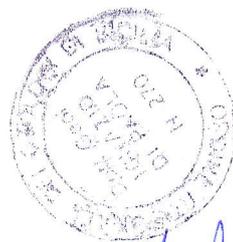


DI PAOLA & TOMASELLO
studio di geologia

**OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE PER LE OPERE
OCCORRENTI PER LA RIQUALIFICAZIONE DEL PRONTO
SOCCORSO E DELLE CONNESSE ATTIVITA' SANITARIE DEL
PRESIDIO OSPEDALIERO GARIBALDI CENTRO.**

**COMMITTENTE: AZIENDA OSPEDALIERA DI RILEVANZA NAZIONALE E DI
ALTA SPECIALIZZAZIONE "GARIBALDI"**

REP.N. DTMG/2213



A handwritten signature in blue ink, appearing to be "A. Di Paola".

**OGGETTO: RELAZIONE GEOLOGICA PRELIMINARE PER LE OPERE
OCCORRENTI PER LA RIQUALIFICAZIONE DEL PRONTO
SOCCORSO E DELLE CONNESSE ATTIVITA' SANITARIE DEL
PRESIDIO OSPEDALIERO GARIBALDI CENTRO.**

PREMESSA

Per incarico della Committenza è stata redatta la presente relazione geologica preliminare al fine di descrivere le caratteristiche morfologiche, geolitologiche e fisico-meccaniche dei terreni che saranno interessati dal progetto, per verificare l'idoneità geologica dell'area e procedere verso il progetto esecutivo per le opere in intestazione.

La relazione è stata eseguita in ottemperanza al **D.P.R. n° 207/2011 "Nuovo Regolamento Appalti", Sezione II, art.17**, con particolare attenzione al punto **d** che recita *"studi necessari per un'adeguata conoscenza del contesto in cui è inserita l'opera, corredati da dati bibliografici, accertamenti ed indagini preliminari, <omissis> atti a pervenire ad una completa caratterizzazione del territorio ed in particolare delle aree impegnate"* **18,19,20,21** del **OPCM 3274/2003** e del **D. M. 14/01/2008** che impone le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC).

Pertanto la stessa relazione è stata così articolata:

- inquadramento geografico e morfologico e geologico;
- inquadramento idrogeologico;
- cenni di sismicità;
- situazione specifica dell'area di interesse e caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni;
- indagini da svolgere, calcolo sommario e conclusioni.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E MORFOLOGICO E GEOLOGICO

L'area di interesse è ubicata nel Comune di Catania, ed è compresa all'interno della Tavoleta "Catania", F°270 IV S.E. edita dall'I.G.M. in scala 1:25000 e nella Carta Tecnica Regionale alla scala 1:10.000 nella Sezione n° 634050 "Misterbianco".

Morfologicamente l'area rientra al margine meridionale estremo della zona pedemontana etnea, nel settore centro orientale della Città di Catania.

Questa parte della Città (50 m s.l.m.) presenta una morfologia piuttosto acclive verso ENE, che si estende per uno dei suoi principali assi viari (il viale XX Settembre e Corso Italia per arrivare in Piazza Europa) praticamente fino a mare: questa pendenza influisce anche sul convogliamento delle acque di corrivazione nel caso di forti precipitazioni e quindi costituisce una via preferenziale per il deflusso superficiale e subsuperficiale.

È una zona fortemente antropizzata, dove non è possibile riconoscere i vecchi tratti della topografia dei luoghi.

Dal punto di vista geologico la zona è caratterizzata da diverse formazioni vulcaniche sovrapposte tra loro e marginali rispetto all'edificio vulcanico etneo, appartenenti tutte all'attività del cosiddetto "Mongibello recente", e da formazioni sedimentarie quaternarie in affioramento a SE della zona di interesse.

La successione stratigrafica, limitatamente all'area di interesse ed ai suoi dintorni, riportata nell'allegato stralcio geologico, è la seguente dall'alto verso il basso:

Riporto

Il terreno di riporto, che è presente a SE della zona di interesse, è costituito da terreni di natura prevalentemente vulcanica sotto forma di grossi blocchi misti a breccie e suoli; è presente anche materiale eterogeneo e artificiale, derivante da resti archeologici, crolli di edifici storici e scarti edilizi.

Lave del 1669

Questa colata, che raggiunge spessori anche di 15 m, ha invaso da NNW verso SSE la città di Catania. La morfologia superficiale è caratterizzata da grossi lastroni scoriacei e

autoclastici sparsi. In altri punti la lava si presenta con ampie increspature, formatesi dal lento fluire della lava. Si rinvencono, in alcune fenditure di questa colata, cristalli di ematite. Affiora estesamente a W e SW del sito di interesse.

Lave di Cibali

A N e NE della zona di interesse affiora una vasta colata lavica chiamata “Lave di Cibali”, datata 152 d.C.. Queste lave si presentano molto disomogenee nella struttura essendo interessate da irregolari e numerosi orizzonti scoriacei e cavità. Le stesse lave hanno raggiunto il centro di Catania ed in particolare l’area di Piazza S. Maria di Gesù. Lo spessore di queste lave raggiunge i 20 m circa.

Lave dei Fratelli Pii

Queste vulcaniti che sono attribuibili ad eventi eruttivi del 693 a C. comprendono lave e vulcanoclastiti e sono chiamate “dei Fratelli Pii”. Rappresentano la base fondazionale di alcuni quartieri di Catania, fra cui quello su cui insiste gran parte dell’Ospedale Garibaldi tra cui le opere in progetto. Caratteristica di queste vulcaniti è la loro eterogeneità litologica e strutturale, riferibile a vicende eruttive molto complesse e poco chiare. Sono caratterizzate da una morfologia superficiale costituita da grossi lastroni scoriacei passanti ad una facies massiva, a struttura porfirica, con fenocristalli di Plagioclasio e una spiccata colorazione grigio-rosata.

Lo spessore complessivo di queste lave è mediamente intorno ai 20 m, ma localmente può superare i 30 m, anche per la sovrapposizione di varie di unità di flusso.

Successioni sedimentarie

Alluvioni recenti e Terrazzi marini

Le Alluvioni recenti sono di età olocenica: sono costituite da sabbie limose e limi argillosi e da sporadici livelli ghiaiosi. In particolare l’origine di questi depositi, riscontrabili anche a poca distanza dal sito di interesse, è probabilmente lacustre (del cosiddetto “lago di Nicito”).

I terrazzi (Terrazzo di Acquicella, ad E del sito, e Terrazzo di Corso Indipendenza, a NNW del sito) sono di età pleistocene superiore e sono costituiti da sabbie medio-fini con intercalazioni di ghiaie, che verso l'alto passano a conglomerati in matrice sabbiosa.

Argille e sabbie

Il "bed-rock", su cui poggiano le rocce vulcaniche e anche le alluvioni recenti, è costituito da argille e sabbie che rappresentano sedimenti marini di acque profonde, di età pleistocenica. Si tratta di argille e argille marnose pleistoceniche di colore grigio-bluastrò, al taglio fresco, e prevalentemente giallastre nelle parti alterate. Verso l'alto, le argille presentano livelli argilloso-sabbiosi, alternati a livelli lenticolari di sabbie giallo brune dove, a luoghi, si evidenziano strutture nodulari di argille rimaneggiate, che nell'insieme rappresentano i livelli alti dell'unità.

LEGENDA

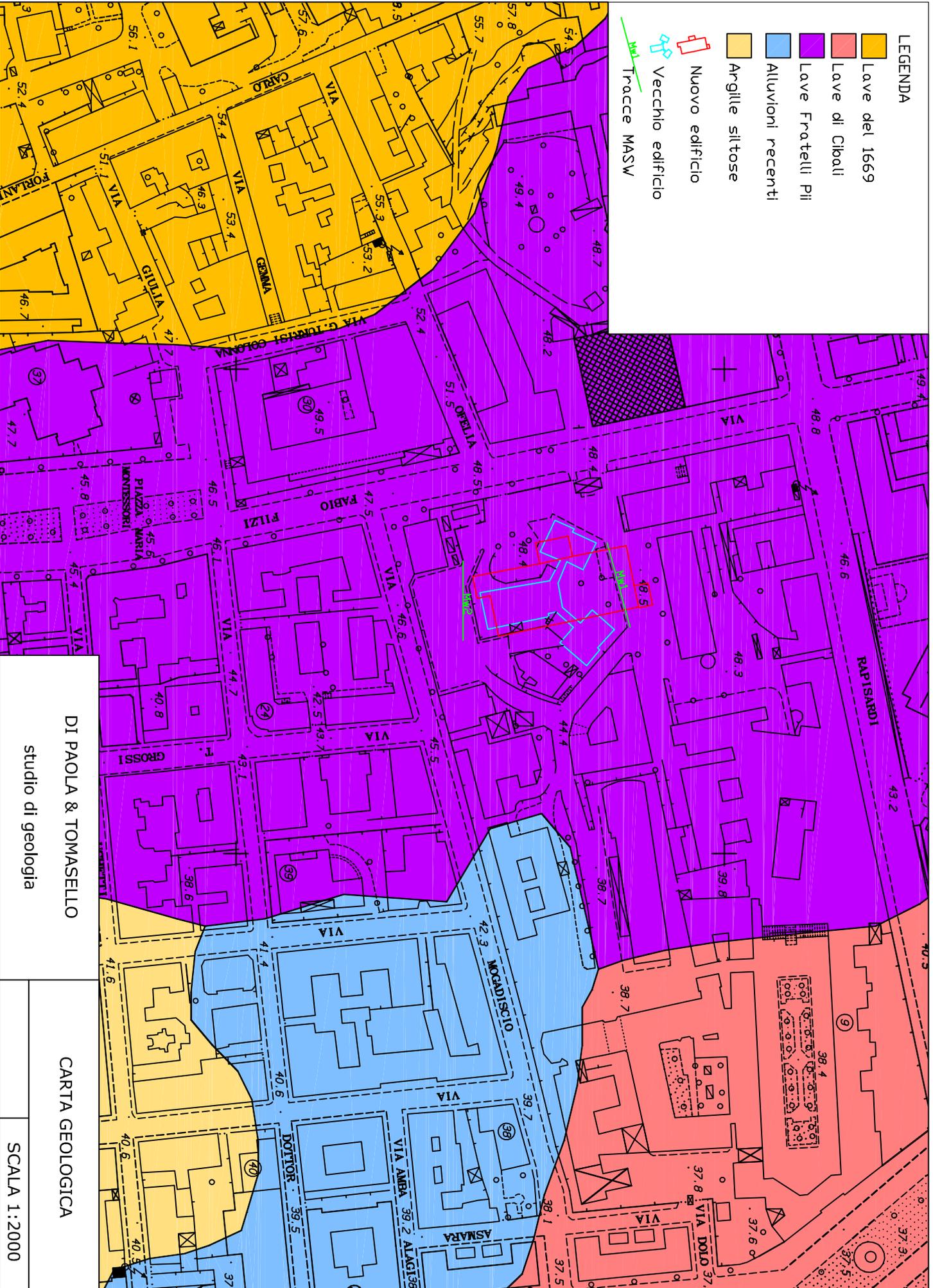
○ Sito di interesse



DI PAOLA & TOMASELLO
studio di geologia

COROGRAFIA
C.T.R. N°634050 e 634060

SCALA 1:10000



LEGENDA

- Lave del 1669
- Lave di Cibali
- Lave Fratelli Pii
- Alluvioni recenti
- Argille siltose
- Nuovo edificio
- Vecchio edificio
- Tracce MASW

DI PAOLA & TOMASELLO

studio di geologia

CARTA GEOLOGICA

SCALA 1:2000

INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

L'idrogeologia etnea, in relazione alla natura ed alla giacitura dei prodotti eruttivi e dei depositi clastici ad essi intercalati o sovrapposti, nonché dei terreni sedimentari che ne formano il basamento, è stata oggetto di studi che hanno individuato complessi idrogeologici diversificati ai fini della distribuzione delle risorse idriche sotterranee, o più semplicemente della presenza di falde libere.

Il Complesso delle vulcaniti storiche e recenti è costituito dai prodotti attribuibili in prevalenza ai diversi apparati eruttivi del "Mongibello", rappresentati da lave, scorie, sabbie vulcaniche e tufi, che coprono con spessori diversi la gran parte del territorio etneo. Esso è sede di falde idriche di elevato interesse che si originano grazie all'elevata permeabilità mista, per porosità e per fessurazione, che generalmente contraddistingue questi prodotti. I deflussi che si originano alle alte quote del massiccio assumono direzioni radiali rispetto all'asse del cono, dirigendosi verso la base di questo, dove hanno recapito al contatto con i terreni sedimentari del substrato e su questi defluiscono fino ad essere intercettate dalle incisioni fluviali che circoscrivono il massiccio etneo oppure emergono "a giorno". Tali direzioni di deflusso permettono di individuare tre grandi settori delimitati da alti strutturali del substrato; il settore sud orientale, che ci riguarda, è forse il più complesso ma è quello dove meglio si conoscono le condizioni strutturali del sottosuolo per la grande quantità di dati stratigrafici e geofisici disponibili; in esso sono stati accertati spartiacque geologici, che consentono di delimitare corpi idrici indipendenti, almeno fino ad una quota di 700-800 m s.l.m..

Come segnalato in letteratura scientifica (Carta della vulnerabilità dell'acquifero etneo, 1990) nell'area d'interesse insiste un acquifero libero con una piezometrica <50 m. Infatti in occasione di precedenti lavori per la costruzione di un'opera sub-superficiale, sempre all'interno del Presidio Ospedaliero, tra via Mogadiscio e via Asmara, si è notato che le aree più basse altimetricamente sono soggette ad allagamenti: tale fenomeno è stato verosimilmente causato dalla prossimità del contatto stratigrafico tra basamento impermeabile e lave più o meno fratturate, che costituiscono un acquifero di relativo interesse.

CENNI DI SISMICITÀ

L'area etnea segna il limite tra due regioni a comportamento sismico diverso: una regione molto attiva negli ultimi 200 anni, a nord, con terremoti di $M > 7$ e con periodi di ritorno di circa 70 anni; una regione con terremoti aventi magnitudo comparabili e/o maggiori, a sud, con periodi di ritorno più lunghi, circa 300 anni, meno attiva.

Quindi per la zona etnea, oltre ad esistere un periodo legato alla sismicità intrinseca della zona, esiste il problema della scuotibilità, ovvero della sismicità dovuta a terremoti con elevata magnitudo e con epicentri distanti.

Le diffuse discontinuità tettoniche, presenti soprattutto lungo il versante sud-orientale etneo, legate alle grandi faglie regionali, rendono l'Etna un complesso sismo-tettonico molto delicato e suscettibile a concentrazioni di energia con effetti amplificati anche se, in genere, molto localizzati.

In questo quadro non è certo casuale la frequenza di sismi nella zona retrocostiera a Nord di Catania, con eventi anche di elevata intensità (I.M.S.K. > 7) come quelli del 1885, 1889, 1911, 1914, 1971, 1990 e negli ultimi anni, di Zafferana, S. Venerina e dintorni che hanno causato gravissimi danni a cose e a persone.

In base alla classificazione sismica del territorio secondo l'OPCM 3274/2003, Catania, così come gran parte della Sicilia, rientra in zona sismica 2.

Secondo quanto precisato nelle Nuove Norme Tecniche delle Costruzioni del D.M 14/1/2008, si è reso opportuno caratterizzare con delle prospezioni sismiche la velocità delle onde S nei primi 30 m di sottosuolo (V_{s30}) per determinare la risposta sismica ai fini di un corretto calcolo di progettazione. Da quanto rilevato dalle due MASW eseguite alle estremità dell'edificio da realizzare, è stato accertato che i terreni di fondazione ricadono nella categoria di sottosuolo B con valori di V_s pari a 465 m/s e 491 m/s.

SITUAZIONE SPECIFICA DELL'AREA DI INTERESSE E CARATTERISTICHE FISICO- MECCANICHE DEI TERRENI

Il progetto, a cui appartiene la presente relazione geologica preliminare, prevede la realizzazione di “opere occorrenti per la riqualificazione del pronto soccorso e delle connesse attività sanitarie del Presidio Ospedaliero Garibaldi Centro” che, in sostanza, consistono nella realizzazione di un nuovo edificio presso l'ingresso ovest dello stesso Presidio. Il progetto sarà realizzato previa demolizione del padiglione “ex infettivi” e quindi la costruzione di un grande corpo di fabbrica principale affiancato da 2 o 3 corpi funzionali minori. Il corpo principale sarà composto da 4 piani fuori terra più un piano cantinato che sarà quasi totalmente interrato per 5 metri circa (comprese le fondazioni).

L'area di interesse si colloca tra la via F.Filzi, via M. Rapisardi e via Mogadiscio, nella parte più elevata in quota del Presidio Ospedaliero, su un'area di 1700 mq circa.

Per questo studio preliminare l'ufficio tecnico del Garibaldi ha messo a disposizione numerosi sondaggi meccanici a carotaggio continuo, profondi da 13.5 m (A5) a 27 m (A1) eseguiti per altri progetti; questi sondaggi sono stati selezionati, rielaborati, omogeneizzati per il presente progetto e quindi rinumerati e rappresentati in allegati schematici sia planimetrici che verticali (stratigrafia e sezioni). Questi dati sono stati confrontati con la più recente cartografia specialistica e verificati da un rilevamento diretto sui luoghi.

L'edificio s.l. da realizzare insisterà sulle cosiddette “Lave dei Fratelli Pii” che si presentano come un corpo roccioso, anche se in più o meno fratturato; in sottordine contengono partimenti scoriacei granulari ed incoerenti (rifusa).

Gli scavi saranno quasi tutti impostati nelle rocce laviche più o meno fratturate a meno del settore sud dell'edificio che vede una notevole presenza anche di rifusa; pertanto la stabilità delle pareti di scavo dovrà tenere conto di questo tipo litologico e dei terreni superficiali di riporto di spessore anche consistente. Il piano di fondazione sarà generalmente impostato sulle rocce: lo spessore del materiale di riporto è molto variabile, ma più potente sul lato ovest del realizzando edificio ciò probabilmente perché la stessa area è stata oggetto nel corso del tempo di una o più serie di riporti per livellazione.

Sotto il piano di fondazione (p.f) dell'edificio a profondità variabile dai -4 m ai - 14 m sono presenti dei limi sabbiosi che costituiscono probabilmente la parte sommitale del substrato argilloso olocenico come gran parte del settore sud-orientale etneo. I limi sabbiosi testè descritti poiché indicati in alcune stratigrafie, sono visibili, a giorno, all'interno del Presidio Ospedaliero, in un'area (ex Padiglione retrostante all'attuale Pronto Soccorso, dove sono in corso estesi scavi; essi si presentano bruno giallastri con inclusi calcitici (vedi foto 1 e 2).

Questa situazione litostratigrafica ha indotto la necessità di caratterizzare il terreno di fondazione ai fini della sua risposta sismica; pertanto si è resa necessaria un'indagine geofisica del sottosuolo articolata su 2 indagini MASW (Multichannel Analysis of Surface Microwaves) a nord e a sud del sito, sui lati corti dell'edificio, che sarà interessato dalla realizzazione dell'opera in oggetto, che presentano stratigrafie dirette piuttosto diverse.

L'indagine MASW è indicata nelle condizioni morfologiche sostanzialmente pianeggianti, come quelle in oggetto, anche se lievemente acclivi, ed in un tessuto urbano piuttosto fitto; la peculiarità di questa tecnica consiste nel raggiungere profondità ragguardevoli, fornendo un profilo verticale medio delle velocità delle onde S relative al sottosuolo, acquisendone quindi la struttura anche in ambienti urbanizzati. Per entrambe le misure, sono stati approntati stendimenti: per ogni stendimento sono stati impiegati 24 geofoni e con uno step di lettura ogni 1,5 m per una lunghezza complessiva di 24,5 m.

I risultati ottenuti dalla prima prova MASW a nord del fabbricato indicano la presenza in sottosuolo di 9 sismostrati, con valori delle onde di taglio compresi tra 325 m/s e 686 m/s; i primi due sismostrati sono caratterizzati da un incremento della velocità con la profondità; in particolare a 8 m, l'aumento della velocità è repentino, fino a raggiungere i 651 m/s ad una profondità di circa 12 m, indicando così la presenza di lave massive; le velocità aumentano fino a 686 m/s a 16 m di profondità. Da questa profondità fino a circa 26 m, si assiste ad una notevole inversione di velocità, per poi ripresentarsi un costante leggero incremento delle velocità con la profondità, causato presumibilmente dall'aumento del carico litostatico sui limi del basamento.

La velocità media finale è di **491 m/s**, collocando il sottosuolo all'interno del range 360-800 m/s che definisce la **Categoria B** di sottosuolo secondo le N.T.C. 2008.

I risultati ottenuti dalla seconda prova MASW a sud del fabbricato indicano la presenza in sottosuolo di 9 sismostrati, con valori delle onde di taglio compresi tra 244 m/s e 623 m/s; i primi due sismostrati sono caratterizzati da un moderato incremento della velocità con la profondità; in particolare a 16 m, l'aumento della velocità è evidente raggiungendo i 623 m/s indicando così la presenza di lave massive. Da questa profondità fino a circa 32 m, si assiste ad una cospicua inversione di velocità, dai 623 m/s a 398 m/s, per poi ripresentarsi un piccolo incremento delle velocità con la profondità, causato presumibilmente dall'aumento del carico litostatico sui limi del basamento.

La velocità media finale è di **465 m/s**, collocando il sottosuolo all'interno del range 360-800 m/s che definisce la **Categoria B** di sottosuolo secondo le N.T.C. 2008.

Per quanto è stato possibile desumere dalle indagini fornite, è stata fatta una valutazione indicativa dei parametri geomeccanici dei terreni di interesse, facendo riferimento anche studi e lavori eseguiti su terreni analoghi.

I parametri fisico-meccanici attribuibili alle lave massive più o meno fratturate sono:

Peso di volume	γ	$\approx 2 \text{ t/mc}$
Coesione	c	$\neq 0 \text{ Kg/cm}^2$
Angolo d'attrito	ϕ	$\approx 40^\circ$

INDAGINI DA SVOLGERE, CALCOLO SOMMARIO E CONCLUSIONI

L'indagine preliminare da noi svolta, si è basata, come illustrato nei paragrafi precedenti, sia su dati forniti dall'Amministrazione del Presidio Ospedaliero, riguardanti le stratigrafie dei sondaggi eseguiti nel sito, che su 2 prospezioni sismiche MASW direttamente commissionate dal sottoscritto oltre il rilevamento di superficie.

Dall'elaborazione dei risultati, con la costruzione di sezioni litostratigrafiche, sono state riscontrate alcune incongruenze stratigrafiche che non consentono la perfetta collimazione tra litologie e gli spessori ottenuti nei sondaggi meccanici con quelle dei sismostrati ricavate dalle indagini indirette.

Quindi, prima di procedere alla stesura del progetto definitivo, allo scopo di poter ottenere una più sicura ed esaustiva conoscenza del sito, si ritiene opportuno che nella prossima fase vengano eseguiti 2 sondaggi a carotaggio continuo con misura della Rock Quality Designation (RDQ), 1 down-hole e almeno 2 prove di laboratorio (Tabella 1). Inoltre, per quanto detto circa possibilità di circolazione idrica sotterranea, è opportuno verificare la presenza e le caratteristiche di eventuali falde sotterranee.

Tabella 1: Costi secondo il prezziario 2013 (prezzi soggetti a ribasso).

INDAGINI	SPESE
2 Sondaggi a carotaggio continuo	(cad.) 3.361,1 €
1 Down-hole	1.809,4 €
2 Prove di laboratorio	(cad.) 500 €
TOTALE	(in c.t.) 9.500 €

In conclusione, gli studi e le indagini fin qui eseguite convergono con l'indicare che i lavori di scavo e di fondazione delle realizzande opere di riqualificazione si svolgeranno in un ambiente litologico vulcanitico prevalentemente roccioso più o meno fratturato. Sotto questo litotipo è presente sul lato meridionale dell'edificio da realizzare un corpo alluvionale a profondità variabile. La categoria di sottosuolo, all'attualità risulta siglato con la lettera B.



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO 1: Panoramica dello scavo

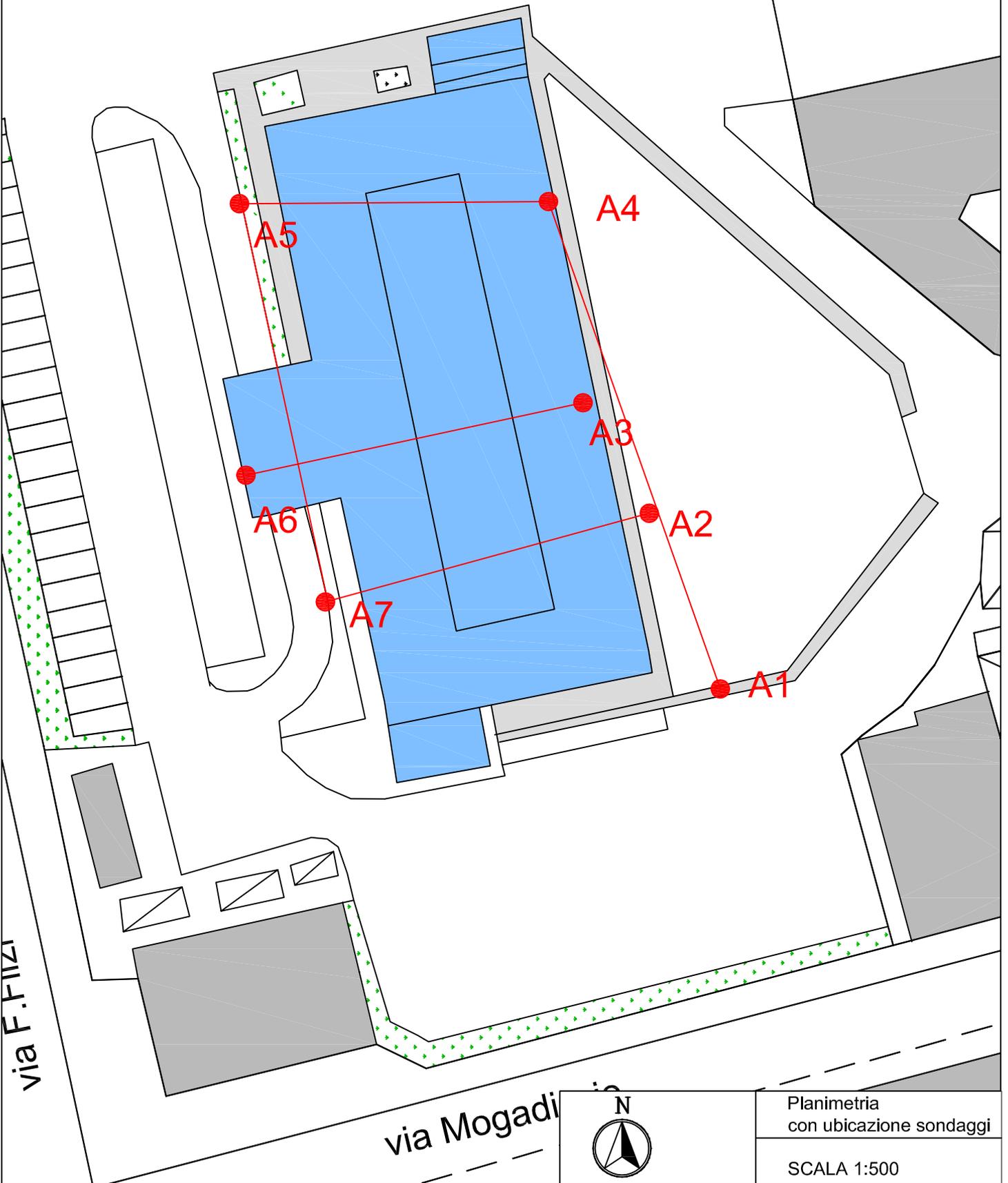


FOTO 2: Particolare dello scavo

LEGENDA

● Sondaggi

— Tracce sezioni litostratigrafiche



Planimetria
con ubicazione sondaggi

SCALA 1:500

Riferimento:	Sondaggio: A1 (ex S3)
Località: Presidio Ospedaliero Garibaldi Centro	Quota: 47,419 m
Impresa esecutrice:	Data:
Coordinate:	Redattore:
Perforazione:	

Ø mm	R v	A r	S s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE	
											S.P.T.	N				
					1										Riporto poligenico	
					2											
					3									3.0		
					4											Lave più o meno fratturate
					5									4.8		
					6											
					7											
					8											
					9									9.0		
					10											Limi bruni con sabbie
					11											
					12											
					13											
					14											
					15											
					16											
					17											
					18											
					19											
					20											
					21									20.5		
					22											Sabbie grossolane nere con frammenti vulcanici
					23											
					24											
					25											
					26											
					27									27.0		

Riferimento:	Sondaggio: A2 (ex S9 bis)
Località: Presidio Opsedaliero Garibaldi Centro	Quota: 47,419 m
Impresa esecutrice:	Data:
Coordinate:	Redattore:
Perforazione:	

Ø mm	R v	A r	S s	Pz	metri batt.	LITOLOGIA	Campioni	RP	VT	Prel. % 0 --- 100	S.P.T.		RQD % 0 --- 100	prof. m	DESCRIZIONE		
											S.P.T.	N					
					1											Riporto poligenico	
					2												
					3												
					4												
					5												
					6									5.5			Rifusa
					7												
					8												
					9												
					10									9.8			Lave più o meno fratturate
					11												
					12												
					13												
					14									14.0			Limi bruni con sabbie
					15												
					16												
					17												
					18												
					19												
					20												
					21												
					22												
					23												
					24												
					25												
					26												
					27									27.0			

LEGENDA



Riporto poligenico



Rifusa



Lave più o meno fratturate

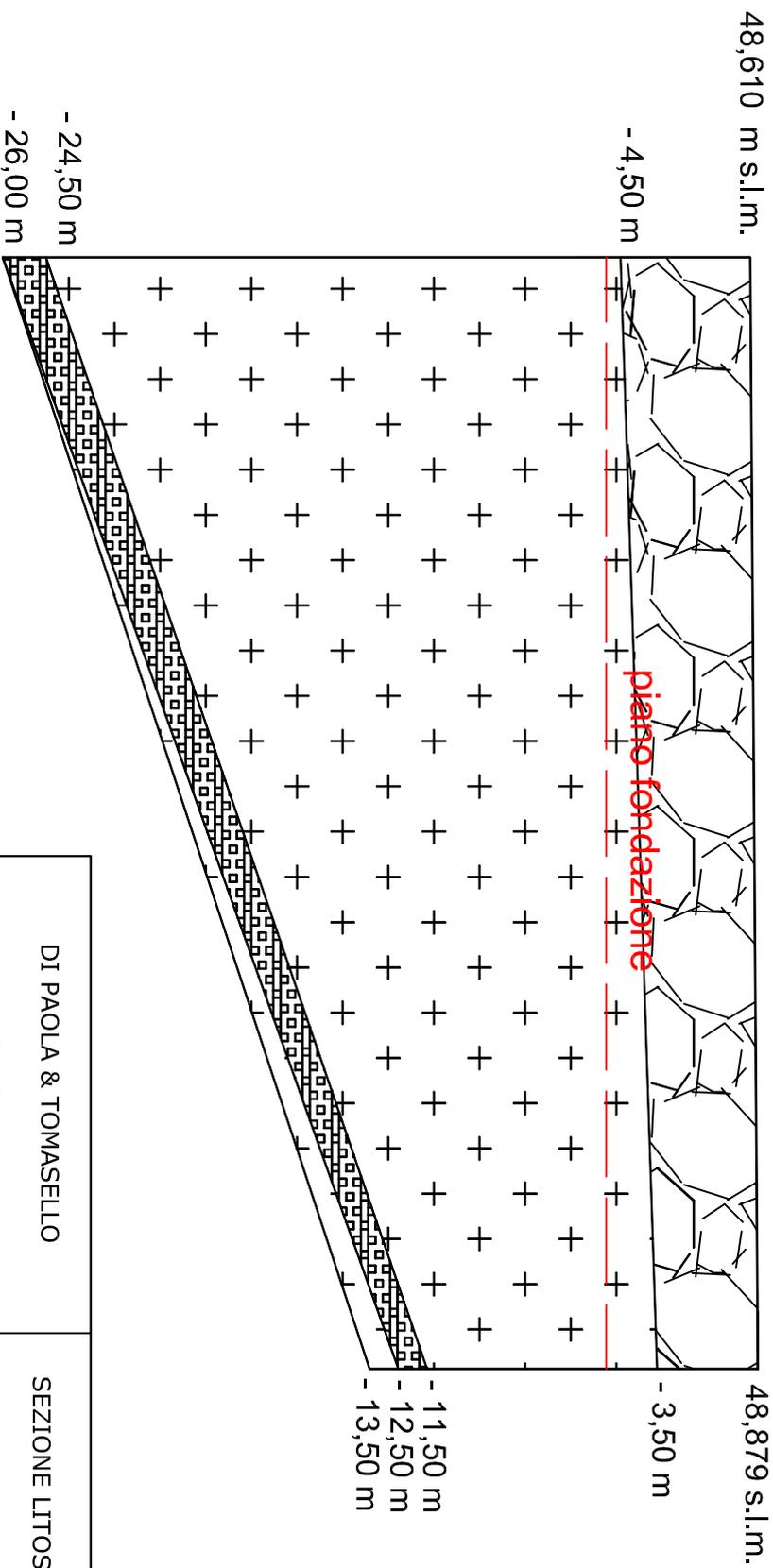


Limi bruni con sabbia

— Piano fondazione

A7

A5



DI PAOLA & TOMASELLO

studio di geologia

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

SCALA 1:250

LEGENDA



Riporto poligenico



Lave più o meno fratturate



Rifusa

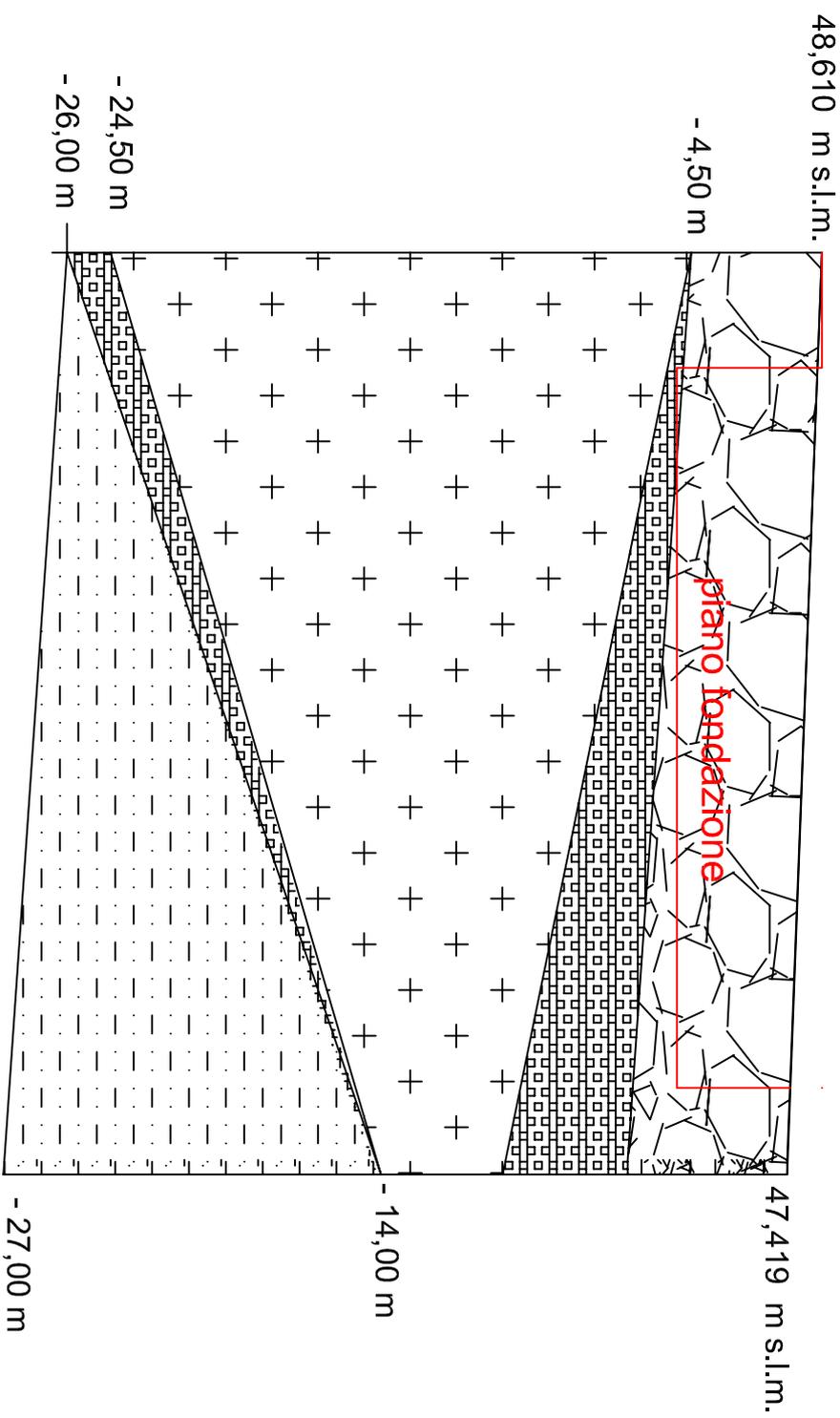


Limi bruni con sabbia

— Piano fondazione

A7

A2



DI PAOLA & TOMASELLO

studio di geologia

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

SCALA 1:250

LEGENDA



Riporto poligenico



Lave più o meno fratturate



Rifusa

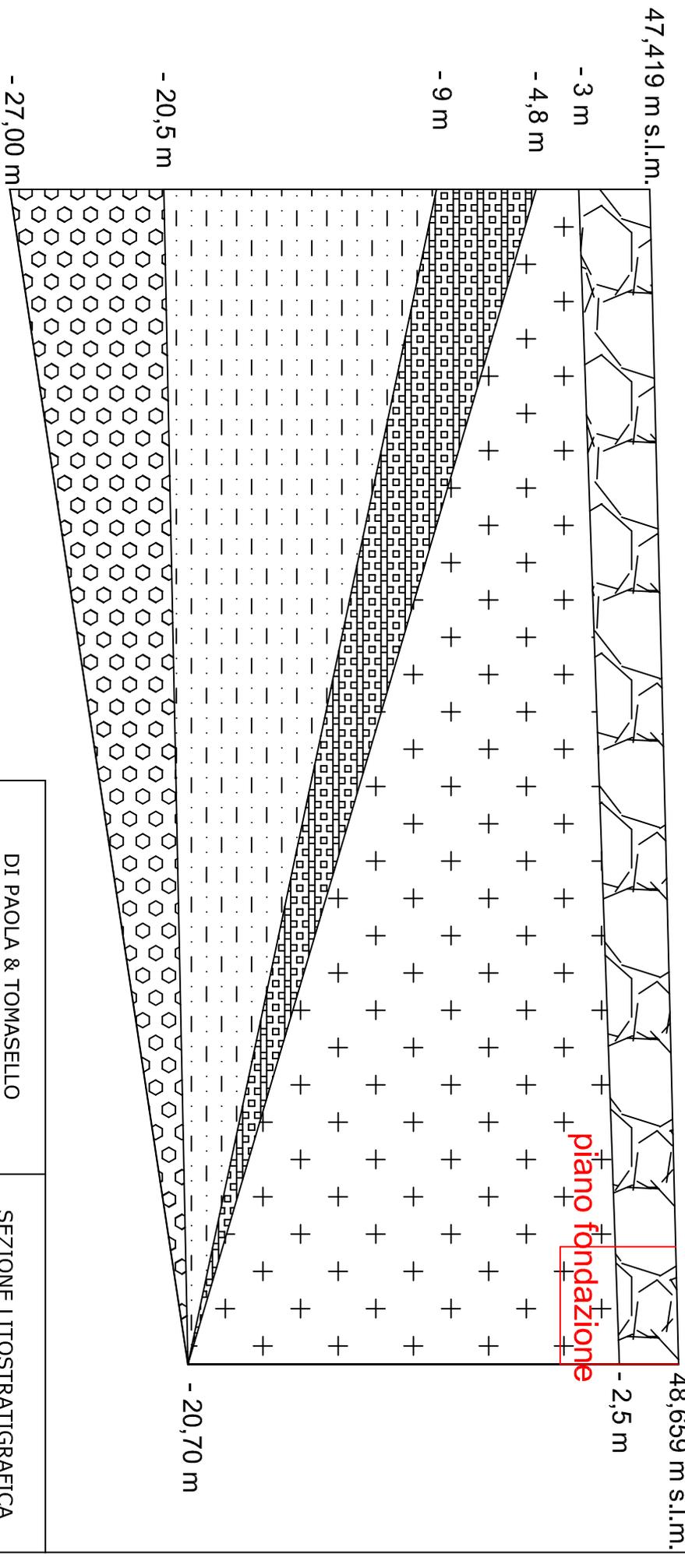


Limi bruni con sabbia

— Piano fondazione

A1

A4



DI PAOLA & TOMASELLO

studio di geologia

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

SCALA 1:250

LEGENDA



Riporto poligenico



Lave più o meno fratturate

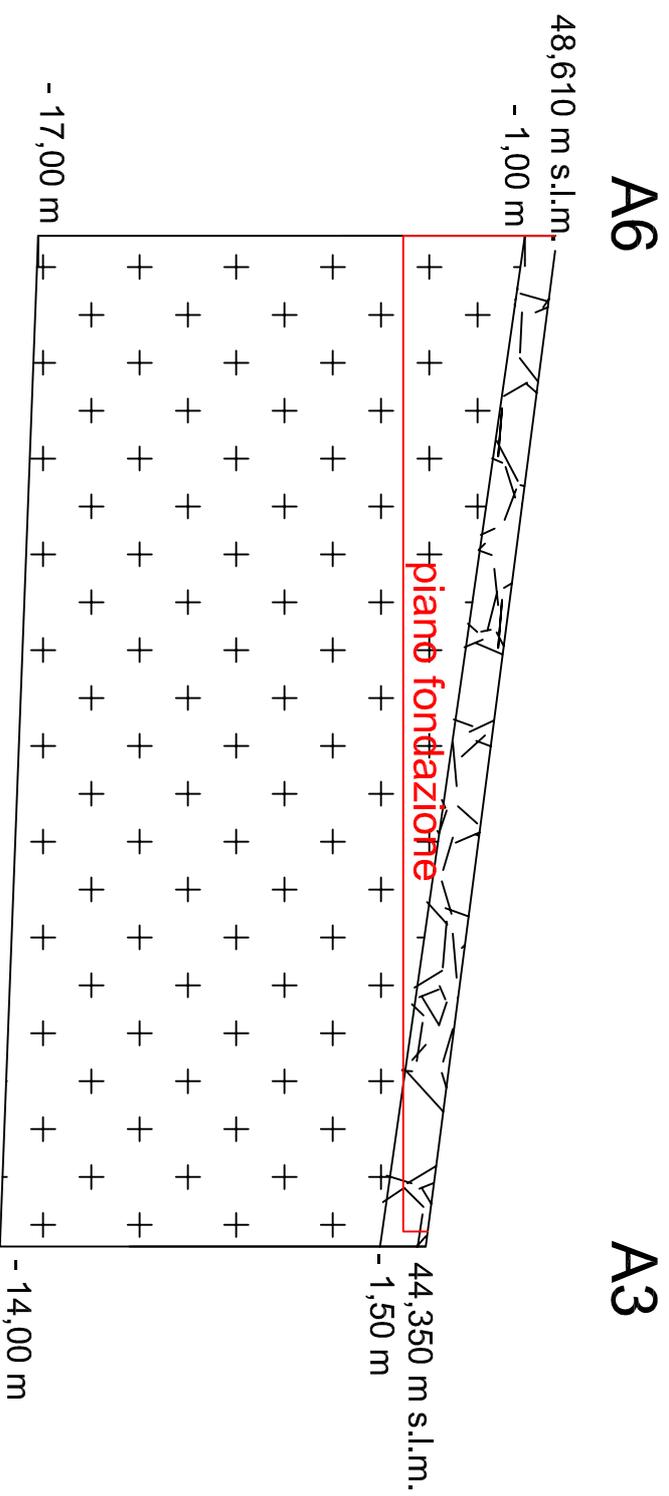
— Piano fondazione



Rifusa



Limi bruni con sabbia



DI PAOLA & TOMASELLO

studio di geologia

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

SCALA 1:250

LEGENDA



Riporto poligenico



Lave più o meno fratturate



Rifusa

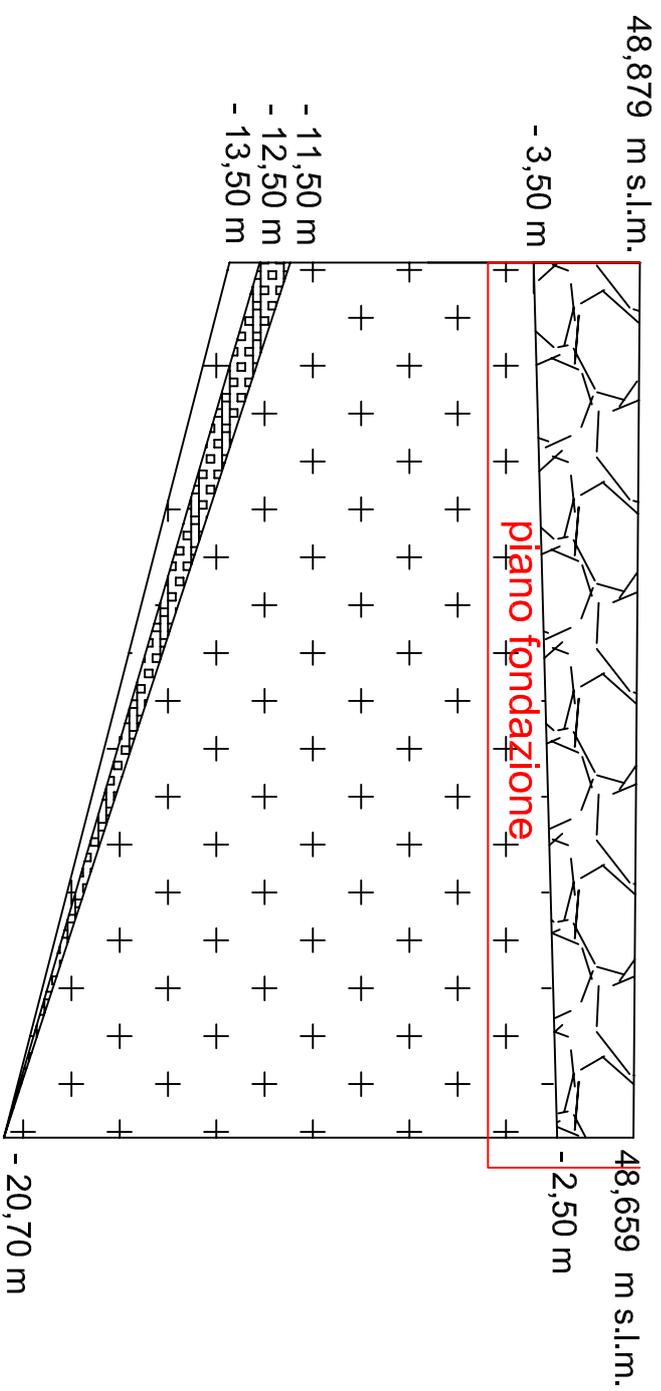


Limi bruni con sabbia

— Piano fondazione

A5

A4



DI PAOLA & TOMASELLO

studio di geologia

SEZIONE LITOSTRATIGRAFICA

SCALA 1:250

LOCALITÀ

COMUNE DI CATANIA

COMMITTENTE

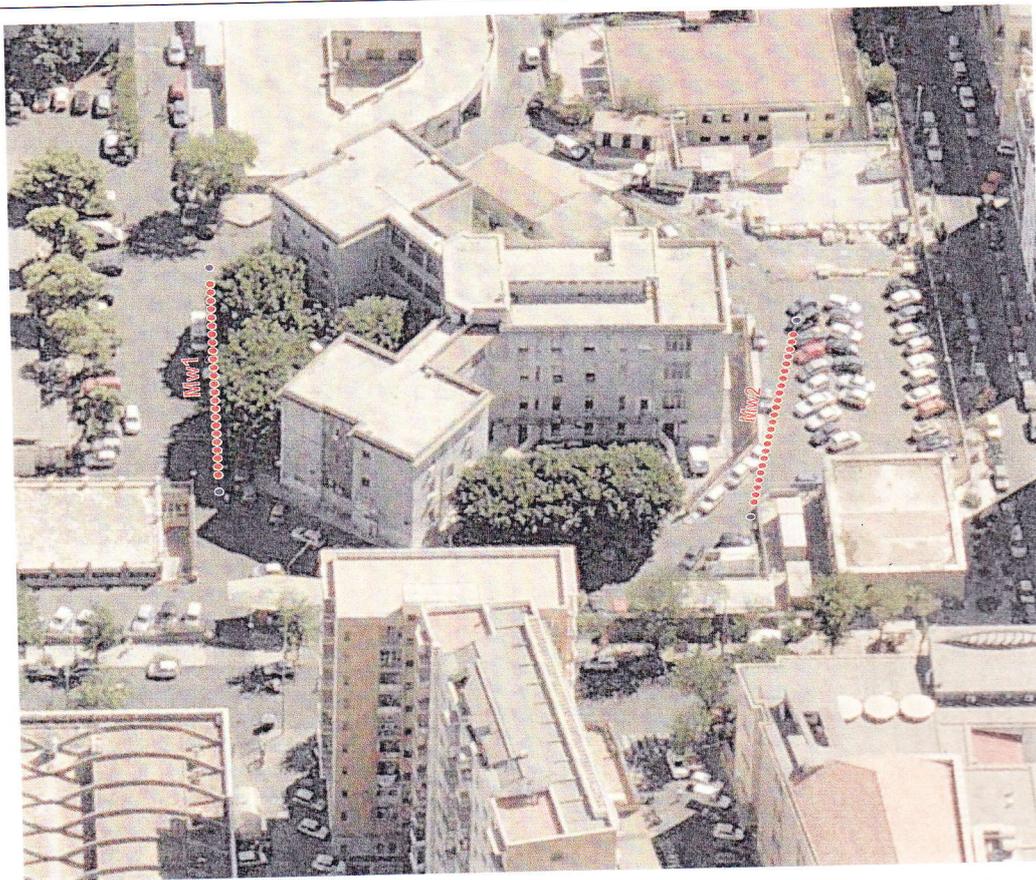
DI PAOLA & TOMASELLO – STUDIO DI GEOLOGIA

TIPO DOCUMENTO

Rapporto Tecnico indagini geofisiche
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO E CALCOLO DEL PARAMETRO V_{s30}
- DECRETO MINISTERIALE 14 GENNAIO 2008 -

OGGETTO

Opere occorrenti per la riqualificazione del Pronto Soccorso e delle connesse attività sanitarie del P.O. "Garibaldi Centro".



DATA INDAGINE:

Maggio 2013

IL TECNICO

Geol. Domenico Boso

INDICE

1. PREMESSA	3
2. LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO.....	5
2.1 Prospezione MASW	5
2.1.1 Bibliografia	6
2.2 Strumentazione utilizzata.....	7
2.3 Profilo MW1	8
3. DESCRIZIONE DEI RISULTATI.....	10
3.1 Profilo MW2.....	12
4. DESCRIZIONE DEI RISULTATI.....	14

1. PREMESSA

Nel presente documento sono illustrati i risultati di un'indagine geofisica effettuata nel mese di maggio 2013 su incarico dello studio di geologia di Di Paola & Tomasello, a supporto del progetto delle Opere occorrenti per la riqualificazione del Pronto Soccorso e delle connesse attività sanitarie del P.O. "Garibaldi Centro", a Catania.

Sono state effettuate le seguenti prospezioni geofisiche:

- N. 2 prove MASW a 24 ricevitori per la definizione della sismostratigrafia e della categoria del sottosuolo ai sensi del D.M. 14/01/2008.

L'area interessata è ubicata ad una quota di 56 m s.l.m.. Sotto il profilo geolitologico nell'area di interesse sono affioranti lave storiche note come "Lave dei fratelli Pii" (693 a.C.). Gli stendimenti sono stati disposti in prossimità dell'edificio esistente lungo una direzione orientata circa E-W, uno disposto a Nord, l'altro a Sud.

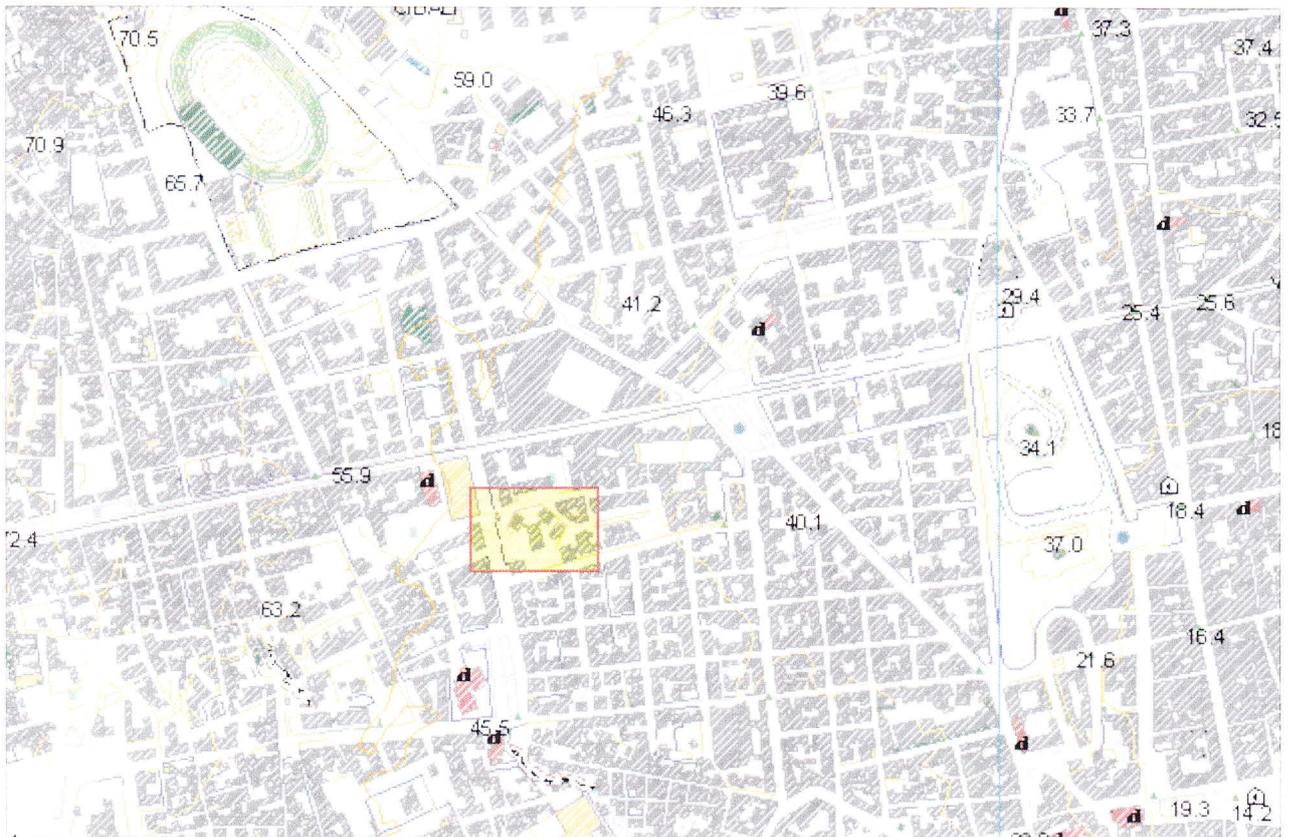


Figura – Ubicazione dell'area interessata su base CTR 2008, scala 1:10.000 (sopra) ed ubicazione dell'indagine su scala 1:1.000 (sotto)

2. LA CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SOTTOSUOLO

2.1 PROSPEZIONE MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase e velocità di gruppo (Achenbach, J.D., 1999, Aki, K. and Richards, P.G., 1980) o detto in maniera equivalente la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione. La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile al fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo

Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J. 1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente. Il metodo attivo generalmente consente di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz, quindi dà informazioni sulla parte più superficiale del suolo, sui primi 30m-50m, in funzione della rigidità del suolo. Il metodo passivo in genere consente di tracciare una velocità di fase apparente sperimentale compresa tra 0 Hz e 10Hz, quindi dà informazioni sugli strati più profondi del suolo, generalmente al di sotto dei 50 m, in funzione della rigidità del suolo. Nella presente indagine si effettua il metodo MASW attivo che consente la classificazione sismica dei suoli, perché fornisce il profilo di velocità entro i primi 30m di profondità. Il metodo passivo è più usato quando si ha interesse ad avere informazioni, comunque meno precise, sugli strati più profondi.

Il metodo MASW consiste in tre fasi (Roma, 2002):

1. calcolo della velocità di fase (o curva di dispersione) apparente sperimentale;
2. calcolo della velocità di fase apparente numerica;
3. individuazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , modificando opportunamente lo spessore h , le velocità delle onde di taglio V_s e di compressione V_p (o in maniera alternativa alle velocità V_p è possibile assegnare il coefficiente di

Poisson ν), la densità di massa ρ degli strati che costituiscono il modello del suolo, fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo assegnato.

Il modello di suolo e quindi il profilo di velocità delle onde di taglio verticali possono essere individuati con procedura manuale o con procedura automatica o con una combinazione delle due.

Generalmente si assegnano il numero di strati del modello, il coefficiente di Poisson ν , la densità di massa ρ e si variano lo spessore h e la velocità V_s degli strati. Nella procedura manuale l'utente assegna per tentativi diversi valori delle velocità V_s e degli spessori h , cercando di avvicinare la curva di dispersione numerica alla curva di dispersione sperimentale. Nella procedura automatica (Roma, 2001-2, Joh, 1998) la ricerca del profilo di velocità ottimale è affidata ad un algoritmo di ricerca globale o locale che cerca di minimizzare l'errore tra la curva sperimentale e la curva numerica.

Dopo aver determinato il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s è possibile procedere al calcolo della velocità equivalente nei primi 30 m di profondità V_{s30} e quindi individuare la categoria sismica del suolo.

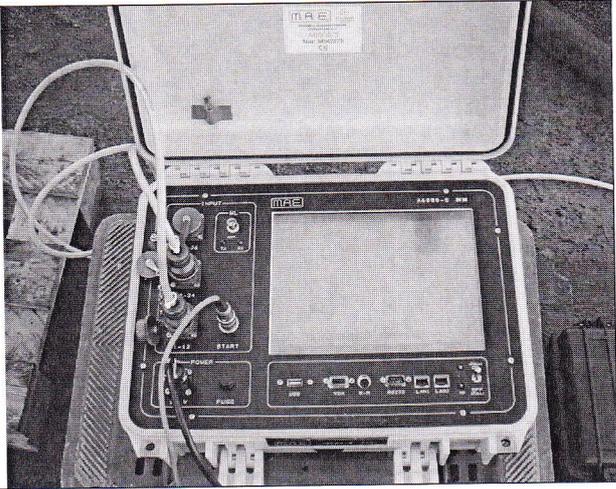
2.1.1 Bibliografia

- Dorman, J., Ewing, M., 1962. Numerical inversion of seismic surface wave dispersion data and crust-mantle structure in the New York-Pennsylvania area. *J.Geophys. Res.* 67,5227-5241
- Louie, J., 2001. Faster, Better: Shear Wave Velocity to 100 meters Depth from Refraction Microtremor Arrays. *Bulletin of the Seismological Society of America*, 91, 2, 347-364 aprile
- Nakamura, Y., 1989. A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on ground surface. *QR Raylw.Tech. Res.Inst.*, 30, 25-33.
- Nazarian, S. e Stokoe, K. H., 1984. In situ shear wave velocities from spectral analysis of surface waves in *Proceedings of the World Conference on Earthquake Engineering*, vol.8, San Francisco, 21-28 luglio
- Park, C. B., R. D. Miller e Xia, J., 1999. Multi-channel analysis of surface waves, *Geophys.* 64, 800-808
- Rayleigh, W., 1885. On waves propagated along the plane surface of an elastic solid. *London Mathematical Soc.Proc.*, 17:4-11
- Roma, V., 2006. Caratterizzazione sismica del sottosuolo con il metodo MASW.
- Romeo R.W., 2007. La risposta sismica locale per la progettazione strutturale. *International Centre for Mechanical Sciences*
- Dal Moro G., 2012. Onde di superficie in *Geofisica Applicata*. Dario Flaccovio ed.

2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Per la realizzazione delle prospezioni sismiche in oggetto è stato utilizzato un sismografo a memoria incrementale per sismica a rifrazione e riflessione della MAE, modello A6000-S a 24 canali con risoluzione del segnale a 24 bit per canale.

Nella tabella seguente sono riassunte le caratteristiche tecniche dell'attrezzatura utilizzata.

DATI TECNICI DELLA STRUMENTAZIONE IMPIEGATA		
MODELLO SISMOGRAFO M.A.E. A-6000-S	N. CANALI 24 (differenziali)	
CONVERSIONE A/D 24 bit a singolo canale	CAMPIONI PER CANALE 10.922	
CAMPIONAMENTO 50-50.000 camp./sec.	LARGHEZZA DI BANDA 0-25 Khz	
BAND REJECT 110dB@50Hz	AMPIEZZA MAX. IN INGRESSO 10Vpp,0dB	
FORMATO DATI SEG-2 standard	SISTEMA OPERATIVO Windows XP Embedded	
IMPEDEENZA D'INGRESSO 220 kOhm@0dB	RUMORE 250nV/@2mS, 36dB	

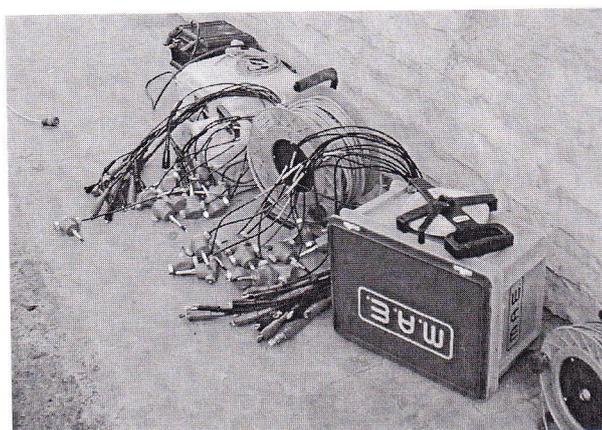


Figura 1 – Geofoni verticali – freq. 4.5 hz

Per le operazioni di campo, inerenti l'esecuzione dell'indagine geofisica, sono stati inoltre utilizzati i seguenti accessori:

- N. 2 Cavi sismici multipolari in Purex da 60 metri, 12 take-out, intervallo 5 metri;
- N. 24 geofoni verticali, frequenza 4.5 Hz.

DENOMINAZIONE:

2.3 PROFILO MW1

N. GEOFONI:	STEP INTERGEOFONICO	LUNGHEZZA STENDIMENTO	PASSO DI CAMPIONAMENTO	OFFSET	CAMPIONI ACQUISITI PER CANALE	LUNGHEZZA FINESTRA DI ACQUISIZIONE
24	1.5 m	34.5 m	2 millisc.	1.5-3.0 m	2048	4,1 sec

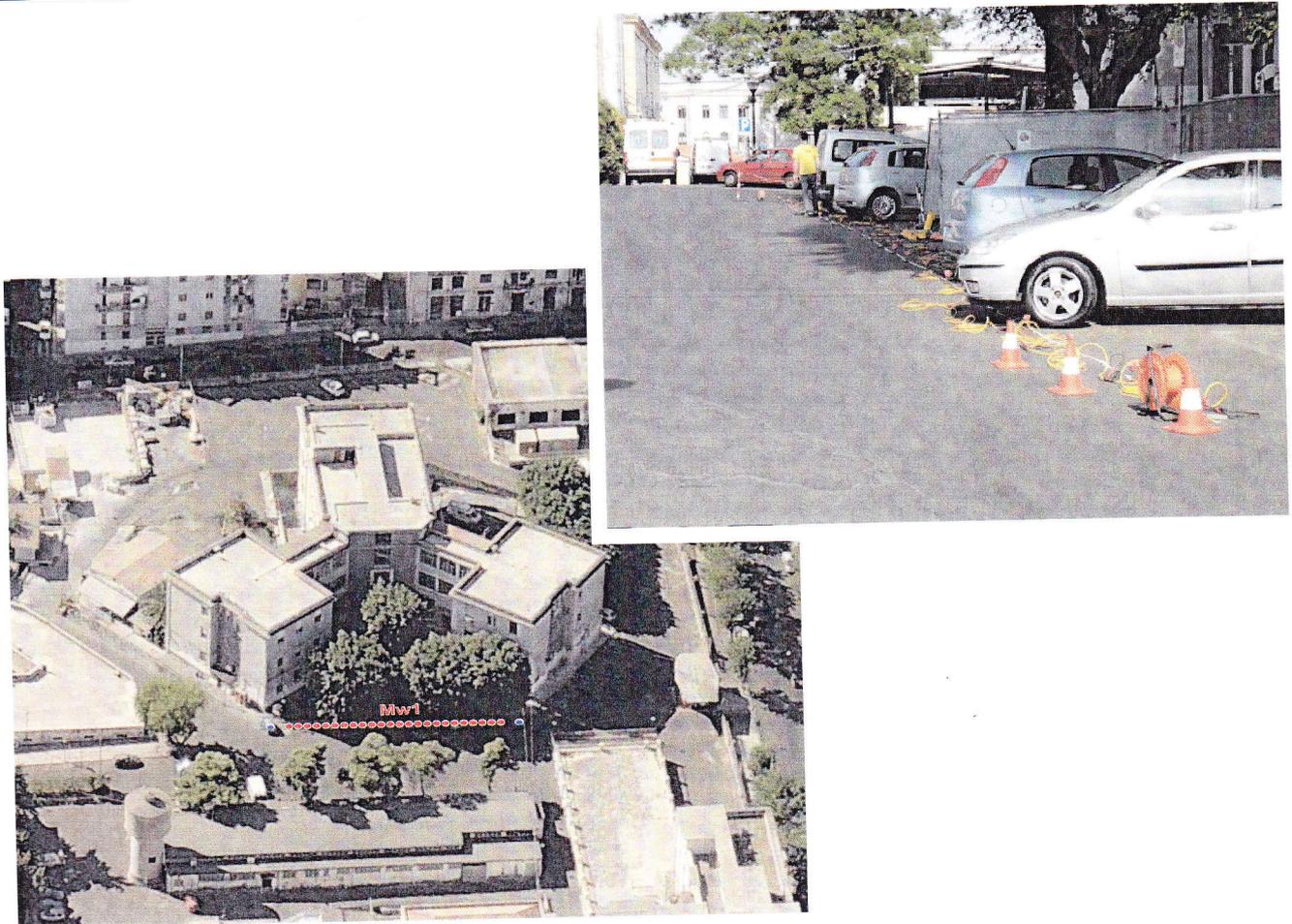


Figura 2 – Immagini dello stendimento sismico.

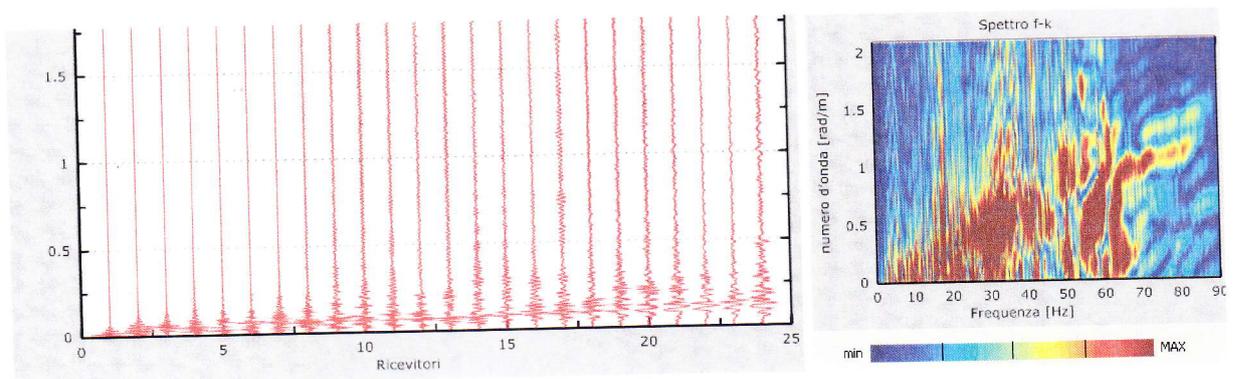


Figura 3 – Serie tracce temporali acquisite (sn.); spettro f-k (dx.)

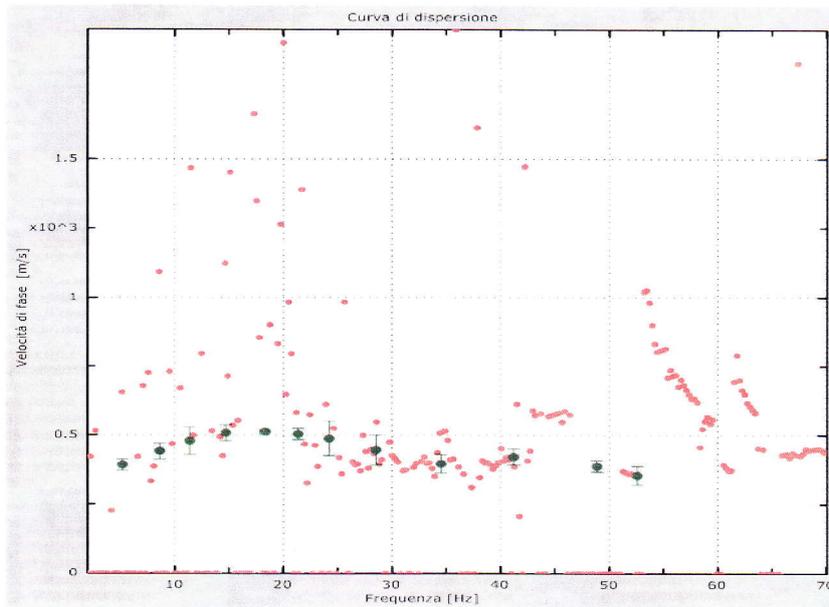


Figura 4 – Curva di dispersione sperimentale

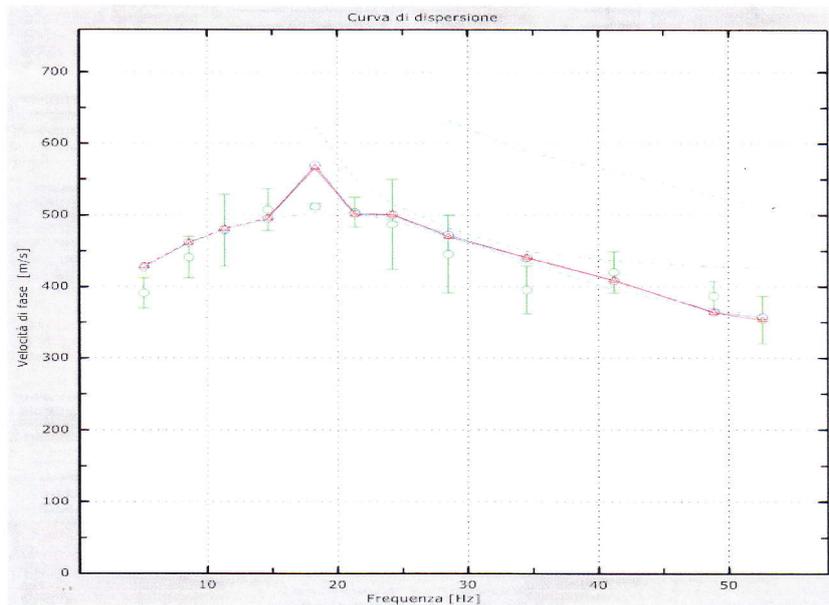


Figura 5 – Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), Curva apparente (blu), curva numerica (magenta); modi di Rayleigh (ciano)

3. DESCRIZIONE DEI RISULTATI

La modellazione del sottosuolo con il metodo MASW ha consentito la ricostruzione di un profilo monodimensionale dell'andamento delle Vs in sottosuolo entro la profondità di 40 metri.

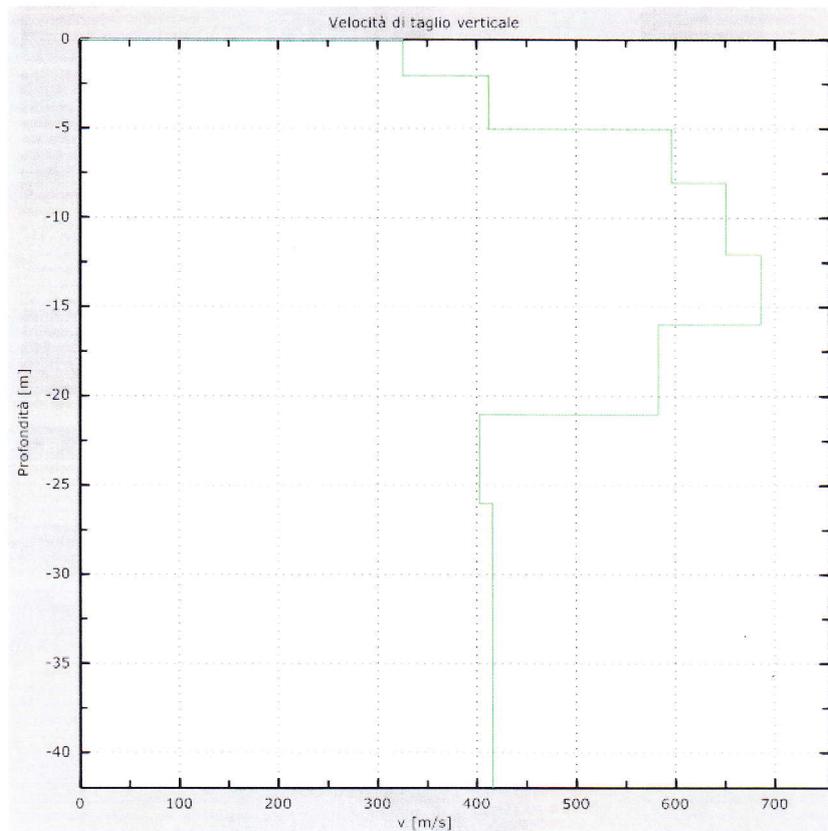


Figura 6 – Modello Vs nei primi 40 m di sottosuolo

Il profilo Vs è caratterizzato fino a circa 21 m di profondità dalla presenza di terreni lavici a comportamento decisamente rigido (lave lapidee), con Vs relativamente elevate già in superficie, e mediamente comprese fra 400 e 700 m/s. Nel tratto inferiore l'interpretazione dei dati diventa meno agevole, per la naturale dispersione dei punti della curva alle frequenze più basse. In ogni caso, la tendenza della curva di dispersione è verso il basso, pertanto si ipotizza una inversione di velocità piuttosto marcata, con valori che comunque rimangono intorno a 400 m/s. Questo modello pertanto presuppone il passaggio fra le lave del Fratelli Pii ed il substrato sedimentario che è verosimilmente dato inizialmente da limi sabbiosi passando gradualmente alle argille marmose del basamento etneo.

Nella seguente tabella sono sintetizzati spessori, profondità e velocità Vs dei sismostrati costituenti i primi 30 m di sottosuolo.

Il valore di V_{s30} calcolato è il seguente:

Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	325	0,006
2	2.0-5.0	3,0	412	0,007
3	5.0-8.0	3,0	596	0,005
4	8.0-12.0	4,0	651	0,006
5	12.0-16.0	4,0	686	0,006
6	16.0-21.0	5,0	583	0,009
7	21.0-26.0	5,0	403	0,012
8	26.0-30.0	4,0	416	0,010
Σ	\square	30,0	Σ	0,061
			$V_{s30} = 491,46$	

Il sottosuolo in oggetto, sotto il profilo delle velocità sismiche, è riconducibile alla **Categoria B** di cui al D.M. 14/01/2008.

Attraverso la stima delle V_p , del coefficiente di Poisson dinamico e del peso di volume, sono stati calcolati i parametri *elasto-dinamici* ed il modulo E_{stat} del profilo sintetizzato in quattro diversi intervalli, ed esposti nella seguente tabella.

Profondità (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Modulo edometrico E_{ed} (Kg/cm ²)	Modulo di rigidità G (Kg/cm ²)	Modulo di volume K (Kg/cm ²)	Modulo di elasticità E_{din} (kg/cm ²)	Modulo di elasticità E_{stat} (kg/cm ²)	Poisson
0.0-2.0	720	325	9228,44	1917,39	6853,88	5261,52	280,85	0,37
2.0-8.0	1080	504	22426,85	4980,36	16228,53	13554,51	1229,09	0,36
5.0-21.0	1300	635	33659,38	8189,29	23403,96	22001,66	2616,76	0,34
21.0-30.0	1400	409	39590,46	3445,56	35776,95	10015,18	766,59	0,45

DENOMINAZIONE:

3.1 PROFILO MW2

N. GEOFONI:	STEP INTERGEOFONICO	LUNGHEZZA STENDIMENTO	PASSO DI CAMPIONAMENTO	OFFSET	CAMPIONI ACQUISITI PER CANALE	LUNGHEZZA FINESTRA DI ACQUISIZIONE
24	1.5 m	34.5 m	2 millisc.	1.5-3.0 m	2048	4,1 sec

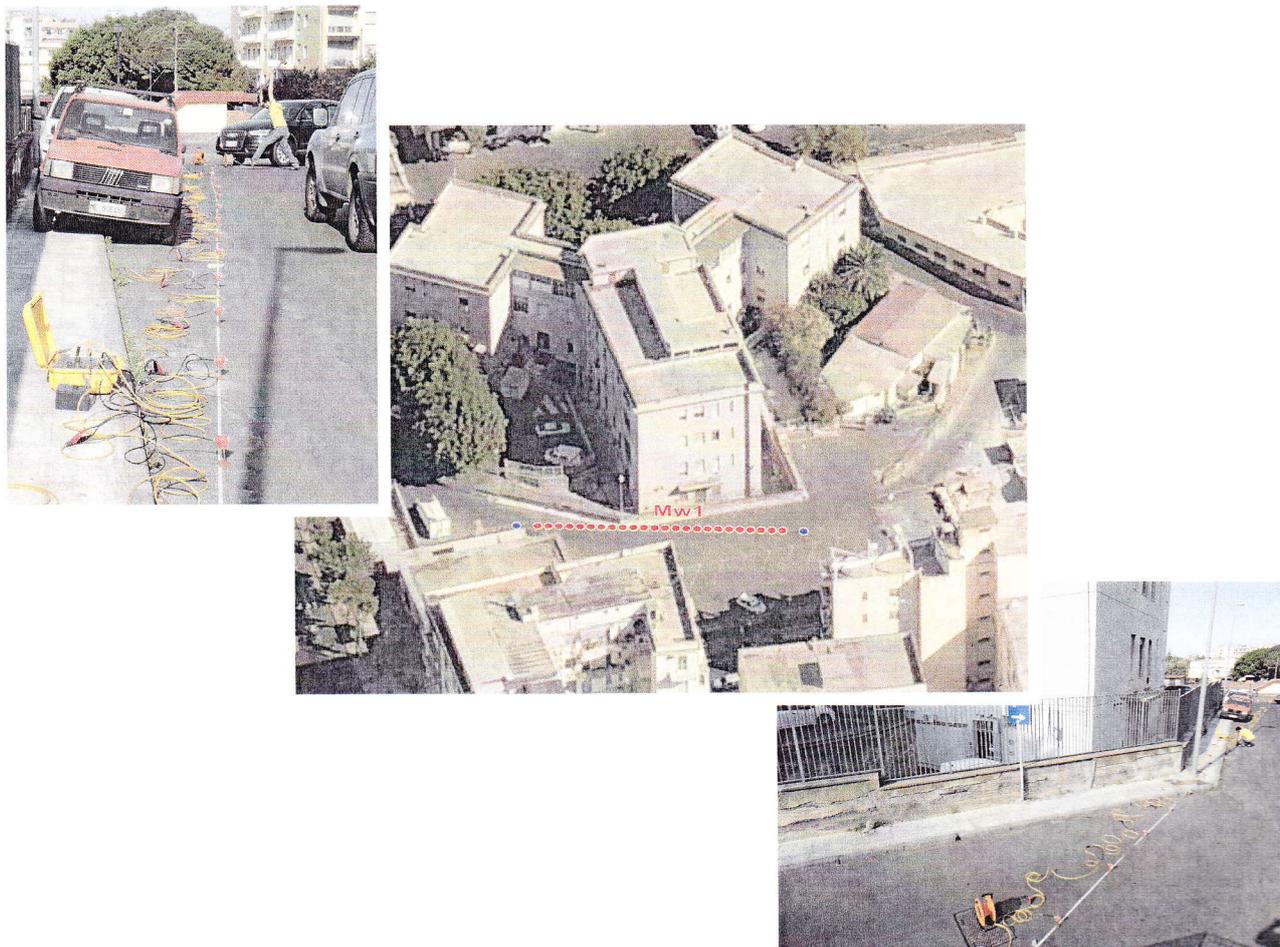


Figura 7 – Immagini della fase di shot sismico (sx) ; dello stendimento sismico durante la fase di montaggio (dx).

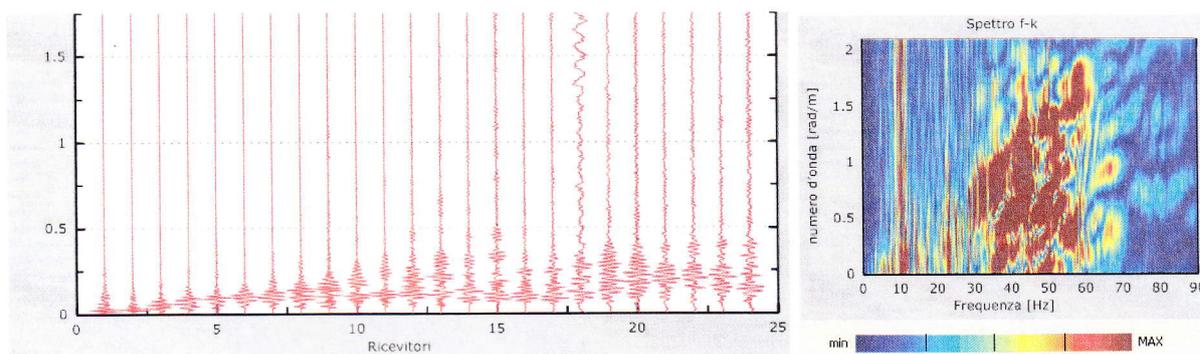


Figura 8 – Serie tracce temporali acquisite (sn.); spettro f-k (dx.)

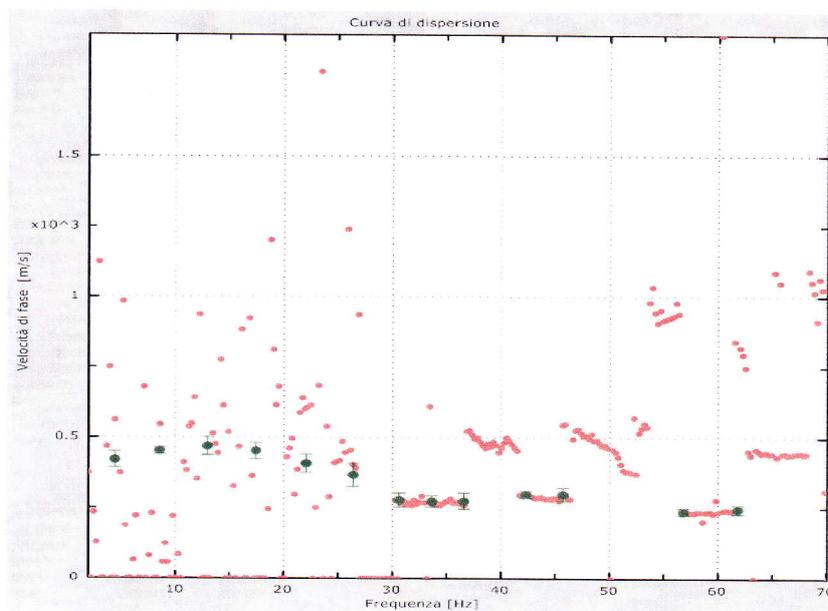


Figura 9 – Curva di dispersione sperimentale

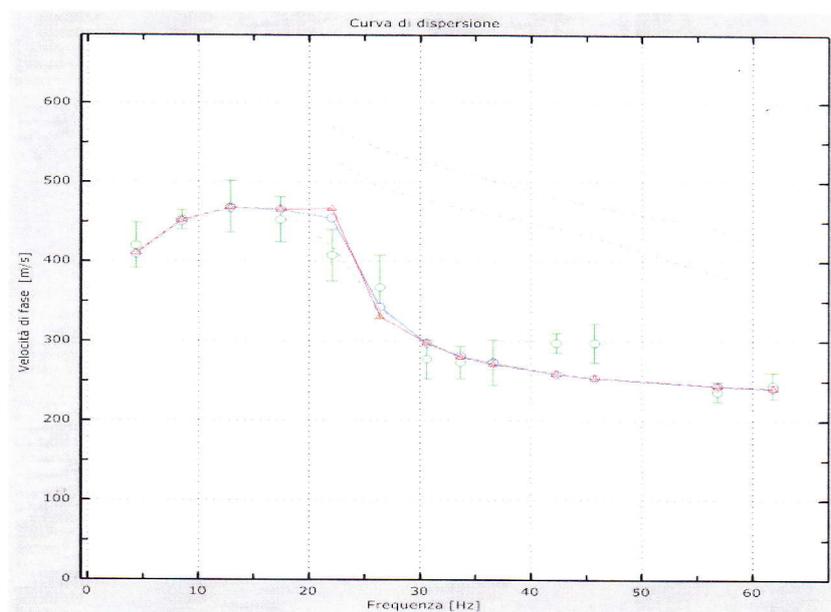


Figura 10 – Velocità numeriche – punti sperimentali (verde), Curva apparente (blu), curva numerica (magenta); modi di Rayleigh (ciano)

4. DESCRIZIONE DEI RISULTATI

La modellazione del sottosuolo con il metodo MASW ha consentito la ricostruzione di un profilo monodimensionale dell'andamento delle Vs in sottosuolo entro la profondità di 40 metri.

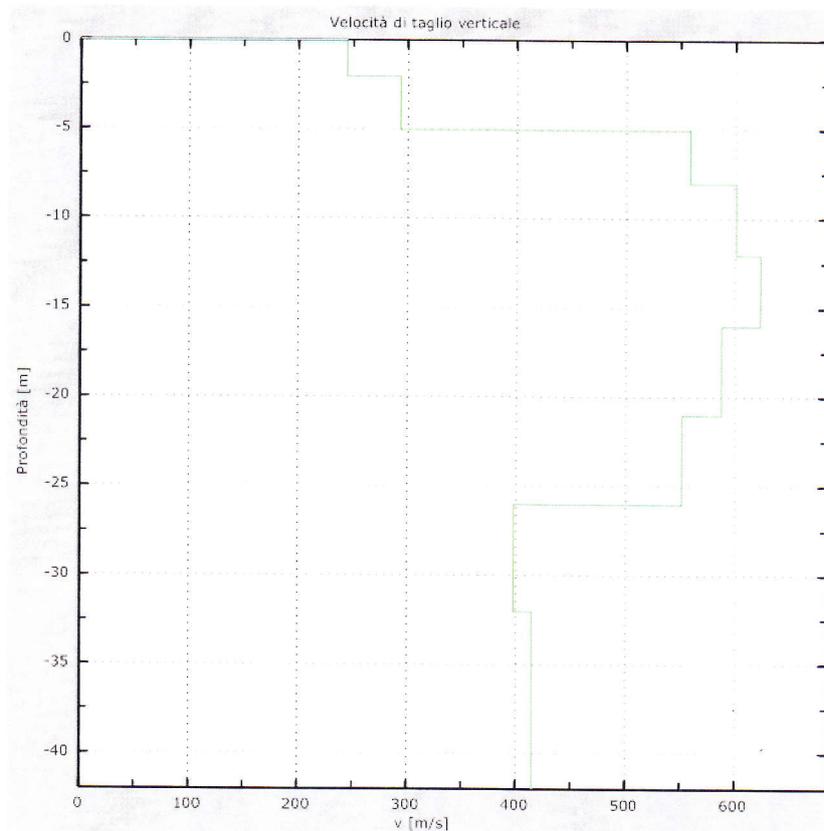


Figura 11 – Modello Vs nei primi 40 m di sottosuolo

Il profilo desunto dalla prova Mw2 mostra alcune analogie con il profilo Mw1, in particolare la presenza di una netta inversione di velocità indice di una chiara transizione litologica. In questo profilo abbiamo velocità superficiali leggermente inferiori che sul lato Nord, dovuto alla presenza di lave maggiormente scoriacee nella parte apicale e per la presenza di una copertura di riporto, seppure modesta. I valori di Vs compresi nell'intervallo rigido variano all'incirca fra 550 e 620 m/s, tuttavia lo strato rigido si approfondisce fino a circa 26 m, quota alla quale, presumibilmente, avviene la transizione con i sottostanti limi sabbiosi le cui Vs, così come nella prova Mw1, si attestano intorno a 400 m/s.

Nella seguente tabella sono sintetizzati spessori, profondità e velocità Vs dei sismostrati costituenti i primi 30 m di sottosuolo.

Il valore di V_{S30} calcolato è il seguente:

Intervallo	Profondità (m)	H (m)	Vs (m/s)	H/Vs
1	0.0-2.0	2,0	244	0,008
2	2.0-5.0	3,0	293	0,010
3	5.0-8.0	3,0	559	0,005
4	8.0-12.0	4,0	601	0,007
5	12.0-16.0	4,0	623	0,006
6	16.0-21.0	5,0	588	0,009
7	21.0-26.0	5,0	552	0,009
8	26.0-30.0	4,0	398	0,010
Σ	\square	30,0	Σ	0,064
			$V_{S30} =$	465,19

Il sottosuolo in oggetto, sotto il profilo delle velocità sismiche, è riconducibile alla **Categoria B** di cui al D.M. 14/01/2008.

Attraverso la stima delle V_p , del coefficiente di Poisson dinamico e del peso di volume, sono stati calcolati i parametri *elasto-dinamici* ed il modulo E_{stat} del profilo sintetizzato in quattro diversi intervalli, ed esposti nella seguente tabella.

Profondità (m)	V_p (m/s)	V_s (m/s)	Modulo edometrico E_{ed} (Kg/cm ²)	Modulo di rigidità G (Kg/cm ²)	Modulo di volume K (Kg/cm ²)	Modulo di elasticità E_{din} (kg/cm ²)	Modulo di elasticità E_{stat} (kg/cm ²)	Poisson
0.0-5.0	620	273	6651,32	1315,01	5029,11	3628,75	157,31	0,38
5.0-16.0	1250	597	30888,95	7184,74	21918,31	19431,08	2155,70	0,35
16.0-26.0	1220	570	29288,57	6519,40	21173,50	17737,70	1869,88	0,36
26.0-30.0	1400	398	39590,46	3262,72	36020,74	9501,29	706,11	0,46

Il tecnico
(dott. geol. Domenico Boso)

