

**S.G.T.**

STUDIO GEOLOGIA TECNICA - dott. geol. Adriano. Barbagallo

Via P. Nenni 5 - 95047 Paternò - cell. 3473830188 e-mail adrybarbagallo@gmail.com

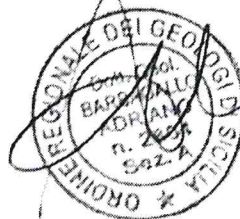
**COMUNE DI PATERNO'**  
**(Prov. CATANIA)**

"INTERVENTO SOSTITUTIVO PER LA RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA A SEGUITO DELL' INTERVENUTA DECADENZA DEI VINCOLI PREORDINATI ALL'ESPROPRIO DEL TERRENO SITO NEL COMUNE DI PATERNO' FG.51 PART. 2336 EX 1061".

**RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA**

**COMMITTENTE: SALAMONE MICHELANGELO**

**Dott. Adriano BARBAGALLO**  
**GEOLOGO**  
**Iscrizione O.R.G.2664**



## **INDICE**

### **PREMESSA**

#### **1.0. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

#### **2.0. INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO**

##### **2.1. Litologia del sito**

#### **3.0. IDROGEOLOGIA E GEOSTATICA**

#### **4.0. SISMICITA' DELL'AREA E PERICOLOSITA' SISMICA**

##### **4.1. Pericolosità ed azione sismica locale**

#### **5.0. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI**

##### **5.1. Parametri geotecnici di verifica**

### **Allegati:**

- **Carta geologica**
- **Risultati prova Masw**

## **PREMESSA**

Per "L' INTERVENTO SOSTITUTIVO PER LA RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA A SEGUITO DELL' INTERVENUTA DECADENZA DEI VINCOLI PREORDINATI ALL'ESPROPRIO DEL TERRENO SITO NEL COMUNE DI PATERNO' FG.51 PART. 2336 EX 1061", la Ditta Salamone Michelangelo, ha incaricato lo scrivente di redigere lo studio geologico dell'area direttamente interessata dal progetto.

Per lo studio di cui trattasi, oltre al rilevamento delle evidenze geologiche di superficie, ci si è valso degli elementi geologico-strutturali riportati nella Carta Geologica del M. Etna edita dal C.N.R. in scala 1:50.000.

Per quanto attiene la definizione del quadro parametrico competente l'imposta dei manufatti previsti in progetto, trattandosi di ammasso roccioso di natura lavica, si è proceduto ad una valutazione basata sulle evidenze geostrutturali dell'ammasso, sui dati tabulati riferiti a terreni assimilabili, per analogia, a quelli di cui al presente studio nonché sui numerosi dati emersi da terreni analoghi a quelli affioranti nel sito in studio.

Per la caratterizzazione del terreno sia in termini litostratigrafici che di risposta sismica locale, si è proceduto alla esecuzione di una prova MASW che ha permesso di interpretare stratigraficamente il sedime e determinare la categoria di suolo in base al valore Vs30 ottenuto.

Nelle presenti note, pertanto, si relazionerà sui seguenti aspetti inerenti l'area di progetto:

- Caratteri morfologici dell'area
- Geologia dell'area
- Idrogeologia e geostatica
- Sismicità dell'area e risposta sismica del terreno
- Caratteristiche fisico-meccaniche del sedime fondale

## **1.0. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO**

Il sito di interesse ricade in area ad alta densità abitativa con relative infrastrutture che hanno completamente obliterato l'originaria morfologia.

Negli anni cinquanta, questa porzione di tessuto urbano rappresentava la periferia meridionale della città sviluppatasi a ridosso delle attività estrattive costituite dalle cave di basalto.

Solo localmente oggi è possibile rilevare ancora spuntoni degli originari affioramenti di vulcaniti compatte, per lo più annegate nelle strutture di fondazione di diversi edifici.

L'altimetria dell'area risulta compresa tra 260 e 265 m. s.l.m. con assetto morfologico piuttosto regolare a causa dell'azione estrattiva subita ed ai conseguenti interventi infrastrutturali di regolarizzazione piano altimetrica dei resti delle originarie superfici aspre di colata.

La morfologia dell'area sulla quale insiste l'abitato, risulta nel complesso strettamente connessa agli eventi vulcanici che hanno interessato questa porzione del basso versante etneo ed ai rapporti di sovrapposizione di colate laviche, attribuibili all'attività dell'apparato vulcanico etneo.

In particolare, l'area in esame, ricade nel corpo di una colata lavica riferibile alla attività dei Centri Eruttivi dell'Ellittico (Mongibello Antico) ed in particolare alla Formazione Piano Provenzana.



## 2.0 INQUADRAMENTO GEOLITOLOGICO

L'area in studio, posta geograficamente nel basso versante meridionale etneo, è caratterizzata da numerose sequenze di lave e piroclastici riferibili all'attività dei differenti centri eruttivi che hanno contribuito, nel tempo, allo sviluppo dell'edificio etneo.

Le prime fasi di attività vulcanica dell'area etnea sono testimoniate dalle cosiddette "*vulcaniti pre-etnee*", costituite dalle lave a pillows, ialoclastiti e brecce di pillows, affioranti a sud-est del centro abitato di Paternò in loc. Giaconia, intercalate o sovrapposte alle argille marnose.

Il complesso vulcanico etneo si è sviluppato, dal punto di vista morfologico - strutturale, al letto del sistema di faglie ibleo-maltese che separa il bacino Ionico dal blocco Pelagiano e dal Plateau Ibleo.

L'attività vulcanica etnea va considerata quindi in stretta relazione con i processi estensionali (NNW-SSE) che interessano la zona di rifting che si sviluppa dal Plateau Ibleo alla Calabria settentrionale.

I prodotti dell'attività vulcanica che ha interessato ed interessa l'apparato etneo sono rappresentati da numerose colate di lave, cono di scorie e depositi di caduta, riferibili all'attività di differenti centri eruttivi raggruppati in tre principali unità vulcano-stratigrafiche denominati rispettivamente come Centri Eruttivi Alcalini Antichi, Unità del Trifoglietto e Unità del Mongibello.

Nell'area di stretto interesse si rileva la presenza sia dei prodotti dei Centri Eruttivi Alcalini Antichi, rappresentati da lave e piroclastiti poggianti direttamente o intruse nelle argille medio-pleistoceniche, che dell'Unità del Mongibello antico (Centri Eruttivi dell'Ellittico).

Le lave affioranti nell'area di progetto sono riferibili ad una imponente colata del Mongibello antico (Vulcano Ellittico ) riferita alla Formazione di Piano Provenzana.

Le lave in affioramento sono rappresentati da termini a struttura compatta con tessitura da afirica a porfirica con composizione hawaitica, associati a prodotti vulcanoclastici di tipo "scoriaceo" allo stato sia sciolto che rinsaldato.

Il carattere distintivo macroscopico fra le colate di diversa età, è rappresentato dalla morfologia di superficie connessa al grado di alterazione e degradazione fisica della roccia.

Spesso le coltri laviche sono coperte da uno strato di sedimenti incoerenti sciolti di colore bruno con abbondante scheletro di varie dimensioni, prodotti dai lenti processi di alterazione chimica e fisica dei *cappellacci* di colata.

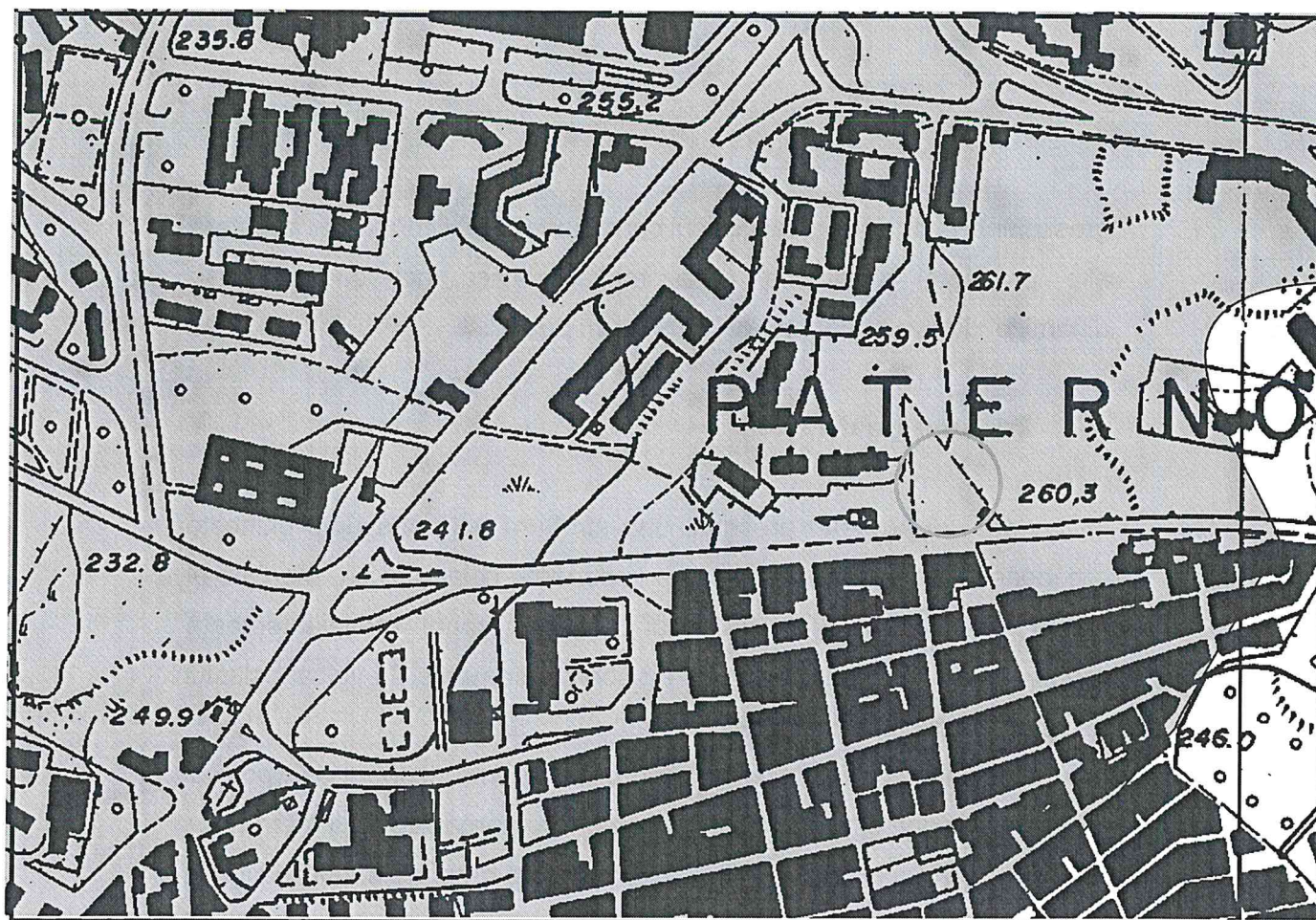
Questo sedimento raggiunge spessori compresi sempre nell'ordine di qualche metro, e comunque sempre legati alla morfologia della superficie di accumulo; generalmente sono proprio le acque meteoriche, nel loro breve percorso, che presiedono al trasporto, ovvero alla mobilitazione della frazione terrigena più fine, soprattutto dove questa non risulti fissata da alcuna forma di vegetazione spontanea o indotta.

I rapporti di giacitura tra i vari orizzonti compatti e vulcanoclastici sciolti variano localmente, così come i caratteri tessiturali propri della porzione a tessitura "scoriacea".

In seno agli ammassi lavici sono infatti frequenti " sacche " di prodotti lavici scoriacei eterometrici variamente addensati e sostenuti da una frazione vulcanica più fine, delle dimensioni di una sabbia



# CARTA GEOLOGICA



Legenda

Scala 1:10.000



Alluvioni attuali  
*Olocene*



Lave dei Centri Eruttivi dell'Ellittico.(Mongibello Antico)  
*Pleistocene superiore*



Sito di progetto

grossolana o di una ghiaia, la cui condizione di giacitura è da imputare alle proprietà reologiche della massa lavica nel suo processo dinamico di avanzamento e "messa in posto".

## **2.1 Litologia del sito**

L'area di progetto presenta una struttura del sottosuolo piuttosto omogenea data la presenza di una imponente colata lavica riferibile ai Centri Eruttivi dell'Ellittico i cui prodotti sono prevalentemente rappresentati da termini compatti e subordinatamente da vulcanoclastiti allo stato sciolto e/o rinsaldato.

I terreni vulcanici in posto sono diffusamente ricoperti da riporti di varia dimensione e natura il cui spessore raramente supera il metro.

Per i terreni in posto non esiste un preciso rapporto strutturale tra la facies compatta e scoriacea – sciolta: la presenza delle due facies si deve al complesso processo di avanzamento dei corpi di colata con distribuzione "casuale" delle varie facies litiche.

Nelle linee generali i livelli compatti presentano spessori dell'ordine di qualche metro con possibile rinvenimento di sacche e/o di interstrati di vulcanoclastiti allo stato sciolto.

L'analisi dei terreni caratterizzanti il substrato lavico-compatto, a parte lo strato superficiale a struttura scoriacea e localmente di "riporto", ha denotato una discreta omogeneità litica e continuità strutturale.



### **3.0 IDROGEOLOGIA E GEOSTATICA**

L'elevata permeabilità delle lave etnee impedisce lo sviluppo di un vero reticolo idrografico e limita il ruscellamento superficiale.

Le poche incisioni, soprattutto alle quote più basse sono poco sviluppate in lunghezza e profondità in quanto costituiscono linee d'impluvio attive solo per brevi periodi dell'anno, interessate dal deflusso delle acque solo per eventi di particolare intensità e durata.

Le incisioni di drenaggio superficiale sono impostate sui terreni vulcanici meno permeabili, come nel caso di spesse coperture di tufi alterati o di estese masse laviche compatte e non fratturate, o in zone dove la morfologia favorisce il deflusso delle acque al contatto tra le vulcaniti ed i terreni sedimentari che affiorano alla periferia del massiccio vulcanico.

Tutto il versante meridionale del vulcano Etna è caratterizzato da una successione estremamente eterogenea, nei volumi e nelle forme di orizzonti lavici molto permeabili, che ospitano acquiferi alimentati dalle precipitazioni invernali, poggianti su un substrato impermeabile di età variabile dal Tortoniano al Pleistocene.

Numerose sorgenti sono localizzate al contatto tra le vulcaniti ed il substrato impermeabile.

A volte, l'impermeabilizzazione della roccia è di natura secondaria, a causa dell'occlusione dei pori degli strati semipermeabili da parte dei materiali fini trasportati dalle acque di percolazione.

Possono così formarsi delle falde sospese che, quando la superficie topografica interseca la piezometrica, danno luogo a sorgenti di bassa

portata emergenti a quote relativamente alte.

La valutazione media annua di precipitazioni per tutto l'Etna è di circa 800 mm, di cui il ruscellamento rappresenta solo il 5%, l'evapotraspirazione circa il 20% mentre il 75% è rappresentato dall'infiltrazione efficace.

Nelle linee generali la struttura idrogeologica del massiccio etneo è articolata in varie aree di deflusso che presentano un andamento, approssimativamente, radiale ma con un asse eccentrico verso ovest il corrispondenza del culmine del basamento sedimentario.

Sulla base di dati geologici, strutturali e geofisici sono stati distinti, all'interno dell'area etnea, tre bacini idrogeologici principali tributari, rispettivamente del Simeto, dell'Alcantara e del mar Ionio.

All'interno di questi bacini risultano inserite distinte strutture più piccole ed in parte indipendenti tra di loro.

Il territorio di Paternò ricade nel bacino sud-occidentale tributario del F. Simeto. La natura vulcanica dei terreni affioranti nell'area, assicura condizioni di permeabilità generalmente elevata ( $K = 10^{-1} - 10^{-3} \text{ cm/sec}$ ) legata sia alla porosità dei termini sciolti che alla fessurazione di quelli compatti, in netto contrasto con il substrato argilloso e/o marnoso-arenaceo impermeabile ( $K = 10^{-8} - 10^{-9} \text{ cm/sec}$ ) del basamento.

La permeabilità dei terreni superficiali, alta principalmente per fessurazione ed in parte per porosità è, localmente, esaltata dall'accentuata tettonizzazione che si aggiunge alle discontinuità singenetiche e che assicura, anche per intensi eventi meteorici, la dispersione delle acque piovane nella falda freatica esistente nella fascia di contatto con la sottostante formazione basale delle argille marnose



grigio – azzurre del Siciliano affioranti localmente nell'area urbana della cittadina etnea.

Il sistema di deflusso delle acque di falda è regolato, nell'area in esame, dall'andamento del substrato argilloso e dei paleoassi in esso presenti che sostengono un acquifero generalmente libero e di notevole interesse, con piezometrica media posta a profondità di 1,50 2,50 m p.c.

Nell'area di stretto interesse il quadro geostatico, grazie alla natura lavica dei terreni affioranti, all'assetto morfologico ed all'assenza di agenti e processi morfogenetici risulta esente da instabilità in atto e/o potenziali.

L'area in esame inquadrata nel più ampio contesto territoriale della fascia pedemontana etnea (fascia orientale e meridionale), presenta lineazioni che si ricollegano alle direttrici tettoniche orientate essenzialmente secondo N-S ed ENE-WSW.

La densità delle lineazioni strutturali presenti in questa porzione del versante meridionale etneo indica una attività tettonica di scarso rilievo.

#### **4.0.SISMICITA' DELL'AREA E PERICOLOSITA' SISMICA**

L'area etnea è stata ed è interessata da eventi sismici la cui origine non va imputata alla sola attività endogena dell'Etna ma alla complessa situazione strutturale che caratterizza il complesso vulcanico etneo.

Numerosi e recenti studi geologici e sismologici dell'area etnea consentono una valutazione delle interazioni esistenti tra i fenomeni vulcanici e sismici e tendono ad attribuire i controlli dei sistemi strutturali, che caratterizzano l'apparato, al campo di stress regionali piuttosto che da tensioni generate dal sistema di alimentazione centrale del vulcano.

Il versante orientale e sud-orientale del M.Etna è quello che presenta una maggiore complessità tettonica per la presenza di diverse scarpate di faglia con orientazioni dirette secondo NW-SE e NNW-SSE.

Il sistema di lineazioni orientate a NW-SE presentano una locale superficialità con influenza non superiore ai 4 Km e con caratteri di strutture vulcano-tettoniche.

I sistemi orientati NNE-SSW e NNW-SSE agiscono a profondità maggiore ed assumono quindi una spiccata valenza tettonica ricollegandosi ai sistemi regionali di intensa attività dinamica. L'analisi dei dati macrosismici di numerosi terremoti etnei, mostrano le percentuali di frequenze azimutali degli assi di allungamento delle aree mesosismiche con frequenza massima in direzione SSE e ciò in buon accordo con l'orientazione delle principali strutture attive.

La complessità del quadro tettonico-strutturale dell'area etnea, non sempre consente la distinzione degli eventi sismici come vulcanici o tettonici a causa di una netta predominanza dei meccanismi di faglia diretta nei primi 7 Km della crosta.

In questo intervallo superiore si registra un regime distensivo che si sovrappone ad un regime compressivo più vecchio il quale agisce

a profondità maggiori, con eventi legati a meccanismi sia di faglia diretta che inversa.

Gli eventi sismico-vulcanici che si originano sia dai processi di microfratturazione che dalle fasi di degassamento dei condotti vulcanici, presentano una elevata attenuazione, tipica di un ipocentro poco profondo, con area megasismica di estensione limitata e con conseguenti ridotte dimensioni delle aree di danneggiamento.

Mentre questi eventi di natura vulcanica presentano un primo impulso con durata massima di 30 secondi circa, i sismi riconducibili ad un meccanismo di genesi per processi di fratturazione (tettonici) comprende eventi con primo arrivo impulsivo ed una durata compresa tra i 30 e i 90 secondi.

Una analisi statistica della sismicità strumentale del Catalogo Sismico ING, per gli anni dal 1975 al 1990, condotta da un gruppo di ricercatori dell'Istituto Nazionale di Geofisica di Roma, ha permesso, dall'analisi di 670 sismi con magnitudo  $M_d > 2.0$ , di identificare e classificare sia le serie sismiche (sciame, sequenze con o senza premonitriche) che le scosse isolate.

Tale studio, riferito agli ultimi quindici anni di attività sismica etnea, ha evidenziato:

- il 56% dell'attività sismica etnea si esplica sotto forma di sciame in analogia ad altre aree vulcaniche
- il 26% presenta sequenze sismiche con premonitriche mentre il restante 18% è rappresentato da scosse isolate
- la maggiore densità di sciame sismici si rileva in prossimità del cratere centrale cui segue la zona di M.Albano (a NW di Nicolosi) e quindi la cosiddetta zona delle timpe tra Giarre ed Acireale.

Il territorio di Paternò rientra in area interessata da scosse isolate e dallo studio sopra menzionato, è stato possibile accertare che la magnitudo  $M_d$  massima riscontrata è stata del 5.6/ 6.5 con conferma che l'area etnea non sembra capace all'accumulo e rilascio di grandi quantità di energia.

#### 4.1 Pericolosità ed azione sismica locale

Nei riguardi di terremoti che possono interessare il sito di intervento edificatorio, le Norme Tecniche (NTC 2018) fanno riferimento ad un approccio prestazionale, nei riguardi dell'azione sismica, per il controllo del livello di danneggiamento della costruzione.

La pericolosità sismica del sito costituisce il primo elemento di valutazione delle azioni sismiche di progetto a verifica dei diversi **stati limiti** presi in esame.

La **pericolosità e l'azione sismica locale** è definita considerando:

- a) accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (categoria A) ;
- b) ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$  con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza  $P_v$  nella vita di riferimento  $V_R$ .

La pericolosità sismica di un sito può essere calcolata conoscendo le aree sismogenetiche, la sismicità di tali aree (intesa come distribuzione

spaziale dei terremoti) ed il loro modello di attenuazione (la variazione degli effetti in rapporto alla distanza).

Le aree sismogenetiche sono rilevabili dalla zonazione sismo-genetica SZ9 recentemente pubblicata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che individua 42 zone sorgente marcate da un numero compreso tra 901 e 936 o con una lettera da A ad F e con delimitazione dipendente sia da elementi geologico-strutturali che dalle caratteristiche della sismicità.

La Sicilia e la Calabria sono state suddivise con zonazione riportata in Fig.4.

In particolare la Sicilia è stata suddivisa in cinque zone e di queste la zona 936 ingloba l'intera area etnea senza alcun riferimento ai sistemi tettonici presenti. In questa zona sono state riconosciute strutture sismogenetiche individuali, tra cui quelle responsabili degli eventi maggiormente distruttivi dell'area (faglia di S. Tecla per l'evento sismico del 1914, faglia di Moscatello per gli eventi del 1865 e 1911. In particolare la Sicilia è stata suddivisa in cinque zone e di queste la zona 936 ingloba l'intera area etnea senza alcun riferimento ai sistemi tettonici presenti. In questa zona sono state riconosciute strutture



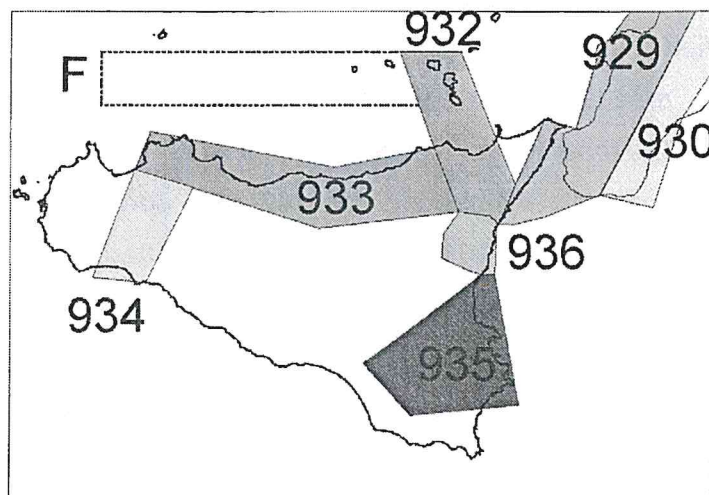


Fig. 1 Zonazione sismica SZ9 della Sicilia e Calabria meridionale.

sismogenetiche individuali, tra cui quelle responsabili degli eventi maggiormente distruttivi dell'area (faglia di S. Tecla per l'evento sismico del 1914, faglia di Moscatello per gli eventi del 1865 e 1911).

Le recenti analisi paleo-sismologiche hanno evidenziato, per l'area etnea, che la struttura a maggiore potenziale sismogenetico è la faglia della Pernicana, caratterizzata da elevati tassi di scorrimento (1,5-3 mm/anno) ed una dinamica prevalentemente a scatti.

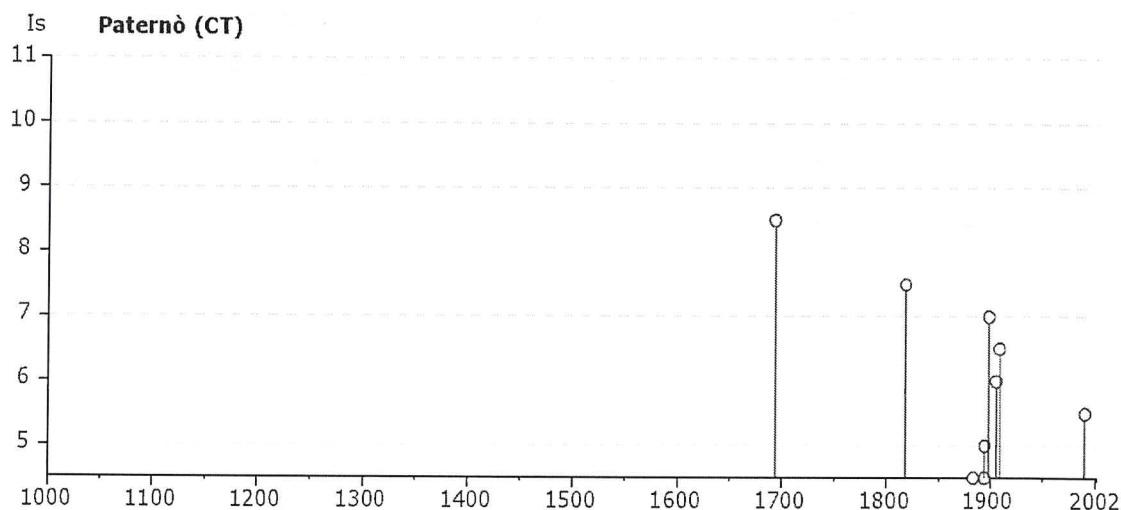
Per il territorio della città di Paternò, in cui ricade il sito di progetto, il livello di sismicità ed il relativo modello di attenuazione è stato valutato prendendo in esame i terremoti più importanti e le relative intensità. I dati sono stati forniti dal DBMI04-Database Macrosismico Italiano 2004, considerando solo gli eventi che hanno prodotto effetti di intensità al sito ( $I_s$ ) pari a superiore a 3 nella Scala Mercalli-Cancani-Sieberg.



Nella Fig. 8 è riportata la storia sismica della Città di Paternò e nella Tab.1 sono riportati gli eventi sismici ordinati per decrescente

Seismic history of Paternò [37.566, 14.902]							
Total number of earthquakes: 29							
Effects			Earthquake occurred:				
Is	Anno	Me Gi Or	Area epicentrale	Studio	nMDP	Io	Mw
8-9	1693	01 11 13 30	Sicilia orientale	CFTI	181	11	7.41
7-8	1818	02 20 18 15	Catanese	CFTI	127	9	6.00
4-5	1883	04 05	NICOLOSI	DOM	11	6-7	4.29
4	1886	06 05	ETNA	DOM	18	6-7	4.29
4	1892	07 09	ZAFFERANA ETNEA	DOM	19	5-6	4.09
3	1893	04 22 03 20	MONTALBANO	DOM	33	6-7	5.03
4-5	1894	08 08 05 16	Area etnea	CFTI	42	9-10	5.23
5	1894	11 16 17 52	Calabria meridionale	CFTI	299	8-9	6.05
7	1898	05 14 04 45	ADRANO	DOM	35	7-8	4.88
NF	1901	05 11 11 10	NICOLOSI	DOM	13	6-7	4.29
6	1905	09 08 01 43 11	Calabria	CFTI	827	11	7.06
NF	1906	06 02 00 12	MASCALUCIA	DOM	21	5-6	4.09
6-7	1908	12 28 04 20 27	Calabria meridionale	CFTI	786	11	7.24
4	1918	06 03 21 52	ADRANO	DOM	5	6	4.17
4	1949	10 08 03 08	NOTO	DOM	32	6-7	5.18
4	1959	12 23 09 29	PIANA DI CATANIA	DOM	108	6-7	5.23
NF	1975	01 16 00 09 45	Stretto di Messina	CFTI	346	7-8	5.38
3	1978	04 15 23 33 47	Golfo di Patti	CFTI	332	9	6.06
NF	1980	01 23 21	MODICA	DOM	122	5-6	4.63
3	1980	11 23 18 34 52	Irpinia-Basilicata	CFTI	1317	10	6.89
3	1985	06 13 21 18	ADRANO	INGVAM	57	5	4.18
NF	1986	10 29 23 18 05	PIANO PROVENZANA	INGVAM	74	6-7	4.43
3	1987	05 06 18 20	VALLONE LICODIA	INGVAM	13	5	4.04
3	1987	08 13 07 22 10	MALETTO	INGVAM	35	4-5	4.03
NF	1988	10 28 18 48 46	PIANO PERNICANA	INGVAM	66	6	4.47
5-6	1990	12 13 00 24 28	Sicilia sud-orientale	CFTI	304	7	5.68
NF	1998	05 22 11 54	NICOLOSI	INGVAM	29	5	3.95
4	2001	01 09 02 51	ZAFFERANA ETNEA	INGVAM	104	6	4.36
4	2002	09 06 01 21 29	PALERMO	INGVAM	132	6	5.89

Tab. 1- Eventi sismici



intensità al sito, con la data del terremoto, la denominazione dell'area dei maggiori effetti (AE), intensità epicentrale ( $I_0$ ) e la Magnitudo ( $M_w$ ).

Per la caratterizzazione della risposta sismica locale e la definizione degli spettri di risposta relativi ad uno stato limite, si è proceduto alla individuazione della pericolosità del sito, sulla base dei risultati del progetto S1-INGV, per poter quindi scegliere la strategia di progettazione e determinare l'azione di progetto tenendo conto delle modifiche prodotte dalle locali condizioni stratigrafiche e dalla morfologia di superficie.

La pericolosità sismica viene definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido, superficie topografica orizzontale (categoria A) nonché in termini di valori delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ , funzione di prefissate probabilità di eccedenza  $P_{VR}$  nel periodo di riferimento  $V_R$  (vedi Tab 3.2.1.)

**Tabella 3.2.1. - Probabilità di superamento  $P_{VR}$  al variare dello stato limite considerato**

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

L'opera di cui trattasi è ubicata nella periferia sud-orientale della città di Paternò con coordinate geografiche WGS 84 Lat 37.573852 - Lng 14.906936

Per il calcolo della pericolosità e della risposta sismica del sito è stato utilizzato il software- Spettri di risposta ver.1.0.3. ripreso dal sito del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici.

Alla probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  ci si deve riferire per l'individuazione delle azioni sismiche in ciascuno degli stati limite riportati in Tab. 3.2.1.

Per il calcolo del parametro  $P_{VR}$  (periodo di riferimento per l'azione sismica) corrispondente ai due stati limite SLE (stato limite di esercizio) e SLU (stati limite ultimi) si è fatto riferimento alla Tabella 3.2.II (DM 17.01.2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le costruzioni").

**Tabella C 3.2.II.- Valori di  $P_{VR}$  e  $T_R$  al variare di  $C_u$**

Stati Limite		Valori di $P_{VR}$			Valori di $T_R$ corrispondenti		
		$C_u=1.0$	$C_u=1.5$	$C_u=2.0$	$C_u=1.0$	$C_u=1.5$	$C_u=2.0$
<b>SLE</b>	SLO	81%	68,80%	64,60%	0,60 $V_R$	0,86 $V_R$	0,96 $V_R$
	SLD	63%	55,83%	53,08%	$V_R$	1,22 $V_R$	1,32 $V_R$
<b>SLU</b>	SLV	10%	9,83%	9,75%	9,50 $V_R$	9,66 $V_R$	9,75 $V_R$
	SLC	5%	4,96%	4,94%	19,50 $V_R$	19,66 $V_R$	19,75 $V_R$

Per la struttura in esame, il parametro  $V_R$  (vita di riferimento) risulta pari a:

$$V_R = V_n \times C_u = 50 \text{ anni}$$

essendo:

$V_n$  = vita nominale  $\geq 50$  anni

$C_u = 1.0$  coefficiente d'uso per Classe d'uso II°

Applicando il valore così ottenuto si ottengono, per ciascuna probabilità di superamento  $P_{VR}$  (con  $C_u = 1.0$ ), i valori di  $T_R$  corrispondenti anni (tempi di ritorno) rapportati agli stati limite SLE e SLU nonché i parametri sismici  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$ , valutati (vedi Tab. III) su sito di riferimento rigido orizzontale (categoria A) e gli spettri di risposta elastici per i diversi stati limite.

Tab.III – Valori dei parametri sismici  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno  $T_R$  associati a ciascuno SL.

STATO LIMITE	$T_R$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_0$ [-]	$T_c^*$ [s]
SLO	30	0,063	2,576	0,242
SLD	50	0,077	2,572	0,260
SLV	475	0,182	2,489	0,356
SLC	975	0,240	2,463	0,438

Per la definizione delle azioni sismiche che tengano conto delle specifiche condizioni del sito (litologia, stratigrafia, topografia etc.) si è proceduto alla determinazione dei coefficienti sismici ai sensi delle N.T.C. considerando un periodo di riferimento per l'azione sismica corrispondente allo stato limite ultimo (SLU) di salvaguardia della vita (SLV) che presenta una probabilità di superamento nel periodo di riferimento  $P_{VR}$  del 10% ed un periodo di ritorno  $T_R$  di 475 anni.

Sotto il profilo della risposta sismica, il sedime sottoposto a prova Masw ha fornito valori della  $V_{s30}$  pari a 319,9 m/s, e viene pertanto classificato come sottosuolo di **Categoria C**.

Trovandoci in condizioni di superficie topografica con **Categoria T1**, i parametri sismici indipendenti, assumono il seguente valore:

SLO:

Ss: 1,500  
Cc: 1,680  
St: 1,000  
Kh: 0,019  
Kv: 0,010  
Amax: 0,935  
Beta: 0,200

SLD:

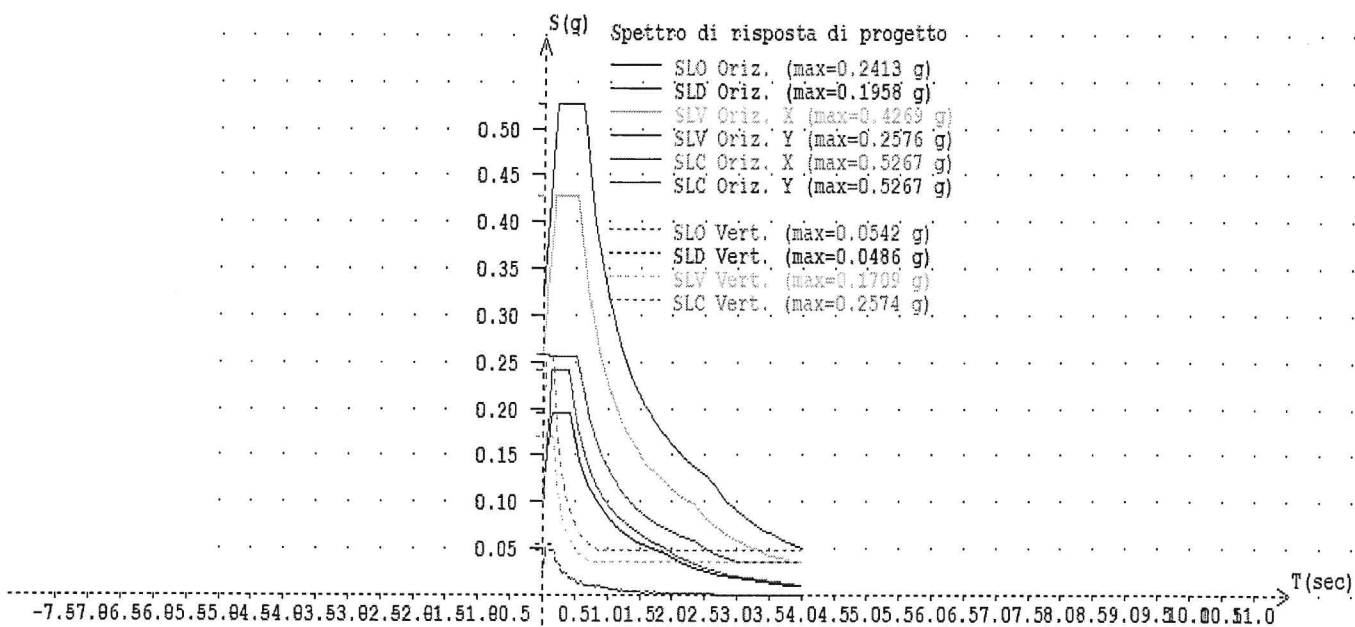
Ss: 1,500  
Cc: 1,640  
St: 1,000  
Kh: 0,023  
Kv: 0,012  
Amax: 1,139  
Beta: 0,200

SLV:

Ss: 1,430  
Cc: 1,480  
St: 1,000  
Kh: 0,062  
Kv: 0,031  
Amax: 2,553  
Beta: 0,240

SLC:

Ss: 1,350  
Cc: 1,380  
St: 1,000  
Kh: 0,091  
Kv: 0,045  
Amax: 3,179  
Beta: 0,280





## 5.0. CARATTERISTICHE TECNICHE DEI TERRENI

Per gli aspetti inerenti la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni interessati dal fabbricato, potrà farsi riferimento alle seguenti valutazioni di ordine tecnico-applicativo:

- I terreni di natura vulcanica, sono caratterizzati da due distinti litotipi (lave scoriacee sciolte e lave compatte)
- Entrambi i litotipi sono caratterizzati da elevate proprietà fisico meccaniche che, per fondazioni dirette, assicurano capacità portanti (da assoggettare a verifica) dell'ordine di 2,0-2,5 Kg/cm<sup>2</sup>
- Per la componente scoriacea, classificabile come terra del Gruppo A<sub>1</sub> sottogruppo A<sub>1-a</sub> (CNR-UNI 10008) i principali parametri geotecnici possono valutarsi come segue:
  - Peso di volume  $\gamma' = 1,8 \text{ t / m}^3$
  - Angolo di attrito  $\phi' = 40^\circ - 42^\circ$
  - coesione  $c' = 0 \text{ Kg / cm}^2$
  - Angolo di attrito a volume costante  $\phi'_{cv} = 36^\circ$
- Per le lave compatte, l'ammasso roccioso risulta caratterizzato dai seguenti parametri:
  - $\gamma' = 2,1-2,2 \text{ t/mc.}$
  - $\sigma_r = 750-900 \text{ Kg/cm}^2$
  - $\phi' = 40^\circ-45^\circ$  ( lungo i setti di fratturazione )
  - $c' = 0 \text{ Kg/cm}^2$  (lungo i setti di fratturazione )

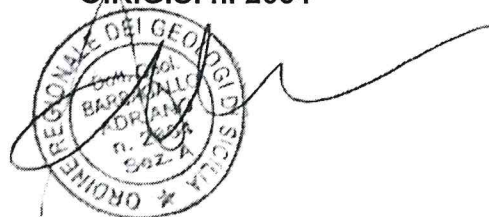
### 5.1. Parametri geotecnici di verifica

Per la verifica geotecnica delle fondazioni, nei confronti degli stati limite SLD-SLV , da effettuare con uno dei due approcci di normativa, il quadro parametrico di riferimento è quello di Tab.2 (con parametri  $M_2$  per la verifica globale- Approccio 1 Combinazione 2- cui sono stati applicati i coefficienti parziali  $\gamma_m$  della Tab. 7.2.1. -D.M. 14.09.2005).

**Tab.2 – Vulcanoclastiti**

Parametro	Coefficiente parziale	$M_2$	$M_1$
Angolo di attrito ( $\tan \varphi_k$ )	$\gamma(\varphi') = 1,25$	$\varphi'_k = 30^\circ$	$\varphi' = 36^\circ$
Coesione efficace	$\gamma(c') = 1,25$	$c'_k = 0 \text{ kg/cm}^2$	$c' = 0 \text{ kg/cm}^2$
Peso di volume	$\gamma(\gamma) = 1,00$	$\gamma_k = 1,85 \text{ t/m}^3$	$\gamma' = 1,85 \text{ t/m}^3$

**Dott. Adriano Barbagallo**  
O.R.G.S. n. 2664



**COMUNE DI PATERNO'**  
**PROVINCIA DI CATANIA**

**INDAGINI GEOFISICHE A SUPPORTO DEGLI STUDI GEOLOGICI  
RELATIVI ALL' "INTERVENTO SOSTITUTIVO PER LA  
RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA A SEGUITO DELL'  
INTERVENUTA DECADENZA DEI VINCOLI PREORDINATI  
ALL'ESPROPRIO DEL TERRENO SITO NEL COMUNE DI  
PATERNO' FG.51 PART. 2336 EX 1061".**

Località

**Comune di PATERNO'**

Vs Riferimenti

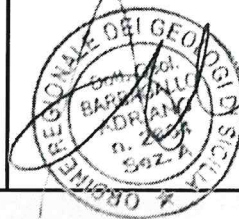
**RAPPORTO DI PROVA**  
**( MASW )**

✓ RELAZIONE DESCRITTIVA CON ELABORATI ANNESSI

✓ DOCUMENTI FOTOGRAFICI

IL COMMITTENTE  
Salamone Michelangelo

IL GEOFISICO  
Dott. Adriano Barbagallo



## **1.0 – PREMESSA**

Su incarico della Ditta Salamone Michelangelo, è stata eseguita un'indagine geofisica a supporto degli studi geologici relativi al progetto per l'INTERVENTO SOSTITUTIVO PER LA RIQUALIFICAZIONE URBANISTICA A SEGUITO DELL' INTERVENUTA DECADENZA DEI VINCOLI PREORDINATI ALL'ESPROPRIO DEL TERRENO SITO NEL COMUNE DI PATERNO' FG.51 PART. 2336 EX 1061".

Tali indagini hanno avuto l'obiettivo di completare il quadro conoscitivo dell'area, con specifico riferimento alla determinazione del tipo di sottosuolo al fine di valutare l'azione sismica di progetto secondo le più recenti normative antisismiche, a mezzo di n. 1 prove MASW.

## **2.0 – MASW**

Le NTC 2018, hanno definito la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica dove, oltre alle nuove metodologie di calcolo ingegneristico, è stata introdotta la classificazione dei suoli per la definizione dell'azione sismica di progetto sulla base del parametro  $V_{s,eq}$  equivalente. Questo rappresenta la velocità equivalente di propagazione delle onde S ed è calcolato mediante la seguente espressione:

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

dove  $h_i$  e  $V_{s_i}$  indicano rispettivamente lo spessore in metri e la velocità delle onde di taglio (per deformazioni di taglio  $\gamma < 10^{-6}$ ) dello strato  $i$ -esimo, mentre  $H$  indica la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  è definita dal parametro  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H = 30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

---

---



Il  $V_{s,eq}$ , così calcolato, consente la determinazione della categoria di sottosuolo secondo l'approccio semplificato di cui alla tabella 3.2.II delle succitate NTC 2018, secondo il seguente prospetto:

Tab. 3.2.II – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C e D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

A tal fine, l'indagine MASW (Multichannel analysis of surface waves), eseguita mediante sismica di superficie con l'impiego di geofoni verticali, consente la determinazione del parametro di riferimento  $V_{s30}$ . In questo caso, il profilo verticale delle Vs è ricavato per inversione diretta della curva di dispersione delle onde di Rayleigh (Dorman e Ewing, 1962).

In particolare, un'analisi spettrale specifica (overtone analysis) produce un grafico velocità di fase – frequenza – energia (quadrato di ampiezze), in cui si può distinguere il modo fondamentale delle onde di superficie attraverso il piccaggio dei massimi energetici. Tale piccaggio consente la determinazione della curva di dispersione ed il profilo 1D delle Vs per successiva inversione.

### **2.1 - Geometria dell'array ed apparecchiatura utilizzata**

Per l'acquisizione dei segnali nelle indagini sismiche è stato utilizzato

un sismografo modulare DAQlink III Serial Number 1333 a 24 canali, con conversione analogico-digitale a 24 bit, avente le seguenti principali caratteristiche:

- Range dinamico di sistema = 144 dB.
  - Range dinamico misurato a 2 msec > 118 dB.
  - Banda di acquisizione: DC - 15.000 Hz.
  - Filtri digitali: Taglia basso editabile dall'utente; Notch standard 50 o 60 Hz oppure ed editabile dall'utente; Taglia alto editabile dall'utente.
  - Accuratezza trigger: +/- 1 microsecondo per tutti i periodi di campionamento.
  - Impedenza: 100 K ohms.
  - Periodo di campionamento: 0.0208, 0.0625, 0.125, 0.250, 0.500, 1.00, 2.00, 4.00, 8.00, 16.00 msec.
  - Frequenza di campionamento: 48000, 16000, 8000, 4000, 2000, 1000, 500, 250, 125, 64, 5 campioni/secondo (Hz).
  - Lunghezza di registrazione: fino a 4 Gbytes / numero di canali.
- Ritardo pre-trigger: 10 secondi.

Come trasduttori per le onde longitudinali sono stati usati n° 24 geofoni verticali OYO Geospace, con frequenza propria di 4,5 Hz, innestati in apposito cavo sismico.

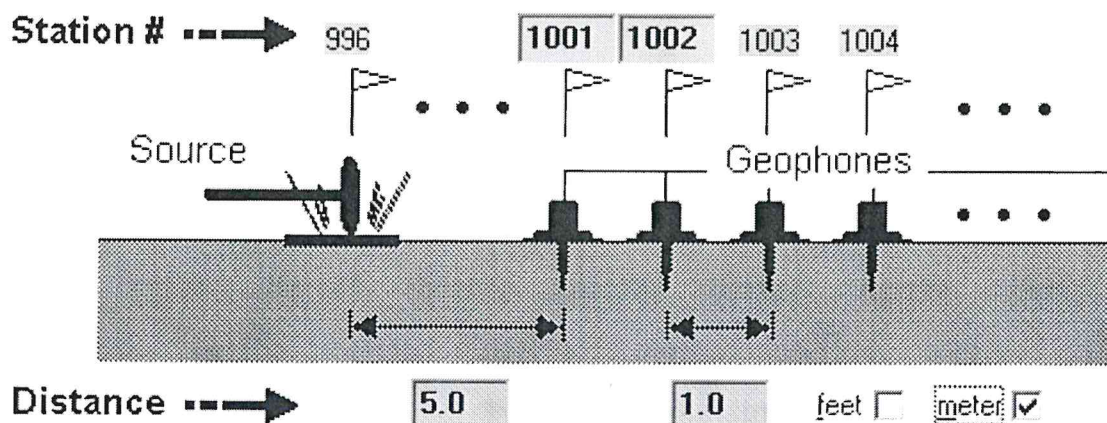
Come energizzatore sul terreno è stata utilizzata una massa battente di 8 kg. Il tempo ZERO è stato definito attraverso contatto elettrico mazza - piastra.

Le acquisizioni sono state effettuate utilizzando n. 1 array lineare composto da 24 geofoni, posizionati con distanza intergeofonica di 1,0 metri.

La sorgente è stata collocata ad una distanza di 3, 5 e 7 metri dal primo geofono, esternamente all'array come da schema seguente.

---

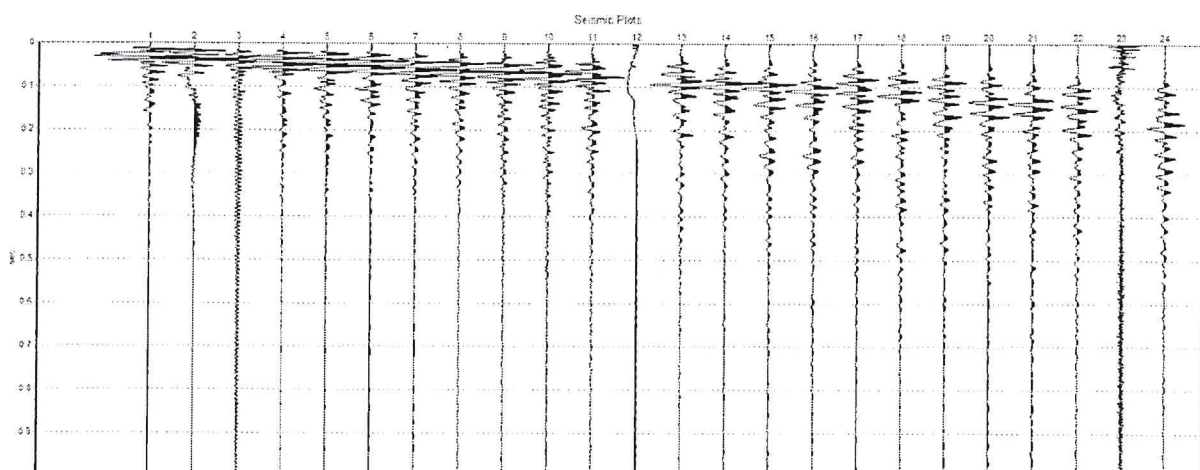




**MASW Int. G. 2.0 – Configurazione da campo con il tiro a 5.0 mt dal primo geofono**

Il periodo di campionamento utilizzato è di 1.0 millisecondi (frequenza di campionamento pari a 1000 Hz), con durata di acquisizione pari a 2 secondi. I dati relativi all'acquisizione MASW sono stati salvati in formato SEG-2 per le successive fasi di elaborazione.

Si riporta di seguito la registrazioni che ben evidenzia il treno d'onda Rayleigh, con buona e regolare emersione del segnale in rapporto al rumore ambientale abbastanza contenuto.



**MASW 01 – Tiro a 3 mt**

## **2.2 - Fasi di elaborazione**

Per l'interpretazione dei dati sono state eseguite le procedure di post-elaborazione come di seguito prospettato:

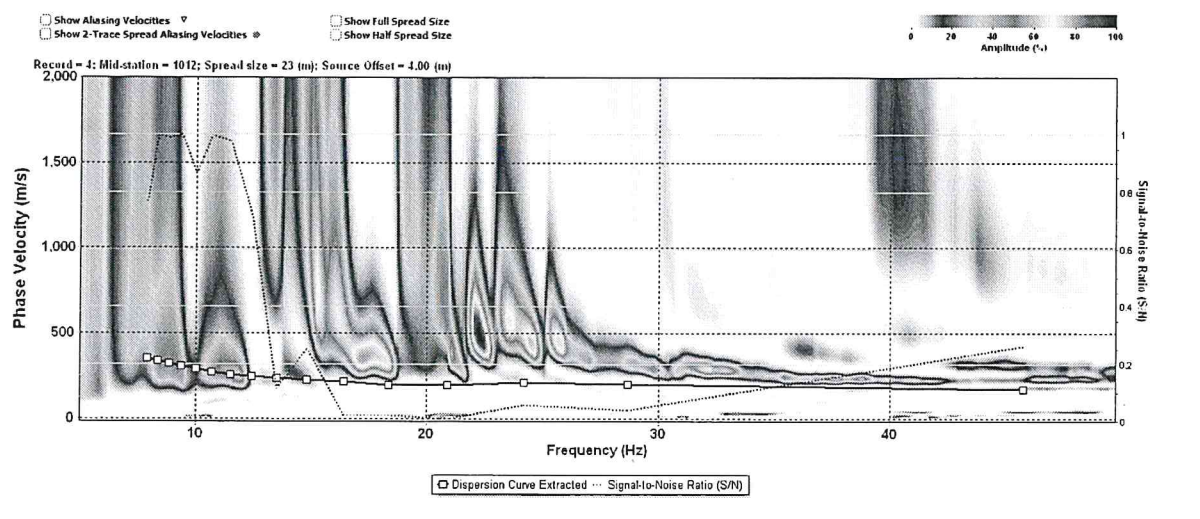
1. Collegamento dei file contenenti i dati da elaborare al progetto creato con procedure di esportazione in formato SEG2.
2. Fase di pre-processing con acquisizione delle tracce nel software di elaborazione e definizione dell'array.
3. Passaggio del sismogramma al dominio delle frequenze (analisi Overtone) e creazione di immagini costituite da spettri in potenza frequenza – velocità di fase (F-V).
4. Combinazione delle immagini migliori al fine di rafforzare i massimi energetici alle varie frequenze.
5. Estrazione della curva di dispersione sperimentale mediante interpretazione dell'immagine Overtone e piccaggio assistito dal software sul modo fondamentale ed eventuali modi superiori.
6. Fase di inversione, ovvero generazione di una curva di dispersione sintetica associata al profilo verticale di velocità delle onde S, che meglio approssima la curva di dispersione sperimentale ricavata dalle immagini di cui ai punti 4 e 5.
7. Calcolo del  $V_{s30}$  dai risultati della superiore successione.

Per l'elaborazione del progetto MASW è stato utilizzato il software *SurfSeis* 4 della Kansas Geological Survey, in licenza con n. seriale 3A1833, e "*Vibrascope*" seismic data acquisition system del sistema DAQ III, che hanno consentito l'esecuzione delle procedure specificate nei superiori punti.

---

## Elaborazione spettrale

Viene riprodotta di seguito l'immagine overtone della MASW eseguita. La seguente immagine mostra la curva di dispersione estratta attraverso lo spettro F-V, realizzato combinando i tiri specificati.



**MASW 01 – Spettro FV con curva di dispersione sul modo fondamentale**

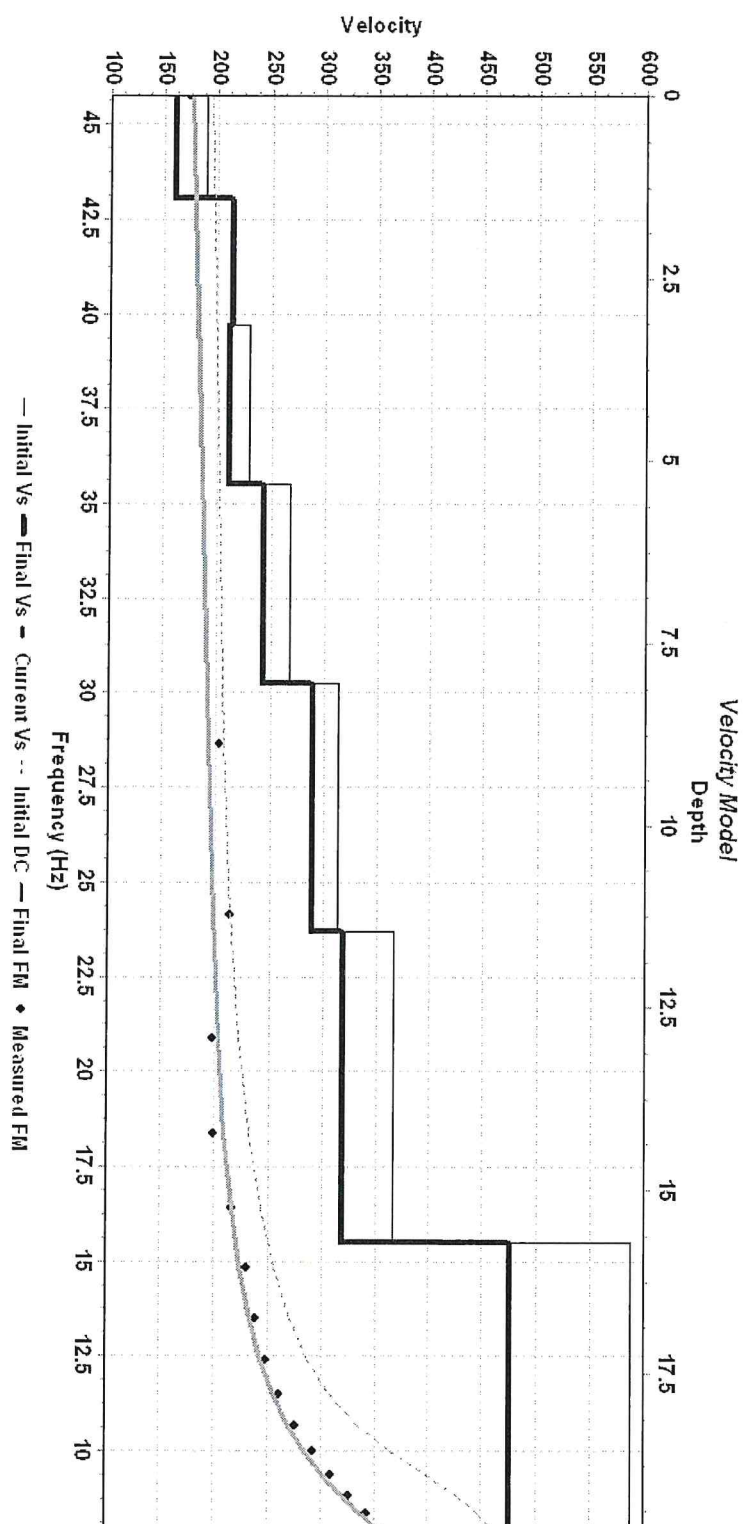
La suddetta figura mostra il modo fondamentale ben definito già nella fase iniziale, a frequenze maggiori di 7 Hz, sino al termine della finestra spettrale di interesse. I modi superiori sono poco visibili e non interferiscono né obliterano il modo fondamentale con le relative aree interessate dalle successive fasi di elaborazione.

## Inversione

Il processo di inversione consiste nella generazione di una curva di dispersione sintetica (linea continua), associata al modello monodimensionale (1-D) del profilo verticale di velocità delle onde S (spezzata blu), che approssima la curva di dispersione sperimentale (tratto a punti) ricavata dalle elaborazioni spettrali suddette.

Il processo di inversione è stato avviato con un modello di velocità a 7 strati, al fine di ottimizzare il processo di fittaggio della curva sperimentale.

Il profilo verticale di velocità, nonché la curva di dispersione sintetica e sperimentale, è rappresenta nel seguente elaborato grafico.



MASW 01 – Profilo verticale 1-D delle onde S



I valori numerici del grafico suddetto sono di seguito esposti, assumendo  $V_{s,eq} = V_{s,30}$ , ovvero ponendo  $H=30$  m per assenza di substrato di riferimento ( $V_{s,eq} > 800$  m/s) nei primi 30 m di sottosuolo.

MASW					
Strato	Profondità Letto (m)	Spessore (m)	$V_s$ (m/s)	$H / V_s$	RMSE
1	1.40	1.40	159.6	0.008744	6.2
2	3.14	1.75	213.7	0.008165	5.8
3	5.32	2.18	210.9	0.010339	5.5
4	8.05	2.73	242.4	0.011244	5.7
5	11.46	3.41	289.5	0.011773	5.6
6	15.72	4.26	317.7	0.013409	5.9
7	30.00	14.28	474.6	0.030096	5.8
			$V_{s,eq} \text{ (m/s)} = 319.9$		

Dai suddetti valori, quindi, è stato possibile estrarre il parametro  $V_{s,eq}$ , per estensione sino alla profondità di 30 mt del valore di  $V_s$  dell'ultimo strato, mediante la nota relazione:

$$\text{MASW } V_{s,eq} = V_{s,30} = 319.9 \text{ m/s}$$

### **3.0 CONCLUSIONI**

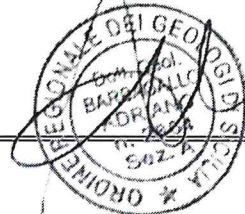
Le indagini MASW condotte nei siti di stretto interesse mostrano i seguenti risultati

$$\text{MASW } V_{s,eq} = V_{s,30} = 319.9 \text{ m/s}$$

con appartenenza a suoli di classe con  $180 \text{ m/s} < V_{s,eq} < 360 \text{ m/s}$ . Pertanto, a meno di diverse considerazioni di competenza del geologo, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, i terreni oggetto dell'indagine sono classificabili, ai sensi della tabella 3.2.11 delle NTC 2018, come sottosuoli di categoria "C".

**Il Geofisico**

Dott. Geol. Adriano Barbagallo



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

