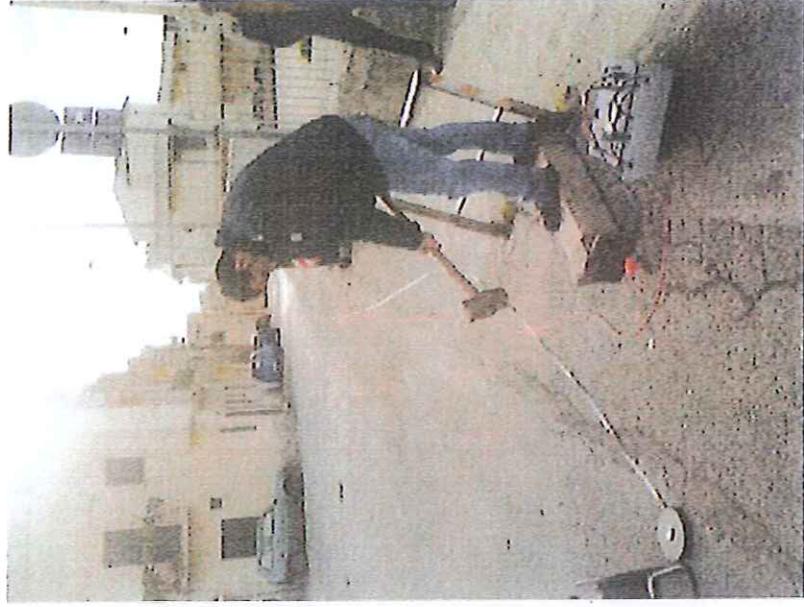


FALSCO V_{s30} (misurata) = 30 / 0,025 = 1198,50 m/s

NON APPLICATO

INDAGINE SISMICA A RIFRAZIONE SH
Via Milizie, Frax. Donnalucata, Scicli

**DOCUMENTAZIONE
FOTOGRAFICA**



ORDINE REGIONALE DEI GEOLOGI DI SICILIA
Dott. Geol.
BASONE
ROBERTO
n. 2740
Sez. A