



Università degli Studi del Molise

Lavori di realizzazione di una stazione sperimentale per prove termofisiche a servizio del Dipartimento di Medicina e Scienze della Salute "Vincenzo Tiberio" dell'Università degli Studi del Molise - Campobasso

PROGETTO DEFINITIVO

Progettazione:

Università degli Studi del Molise
Area Servizi Tecnici
Ing. Giovanni LANZA
Ing. Ramona TUCCI
Geom. Antonio RAMACCIATI

RUP:



RTS.1

Rapp.:

RELAZIONE TECNICA SPECIALISTICA GEOLOGICA

Spazio per visti, pareri e autorizzazioni

Data:

Agosto 2022

Agg.to:

Rev.:

STUDIO DI GEOLOGIA
dott. geol. Domenico Fazioli
Corso Bucci, 58/A -86100 CAMPOBASSO
Via Costantino Morin 12 -00195 ROMA
Cell. 337667729
mail: domenicofazioli@yahoo.it

Comune di Campobasso

OGGETTO:

LAVORI DI REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE
SPERIMENTALE PER PROVE TERMOFISICHE

COMMITTENTE:



UNIVERSITÀ DEGLI STUDI DEL MOLISE

*RELAZIONE GEOLOGICA COMPRENSIVA DI
INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOFISICHE*

Campobasso, dicembre 2021

IL GEOLOGO
DOTT. DOMENICO FAZIOLI



Domenico Fazioli

Premessa

Per conto dell'Università degli Studi del Molise è stata redatta la presente Relazione Geologica relativa all'area interessata dai lavori di realizzazione di una stazione sperimentale per prove termofisiche.

Lo studio si è articolato in diverse fasi, che vengono di seguito schematizzate:

- raccolta di dati mediante ricerca bibliografica ¹;
- rilievi di superficie, estesi anche alle aree vicinarie, data l'intesa urbanizzazione dell'area oggetto della presente Relazione, al fine di inquadrare l'attuale contesto morfologico, ricostruire quello originario ed individuare eventuali pericolosità geologiche;
- esecuzione di una indagine geognostica consistente nell'esecuzione di:
 - due prove penetrometriche dinamiche superpesanti (DPSH). La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica, per tratti consecutivi, misurando il numero di colpi N necessari alla sua penetrazione nel terreno. L'elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il sottosuolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici di riferimento per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette, inoltre, di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la presenza di acqua nel primo sottosuolo;

¹ Studi bibliografici di riferimento:

- Università degli Studi del Molise – Realizzazione della nuova sede in località Vazzieri- Indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche (Gruppo di progettazione SVEI S.p.A. Via Salaria 394/A Roma).
- Università degli Studi del Molise – Realizzazione di un collegamento pedonale con sottoservizi attrezzati, tra l'esistente edificio di Economia ora Il Polifunzionale e l'area antistante il complesso di Agraria in località Vazzieri- Indagini geognostiche, geotecniche e geofisiche (Gruppo di progettazione SVEI S.p.A. Via Salaria 394/A Roma).
- Microzonazione Sismica del centro abitato di Campobasso (Regione Molise).
- Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)- Autorità di Bacino del Fiume Biferno e minori.
- Progetto IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) ISPRA - Dipartimento Difesa del Suolo-Servizio Geologico d'Italia-Regione Molise - Provincia di Campobasso.

- di una prova geofisica di tipo MASW per la determinazione della “Categoria del Sottosuolo” così come richiesto dalle NTC-2018.
- analisi ed interpretazione dei dati ricavati dall’indagine geognostica per la ricostruzione litostratigrafica locale e stima re dei parametri geotecnici.
- sviluppo del modello geologico-tecnico.

Allegati

- Report e dati tabellari delle prove penetrometriche dinamiche (DPSH).
- Report e dati tabellari della prova geofisica MASW.

1. Inquadramento morfologico e pericolosità geologiche

Il sito destinato ad accogliere il manufatto in oggetto è compresa tra l'arteria cittadina di via Manzoni e l'edificio della Biblioteca dell'Ateneo (Fig.1 e Foto 1). In detta area anni addietro era presente un distributore di carburanti.



Fig.1



Foto 1

L' area in oggetto s'inserisce in un contesto morfologico di versante, digradante verso nord-est (Fig.2), con acclività originaria superiore al 12%.

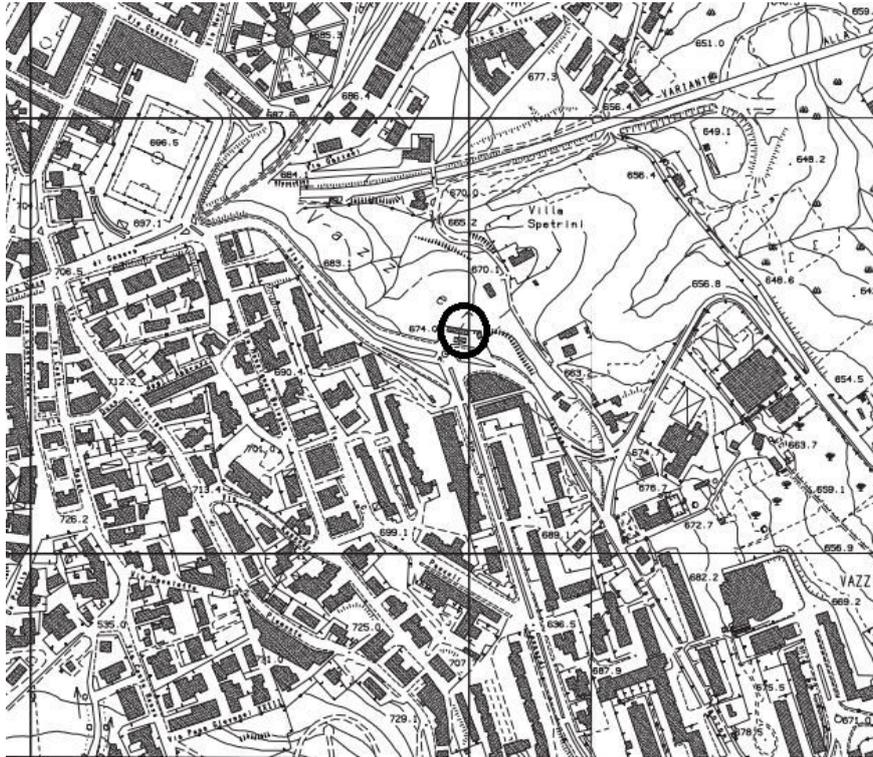


Fig.2

L'attuale profilo morfologico del sito in esame, oggi subpianeggiante, è stato estesamente modificato, rispetto all'originario, a seguito di un'intensa urbanizzazione dell'intero versante che ha comportato estesi sbancamenti e accumuli di materiale di riporto. L'intensa urbanizzazione ha portato anche alla completa impermeabilizzazione delle aree utilizzate attraverso la realizzazione di piazzali, strade di servizio e reti di drenaggio delle acque superficiali e di infiltrazione, queste ultime particolarmente deleterie per la stabilità del versante caratterizzato dall'affioramento di una formazione geologica particolarmente sensibile all'azione ammalorante delle acque. In definitiva, si può dire che dal punto di vista geomorfologico, l'intensa urbanizzazione del versante in oggetto ha portato ad un beneficio in termini di stabilità.

Allo stato attuale, i rilievi di superficie hanno evidenziato l'assenza di fenomeni gravitativi in atto e/o potenziali forme di dissesto che potrebbero interferire in maniera negativa sull'area oggetto di studio. Tutto ciò è confermato, oltre che dalle buone condizioni statiche delle infrastrutture presenti, dall'assenza di evidenze o di indizi di processi gravitativi. Anche la Carta PAI (Fig.3), redatta dall'Autorità di Bacino del

Fiume Fortore, non inserisce il territorio in esame in nessun areale a pericolosità geologica, nonostante la presenza di terreni di riporto e di alterazione, dalle scadenti caratteristiche di resistenza geomeccanica e, quindi, potenzialmente instabili, soprattutto se in condizioni morfologiche di versante.

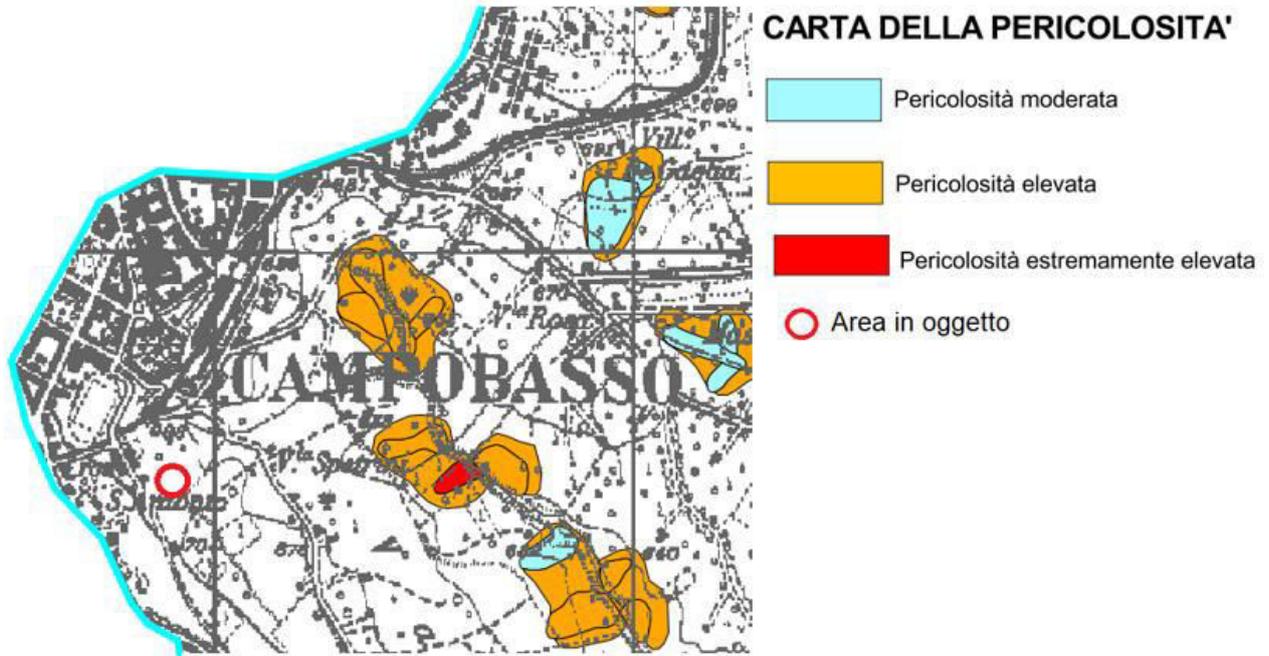
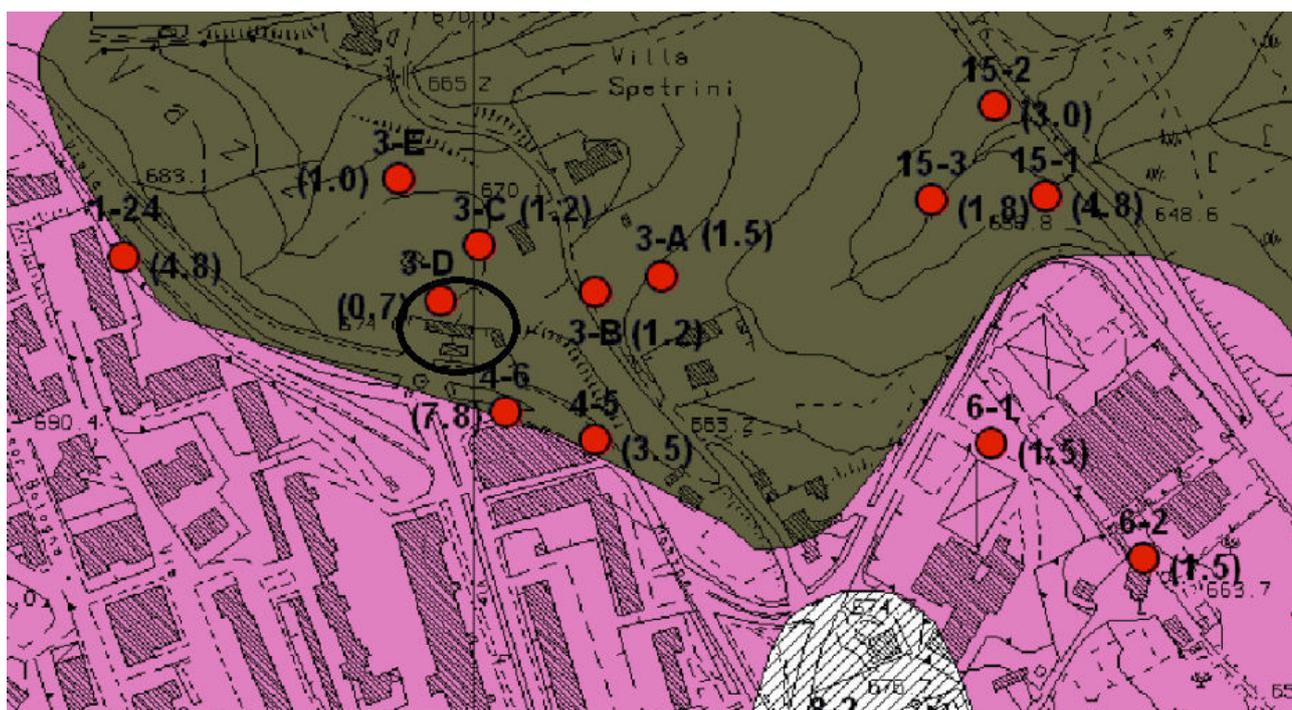


Fig.3

2. Inquadramento geologico e geolitologico

In accordo con la Carta Geologica allegata allo studio di Microzonazione Sismica (Fig.4), le litologie affioranti nell'area in esame appartengono alla Formazione delle Argille Varicolori Sannitiche di età Cretacico superiore- Miocene inferiore, ricoperte da estese coltri di materiale eluvio-colluviale e materiale di riporto, indicate con la sigla "ter" nella Carta Geologica di Fig.4, interessato da fenomeni di instabilità.



- ter** Depositi eluvio-colluviali: Terreni essenzialmente fini talora detritici derivanti dal disfacimento del locale substrato o dall'accumulo di suolo, di depositi detritici che hanno subito un trasporto lungo il versante.
(1) con spessori compresi tra 0,5 - 2m;
(2) con spessori > 2m
- AVS** Argille varicolori sannitiche: Argilliti di aspetto scaglioso e di colore variabile dal rosso-violaceo al grigio-verdastro e/o bluastro con sporadiche intercalazioni centimetriche e decimetriche di marne e calcari micritici chiari, talora siliciferi, e livelli radiolaritici. Cretacico superiore-Miocene inferiore
- Sn**
● (n) Indagini dirette con indicato lo spessore delle coperture
- Sn-DH**
● (n) Indagini dirette: sondaggio a c.c. attrezzato per prove Down-Hole
- AREA IN OGGETTO

Fig.4

La formazione delle Argille Varicolori è caratterizzata da un elevato grado di complessità geologica che si esprime, di fatto, attraverso un assetto litostrutturale particolarmente disordinato, a cui si deve la notevole variabilità latero-verticale dei

termini costituenti. Da ciò deriva la possibilità di suddividere tale complesso in tre facies, **una basale**, a marcata componente marnoso-argillosa, **una intermedia**, di natura argilloso-limosa a tratti marnosa, ed **una sommitale** a dominante calcareo-brecciosa e calcareo-marnosa. Quest'ultima costituisce l'ossatura della collina Monforte su cui si estende il centro storico dell'abitato di Campobasso, mentre la litofacies basale, rappresenta il substrato profondo del territorio in studio.

Nell'area in oggetto affiora la facies intermedia della Formazione delle Argille Varicolori, litologicamente costituita da termini argilloso-limosi e argilloso marnosi con assetto giaciturale disordinato, contraddistinta da marcata policromia e scagliosità; in essa, caoticamente inglobati, si rinvengono livelli litoidi a costituzione prevalentemente calcareo-marnosa. La Formazione delle Argille Varicolori, come ben visibile dalla Carta Geologica di Fig.4, è ricoperta da una estesa e potente coltre di alterazione, segnalata nella cartografia geologica con il termine di "*Depositi eluvio-colluviali*", che corrisponde alla porzione superiore della formazione argillosa entro cui si sono spinti e manifestati, in maniera marcata, gli effetti chimico-fisici della degradazione meteorica, con conseguente estrema riduzione delle proprietà geomeccaniche rispetto a quelle già modeste dei terreni originari. Inoltre, le coltri di alterazione sono spesso ricoperte da consistenti accumuli di antichi terreni di riporto derivati dagli sbancamenti degli edifici realizzati nella zona di Vazzieri.

Il grado di permeabilità di tali terreni è da ritenersi praticamente nulla se si escludono limitate e continue circolazioni idriche in corrispondenza delle intercalazioni litoidi inglobate nell'ammasso argilloso, o deboli processi di infiltrazione all'interno delle coltri di alterazione, che contribuiscono all'ulteriore diminuzione delle già scadenti caratteristiche di resistenza geomeccanica.

3. Indagine geognostica e Categoria sismica di sottosuolo

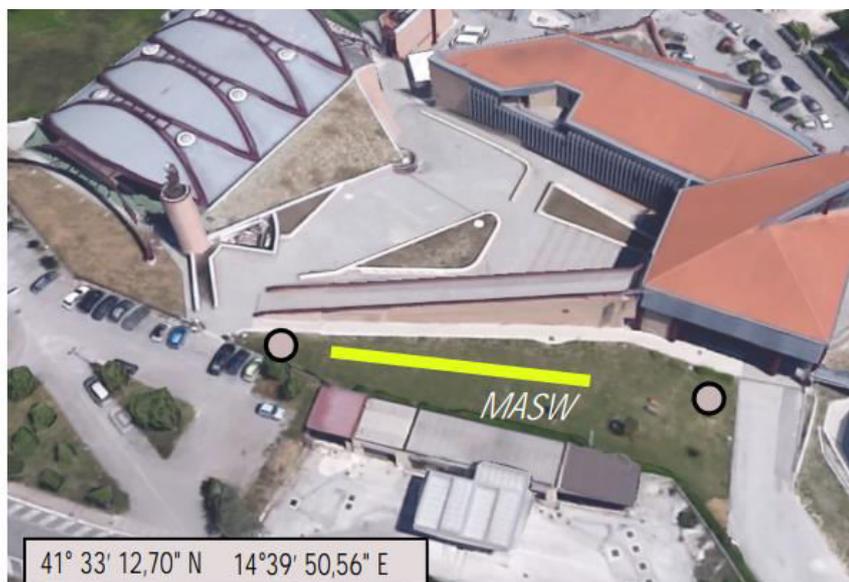
Per la definizione della litostratigrafia e per la caratterizzazione geotecnica e geofisica dei terreni che si succedono nel locale sottosuolo, è stata pianificata e realizzata un'apposita indagine geognostica consistita in:

- a) n.2 prove penetrometriche superpesanti (DPSH), ubicate come da Fig.5, eseguite il giorno 01-12-2021.
- b) n. 1 prova sismica attiva (MASW), ubicata come da Fig.6, eseguita il giorno 26-11-2021.



 Ubicazione prove penetrometriche

Fig.5



Acquisizione ed elaborazione dati sismici superficiali

Fig.6

a) Prove penetrometriche dinamiche (DPSH)

Per le finalità dello studio si è fatto ricorso all'esecuzione di due prove penetrometriche dinamiche pesanti (DPSH), utilizzando un Penetrometro Pagani TG 63 (200 KN). Le prove sono state eseguite dalla Ditta GEOSECURE S.r.l. in data 01-12-2021 e sono state spinte fino alle profondità dove i terreni hanno presentato una resistenza tale da impedire l'infissione della punta del penetrometro. Nelle foto 2 e 3 si riportano le ubicazioni fotografiche delle due prove penetrometriche eseguite.



Foto 2



Foto 3

In breve, la prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere verticalmente nel terreno una punta conica metallica (angolo di apertura= 60°) posta all'estremità di un'asta d'acciaio, prolungabile con l'aggiunta di successive aste; l'infissione avviene per battuta, facendo cadere da un'altezza di 0,75 m, un maglio di peso pari a 63,5 kg e contando i colpi necessari per la penetrazione di ciascun tratto di 0,20 m (N_{20}).

L'interpretazione della prova consente di ricavare il parametro N_{SPT} , numero di colpi dello Standard Penetration Test, attraverso la relazione $N_{SPT} = \beta \times N_{20}$, dove β (coefficiente di correlazione) assume, in ragione delle caratteristiche del penetrometro, il valore pari a 1.489. Dai valori di N_{SPT} così calcolati e sulla base delle principali correlazioni reperibili in letteratura, derivano le principali proprietà fisico-meccaniche dei terreni investigati.

Prendendo come riferimento la classificazione di TERZAGHI & PECK (Tabella 1),

N_{SPT}	CONSISTENZA	C_u (t/m ²)
0÷2	molto molle	0,0÷1,5
2÷4	molle	1,5÷2,5
4÷8	mediamente compatta	2,5÷5,0
8÷15	consistente	5,0÷10,0
15÷30	molto consistente	10,0÷20,0
>30	dura	>20,0

Tabella 1

vengono riportati, nelle Tabelle 2 e 3, i valori N_{20} e i corrispondenti valori di N_{SPT} , oltre alla valutazione della consistenza.

PROVA DPSH 1			
Profondità (m)	N_{20}	N_{SPT}	CONSISTENZA
0,20	3	4,467	MEDIAMENTE COMPATTA
0,40	3	4,467	MEDIAMENTE COMPATTA
0,60	5	7,445	MEDIAMENTE COMPATTA
0,80	7	10,423	CONSISTENTE
1,00	3	4,467	MEDIAMENTE COMPATTA
1,20	2	2,978	MOLLE
1,40	2	2,978	MOLLE
1,60	1	1,489	MOLTO MOLLE
1,80	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,00	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,20	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,40	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,60	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,80	1	1,489	MOLTO MOLLE
3,00	3	4,467	MEDIAMENTE COMPATTA
3,20	4	5,956	MEDIAMENTE COMPATTA
3,40	4	5,956	MEDIAMENTE COMPATTA
3,60	5	7,445	MEDIAMENTE COMPATTA
3,80	5	7,445	MEDIAMENTE COMPATTA
4,00	6	8,934	CONSISTENTE
4,20	6	8,934	CONSISTENTE
4,40	4	5,956	MEDIAMENTE COMPATTA
4,60	4	5,956	MEDIAMENTE COMPATTA
4,80	6	8,934	CONSISTENTE
5,00	5	7,445	MEDIAMENTE COMPATTA
5,20	5	7,445	MEDIAMENTE COMPATTA
5,40	5	7,445	MEDIAMENTE COMPATTA
5,60	18	26,802	MOLTO CONSISTENTE
5,80	19	28,291	MOLTO CONSISTENTE
6,00	34	50,626	DURA
6,20	41	61,049	DURA
6,40	RIF.	RIF.	DURA

Tabella 2

PROVA DPSH 2			
Profondità (m)	N ₂₀	N _{SPT}	CONSISTENZA
0,20	1	1,489	MOLTO MOLLE
0,40	1	1,489	MOLTO MOLLE
0,60	1	1,489	MOLTO MOLLE
0,80	1	1,489	MOLTO MOLLE
1,00	1	1,489	MOLTO MOLLE
1,20	1	1,489	MOLTO MOLLE
1,40	1	1,489	MOLTO MOLLE
1,60	1	1,489	MOLTO MOLLE
1,80	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,00	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,20	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,40	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,60	1	1,489	MOLTO MOLLE
2,80	1	1,489	MOLTO MOLLE
3,00	1	1,489	MOLTO MOLLE
3,20	1	1,489	MOLTO MOLLE
3,40	3	4,467	MEDIAMENTE COMPATTA
3,60	2	2,978	MOLLE
3,80	2	2,978	MOLLE
4,00	3	4,467	MEDIAMENTE COMPATTA
4,20	5	7,445	MEDIAMENTE COMPATTA
4,40	5	7,445	MEDIAMENTE COMPATTA
4,60	7	10,423	CONSISTENTE
4,80	9	13,401	CONSISTENTE
5,00	5	7,445	MEDIAMENTE COMPATTA
5,20	6	8,934	MEDIAMENTE COMPATTA
5,40	6	8,934	MEDIAMENTE COMPATTA
5,60	7	10,423	CONSISTENTE
5,80	7	10,423	CONSISTENTE
6,00	8	11,912	CONSISTENTE
6,20	9	13,401	CONSISTENTE
6,40	9	13,401	CONSISTENTE
6,60	16	23,824	MOLTO CONSISTENTE
6,80	21	31,269	DURA
7,00	26	38,714	DURA
7,20	24	35,736	DURA
7,40	31	46,159	DURA
7,60	RIF.	RIF.	DURA

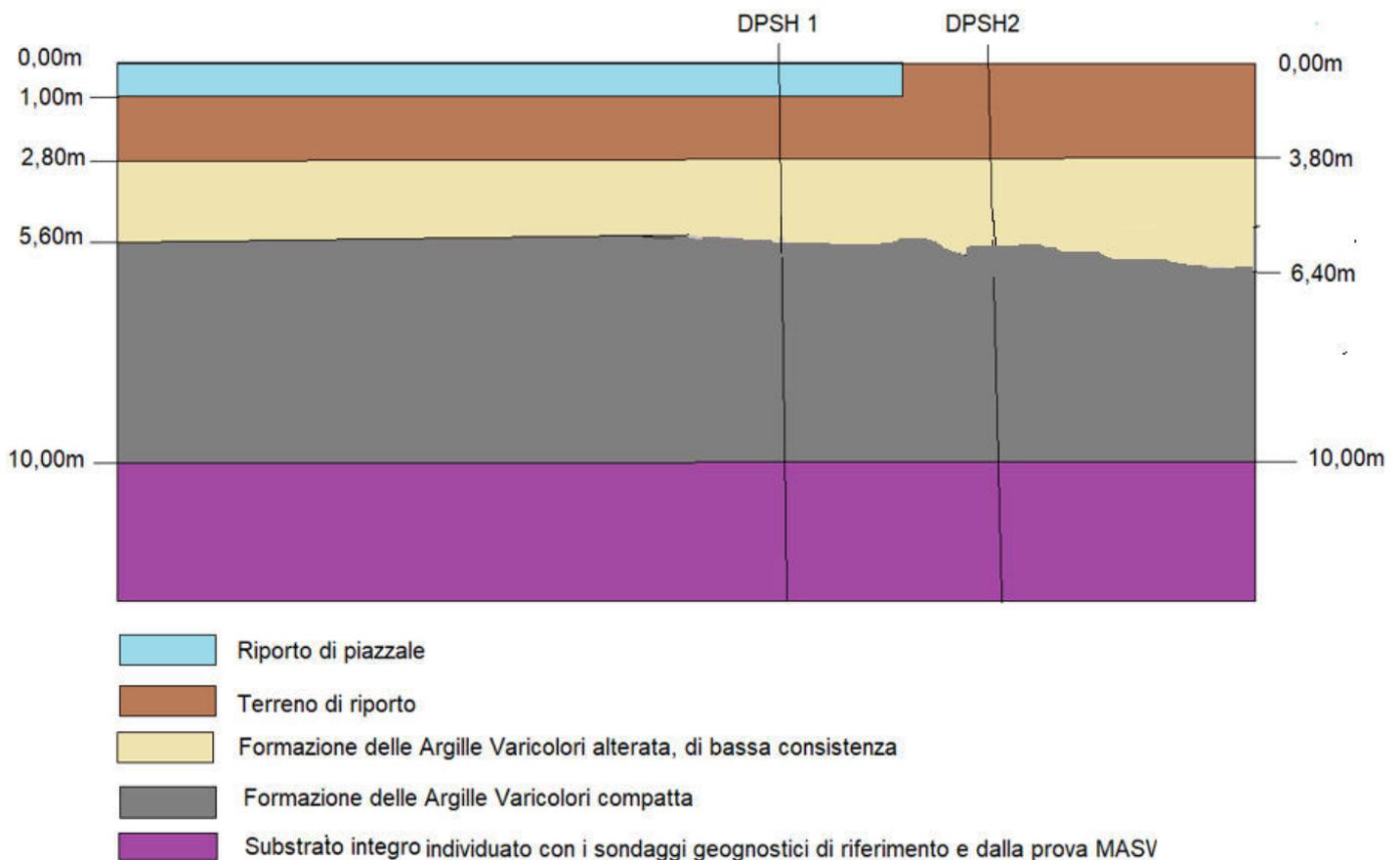
Tabella 3

Dai risultati delle suddette prove, confrontate con le stratigrafie dei sondaggi geognostici di riferimento, gli orizzonti litologici del sottosuolo dell'area in esame sono stati così distinti e caratterizzati:

PROVA PENETROMETRICA DPSH 1		
Descrizione del terreno	N _{SPT}	Profondità in m dal p.c.
Riporto di piazzale	3÷7	0,00 a 1,00
Terreno di riporto	1÷2	1,00 a 2,80
Formazione delle Argille Varicolori alterata, di bassa consistenza	3÷6	2,80÷5,60
Formazione delle Argille Varicolori compatta	15÷30 e >30	>5,60

PROVA PENETROMETRICA DPSH 2		
Descrizione del terreno	N _{SPT}	Profondità in m dal p.c.
Terreno di riporto	1÷2	0,00 a 3,80
Formazione delle Argille Varicolori alterata, di bassa consistenza	3÷9	3,80 ÷6,40
Formazione delle Argille Varicolori compatta	15÷30 e >30	>6,40

Il locale modello geologico può essere, pertanto, così schematizzato:



Il modello geologico sopra riportato può essere considerato valido per profondità superiori ai 10,00 metri, in quanto la prova geofisica MASW, di cui si parlerà nel prossimo paragrafo, presenta velocità delle onde di taglio crescenti con la profondità;

ciò sta ad indicare anche un aumento graduale della consistenza dei terreni che si succedono nel sottosuolo. Infatti, la velocità delle onde di taglio, essendo legata alle caratteristiche dello scheletro del materiale, costituisce un parametro di grande rilevanza per la definizione delle caratteristiche geomeccaniche e di consistenza dei terreni.

In merito al comportamento tecnico d'insieme va precisato che i litotipi argillosi possiedono qualità tecniche modeste che tendono a scadere sensibilmente negli orizzonti più superficiali maggiormente esposti alla degradazione esogena ed in particolare all'azione erosiva e plasticizzante prodotta dalle acque di corrivazione e di infiltrazione. Il comportamento in sede dei terreni che si succedono nel locale sottosuolo risulta essere, pertanto, legato alla componente argillosa e, in condizioni a "breve termine", è regolato essenzialmente dalla coesione non drenata (C_u).

Secondo lo schema proposto da Cestelli Guidi (1987) è possibile correlare la resistenza alla penetrazione con le principali caratteristiche geomeccaniche dei terreni indagati:

Definizione della consistenza	Numero dei colpi N (N_2+N_3)	Indice di consistenza I_c	Coesione non drenata C_u (bar)
TERRENO COERENTE			
Molto soffice	< 2	≈ 0	< 0.1
Soffice	2 ÷ 4	0 ÷ 0.25	0.10 ÷ 0.25
Plastico	4 ÷ 8	0.25 ÷ 0.50	0.25 ÷ 0.50
Duro	8 ÷ 15	0.50 ÷ 0.75	0.50 ÷ 1.00
Molto duro	15 ÷ 30	0.75 ÷ 1.00	1.00 ÷ 2.00
Durissimo	> 30	> 1	> 2.00

Valutazione dei parametri di resistenza dei dati dello S.P.T.
(C. Cestelli Guidi, 1987).

Dalle indagini penetrometriche eseguite è possibile assegnare agli strati litologici individuati le seguenti caratteristiche fisico-meccaniche:

	N _{SPT}	Peso di volume saturo	Coesione non drenata	Modulo edometrico
Terreno di riporto	1÷2	1,85	0,10 Kg/cm ²	20Kg/cm ²
Argille Varicolori di bassa consistenza	3÷6	1,90	0,20÷0,30Kg/cm ²	51Kg/cm ²
Argille Varicolori di media consistenza	15÷30	1,95	0,70÷0,90Kg/cm ²	150Kg/cm ²
Argille Varicolori compatte	>30	2,00	> 1,00 Kg/cm ²	>150Kg/cm ²

b) Indagine sismica di tipo MASW

Il metodo MASW è una tecnica di indagine non invasiva che consente la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori posti sulla superficie del suolo (Foto 4). Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che si trasmettono con una velocità correlata alla rigidezza 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 o, detto in maniera equivalente, la velocità di fase (o di gruppo) apparente delle onde di Rayleigh dipende dalla frequenza di propagazione, cioè sono onde la cui velocità dipende dalla frequenza.



Foto 4

- Elaborazione dati MASW

L'analisi MASW può essere ricondotta a quattro fasi:

- la prima fase prevede la trasformazione delle serie temporali (Fig.9) nel dominio frequenza f - numero d'onda K ;

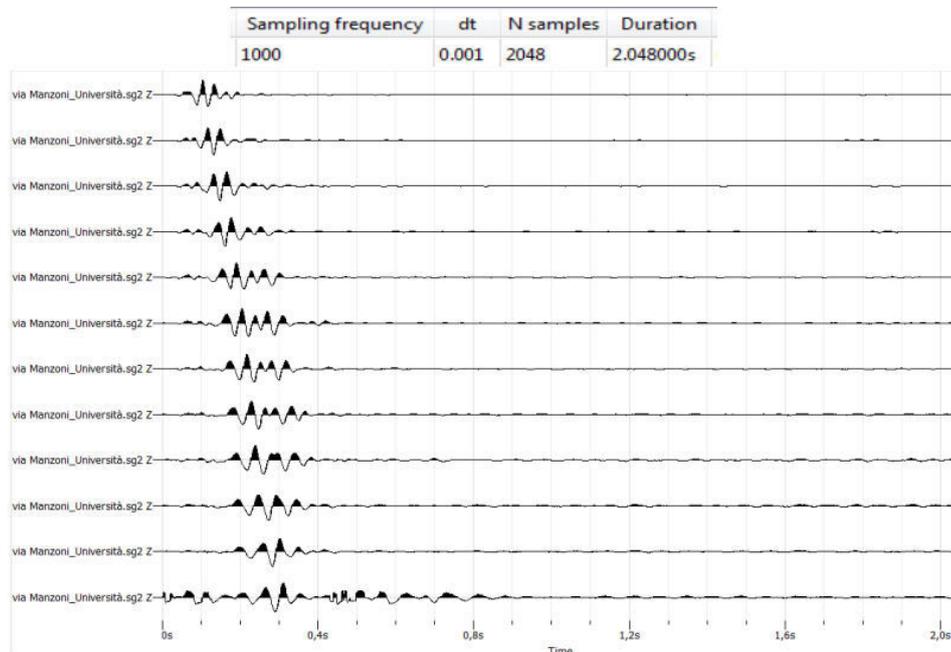


Fig. 9 - Sismogramma traccia

- la seconda fase consiste nell'individuazione delle coppie f - k cui corrispondono i massimi spettrali d'energia (densità spettrale); essi consentono di risalire alla curva di dispersione delle onde di Rayleigh nei piani V fase (m/s)/frequenza (Hz) e lentezza (s/m)/frequenza (Hz) (Fig.10);

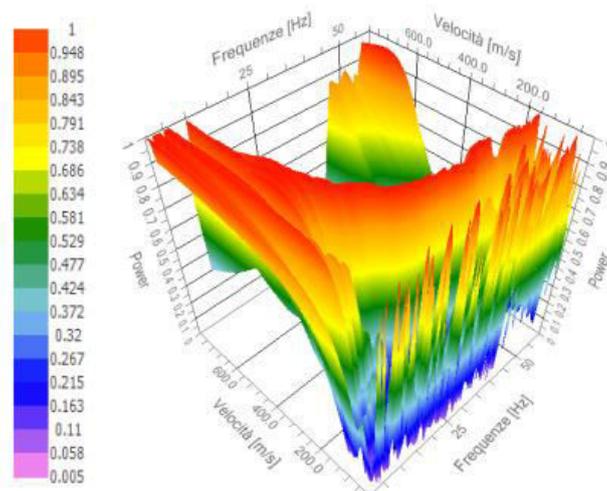


Fig. 10 - Spettro velocità di fase - frequenza

- la terza fase consiste nel calcolo della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione 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 , la densità di massa degli strati che costituiscono il modello del suolo (Fig.11);

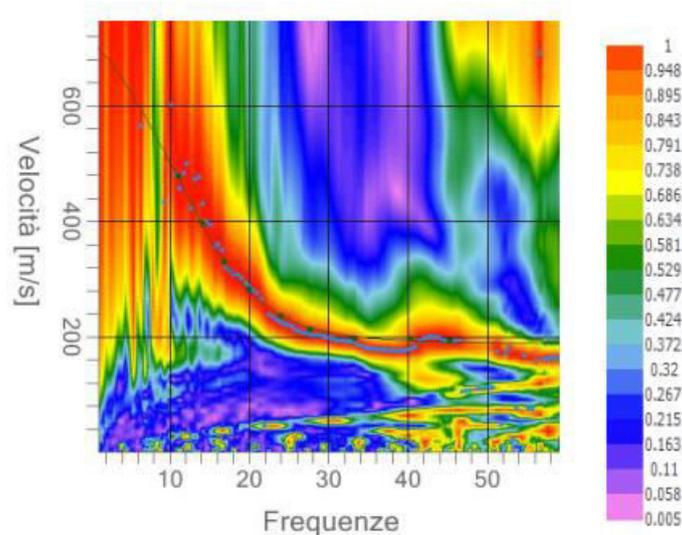


Fig. 11 – Densità spettrale normalizzata nei piani Velocità di fase apparente/frequenza e Lentezza/frequenza con individuazione dei massimi, delle curve sperimentali e del picking

- la quarta fase consiste nella modifica della curva teorica 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 (Fig.12);

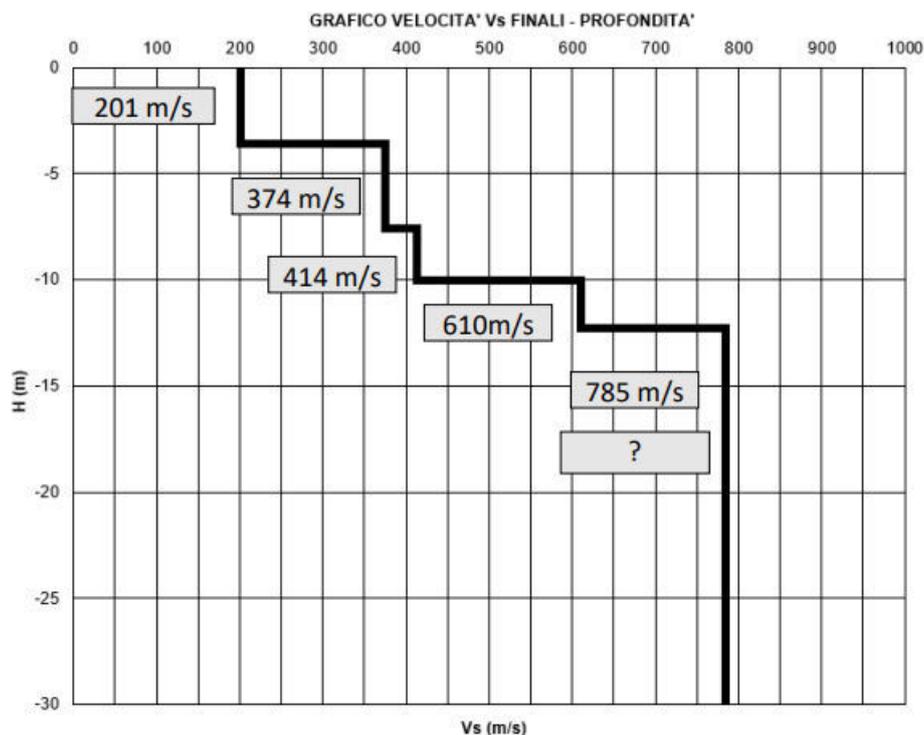


Fig. 12 – Profilo di velocità calcolato

Sulla base dei risultati ottenuti e dell'interpretazione dei dati acquisiti, il modello di sottosuolo proposto per il sito in studio (in termini di profilo verticale Vs) è il seguente:

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vs [m/sec]
1	3.6	3.6	201.6
2	7.6	4.0	374.59
3	10.0	2.4	414.26
4	12.3	2.3	610.04
0	indefinito	indefinito	785.35

- Valutazione del parametro Vs e determinazione della Categoria del suolo di fondazione

Sulla base dei risultati ottenuti ed in accordo con l'attuale normativa, viene calcolato il valore del parametro VS tramite la formula:

$$V_{s, eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

Da cui, rispetto al piano campagna, si ottiene:

$$V_S = V_{S30} = 494 \text{ m/sec}$$

A tale velocità viene associata la categoria di suolo di fondazione di **tipo “B”** definita:
“*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.*”

- Valutazione della Categoria topografica

L'area di progetto rientra nella **Categoria topografica T1**: “superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ”

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

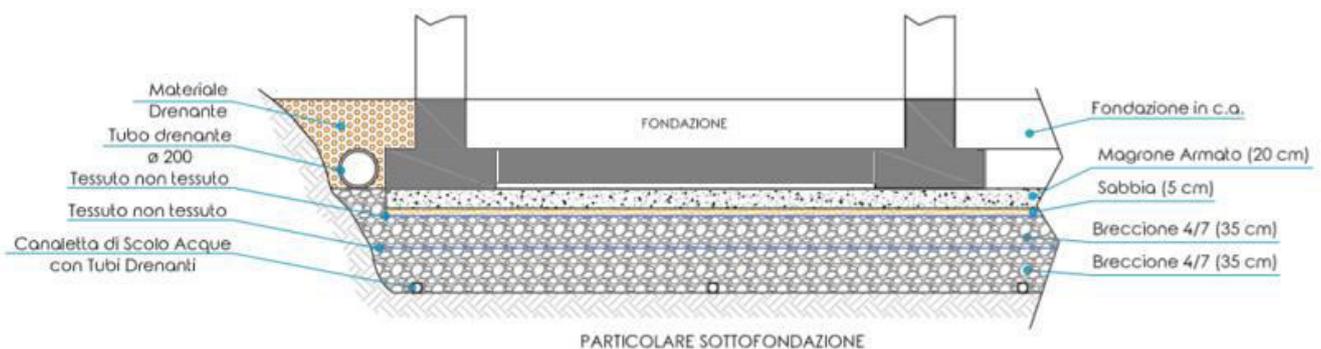
– *Categorie topografiche*

Conclusioni

Al soddisfacente contesto geomorfologico subpianeggiante dell'area d'interesse, si contrappone la locale presenza di una coltre di copertura di materiale di riporto, dello spessore di circa 3,80 metri, geotecnicamente scadente e di consistenza molto bassa. Seguono in continuità terreni di natura prevalentemente argillosa, la cui consistenza aumenta gradualmente con la profondità seppure, fino alla quota 5,40m÷5,60m dal p.c., la consistenza risulta essere molto bassa.

L'alta compressibilità del terreno di riporto sconsiglia l'adozione di tipologie fondali dirette ed obbliga, invece, ad adottare soluzioni fondali indirette (pali) da incastrarsi nel locale substrato integro posto alla quota di 10,00 m dal p.c..

L'eventuale utilizzo del materiale di riporto come piano di sedime per la realizzazione di una fondazione a platea, dovrà essere attentamente valutata dai progettisti in considerazione dei carichi permanenti e concentrati del manufatto da realizzare e dai conseguenti cedimenti assoluti e/o differenziali che si potrebbero manifestare nel tempo. Tale soluzione, comunque, non potrà prescindere da un'accurata e consistente bonifica litologica ed idrologica da realizzarsi come, ad esempio, quella riportata nel seguente schema.



Durante le indagini non è stata intercettata alcuna falda superficiale e/o circolazioni idriche sotterranee ma, le tracce di decalcificazione rilevate lungo le aste del penetrometro indicano la presenza di infiltrazioni idriche che vanno a saturare le argille. Al fine di evitare tali fenomeni e per la conservazione delle attuali condizioni di stabilità dell'area in oggetto, dovranno essere realizzati efficaci sistemi di drenaggio

in grado di incanalare le acque meteoriche, impedendone l'infiltrazione nel sottosuolo, il tutto completo di pozzetti ispezionabili, caditoie e griglie.

La **categoria di sottosuolo**, ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, è risultata essere di **tipo B** ($V_{s30} = 494$ m/s), la **categoria topografica**, invece è di tipo **T1** (*“Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media inferiore od uguale ai 15°”*).

Il geologo
Dr. Domenico Fazioli



The image shows a handwritten signature in blue ink that reads "Domenico Fazioli". Above the signature is a circular blue stamp. The text within the stamp, starting from the top and moving clockwise, includes: "DR. FAZIOLI DOMENICO", "ALBO", "SEZ. A", "N. 45", "2811007", and "ORDINE GEOLOGI REGIONE CAMPANIA".

Campobasso, dicembre 2021

ALLEGATI

CERTIFICATI PROVE IN SITO



Available versions		
DP Only	CPT Only	DP + CPT
■ DPH	■ 200 kN	■ DPH + 200 kN
= DPM		= DPH + 200 kN
		= DPM + 200 kN
Rotary head		

Legend	
■	Standard
=	Optional



CONSULT

SOCIETÀ ORGANISMO DI ATTESTAZIONE

ATT. N. 7918/63/01



NUMERO PC 0151 GEO Q



NUMERO PC 0151 GEO E



NUMERO PC 0151 GEO M



GEOSECURE S.R.L.

GEOLOGICAL & GEOTECHNICAL SERVICES



SEDE LEGALE: VIA DEGLI SCIPIONI 268A - ROMA (RM)

SEDE OPERATIVA: VIA BARCELLONA N.18 – BOJANO

TEL:0874/783120 CELL.3286429991 FAX:0874/773188

MAIL: info@geosecure.it SITO: www.geosecure.it

COMMITTENTE : GEOL. DOMENICO FAZIOLI

OGGETTO : REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE SPERIMENTALE

LOCALITA' : VIA ALESSANDRO MANZONI – CAMPOBASSO (CB)

CODICE DOCUMENTO : CPS 610/21 DPSH

SPERIMENTATORE	DIRETTORE TECNICO	REV. 0
DOTT. ANTONINO CARUSO	DOTT. GEOL. VINCENZO CORTESE	DATA DICEMBRE 2021

NUMERO E TIPOLOGIE DI PROVE IN SITU:

N. 2 PROVE PENETROMETRICHE DI TIPO DPSH A PUNTA CHIUSA

NEL MESE DI **DICEMBRE 2021** LA GEOSECURE SRL HA ESEGUITO NEL TENIMENTO DI **CAMPOBASSO (CB)** DUE PROSPEZIONI GEOTECNICHE IN SITU DI TIPO DPSH, SU INCARICO DEL **GEOL. DOMENICO FAZIOLI**, IN RELAZIONE ALLA PRATICA EDILE DENOMINATA **“REALIZZAZIONE DI UNA STAZIONE SPERIMENTALE”**.

IL FASCICOLO, COSTITUITO DA N. PAG. 07, E' RILASCIATO IN TRIPLICE COPIA IN ORIGINALE.



PROVA N.1

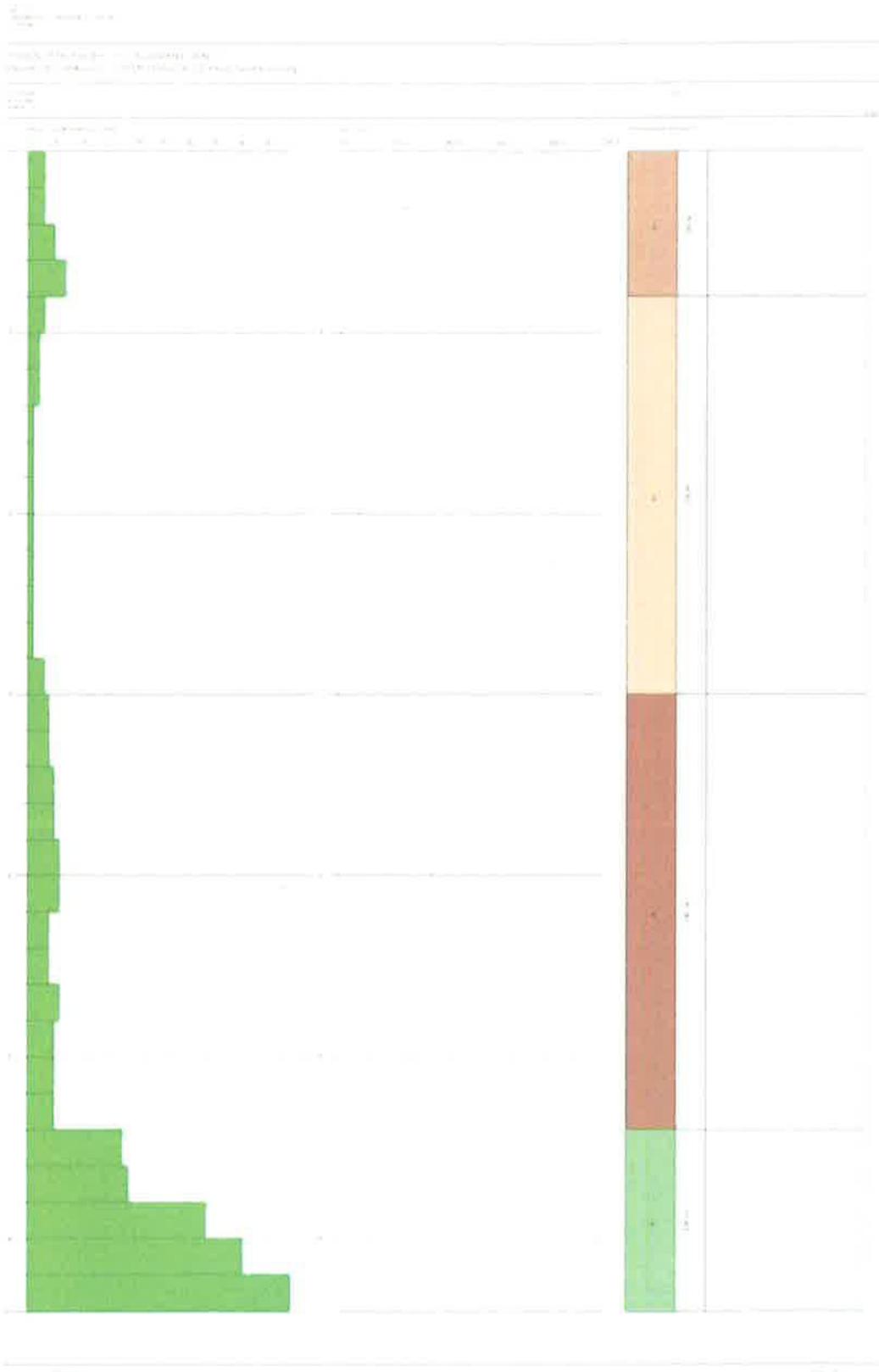
Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 6,40 mt

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	3	0,855	24,92	29,15	1,25	1,46
0,40	3	0,851	24,80	29,15	1,24	1,46
0,60	5	0,847	41,16	48,59	2,06	2,43
0,80	7	0,843	57,37	68,02	2,87	3,40
1,00	3	0,840	22,65	26,97	1,13	1,35
1,20	2	0,836	15,04	17,98	0,75	0,90
1,40	2	0,833	14,97	17,98	0,75	0,90
1,60	1	0,830	7,46	8,99	0,37	0,45
1,80	1	0,826	7,43	8,99	0,37	0,45
2,00	1	0,823	6,88	8,36	0,34	0,42
2,20	1	0,820	6,86	8,36	0,34	0,42
2,40	1	0,817	6,83	8,36	0,34	0,42
2,60	1	0,814	6,81	8,36	0,34	0,42
2,80	1	0,811	6,79	8,36	0,34	0,42
3,00	3	0,809	18,97	23,46	0,95	1,17
3,20	4	0,806	25,21	31,27	1,26	1,56
3,40	4	0,803	25,13	31,27	1,26	1,56
3,60	5	0,801	31,31	39,09	1,57	1,95
3,80	5	0,798	31,21	39,09	1,56	1,95
4,00	6	0,796	35,06	44,04	1,75	2,20
4,20	6	0,794	34,96	44,04	1,75	2,20
4,40	4	0,791	23,24	29,36	1,16	1,47
4,60	4	0,789	23,17	29,36	1,16	1,47
4,80	6	0,787	34,67	44,04	1,73	2,20
5,00	5	0,785	27,15	34,59	1,36	1,73
5,20	5	0,783	27,08	34,59	1,35	1,73
5,40	5	0,781	27,01	34,59	1,35	1,73
5,60	18	0,729	90,78	124,51	4,54	6,23
5,80	19	0,727	95,58	131,43	4,78	6,57
6,00	34	0,625	139,08	222,37	6,95	11,12
6,20	41	0,574	153,84	268,15	7,69	13,41
6,40	50	0,572	187,05	327,01	9,35	16,35



Pressioni sullo strato



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO N.1



FOTO N.2

PROVA N.2

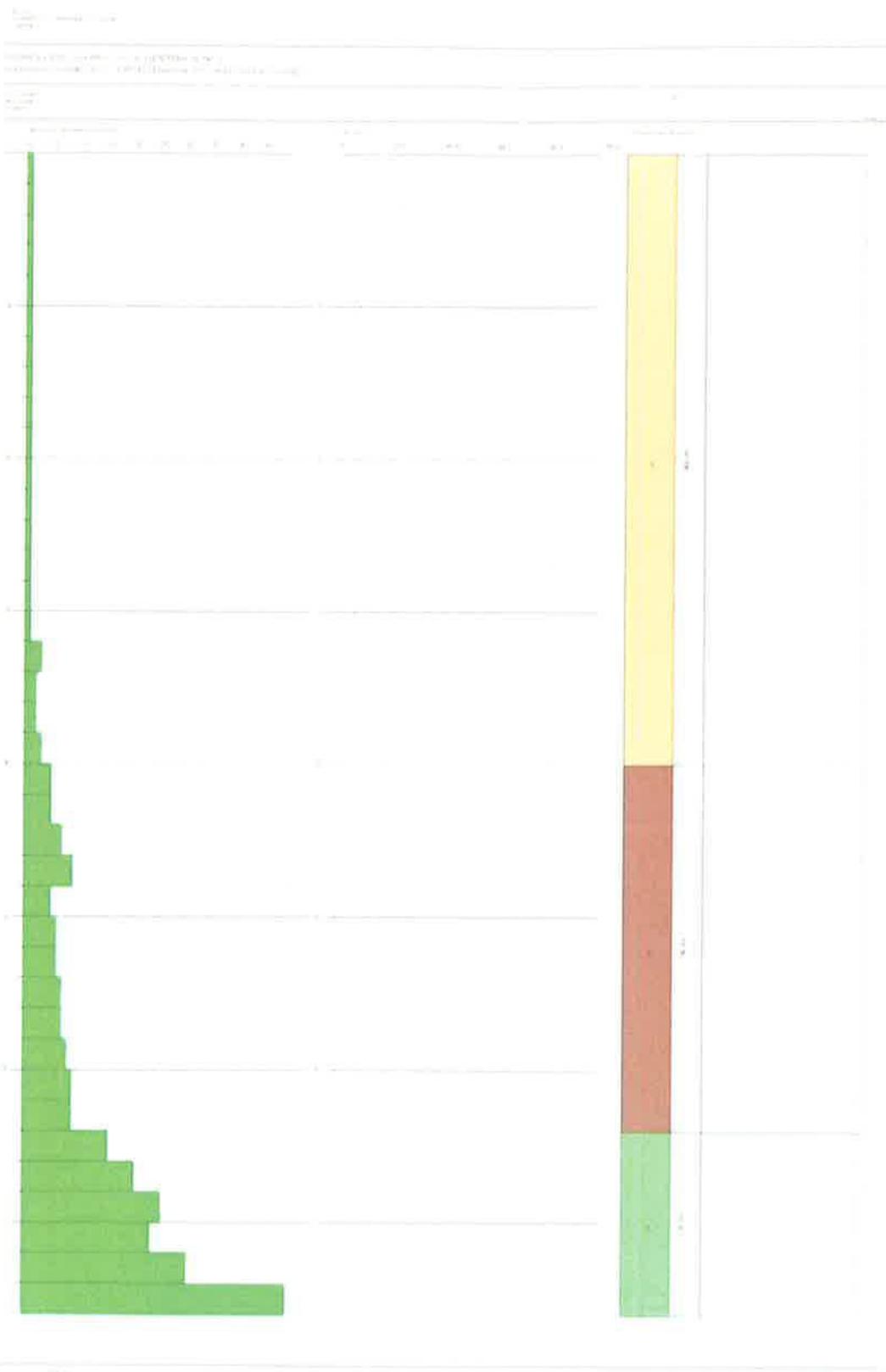
Strumento utilizzato...DPSH (Dinamic Probing Super Heavy)

Profondità prova 7,60 mt

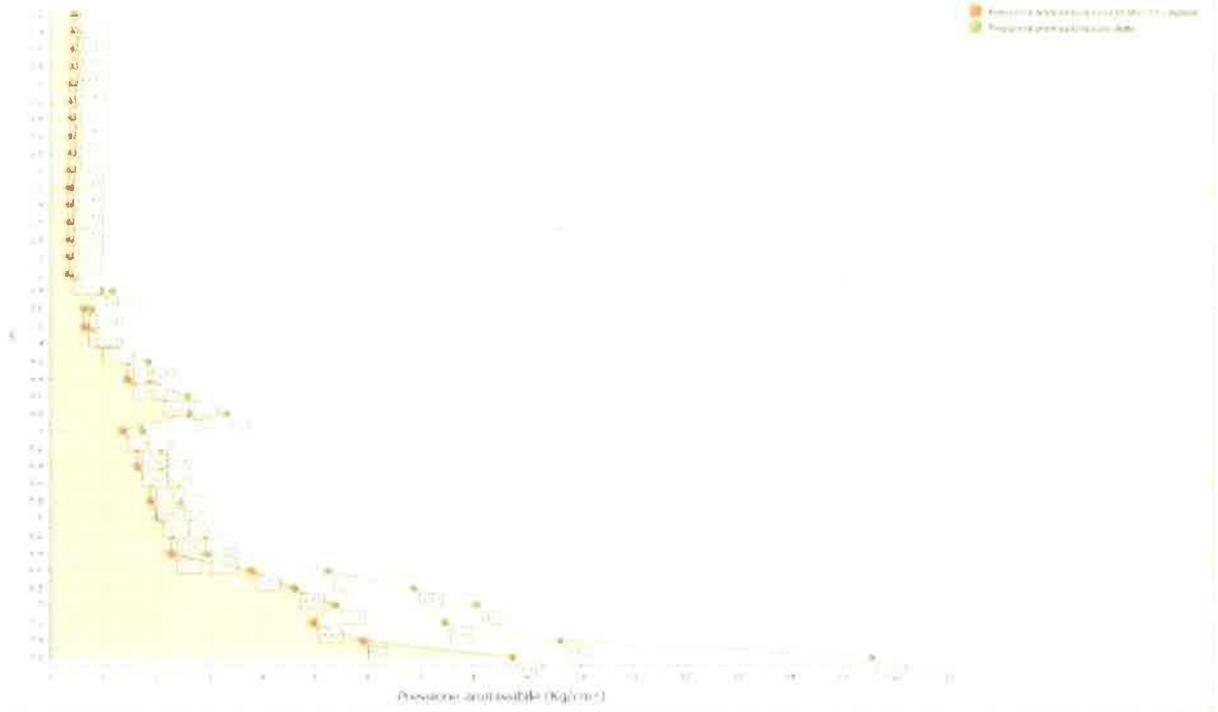
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (Kg/cm ²)	Res. dinamica (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm ²)
0,20	1	0,855	8,31	9,72	0,42	0,49
0,40	1	0,851	8,27	9,72	0,41	0,49
0,60	1	0,847	8,23	9,72	0,41	0,49
0,80	1	0,843	8,20	9,72	0,41	0,49
1,00	1	0,840	7,55	8,99	0,38	0,45
1,20	1	0,836	7,52	8,99	0,38	0,45
1,40	1	0,833	7,49	8,99	0,37	0,45
1,60	1	0,830	7,46	8,99	0,37	0,45
1,80	1	0,826	7,43	8,99	0,37	0,45
2,00	1	0,823	6,88	8,36	0,34	0,42
2,20	1	0,820	6,86	8,36	0,34	0,42
2,40	1	0,817	6,83	8,36	0,34	0,42
2,60	1	0,814	6,81	8,36	0,34	0,42
2,80	1	0,811	6,79	8,36	0,34	0,42
3,00	1	0,809	6,32	7,82	0,32	0,39
3,20	1	0,806	6,30	7,82	0,32	0,39
3,40	3	0,803	18,84	23,46	0,94	1,17
3,60	2	0,801	12,52	15,64	0,63	0,78
3,80	2	0,798	12,48	15,64	0,62	0,78
4,00	3	0,796	17,53	22,02	0,88	1,10
4,20	5	0,794	29,13	36,70	1,46	1,84
4,40	5	0,791	29,05	36,70	1,45	1,84
4,60	7	0,789	40,55	51,38	2,03	2,57
4,80	9	0,787	52,00	66,06	2,60	3,30
5,00	5	0,785	27,15	34,59	1,36	1,73
5,20	6	0,783	32,50	41,50	1,62	2,08
5,40	6	0,781	32,42	41,50	1,62	2,08
5,60	7	0,779	37,73	48,42	1,89	2,42
5,80	7	0,777	37,64	48,42	1,88	2,42
6,00	8	0,775	40,57	52,32	2,03	2,62
6,20	9	0,774	45,54	58,86	2,28	2,94
6,40	9	0,772	45,44	58,86	2,27	2,94
6,60	16	0,720	75,38	104,64	3,77	5,23
6,80	21	0,669	91,85	137,34	4,59	6,87
7,00	26	0,667	107,59	161,26	5,38	8,06
7,20	24	0,666	99,08	148,85	4,95	7,44
7,40	31	0,614	118,08	192,27	5,90	9,61
7,60	50	0,563	174,50	310,11	8,72	15,51



Pressioni sullo strato



DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



FOTO N.1



FOTO N.2

REGIONE MOLISE

Provincia di Campobasso - Campobasso - Viale Manzoni

Oggetto: Realizzazione di una stazione sperimentale - Università del Molise

Collaborazione professionale con il Dott. Geol. Domenico Fazioli

Acquisizione ed elaborazione dati sismici superficiali



Studio geologico
Luca Gentile Lorusso



INDICE

1. Premessa	2
2. Modalità di acquisizione delle prospezioni sismiche.....	3
3. Sismica di superficie MASW	4
3.1 Generalità sulla metodologia	4
3.2 Dati sperimentali ed analisi M1	5
Appendice.....	8

- DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA

Oratino, Novembre 2021

Dott.Geol. Luca Gentile Lorusso



1. Premessa

In collaborazione con il Dott.Geol. Fazioli Domenico si è acquisita ed elaborata una prospezione sismica superficiale sul sito indicato e di proprietà interessato dai lavori di riqualificazione energetica e ristrutturazione edilizia.

Le acquisizioni di campagna sono state effettuate il giorno 26/11/2021 con terreno in superficie bagnato - umido.

In linea generale i dati registrati hanno permesso di raggiungere gli scopi prefissati e il segnale acquisito è risultato idoneo per le procedure di elaborazione ottenendo risultati interpretabili.

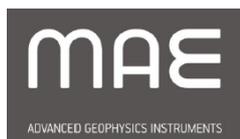
Linea sismica	Tecnica utilizzata	Tipo di onde	Canali/n°ricevitori	Distanza intergeofonica (m)
M1 (L= 25 m)	superficiale MASW	Rayleigh/Verticali ZVF	n.° 12	2.0

Tab. 1 –Tipologia di Indagini eseguite

Il seguente rapporto tecnico illustra le tecniche utilizzate ed i risultati conseguiti; non si vogliono approfondire gli aspetti teorici del metodo rimandando ad articoli e ricerche specifiche ma riportare i risultati che si sono raggiunti dai dati acquisiti.

2. Modalità di acquisizione delle prospezioni sismiche

L'acquisizione dei dati campagna è stata eseguita utilizzando il sismografo *Sysmatrack* (M.A.E. s.r.l.).



SPECIFICHE TECNICHE

- Convertitori: risoluzione 24 bit, tecnologia sigma-delta
- Range dinamico: 144 dB (teorico)
- Distorsione massima: +/-0.0010%
- Banda passante: 2Hz-30KHz
- Common mode rejection: 110 dB a 60 Hz
- Diafonia: -120dB a 20 Hz
- Soglia di rumore dell'amplificatore programmabile: 27nV
- Precisione del trigger: 1/30 del tempo di campionatura
- Range massimo segnale in ingresso: +/-5V
- Impedenza di ingresso a 1000 campioni /secondo: 20Mohm
- Livelli di amplificazione: 0 dB, 6 dB, 12 dB, 18 dB, 24 dB, 30 dB, 36 dB
- Test geofoni: verifica automatica per individuare interruzioni dei cavi oppure geofoni rotti o in corto.
- Visualizzazione in tempo reale dei segnali provenienti dai geofoni
- Archiviazione dati: PC
- Trigger: positive, negative (opzionale a chiusura di contatto) con soglia regolabile da software
- Formato dei dati: SEG-2 standard (32-bit long integer) o ASCII
- Alimentazione: 12V DC, fornita da apposito power box ricaricabile. Assorbimento medio: 1.5A
- Dimensioni e peso: 40.4x17.4x33 cm, 5 Kg (cavi e sensori esclusi)

Per la ricezione dei segnali acquisiti con tecnica MASW sono stati utilizzati 24 geofoni verticali con frequenza propria di 4,5 Hz e sensibilità di 28 V/m/s .

Il trigger utilizzato consiste in un circuito elettrico che viene chiuso mediante un geofono starter da 14 Hz , nell'istante in cui il sistema energizzante colpisce la base di battuta.

Il metodo utilizzato ha consentito di ottenere registrazioni di buona qualità.

Come sorgente energizzante si è utilizzata una mazza del peso di 10 Kg, battente su piastra in acciaio (D25cm) in grado di generare onde elastiche ricche di energia con forme d'onda ripetibili e direzionali, cioè con la possibilità di ottenere prevalentemente onde di compressione.

Attraverso il *software* di gestione, si sono configurati i diversi parametri di acquisizione per le diverse registrazioni utilizzando accorgimenti e dal punto di vista temporale/campionamento e come guadagno (dB) ai singoli canali per minimizzare fonti di disturbo quali rumori.

3. Sismica di superficie MASW

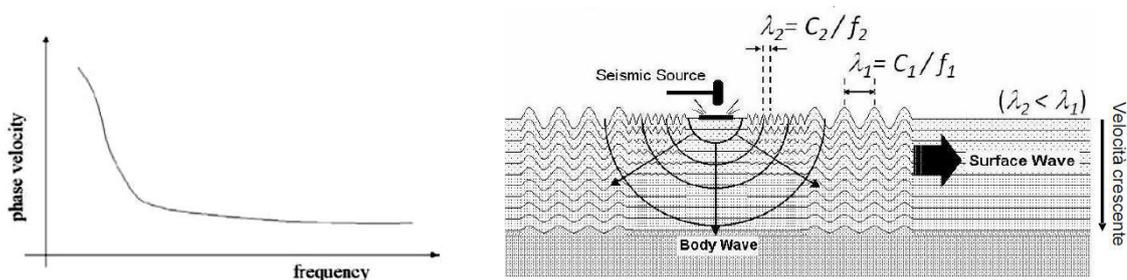
3.1 Generalità sulla metodologia

Il metodo MASW (*Multichannel Analysis of Surface Waves*) permette la determinazione del profilo di velocità Vs,30. Supera alcuni dei limiti presenti nella tecnica a rifrazione come l'inversione di velocità. Non necessita di tempi lunghi in fase di acquisizione e da buoni risultati anche in presenza di rumore. Le onde di *Rayleigh*, in un mezzo stratificato, sono dispersive propagandosi con diverse velocità di fase e velocità di gruppo. Si registrano lungo lo stendimento di geofoni energizzando artificialmente e vengono successivamente analizzate attraverso complesse tecniche computazionali basate su un approccio di riconoscimento di modelli multistrato di terreno. Osservando lo spettro di frequenza è possibile evidenziare che l'onda si propaga a velocità variabile a seconda della frequenza.

Effettuato il *picking* sullo spettro *f-K* o sulla curva di dispersione ottenuta dai dati di campagna, mediante dei processi di inversione, si ottiene il profilo di velocità con la profondità che permette di definire il parametro della Vs30. L'intero processo comprende tre passi successivi:

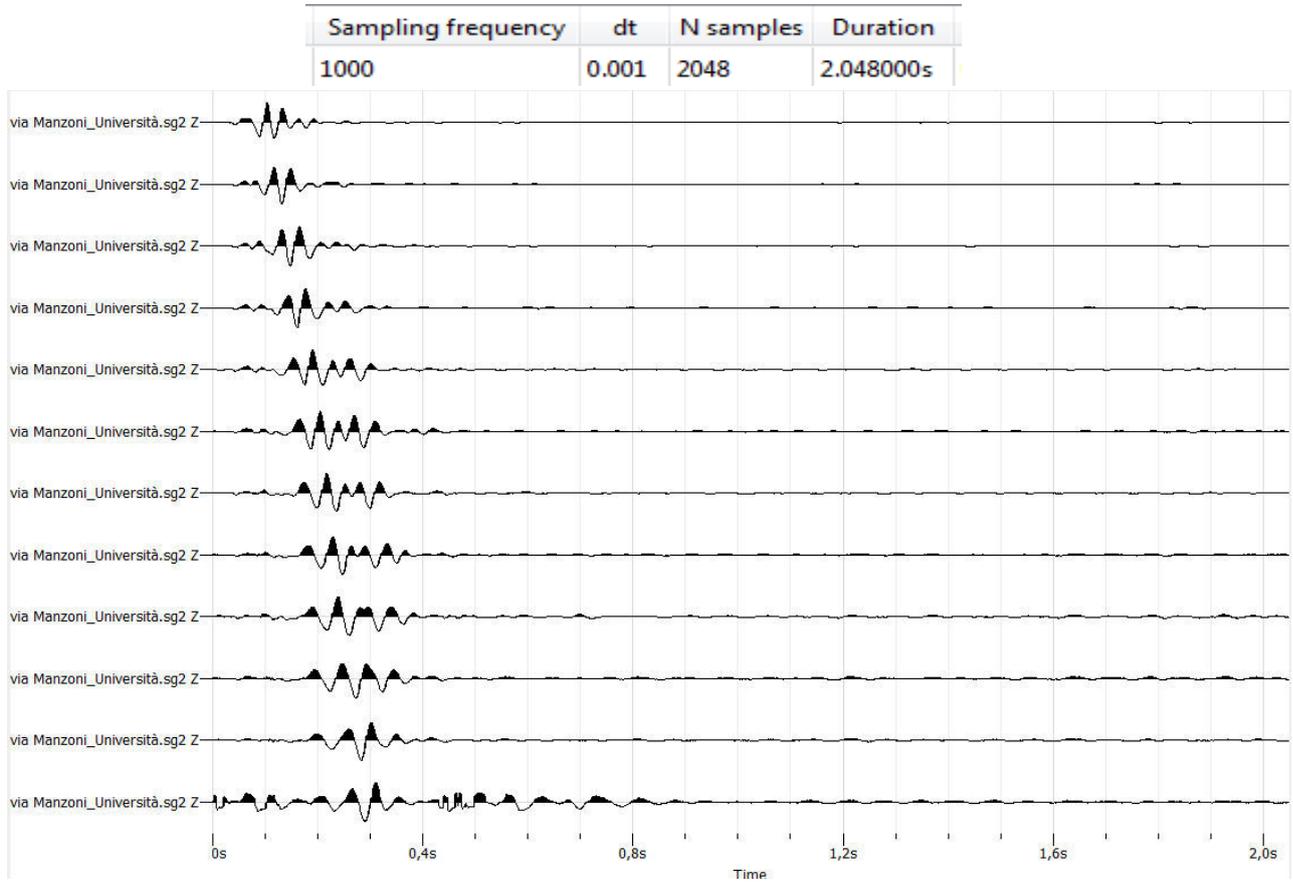
- a) *acquisizione dei dati di campo delle onde superficiali ("ground roll") mediante idonea strumentazione sismica;*
- b) *costruzione di una curva di dispersione (grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza);*
- c) *inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs che descrive la variazione di Vs con la profondità.*

L'inversione della curva viene successivamente realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione sperimentale come riferimento.



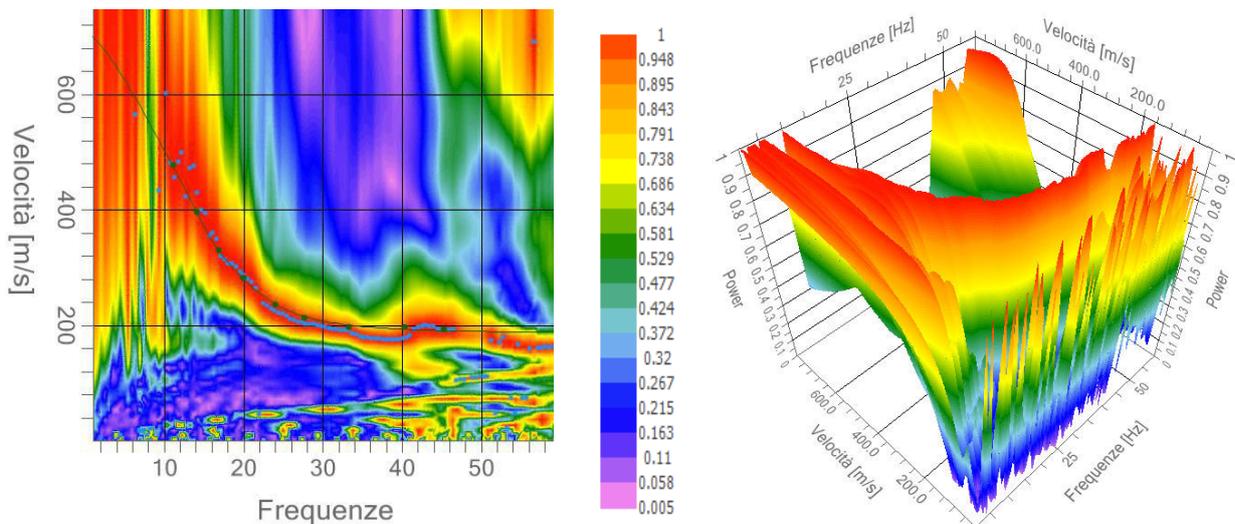
Le immagini riportate nel documento sono tratte da articolo di ricerca (Park et al., Geophysics (1999)).

3.2 Dati sperimentali ed analisi M1

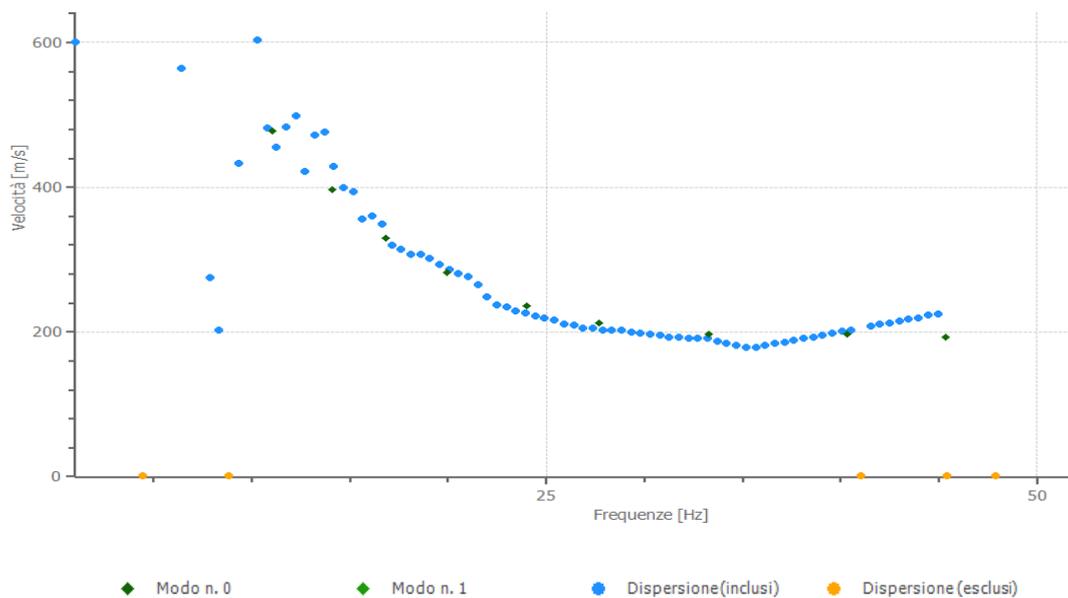


Curva di dispersione - *picking* Inversione / massimi spettrali/ 3D View (Power)

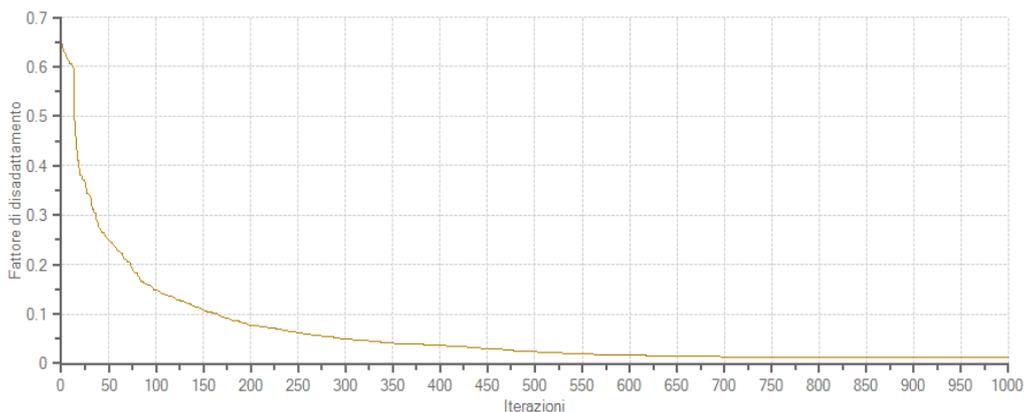
- *Densità spettrale delle onde superficiali nel piano frequenza-velocità di fase.*
- *picking della curva di dispersione relativa al modo fondamentale.*
- *verifica coerenza di fase del segnale sui dati.*



Curva di dispersione



Andamento del fattore di disadattamento (n.°iterazioni 1000)

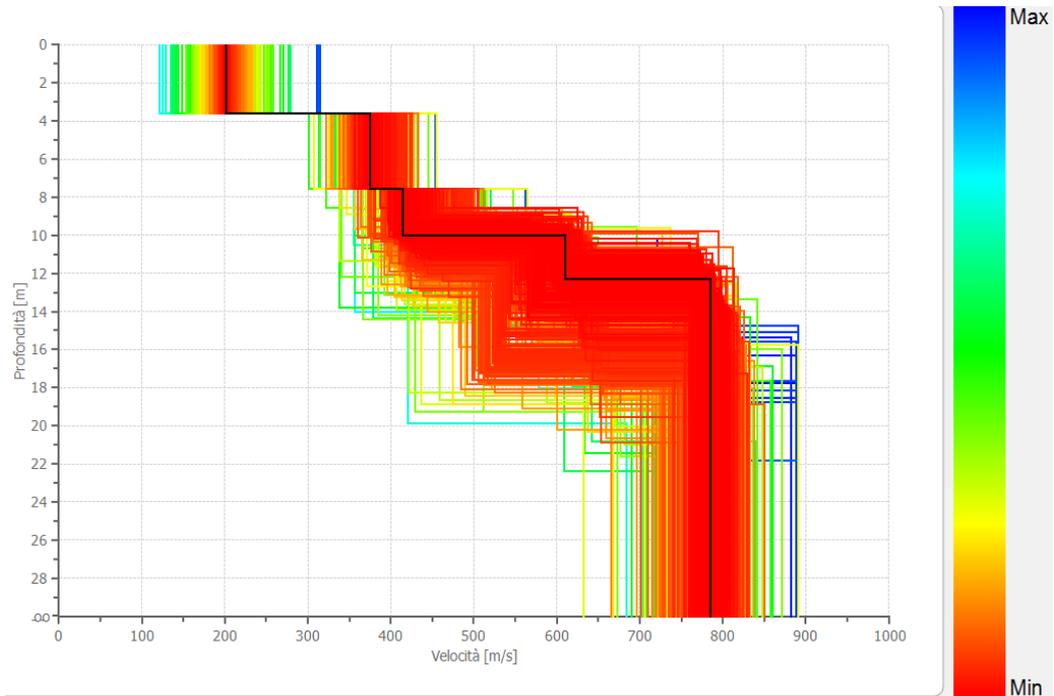


Profilo Vs con fattore minimo di disadattamento : 0.012

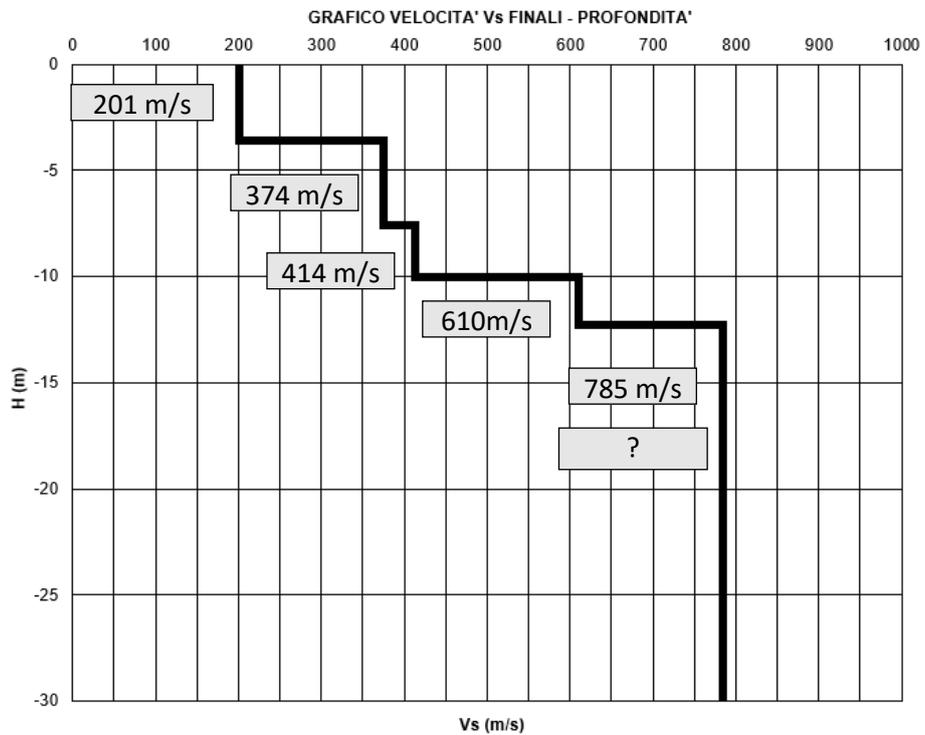
Percentuale di errore 0.007%

Profondità	Spessore	Velocità Vs
3.6	3.6	201.6
7.6	4.0	374.59
10.0	2.4	414.26
12.3	2.3	610.04
<i>indefinito</i>		785.35

Profili calcolati (minimo e massimo misfit)



Profilo con fattore minimo di disadattamento



Il parametro $V_{s,eq}$ calcolato è risultato pari a circa $V_{s,eq} = 494 \text{ m/s}$; il calcolo si è effettuato per una profondità riferita all'attuale piano campagna.

Appendice

Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni».

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

Tipo A: *Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi* caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Tipo B: *Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti*, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.

Tipo C: *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

Tipo D: *Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti*, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.

Tipo E: *Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D*, con profondità del substrato non superiore a 30 m.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

formula per il calcolo della V_s , equiv

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

3.2.2 CATEGORIE DI SOTTOSUOLO E CONDIZIONI TOPOGRAFICHE

DECRETO 17 gennaio 2018

20-2-2018 *Supplemento ordinario n. 8* alla GAZZETTA UFFICIALE

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Energizzazione ed acquisizione dati