



AGOSTO 2023

PACECO S.R.L.

IMPIANTO EOLICO “PACECO WIND”

LOCALITÀ LA PERGOLA

**COMUNE di PACECO (TP), MISILISCEMI (TP) e
TRAPANI (TP)**

**Ma
n
t
a
r
n
a**

ELABORATI TECNICI DI PROGETTO

ELABORATO R08

RELAZIONE GEOLOGICA

Progettista

Ing. Laura Maria Conti – Ordine Ing. Prov. Pavia n. 1726

Coordinamento

Eleonora Lamanna

Matteo Lana

Lorenzo Griso

Codice elaborato

2995_5531_PAC_PFTE_R08_Rev0_RELGEO.docx

Memorandum delle revisioni

Cod. Documento	Data	Tipo revisione	Redatto	Verificato	Approvato
2995_5531_PAC_PFTE_R08_Rev0_RELGEO.docx	08/2023	Prima emissione	G.d.L.	E.Lamanna	A.Angeloni

Gruppo di lavoro

Nome e cognome	Ruolo nel gruppo di lavoro	N° ordine
Laura Conti	Direttore Tecnico - Progettista	Ord. Ing. Prov. PV n. 1726
Corrado Pluchino	Responsabile Tecnico Operativo	Ord. Ing. Prov. MI n. A27174
Eleonora Lamanna	Coordinamento Generale, Progettazione, Studio Ambientale, Studi Specialistici	
Matteo Lana	Coordinamento Progettazione Civile	
Riccardo Festante	Coordinamento Progettazione Elettrica	
Lorenzo Griso	Coordinamento Dati Territoriali – Senior GIS Expert	
Ali Basharзад	Ingegnere Civile - Progettazione civile e viabilità	Ord. Ing. Prov. PV n. 2301
Mauro Aires	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	Ord. Ing. Prov. Torino – n. 9588
Vincenzo Ferrante	Ingegnere Civile – Progettazione Strutture	
Andrea Amantia	Geologo - Progettazione Civile	
Filippo Di Pietra	Geologo	Ord. Reg. Sicilia - n. 3362 sez. A
Fabio Lassini	Ingegnere Civile Ambientale – Progettazione Civile	Ord. Ing. Prov. MI n. A29719
Marco Iannotti	Ingegnere Civile Idraulico - Progettazione Civile	
Carla Marcis	Ingegnere per l’Ambiente ed il Territorio, Tecnico competente in acustica	Ord. Ing. Prov. CA n. 6664 – Sez. A ENTECA n. 4200

Montana S.p.A.

Via Angelo Carlo Fumagalli 6, 20143 Milano
Tel. +39 02 54 11 81 73 | Fax +39 02 54 12 98 90

Milano (Sede Certificata ISO) | Brescia | Palermo | Cagliari | Roma | Siracusa

C. F. e P. IVA 10414270156

Cap. Soc. 600.000,00 €

www.montanambiente.com



Lia Buvoli	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Elena Comi	Biologa – Esperto GIS – Esperto Ambientale	Ord. Nazionale Biologi n. 060746 Sez. A
Sara Zucca	Architetto – Esperto GIS – Esperto Ambientale	
Andrea Mastio	Ingegnere per l’Ambiente e il Territorio – Esperto Ambientale Junior	
Andrea Delussu	Ingegnere Elettrico – Progettazione Elettrica	
Matthew Piscedda	Esperto in Discipline Elettriche	
Francesca Casero	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Simone Demonti	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Alessia Papeti	Esperto Ambientale – Geologo - GIS Junior	
Ricardo Coronati	Geourbanista – Pianificatore junior	
Fabio Bonelli	Esperto Ambientale - Naturalista	
Davide Molinetti	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Laura Lodi	Ingegnere per l’Ambiente e il Territorio – Esperto Ambientale Junior	
Elide Moneta	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	
Roberto Camera	Esperto GIS – Esperto Ambientale Junior	



INDICE

1. PREMESSA	5
1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO	6
1.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	8
1.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	9
1.4 QUADRO GEOLOGICO, IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO	10
2. CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA	13
2.1 METODOLOGIA SISMICA PASSIVA ESEGUITA CON TROMOGRAFODIGITALE TROMINO	13
2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA	13
2.3 ACQUISIZIONE SISMICA TROMOGRAFICA PAC10_TR1, PAC04_TR2 E PAC09_TR3	14
2.4 ACQUISIZIONE SISMICA MASW (PAC10, PAC04, PAC07 E PAC09)	16
3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE	34
3.1 TERRENI COESIVI - PAC10.....	35
3.2 TERRENI INCOERENTI - PAC10.....	37
3.3 TERRENI COESIVI - PAC07.....	45
3.4 TERRENI INCOERENTI -PAC07	47
3.5 TERRENI COESIVI - PAC09.....	55
3.6 TERRENI INCOERENTI -PAC09	58
3.7 STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE	65
4. STRALCIO DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)	67
5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	70
5.1 GIUDIZIO DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA	70
BIBLIOGRAFIA.....	71

ELABORATI GRAFICI

- 2995_5531_PAC_PFTE_R08_T01_Rev0_PLANINDAGINI
- 2995_5531_PAC_PFTE_R08_T02_Rev0_CARTAGEOLOGICA

1. PREMESSA

Il progetto in esame riguarda la realizzazione di un nuovo Parco Eolico della potenza complessiva di **108 MW**, che prevede l'installazione di **n. 15 aerogeneratori da 7,2 MW** con relative opere di connessione da installarsi nel territorio comunale di Paceco, Misiliscemi e Trapani, nel territorio provinciale di Trapani.

La Società Proponente è la Paceco S.R.L., con sede legale in Via Carlo Angelo Fumagalli 6, 20143 Milano (MI).

Tale opera si inserisce nel quadro istituzionale di cui al D.Lgs. 29 dicembre 2003, n. 387 "Attuazione della direttiva 2001/77/CE relativa alla promozione dell'energia elettrica prodotta da fonti energetiche rinnovabili nel mercato interno dell'elettricità" le cui finalità sono:

- promuovere un maggior contributo delle fonti energetiche rinnovabili alla produzione di elettricità nel relativo mercato italiano e comunitario;
- promuovere misure per il perseguimento degli obiettivi indicativi nazionali;
- concorrere alla creazione delle basi per un futuro quadro comunitario in materia;
- favorire lo sviluppo di impianti di microgenerazione elettrica alimentati da fonti rinnovabili, in particolare per gli impieghi agricoli e per le aree montane.

La Soluzione Tecnica Minima Generale (STMG) elaborata, prevede che l'impianto eolico venga collegato in antenna a 220 kV con una nuova stazione elettrica di trasformazione (SE) a 220/36 kV della RTN, da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Fulgatore - Partanna", previa:

- realizzazione del nuovo elettrodotto RTN 220 kV "Fulgatore – Partinico", di cui al Piano di Sviluppo Terna;
- realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della suddetta stazione con la stazione 220/150 kV di Fulgatore, previo ampliamento della stessa;
- realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento della suddetta stazione a 220kV con la stazione 220 kV di Partanna, previo ampliamento della stessa.

Nel suo complesso il parco di progetto sarà composto da:

- N° 15 aerogeneratori della potenza nominale di 7,2 MW ciascuno;
- dalla viabilità di servizio interna realizzata in parte ex-novo e in parte adeguando strade comunali e/o agricole esistenti;
- dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche
- dalle opere di collegamento alla rete elettrica
- dalla viabilità di servizio interna;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco e dalle opere di regimentazione delle acque meteoriche;
- dalle reti tecnologiche per il controllo del parco

A tal fine il presente documento costituisce la **Relazione Geologica** del progetto, con lo scopo di accertare e rappresentare le caratteristiche geologico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche e le condizioni di stabilità globali dell'area e della struttura stessa, conformemente sia a quanto disposto nelle "norme tecniche di cui al D.M. 21 marzo 1988" che nell'ordinanza del presidente del consiglio dei ministri O.P.C.M. n.3274 del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica" e nel D.M 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

Al fine di soddisfare i requisiti richiesti dalle norme vigenti in materia, è stata eseguita una campagna di indagini preliminari per verificare i parametri stratigrafici e fisico-meccanici dei terreni interessati dalle opere di progetto. Tali indagini hanno previsto l'esecuzione di n.3 prove di sismica passiva realizzate mediante tomografo elettrico, n.4 prove masw per una prima classificazione della categoria di suolo e n.3 indagini penetrometriche realizzate con maglia da 30 kg (penetrometro medio).

Inoltre, è stato consultato il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) per verificare se l'area in esame è inserita tra i "Siti di Attenzione" della Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico e nelle zone di Pericolosità e di Rischio Idraulico per Fenomeni di Esondazione.

1.1 INQUADRAMENTO TERRITORIALE DEL SITO

Il parco eolico in progetto si estende nella provincia di Trapani e prevede l'installazione di n. 15 aerogeneratori territorialmente così collocati:

- n. 2 aerogeneratori nel comune di Misiliscemi (PAC03, PAC10);
- n. 6 aerogeneratori nel comune di Paceco (PAC01, PAC02, PAC06, PAC05, PAC7, PAC11);
- n. 7 aerogeneratori nel comune di Trapani (PAC04, PAC14, PAC12, PAC08, PAC09, PAC13, PAC15);

mentre le opere di connessione sono collocate nei comuni di Paceco, Misiliscemi e Trapani, sempre nel territorio provinciale di Trapani (Figura 1.1).

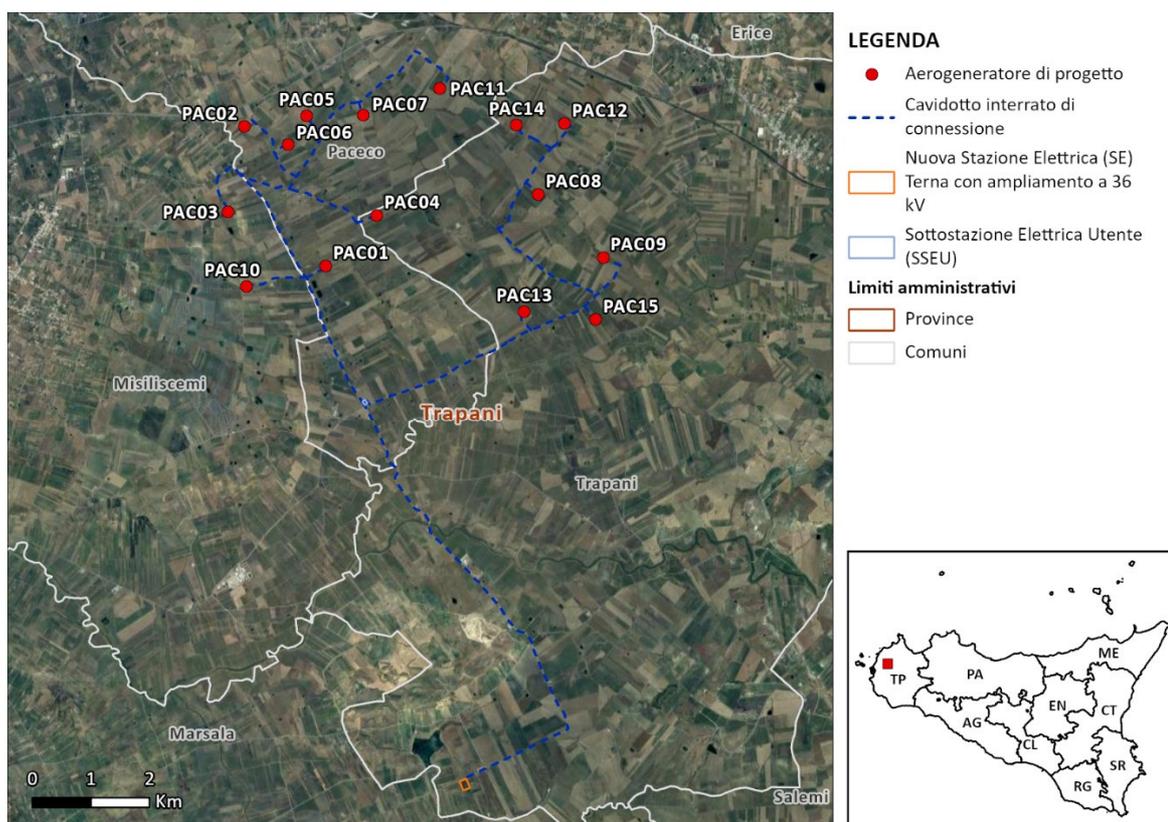


Figura 1.1: Localizzazione a scala regionale, provinciale e comunale dell'impianto proposto.

Le coordinate degli aerogeneratori previsti sono riportate in Tabella 1.1.

Tabella 1.1: Coordinate aerogeneratori in Gradi Decimali.

WTG	WGS 1984 UTM ZONE 33N	
	LONGITUDINE E	LATITUDINE N
PAC01	12,60529	37,92548
PAC02	12,58898	37,94689
PAC03	12,58609	37,93313
PAC04	12,61505	37,93346
PAC05	12,60092	37,94885
PAC06	12,59752	37,94419
PAC07	12,61202	37,94899
PAC08	12,64631	37,93719
PAC09	12,65913	37,92763
PAC10	12,58992	37,92213
PAC11	12,62683	37,95335
PAC12	12,65120	37,94827
PAC13	12,64398	37,91901
PAC14	12,64180	37,94794
PAC15	12,65794	37,91794

L'accesso al sito avverrà mediante strade pubbliche esistenti a carattere nazionale e provinciale partendo dal vicino porto di Trapani, per poi percorrere le principali strade statali del territorio fino ad arrivare all'area di progetto (Figura 1.2).

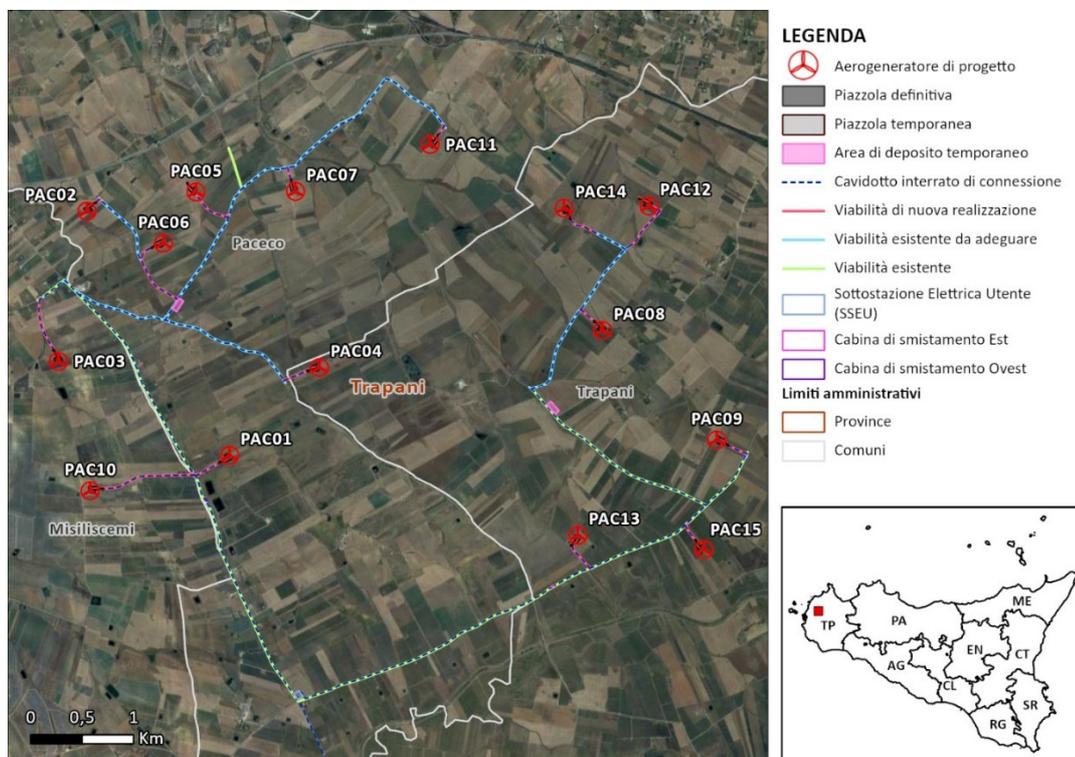


Figura 1.2: Inquadramento della viabilità di progetto.

1.2 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito studiato le cui quote medie oscillano tra 50 a 150 metri rispetto al livello medio del mare, è compreso all'interno dei territori dei comuni di Trapani, Paceco e Misiliscemi. Nella cartografia ufficiale dello stato italiano rientra nella Tavoleta I.G.M. F° 257 IV N.E. (Dattilo). Inoltre l'area investigata si estende nella Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) alle sezioni n° 605040 e 605080.

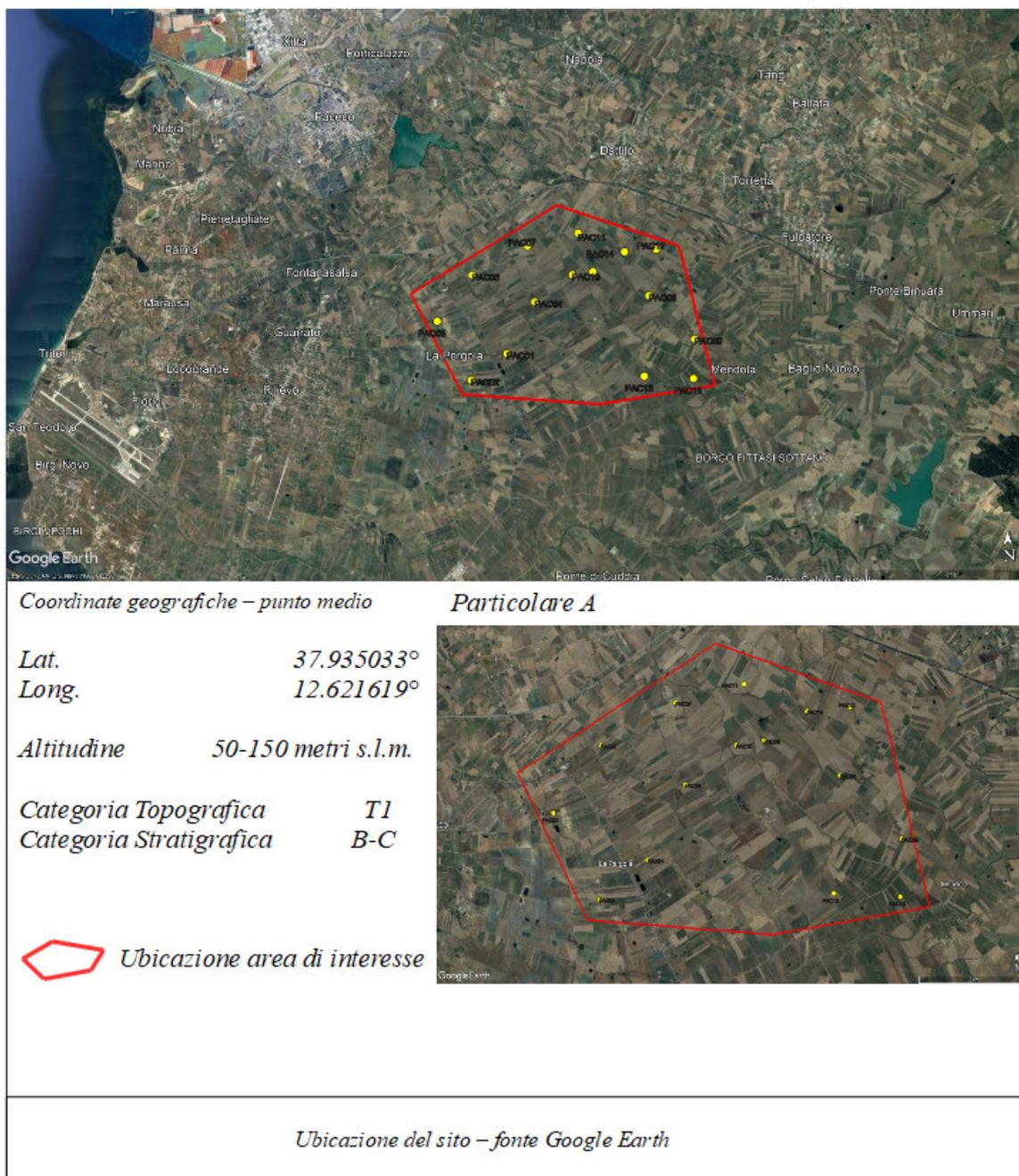


Figura 1.3: Ubicazione del sito-fonte Google Earth

Secondo le NTC 2018, il sito ricade nella categoria topografica T1 (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media < 15°). Le condizioni topografiche sono tali da consentire una efficiente rete di collegamenti stradali con i centri abitati e con la rete autostradale.

1.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

I territori ricadono nelle cartografie del "Piano di Assetto Idrogeologico della Regione Sicilia", nel Bacino idrografico del Fiume Birgi (051) ed Area Territoriale tra il Bacino Idrografico del Fiume Birgi ed il Bacino Idrografico del Fiume Lenzi (050) C.T.R. 605040 e 605080 approvato con D.P.R.S. N° 314 del 16/07/07 Pubbl. in G.U.R.S. n.47 del 05/10/2007 e ss.mm.ii..

Il paesaggio è dominato da un'area collinare interna debolmente ondulata e da un'ampia fascia costiera pianeggiante. L'area collinare è caratterizzata da un paesaggio debolmente ondulato costituito dall'alternanza di piccoli rilievi isolati, con cime arrotondate e versanti blandamente inclinati, e di dolci depressioni fluviali, appena accennate; i fondivalle di queste ultime appaiono per lo più pianeggianti, lungo le valli delle aste di ordine maggiore, oppure mostrano dei declivi profili a conca o, più raramente, brusche terminazioni a "V", nel caso delle valli dei piccoli corsi d'acqua tributari.

Da ciò ne deriva che i fenomeni morfologici riscontrati sono riconducibili principalmente ai processi di ruscellamento, da movimenti lenti del regolite e dalla stessa erosione fluviale operata da piccoli affluenti dei corsi d'acqua principali. Le forme che vi si osservano sono infatti: superfici dilavate, rivoli e solchi di ruscellamento, lobi e terrazzette da soliflusso o soil creep e piccole incisioni fluviali.

Nel settore di Timpone della Campana le forme strutturali derivate (due valli di anticlinale e una valle di sinclinale) potrebbero essere state originate dai processi di denudazione, che hanno agito in modo selettivo in seguito all'aumento dell'energia del rilievo prodottosi successivamente all'incisione fluviale degli attuali torrenti Verderame e Misiliscemi.

Nelle aree interessate alla realizzazione delle torri eoliche non si riscontrano dissesti per franosità.

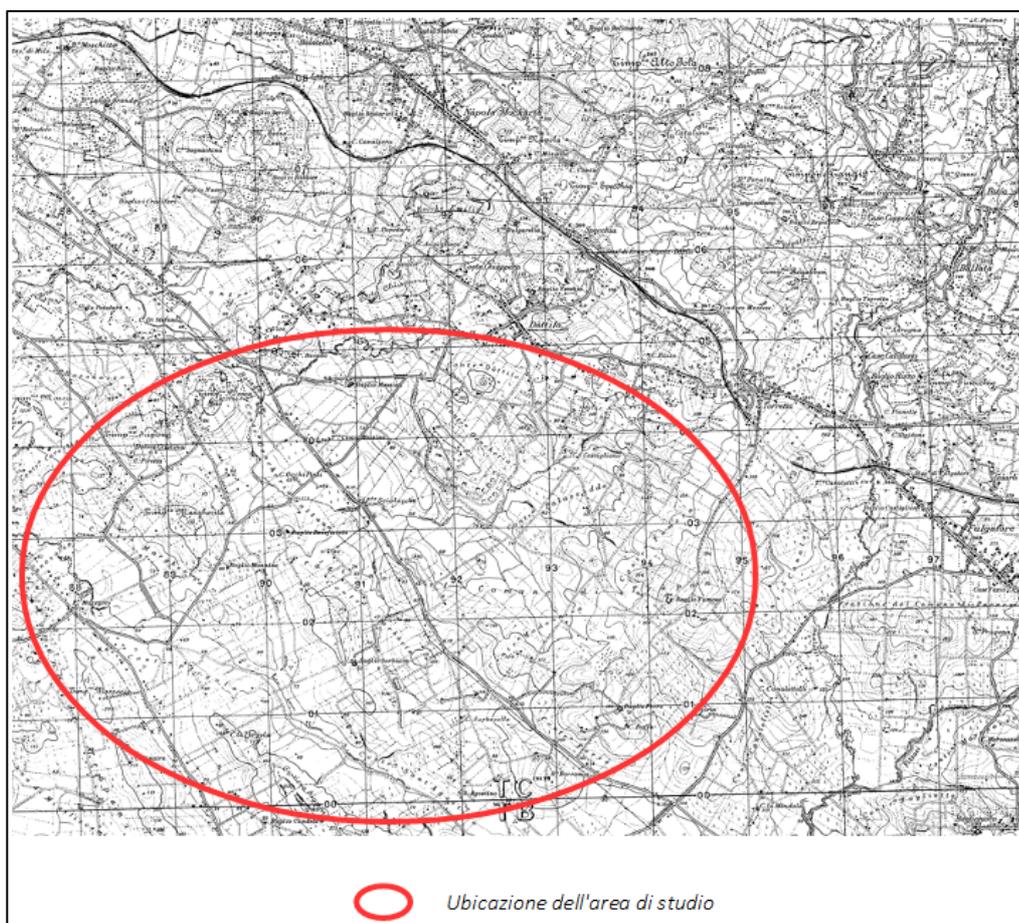


Figura 1.4: Stralcio della Tavoletta I.G.M. F° 257 IV N.E. (Dattilo) della carta d'Italia dell'I.G.M.I. - Scala 1: 25.000

1.4 QUADRO GEOLOGICO, IDROGRAFICO ED IDROGEOLOGICO

Il bacino del Fiume Birgi e l'Area Territoriale compresa tra il bacino del Fiume Birgi ed il Bacino del Fiume Lenzi Baiata, situati nell'estremo settore occidentale della Sicilia, ricadono in una zona il cui contesto geologico generale riguarda terreni affioranti in unità e successioni più superficiali, di età quaternaria ed olocenica, trasgressive sul basamento originario, costituito da terreni ascrivibili al periodo compreso tra il Triassico ed il Pliocene.

L'ampia piana costiera, che si sviluppa tra gli abitati di Trapani e di Marsala, è caratterizzata prevalentemente dai depositi di natura calcarenitica di età quaternaria e, in subordine, da terreni di natura argillosa, argilloso-marnosa ed arenacea di età compresa tra il Miocene ed il Pliocene. Le unità stratigrafiche, affioranti nelle aree più interne, sono essenzialmente riconducibili a terreni afferenti al Dominio Trapanese e al Complesso Postorogeno. In ordine stratigrafico, dal basso verso l'alto, nell'area in esame si possono individuare i seguenti depositi:

Unità "Nord Trapanesi";

- Calcari e calcari dolomitici (Lias inf.-Trias sup.);
- Calcari da compatti a nodulari (Dogger Malm);
- Calcilutiti passanti a calcari nodulari (Titonico-Neocomiano);
- Marne e calcari marnosi (Barremiano-Albiano);
- Calcilutiti marnose tipo "Scaglia" (Cretaceo sup.-Oligocene);
- Argille ed argilliti siltose brune con intercalazioni quarzarenitiche (Oligocene sup. – Miocene inf.);
- Quarzareniti e calcareniti glauconitiche (Burdigaliano-Langhiano basale);
- Argille e argille sabbiose con glauconite (Langhiano sup.-Tortoniano inf.);

in discordanza con:

- Sabbie argillose, arenarie e conglomerati – Fm. di Cozzo Terravecchia - (Tortoniano - Messiniano);
- Calcari a porites e calcari con intercalazioni marnose – Fm. Baucina- (Messiniano inf.);

In discordanza con:

- Gessi selenitici (Messiniano sup.)

In discordanza con:

- Marne e calcari marnosi a Globigerine – Trubi - (Pliocene inf.);
- Argille marnose ed argille sabbiose con intercalazioni arenacee – Fm. Marnoso Arenacea della Valle del Belice (Pliocene medio – sup.).

In trasgressione sui depositi sopraccitati si rinvengono:

- Calcareniti giallo-biancastre ben cementate – Calcareniti di Marsala - (Pleistocene inf.);
- Depositi marini terrazzati costituiti di calcareniti fortemente cementate – Grande Terrazzo Superiore G.T.S. - (Pleistocene medio);
- Terrazzi marini costieri di natura calcarenitica e conglomeratici (Tirreniano).

Per quanto riguarda l'aspetto idrografico l'asta principale è rappresentata dal sottobacino del F. della Cuddia che confluisce con il ramo settentrionale del Birgi denominato F. di Bordino, proseguendo, sempre con direzione E-O, con il nome di F. di Borrania prima e F. della Marcanzotta poi.

Il bacino imbrifero principale è rappresentato del Fiume Birgi nel complesso presenta una forma approssimativamente rettangolare, il reticolo idrografico è di tipo subdendritico, con una densità maggiore nelle aree argillose, mentre è poco ramificato in corrispondenza dei terreni permeabili.

Il Fiume della Cuddia è un torrente che sottende un bacino di circa 108 Km² e che si sviluppa per circa 23 Km di lunghezza attraversando, con direzione prevalente E-W, la porzione sud-orientale del territorio comunale di Trapani.

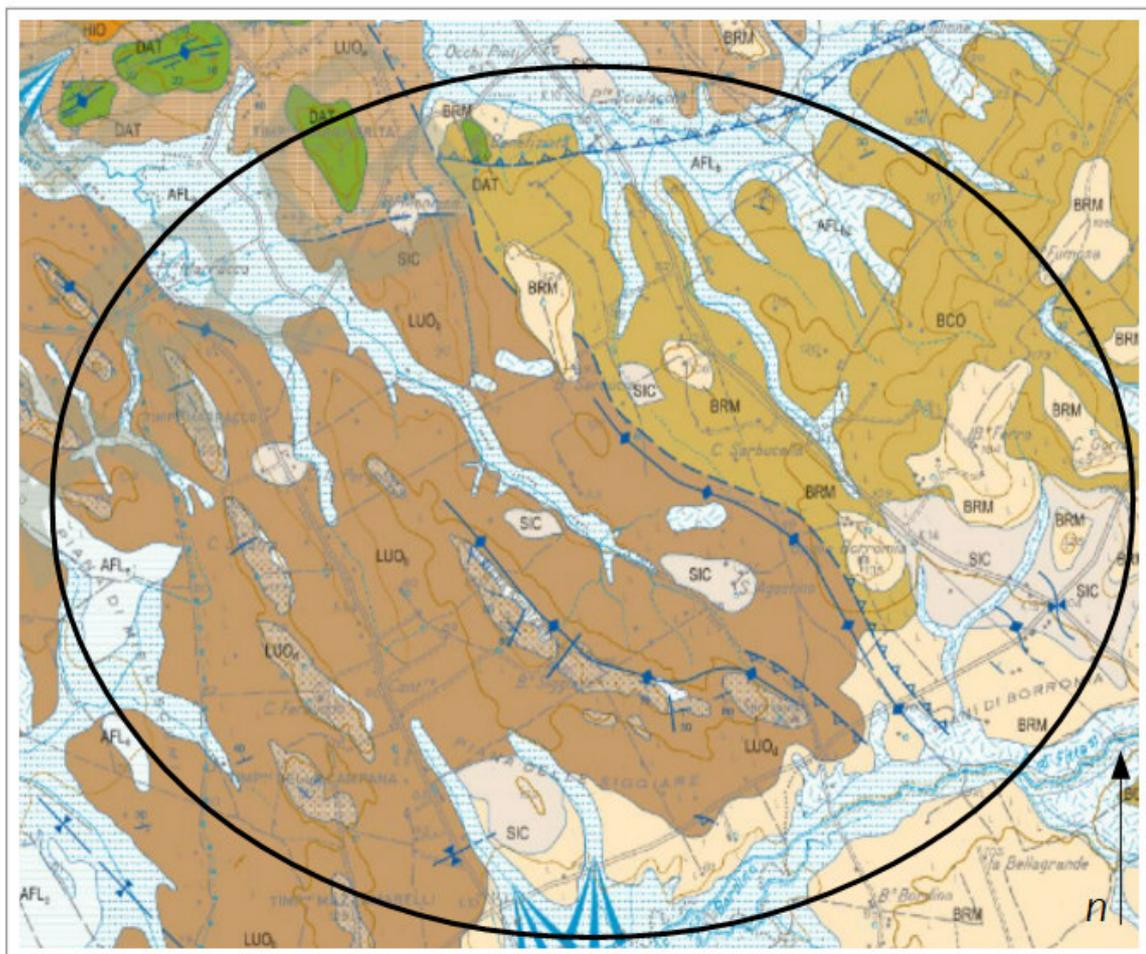
Il corso d'acqua nel tratto di monte, dove prende il nome di T. Fastaia, riceve numerosi valloni che traggono origine da M. Ritto, M. Petrafiore, M. Domingo e Monte Bernardo. Poco prima della confluenza, in sinistra idrografica, con il Fosso della Collura, il torrente Fastaia è stato sbarrato per la realizzazione di un invaso denominato Lago Rubino; la maggior parte dei deflussi dei torrenti Fastaia e Collura viene raccolta nel serbatoio Rubino le cui acque vengono utilizzate poi per uso irriguo.

Tale corso d'acqua ha un regime idrologico di tipo torrentizio, caratterizzato da lunghi periodi di magra in cui i deflussi superficiali sono esigui o del tutto assenti.

Il deflusso delle acque meteoriche trattandosi di terreni prevalentemente argillosi impermeabili avviene in misura prevalente per ruscellamento superficiale. Si è fatto riferimento a specifiche prove di laboratorio per la determinazione del coefficiente di permeabilità (K) che è risultato compreso fra 10^{-6} e 10^{-8} m/sec. L'infiltrazione è agevolata in misura ridottissima nei primi decimetri dove il grado di permeabilità della copertura agraria è più elevato in quanto trattasi di suolo aerato.

Non sono state riscontrate falda acquifere superficiali né tantomeno l'esistenza di pozzi o sorgenti sulla base dei quali potere elaborare una carta isopiezometrica. Alla luce di tutto ciò la parte a cui è stata posta maggiore attenzione è risultata quella relativa alle precipitazioni che rappresenta il fattore climatico più interessante e di maggiore influenza per la diretta dipendenza e valutazione fra afflussi e deflussi. Il regime di circolazione idrica nel sottosuolo è condizionato dalle litologie affioranti e dalle geometrie degli affioramenti.

Le litologie delle Unità più superficiali (limi argillosi e limi debolmente sabbiosi marronegiallastro) classificabili da poco coerenti a pseudocoerenti, di natura coesiva, determinano una scarsa permeabilità della formazione inalterata individuata dalle argille grigie coesive. Inoltre si ricorda che in applicazione delle norme che regolano la tutela del regime dei corsi d'acqua, si obbliga in questa fase di fattibilità delle opere a mantenere una distanza non inferiore a 10 metri dal limite delle sponde degli impluvi esistente per consentire una pulizia periodica del canale.



Legenda

-  *Brm - ALLUVIONI Limi, sabbie e ghiaie a clasti poligenici ed eterometrici, a grana da media a grossolana. (Pleistocene medio-sup)*
-  *Sic – Peliti sabbiose e marne argillose grigio-verdastre con lenti di arenarie marnose e calcareniti (Langhiano-Tortoniano inf)*
-  *LUO – BCO Biocalcareni torbiditiche e calcareniti con glauonite (LUO) passanti a argilliti siltose di colore dal grigio-piombo al giallo-ocra e arenarie quarzose a grana medio-fine (BCO) (Oligocene sup. Miocene medio)*
-  *DAT – Calcilutiti e marne bianche con intercalazioni di brecce carbonatiche (Cretaceo sup- Oligocene)*
-  *Ubicazione area di studio*
-  *Traccia di superficie assiale di anticlinale*
-  *Traccia di superficie assiale di sinclinale*
-  *Faglia inversa*

Figura 1.5:: Carta geologica-strutturale - scala 1: 50.000

2. CARATTERIZZAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

2.1 METODOLOGIA SISMICA PASSIVA ESEGUITA CON TROMOGRAFODIGITALE TROMINO

Le indagini geosismiche sono state realizzate avvalendosi del metodo sismico che utilizza l'acquisizione del rumore sismico di fondo come funzione di eccitazione.

Il rumore sismico, generato dai fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre, si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

I microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. In essi giocano un ruolo fondamentale le onde superficiali, che hanno velocità prossime a quella delle onde S (vedi ad es. Lachet e Bard, 1994), il che spiega la dipendenza di tutta la formulazione dalla velocità di queste ultime. Dai primi studi di Kanai (1957) in poi, diversi metodi sono stati proposti per estrarre l'informazione relativa al sottosuolo dal rumore sismico registrato in un sito. Tra questi, la tecnica che si è maggiormente consolidata nell'uso è quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V), proposta da Nogoshi e Igarashi (1970). La tecnica è universalmente riconosciuta come efficace nel fornire stime affidabili della frequenza fondamentale di risonanza del sottosuolo (Field e Jacob, 1993; Lachet e Bard, 1994; Lermo e Chavez-Garcia, 1993, 1994; Bard, 1998; Ibs-von Seht e Wohlenberg, 1999; Fah et al., 2001; solo per citarne alcune).

Le basi teoriche dell'H/V sono relativamente facili da comprendere in un mezzo del tipo strato + bedrock (o strato assimilabile al bedrock) in cui i parametri sono costanti in ciascuno strato. Considerando un sistema in cui gli strati 1 e 2 si distinguono per le diverse densità (ρ_1 e ρ_2) e le diverse velocità delle onde sismiche (V_1 e V_2), un'onda che viaggia nel mezzo 1 viene (parzialmente) riflessa dall'interfaccia che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le ampiezze massime (condizione di risonanza) quando la lunghezza dell'onda incidente (l) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore H del primo strato. La frequenza fondamentale di risonanza (f_r) dello strato 1 relativa alle onde S è pari a

$$f_r = V_{s1}/4H \quad (1)$$

Questo effetto è sommabile, anche se non in modo lineare e senza una corrispondenza 1:1, ciò significa che la curva H/V relativa ad un sistema a più strati contiene l'informazione relativa alle frequenze di risonanza (e quindi allo spessore) di ciascuno di essi, ma è interpretabile attraverso opportuni fattori di correlazione.

L'analisi H/V permette pertanto di identificare i contrasti di impedenza tra strati, la successiva determinazione della velocità delle onde S fino a profondità notevoli (ben oltre i 100 m di profondità) e strettamente dipendenti dallo spazio temporale di acquisizione; quindi l'elaborazione del Vs30, avviene attraverso una formulazione specifica adottando come punto di partenza la relazione (1) mostrata in precedenza.

2.2 STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

Le misure di microtremore ambientale sono state effettuate per mezzo di un tromografo digitale portatile progettato specificamente per l'acquisizione del rumore sismico. Lo strumento (Tromino®, MicromedSpA, 10 x 7 x 14 cm per 1 kg di peso) è dotato di tre sensori elettrodinamici (velocimetri) orientati N-S, E-W e verticalmente, alimentato da 2 batterie AA da 1.5 V, senza cavi esterni. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alle frequenze di campionamento di 128 Hz.

2.3 ACQUISIZIONE SISMICA TROMOGRAFICA PAC10_TR1, PAC04_TR2 E PAC09_TR3

La presente indagine ha previsto l'acquisizione, in corrispondenza di una superficie opportunamente predisposta, del microtremore per una finestra di acquisizione temporale pari a 20.00 minuti. La traccia analizzata è l'indagine denominata PAC10_TR1.

La frequenza fondamentale del sito, data dal rapporto spettrale orizzontale su verticale (H/V), come appare nelle figure 2.3 e 2.4 è definibile a 3.69 Hz.

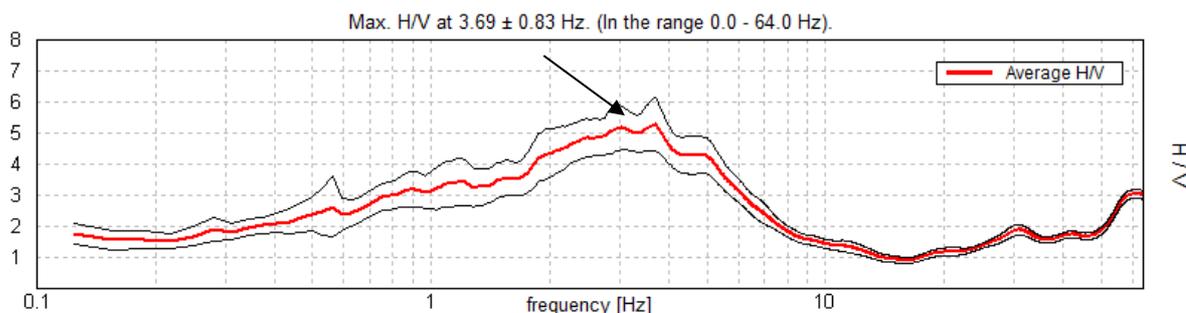


Figura 2.1: curva H/V ottenuta

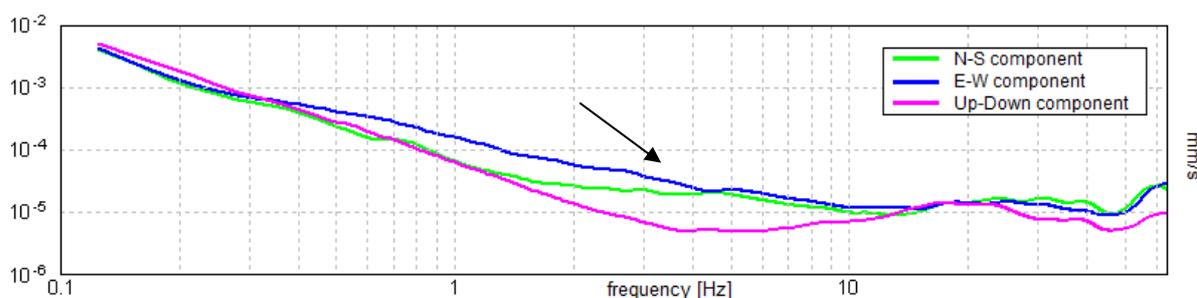


Figura 2.2: spettro di ampiezza del segnale analizzato

La seconda indagine eseguita presso la stazione denominata PAC04 evidenzia un rapporto spettrale orizzontale su verticale (H/V) che mostra due picchi, uno superficiale ed uno a bassa frequenza. Nello specifico il picco superficiale ha una frequenza di risonanza di 33.55 Hz mentre è ben evidente il secondo picco che mostra una frequenza pari a 4.78 Hz (Fig. 2.5 e 2.6).

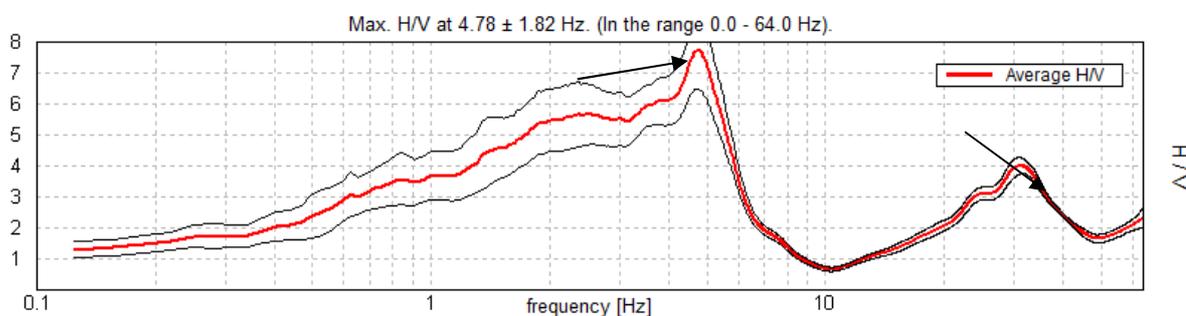


Figura 2.3: : curva H/V ottenuta

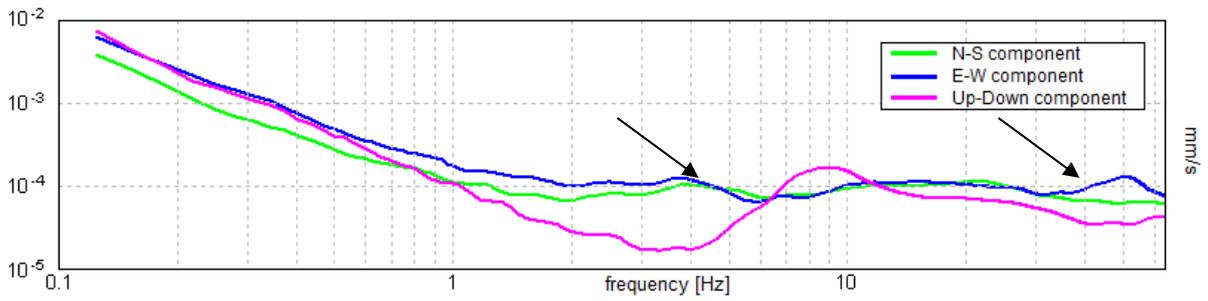


Figura 2.4: spettro di ampiezza del segnale analizzato

La terza ed ultima indagine eseguita presso la stazione denominata PAC09 evidenzia un rapporto spettrale orizzontale su verticale (H/V) che mostra un picco significativo a 3.31 Hz (Fig. 2.7 e 2.8).

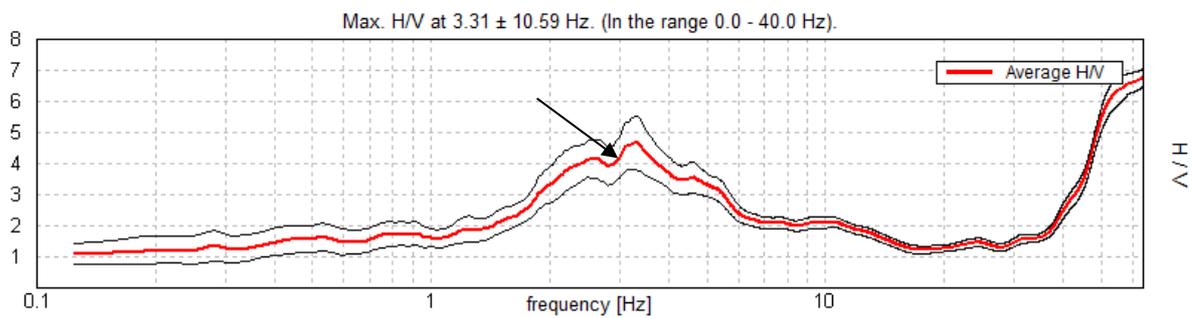


Figura 2.5: curva H/V ottenuta

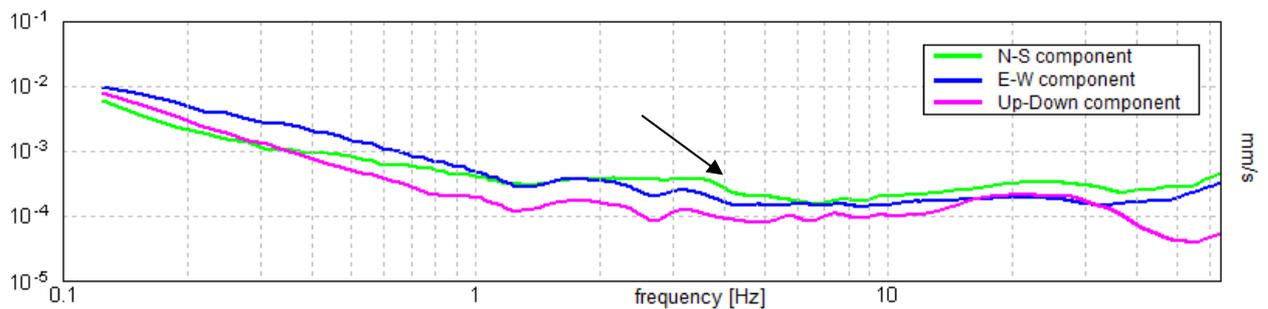


Figura 2.6: spettro di ampiezza del segnale analizzato

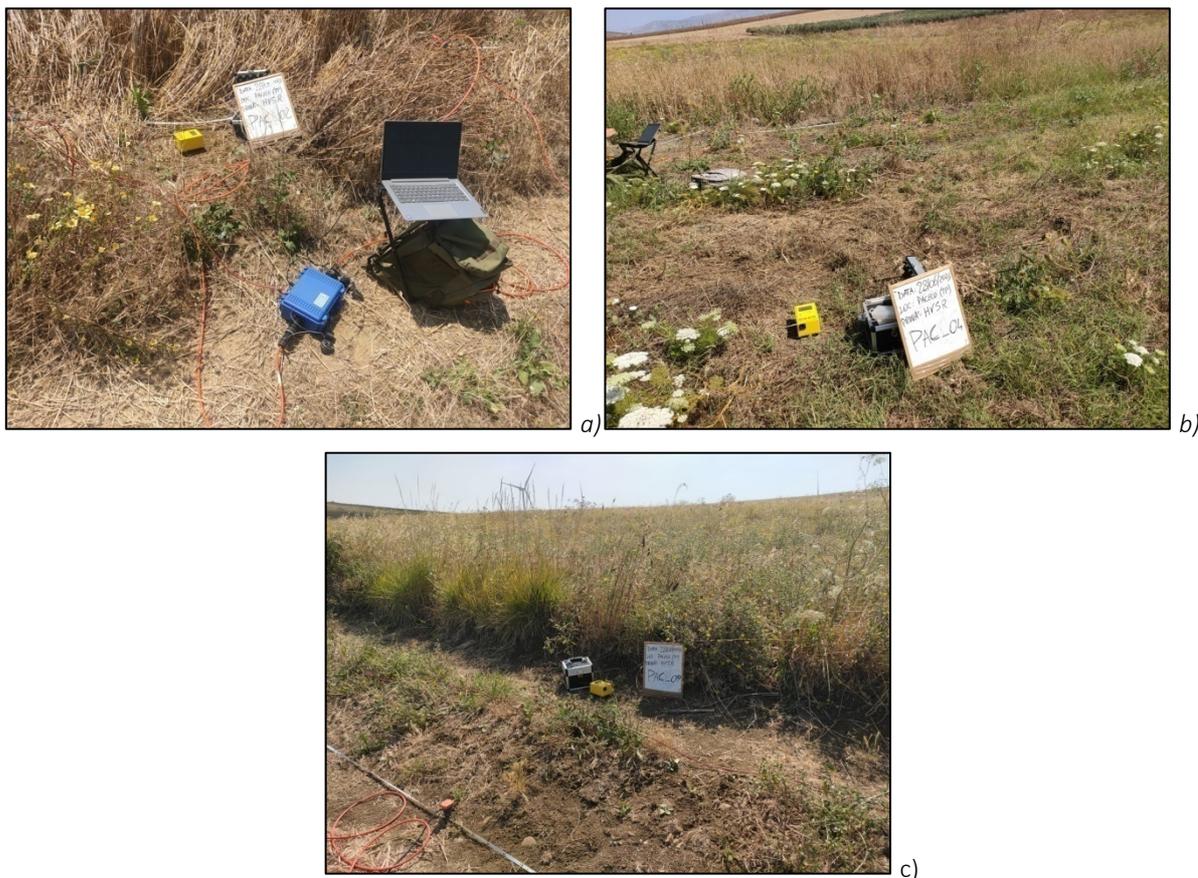


Figura 2.7: Doc. fotografica indagine sismica TROMOGRAFICA - PAC10_TR1 (a), PAC04_TR2 (b) e PAC09_TR3 (c)

2.4 ACQUISIZIONE SISMICA MASW (PAC10, PAC04, PAC07 E PAC09)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è possibile valutare l'effetto della risposta sismica locale facendo riferimento ad un approccio semplificato, il quale si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs.

Per la ricostruzione del modello sismostratigrafico locale sono state eseguite ed elaborate numero 4 stendimenti di sismica attiva multicanale MASW.

Per l'esecuzione della prova MASW è stato utilizzato il sismografo DOLANG model DBS280B, costituito da un sistema di acquisizione dati a 24 canali e 24 bit reali, basato sul convertitore Sigma Delta ($\Sigma\Delta$) AD7124-8.

La prova sismica è eseguita mediante la realizzazione di una stesa sismica, lungo la quale sono state disposte 24 postazioni geofoniche con interdistanza pari a 2 metri.

Il punto di energizzazione, posto ad una distanza pari a 5 metri dal geofono in prima posizione, è rappresentato da una mazza dal peso di 10 kg lasciata cadere su una piastra (20cm*20cm). È stata così ottenuta una stesa sismica di lunghezza 51 metri incluso il punto di energizzazione (shot). Per la registrazione del segnale sismico indotto dagli shots sono stati utilizzati geofoni ZHAOFENG, modello ZF-4.5 con frequenza propria pari a 4,5Hz.

Sono così state ottenute le tracce sismiche, da cui è stato ricavato lo spettro di dispersione delle onde di superficie, utilizzato per l'interpretazione dei dati.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto è possibile valutare l'effetto della risposta sismica locale facendo riferimento ad un approccio semplificato, il quale si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s .

Le coordinate del centro degli stendi menti sono:

- Coordinate centro stendimento PAC10: lat. 37.919707°, long. 12.596558°
- Coordinate centro stendimento PAC04: lat. 37.934056°, long. 12.614434°
- Coordinate centro stendimento PAC07: lat. 37.949357°, long. 12.611991°
- Coordinate centro stendimento PAC09: lat. 37.927315°, long. 12.658455°

Sono così state ottenute le tracce sismiche, da cui è stato ricavato lo spettro di dispersione delle onde di superficie, utilizzato per l'interpretazione dei dati.

La stesa sismica PAC10 è stata eseguita lungo dei campi di grano lungo una stradina che costeggia il sito in oggetto (vedi planimetria allegata); di seguito si riporta l'elaborazione dell'indagine.

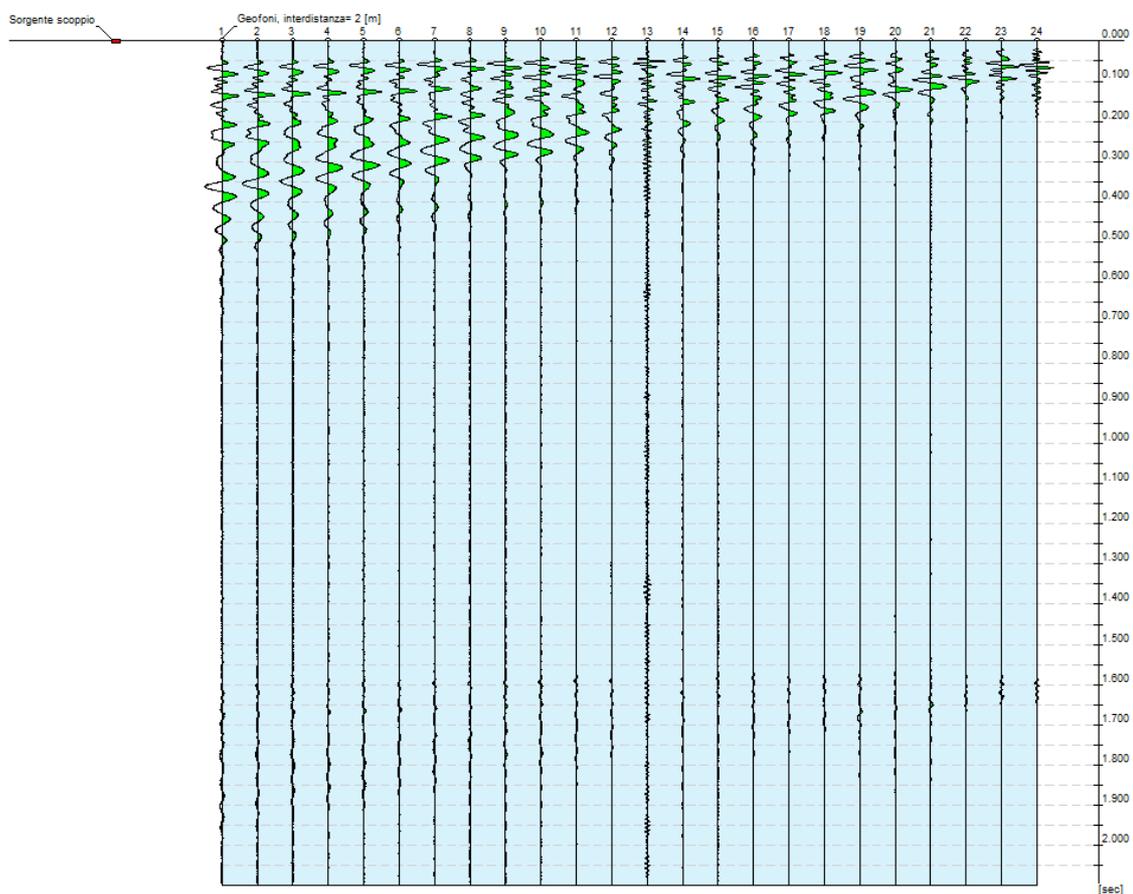


Figura 2.8: Traccia sismica stendimento PAC10

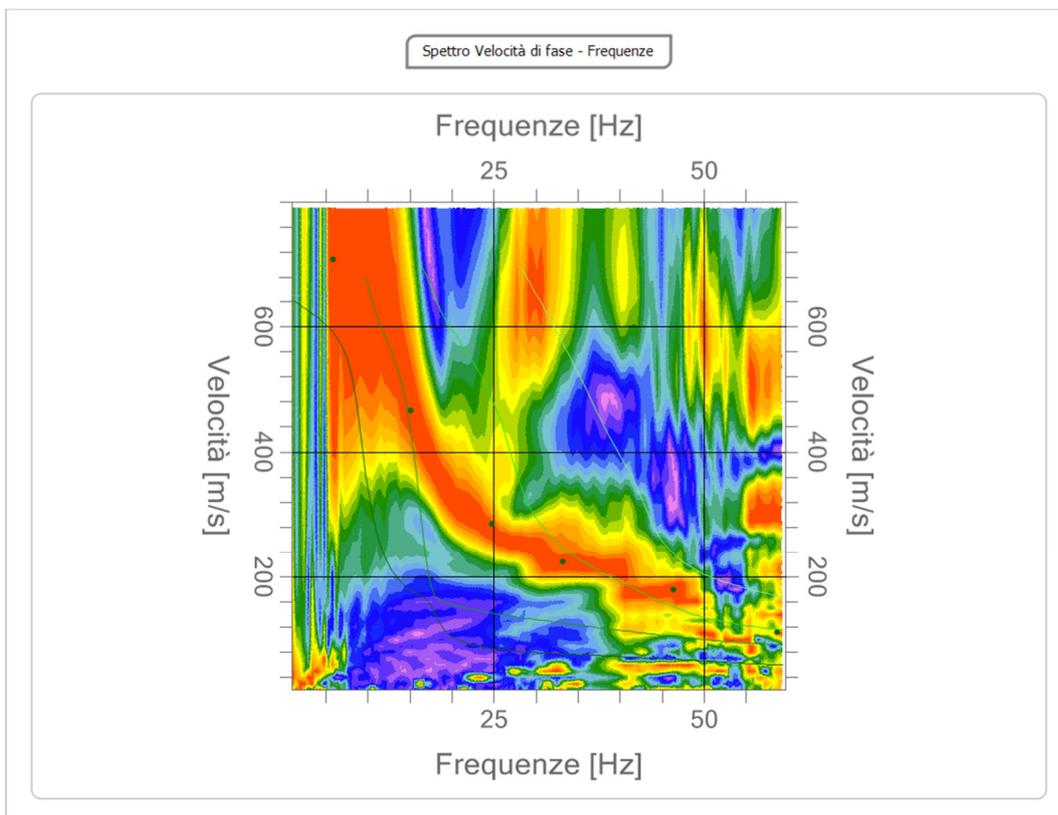


Figura 2.9: Spettro velocità di fase-frequenze

N.	FREQUENZA [HZ]	VELOCITÀ [M/SEC]	MODO
1	5.9	708.7	0
2	15.1	465.3	0
3	24.8	284.3	0
4	33.2	223.4	0
5	46.3	178.6	0
6	58.7	111.3	

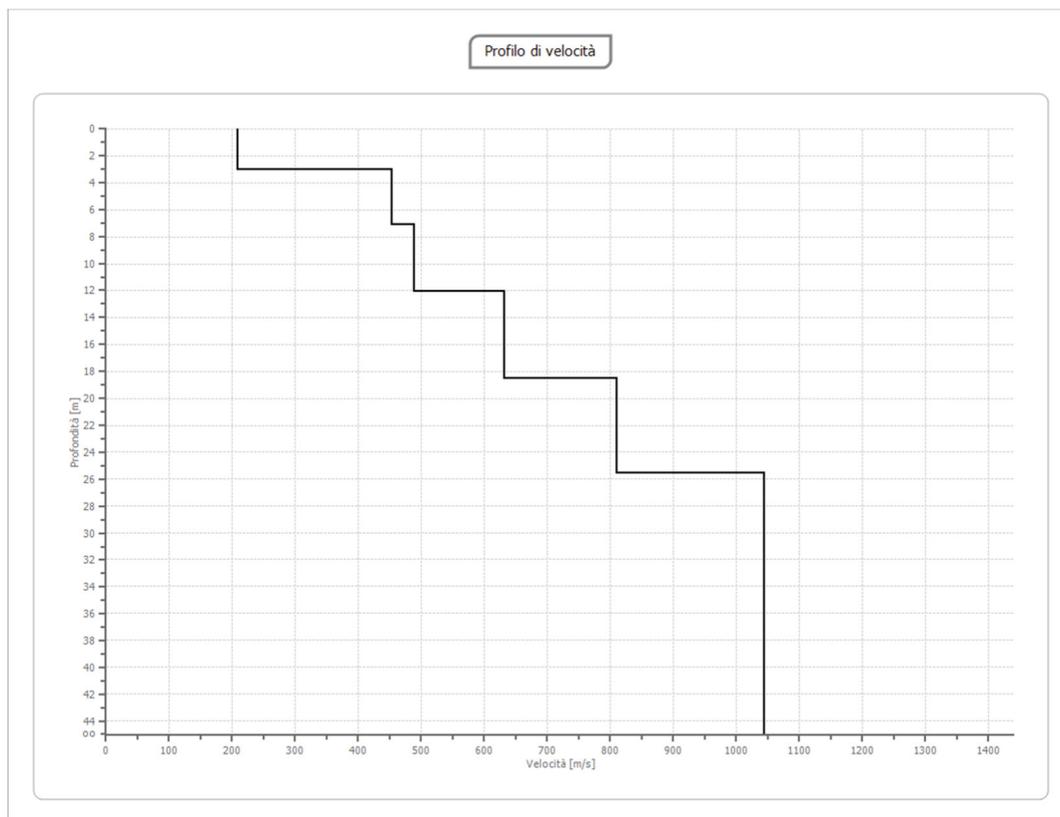


Figura 2.10: Profilo di velocità

Il relativo valore di $V_{s,eq}$ ha riportato il seguente risultato: 421.79 m/s.

Adottando la classificazione vigente in materia antisismica ai sensi del D.M. 17/01/2018 Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni», i terreni individuati nella presente indagine appartengono alla categoria di sottosuolo indicati con la lettera B, ovvero “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.”

Tab.2.1 *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (D.M 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni")*

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 medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente 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 o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



Figura 2.11: *Doc. fotografica indagine sismica Masw - PAC10*

La stesa sismica PAC04 è stata eseguita a nord dell'omonimo sito in cui da progetto dovrà essere realizzato l'aerogeneratore (vedi planimetria allegata); di seguito si riporta l'elaborazione dell'indagine.

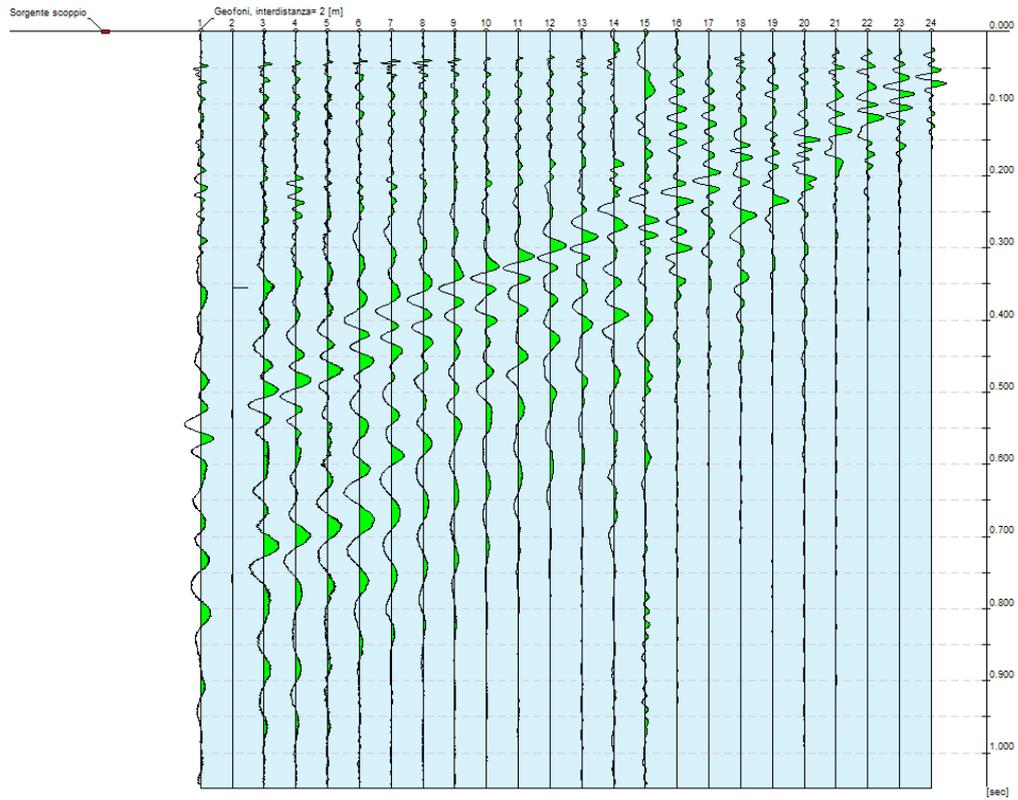


Figura 2.12: Traccia sismica stendimento PAC04

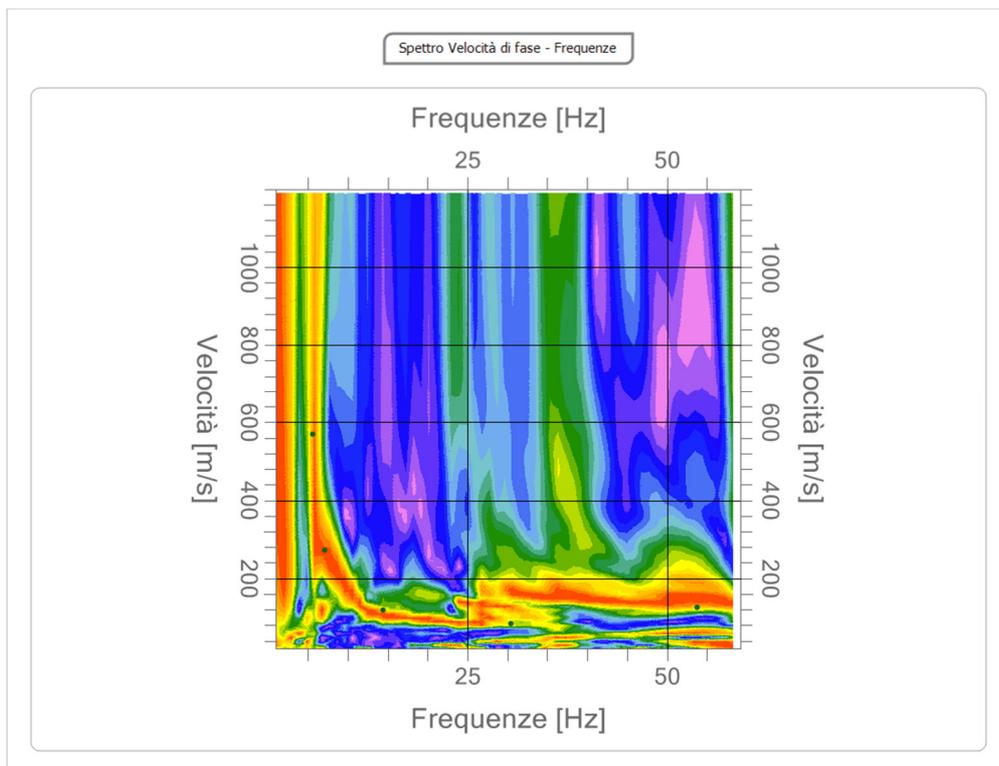


Figura 2.13: Spettro velocità di fase - Frequenze

N.	FREQUENZA [HZ]	VELOCITÀ [M/SEC]	MOD0
1	5.6	570.0	0
2	7.1	272.0	0
3	14.5	119.3	0
4	30.4	85.4	0
5	53.8	126.6	0

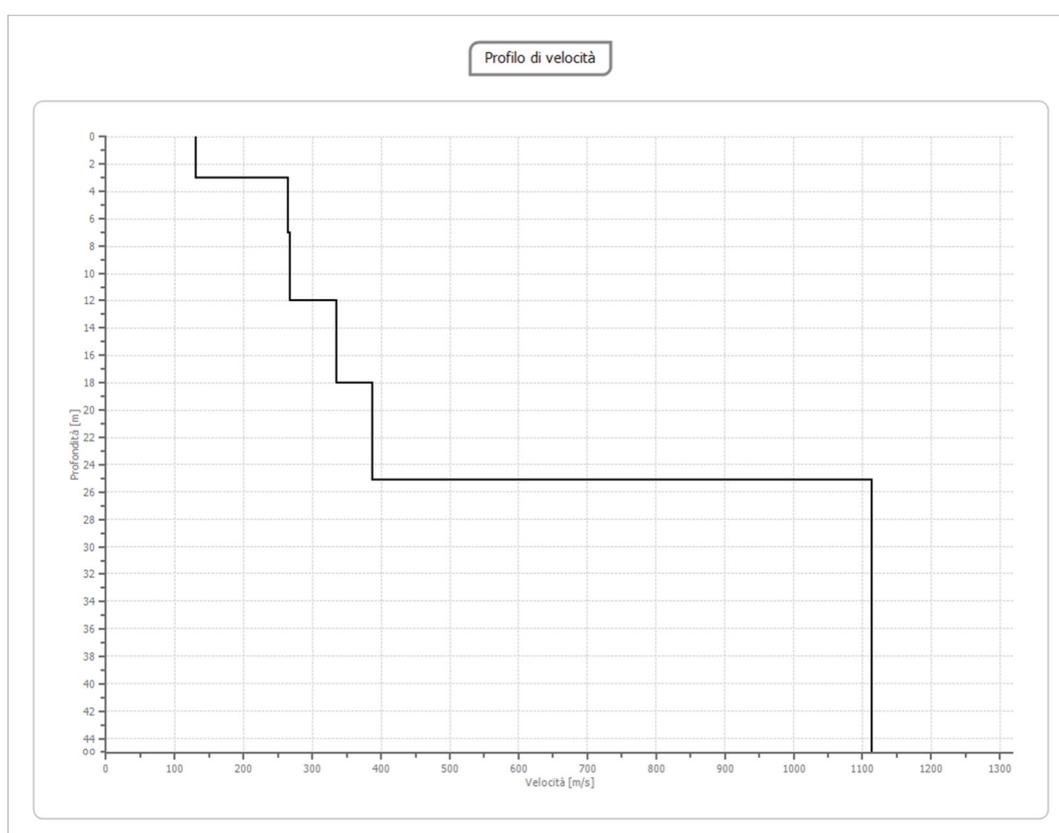


Figura 2.14: profilo di velocità

Il relativo valore di $V_{s,eq}$ ottenuto ha riportato il seguente risultato: 307.43 m/s

Adottando la classificazione vigente in materia antisismica ai sensi del D.M. 17/01/2018 *Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»*, i terreni individuati nella presente indagine appartengono alla categoria di sottosuolo indicati con la lettera C, ovvero 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.

Tab.2.2 *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (D.M 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni")*

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 medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente 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 o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



Figura 2.15: *Doc. fotografica indagine sismica Masw - PAC04*

La stesa sismica PAC07 è stata eseguita nelle immediate vicinanze dell'omonimo sito (vedi planimetria allegata); di seguito si riporta l'elaborazione dell'indagine.

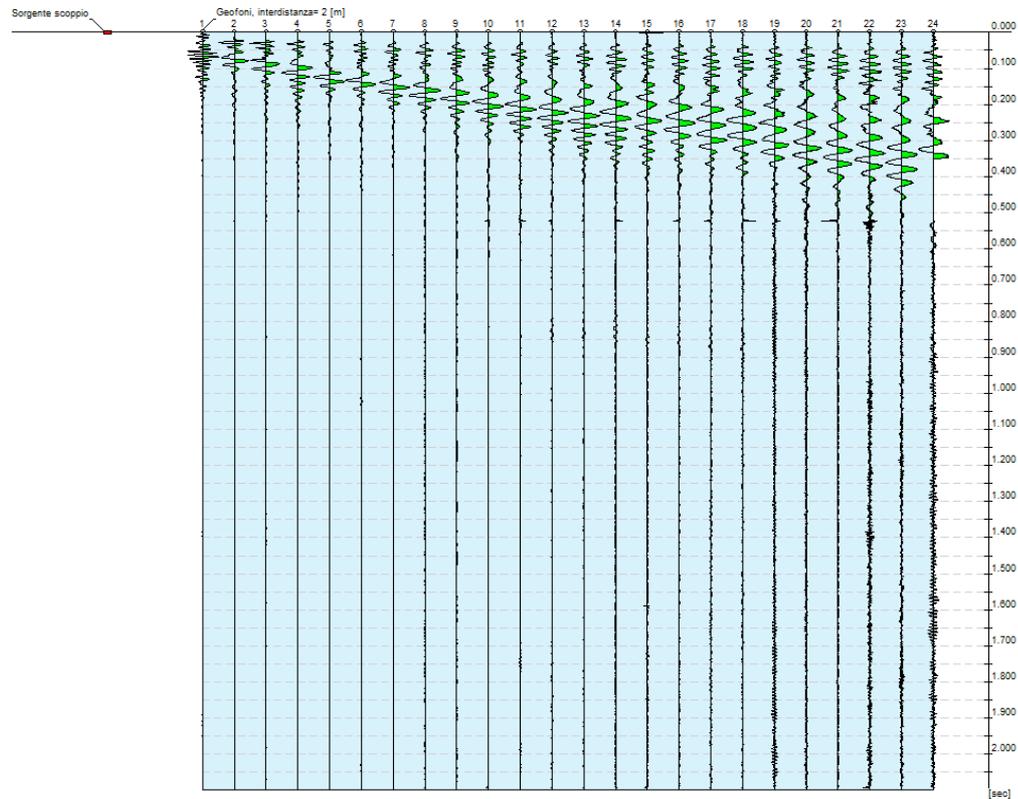


Figura 2.16: Traccia sismica stendimento PAC07

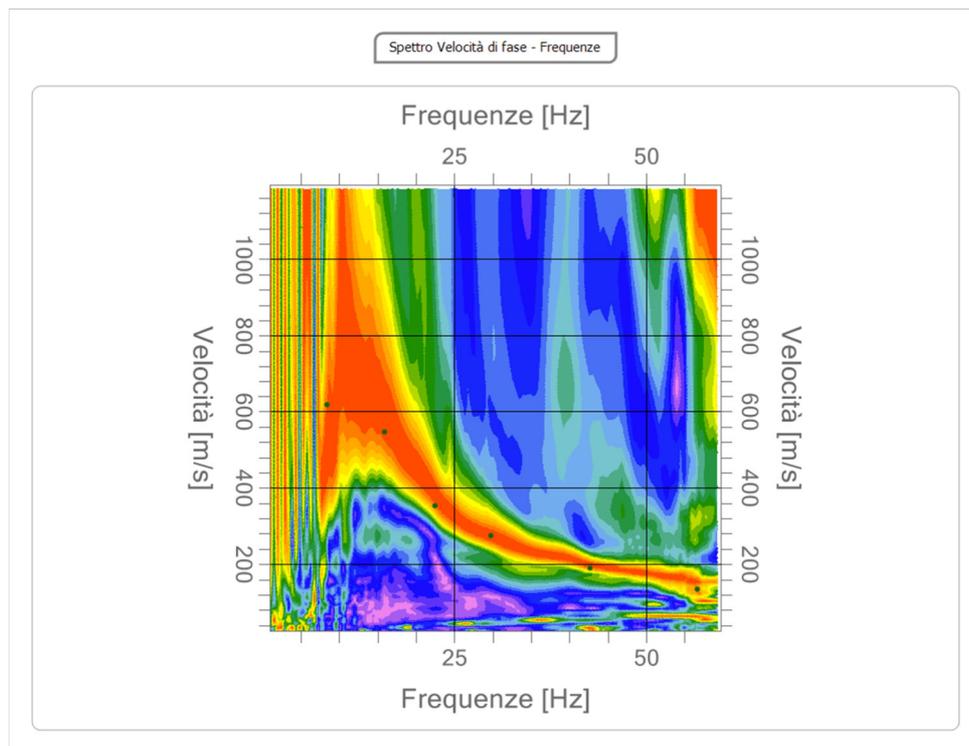


Figura 2.17: Spettro velocità di fase – Frequenze

N.	FREQUENZA [HZ]	VELOCITÀ [M/SEC]	MOD0
1	8.5	618.4	0
2	15.9	546.3	0
3	22.5	354.1	0
4	29.7	274.9	0
5	42.7	190.8	0
6	56.6	135.5	

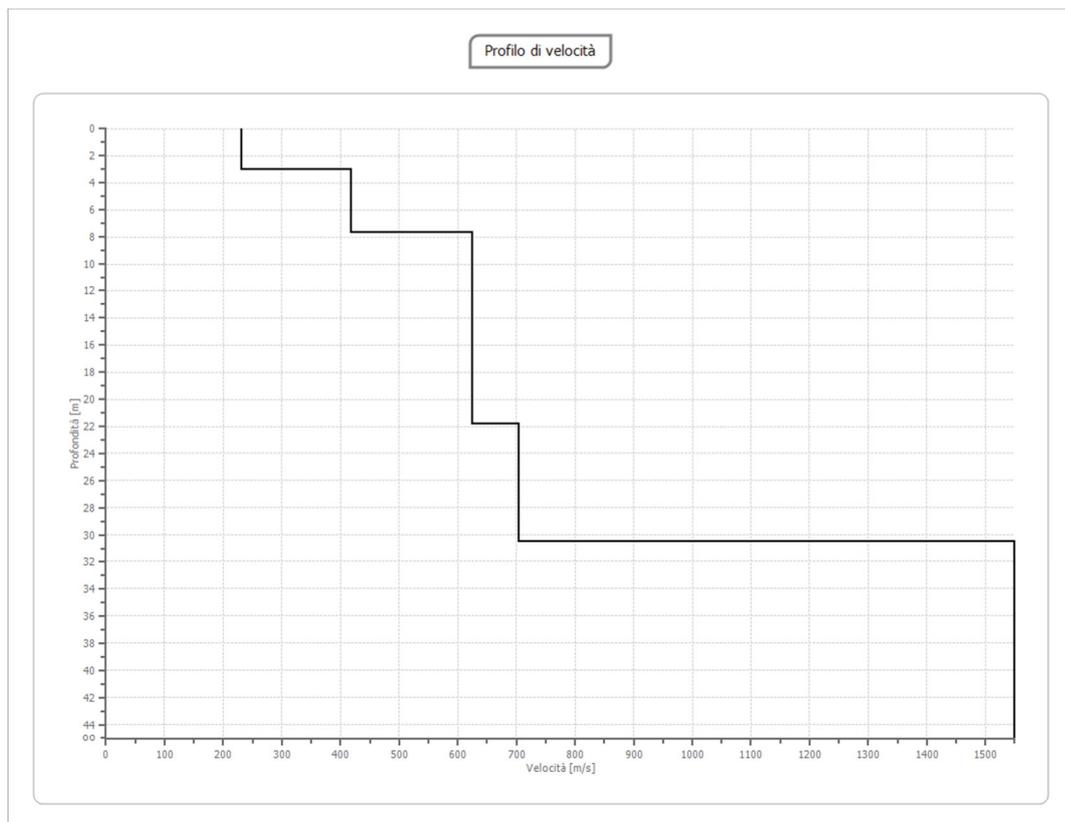


Figura 2.18: profilo di velocità

Il relativo valore di $V_{s,eq}$ ottenuto ha riportato il seguente risultato: 513.56 m/s

Adottando la classificazione vigente in materia antisismica ai sensi del D.M. 17/01/2018 *Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»*, i terreni individuati nella presente indagine appartengono alla categoria di sottosuolo indicati con la lettera *B*, ovvero “*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.*”

Tab.2.3 *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (D.M 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni")*

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 medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente 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 o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



Figura 2.19: *Doc. fotografica indagine sismica Masw - PAC07*

La quarta ed ultima stesa sismica denominata PAC09 è stata eseguita nelle immediate vicinanze dell'omonimo sito (vedi planimetria allegata); di seguito si riporta l'elaborazione dell'indagine.

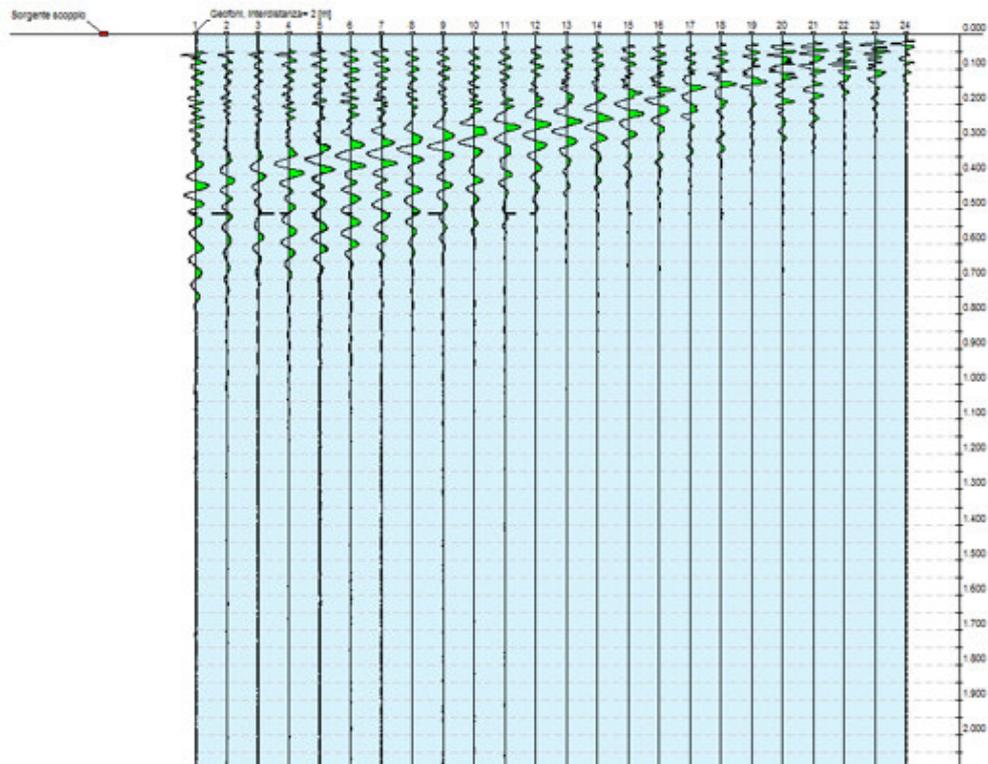


Figura 2.20: Traccia stendimento sismica PAC09

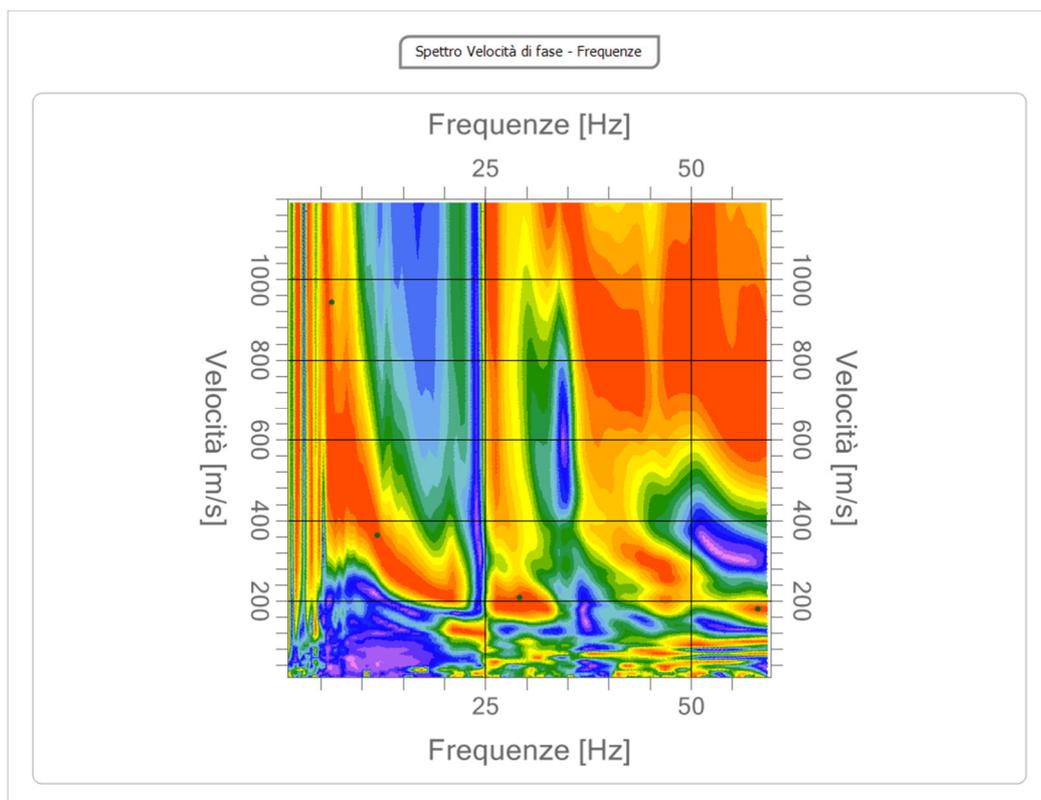


Figura 2.21: Spettro velocità di fase - Frequenze

N.	FREQUENZA [HZ]	VELOCITÀ [M/SEC]	MOD0
1	6.3	943.4	0
2	11.8	361.9	0
3	29.1	207.9	0
4	58.1	181.0	0

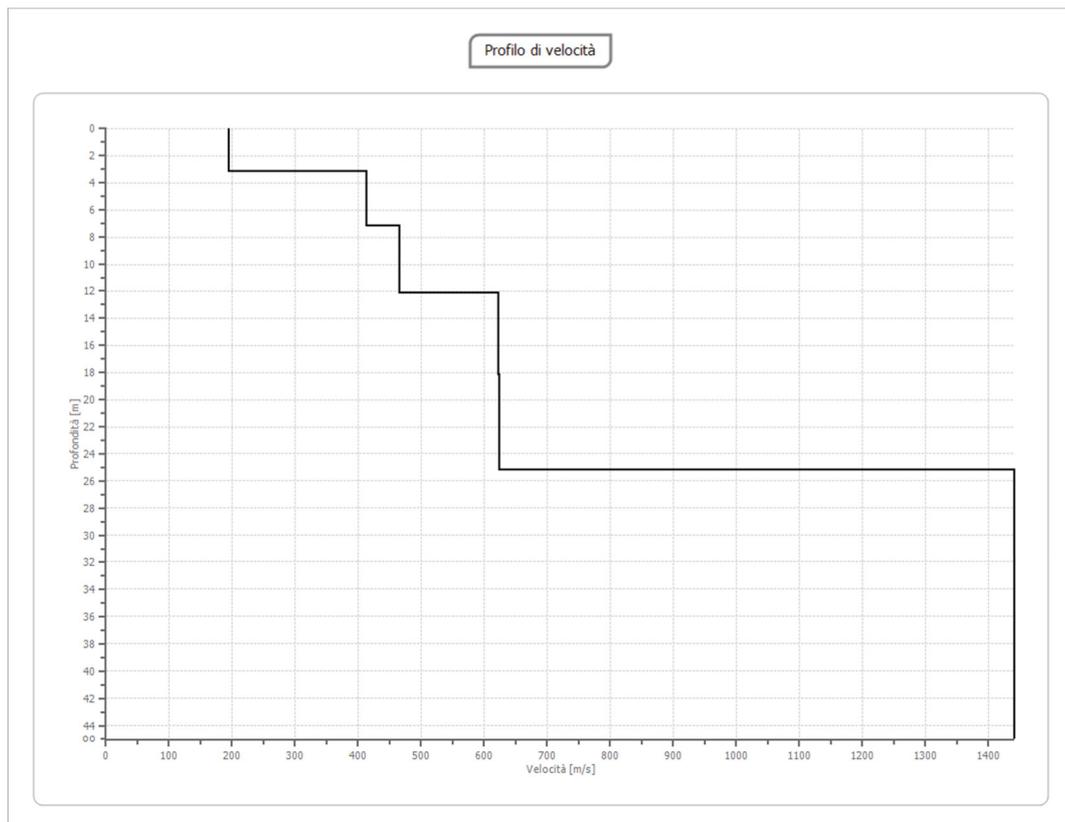


Figura 2.22: profilo di velocità

Il relativo valore di $V_{s,eq}$ ottenuto ha riportato il seguente risultato: 441 m/s

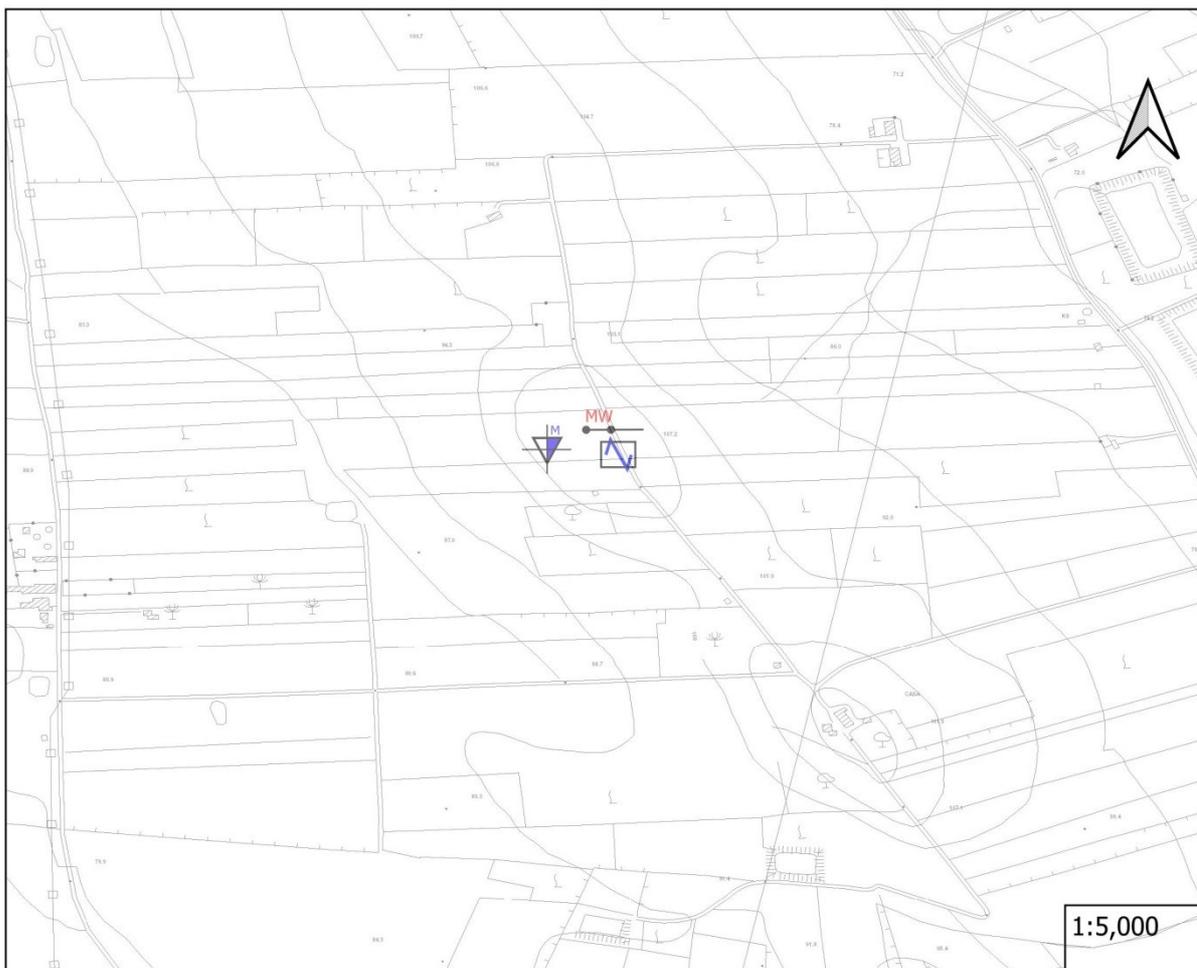
Adottando la classificazione vigente in materia antisismica ai sensi del D.M. 17/01/2018 *Aggiornamento delle «Norme Tecniche per le Costruzioni»*, i terreni individuati nella presente indagine appartengono alla categoria di sottosuolo indicati con la lettera *B*, ovvero “*Depositi di terreni a grana 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.*”

Tab.2.4 Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato (D.M 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni")

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 medianamente addensati o terreni a grana fina medianamente 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 o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>



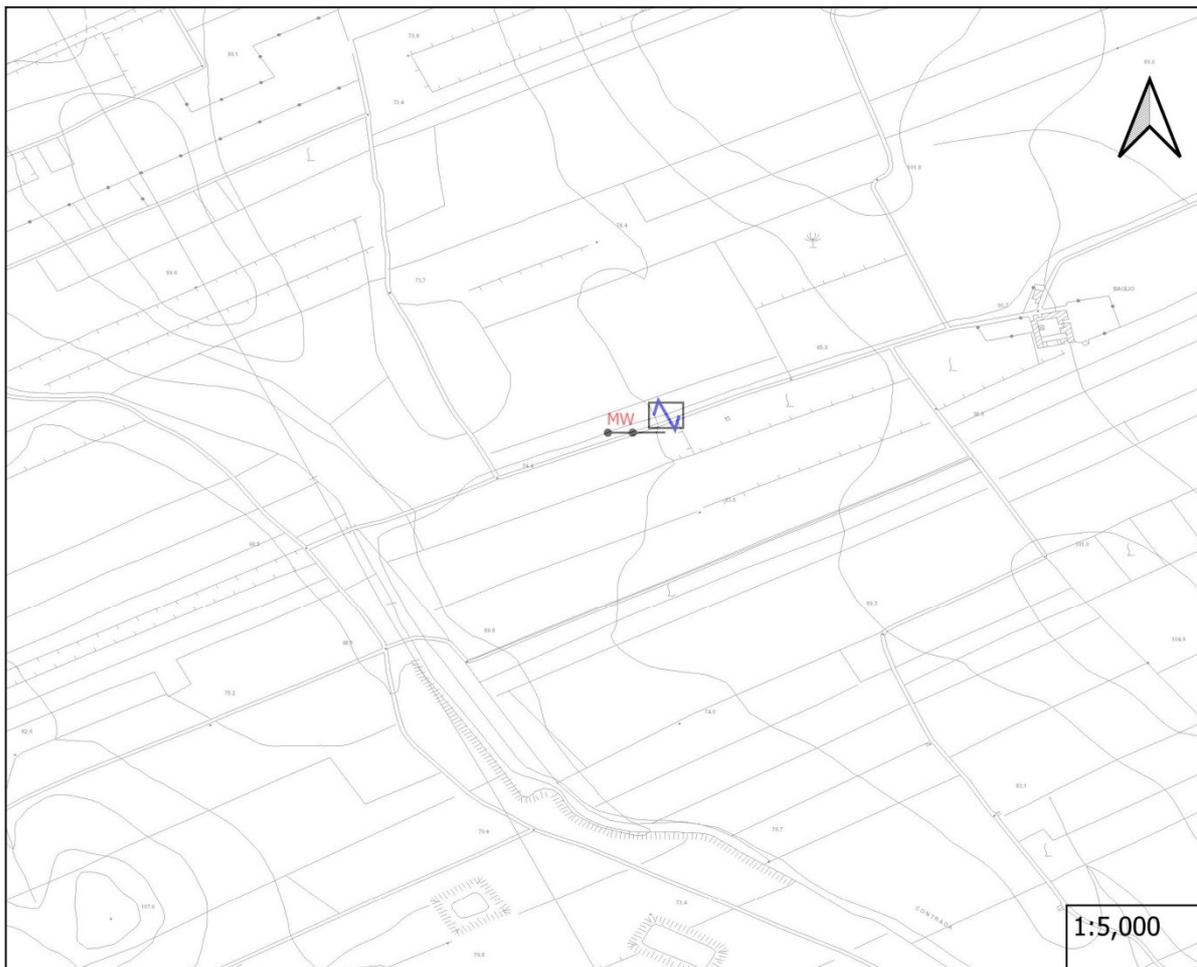
Figura 2.23: Doc. fotografica indagine sismica Masw - PAC09



Legenda

-  Prova sismica Hvsr
-  Prova sismica Masw
-  prova penetrometrica dinamica media

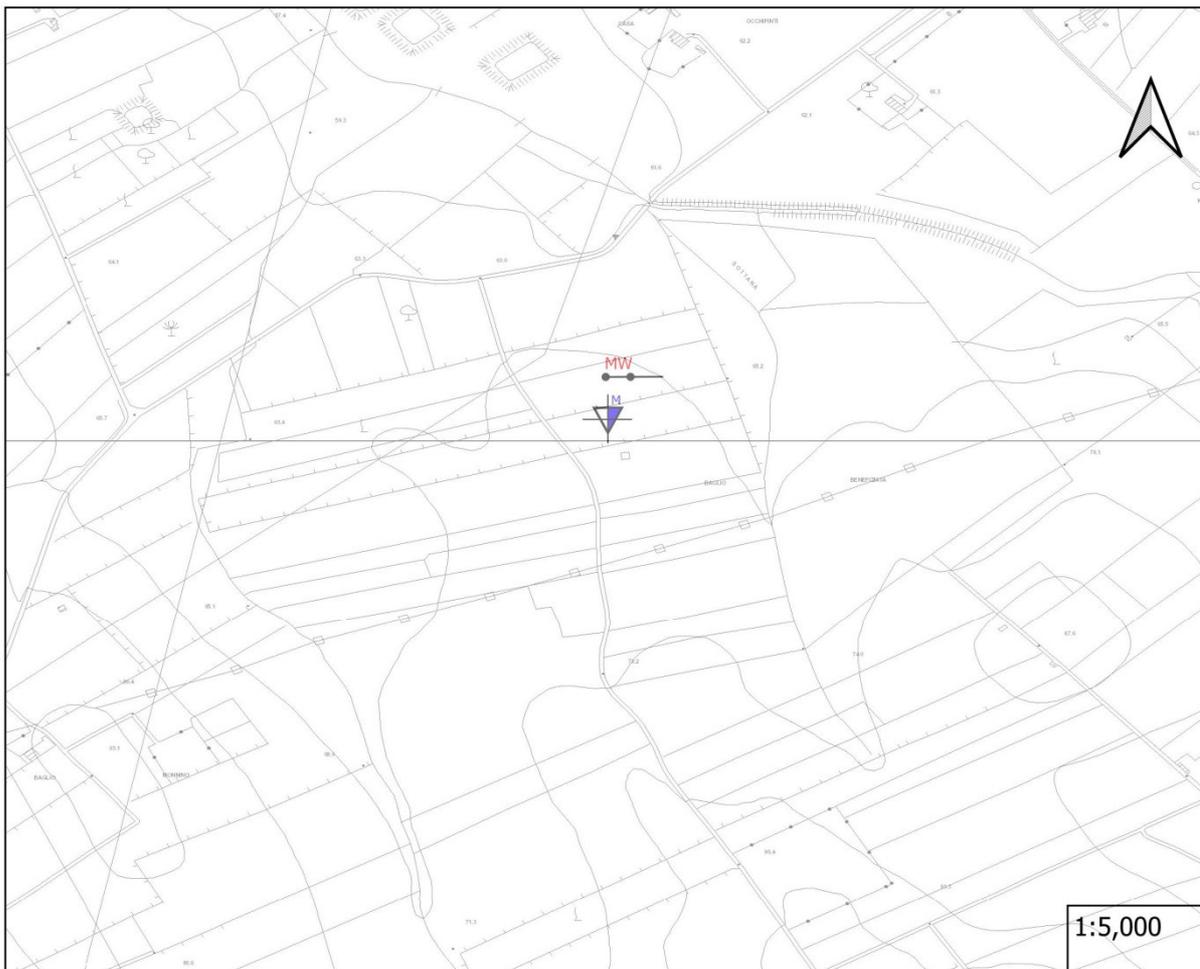
Figura 2.24: Stralcio planimetrico ubicazione delle indagini sito PAC10



Legenda

-  Prova sismica Hvsr
-  Prova sismica Masw

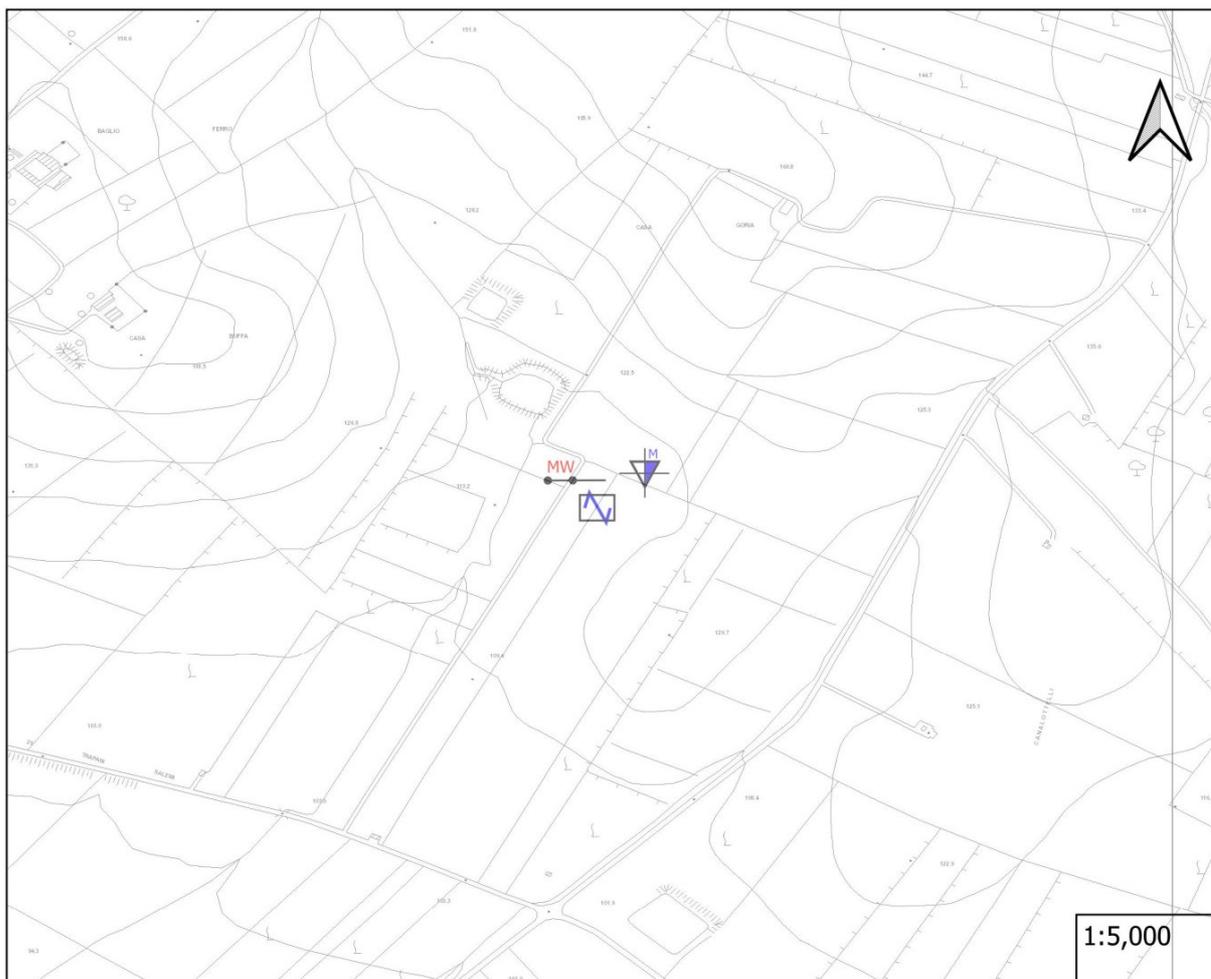
Figura 2.25: Stralcio planimetrico ubicazione delle indagini sito PAC04



Legenda

-  Prova sismica Masw
-  prova penetrometrica dinamica media

Figura 2.26: Stralcio planimetrico ubicazione delle indagini sito PAC07



Legenda

Prova sismica Hvsr

Prova sismica Masw

prova penetrometrica dinamica media

Figura 2.27: Stralcio planimetrico ubicazione delle indagini sito PAC09

3. PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE CONTINUE

Una prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi) misurando il numero di colpi (N) necessari ogni 10 centimetri di infissione. La loro elaborazione, interpretazione e visualizzazione grafica consente di "catalogare e parametrizzare" il suolo attraversato con un'immagine in continuo, che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati e una correlazione diretta con sondaggi geognostici per la caratterizzazione stratigrafica. La sonda penetrometrica permette inoltre di riconoscere abbastanza precisamente lo spessore delle coltri sul substrato, la quota di eventuali falde e superfici di rottura sui pendii, e la consistenza in generale del terreno.

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) per questo lavoro è stato utilizzato un penetrometro dinamico medo avente massa battente M di 30 kg. L'ubicazione delle indagini in corrispondenza dei siti PAC10-PAC07-PAC09, hanno raggiunto le profondità tra 2.10 e 4.60 metri dal piano campagna. Per quanto riguarda la caratterizzazione dei parametri fisico-meccanici dei litotipi attraversati viene di seguito fornita l'elaborazione effettuata mediante programma di calcolo automatico Dynamic Probing della *GeoStru Software* che distingue sia terreni coesivi che terreni incoerenti.

Tabella 3.1: Report DinamicProbing - INDAGINE PAC10

PROFONDITÀ (M)	NR. COLPI	NR. COLPI RIVESTIMENTO	CALCOLO COEFF. RIDUZIONE SONDA CHI	RES. DINAMICA RIDOTTA (MPA)	RES. DINAMICA (MPA)	PRES. AMMISSIBILE CON RIDUZIONE HERMINIER - OLANDESI (KPa)	PRES. AMMISSIBILE HERMINIER - OLANDESI (KPa)
0,10	2	0	0,857	0,56	0,65	28,05	32,75
0,20	6	0	0,855	1,68	1,96	83,97	98,25
0,30	9	0	0,853	2,51	2,95	125,66	147,37
0,40	10	0	0,851	2,79	3,27	139,31	163,75
0,50	9	0	0,849	2,50	2,95	125,10	147,37
0,60	9	0	0,847	2,50	2,95	124,83	147,37
0,70	7	0	0,845	1,94	2,29	96,87	114,62
0,80	7	0	0,843	1,93	2,29	96,67	114,62
0,90	6	0	0,842	1,57	1,86	78,46	93,23
1,00	6	0	0,840	1,57	1,86	78,29	93,23
1,10	6	0	0,838	1,56	1,86	78,13	93,23
1,20	5	0	0,836	1,30	1,55	64,97	77,69
1,30	5	0	0,835	1,30	1,55	64,84	77,69
1,40	9	0	0,833	2,33	2,80	116,47	139,85
1,50	15	0	0,781	3,64	4,66	182,08	233,08
1,60	19	0	0,780	4,60	5,90	230,15	295,24
1,70	33	0	0,678	6,95	10,26	347,63	512,78

PROFONDITÀ (M)	NR. COLPI	NR. COLPI RIVESTIMENTO	CALCOLO COEFF. RIDUZIONE SONDA CHI	RES. DINAMICA RIDOTTA (MPa)	RES. DINAMICA (MPa)	PRES. AMMISSIBILE CON RIDUZIONE HERMINIER - OLANDESI (KPa)	PRES. AMMISSIBILE HERMINIER - OLANDESI (KPa)
1,80	37	0	0,676	7,78	11,50	388,84	574,93
1,90	39	0	0,625	7,20	11,53	360,21	576,57
2,00	38	0	0,673	7,56	11,24	378,19	561,79
2,10	49	0	0,622	9,01	14,49	450,33	724,41

3.1 TERRENI COESIVI - PAC10

Tabella 3.2: Coesione non drenata

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	CU (KPa)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	Terzaghi-Peck	18,63
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	Terzaghi-Peck	40,60
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	Terzaghi-Peck	197,51

Tabella 3.3: Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	OC (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	Robertson (1983)	0,60
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	Robertson (1983)	1,30
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	Robertson (1983)	5,85

Tabella 3.4: Modulo Edometrico

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	EED (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	Stroud e Butler (1975)	1,37

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	EED (MPa)
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	Stroud e Butler (1975)	2,98
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	Stroud e Butler (1975)	13,42

Tabella 3.5: Modulo Modulo di Young

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	EY (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	Apollonia	2,98
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	Apollonia	6,50
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	Apollonia	29,25

Tabella 3.6: Classificazione AGI

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	CLASSIFICAZIONE
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Tabella 3.7: Peso unità di volume

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	PESO UNITÀ DI VOLUME (KN/m³)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	Meyerhof ed altri	16,08
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	Meyerhof ed altri	18,04
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	Meyerhof ed altri	21,18

Tabella 3.8: Peso unità di volume saturo

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	PESO UNITÀ DI VOLUME SATURO (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	Meyerhof ed altri	18,24
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	Meyerhof ed altri	18,53
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	Meyerhof ed altri	23,24

Tabella 3.9: Velocità onde di taglio

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (m/s)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	Ohta& Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	53,17
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	Ohta& Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	92,98
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	Ohta& Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	138,61

3.2 TERRENI INCOERENTI - PAC10

Tabella 3.10: Densità relativa

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	DENSITÀ RELATIVA (%)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	3,04	Gibbs & Holtz 1957	17,62
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Gibbs & Holtz 1957	29,09
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Gibbs & Holtz 1957	59,76

Tabella 3.11: Angolo di resistenza al taglio

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	ANGOLO D'ATTRITO (°)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0,00-0,20	3,04	Meyerhof (1956)	20,87
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Meyerhof (1956)	21,89
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Meyerhof (1956)	28,52

Tabella 3.12: Modulo di Young

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	MODULO DI YOUNG (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0,00-0,20	3,04	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Bowles (1982) Sabbia Media	21,98

Tabella 3.13: Modulo Edometrico

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	MODULO EDOMETRICO (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0,00-0,20	3,04	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,31
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,03
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	8,70

Tabella 3.14: Classificazione AGI

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	CLASSIFICAZIONE AGI
Strato (1) STRATO 1	3,04	0,00-0,20	3,04	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Tabella 3.15: Peso unità di volume

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	GAMMA (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0,00-0,20	3,04	Meyerhof ed altri	14,22
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Meyerhof ed altri	15,79
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Meyerhof ed altri	20,89

Tabella 3.16: Peso unità di volume saturo

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	GAMMA SATURO (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0,00-0,20	3,04	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,63
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Terzaghi-Peck 1948-1967	24,52

Tabella 3.17: Modulo di Poisson

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	POISSON
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	3,04	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	(A.G.I.)	0,3

Tabella 3.18: Modulo di deformazione a taglio dinamico

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	G (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	3,04	Ohsaki (Sabbie pulite)	18,13
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Ohsaki (Sabbie pulite)	37,73
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Ohsaki (Sabbie pulite)	155,10

Tabella 3.19: Velocità onde di taglio

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (m/s)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0.00-0,20	3,04	Ohta& Goto (1978) Limi	53,17
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Ohta& Goto (1978) Limi	92,98
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Ohta& Goto (1978) Limi	138,61

Tabella 3.20: Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	K_0
Strato (1) STRATO 1	3,04	0,00-0,20	3,04	Navfac 1971-1982	0,52
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Navfac 1971-1982	1,36
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Navfac 1971-1982	5,59

Tabella 3.21: Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	Q_c (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,04	0,00-0,20	3,04	Robertson 1983	0,60
Strato (2) STRATO 2	6,63	0,20-1,60	6,63	Robertson 1983	1,30
Strato (3) STRATO 3	29,83	1,60-2,10	29,83	Robertson 1983	5,85



Tabella 3.22: Numero colpi/profondità di penetrazione

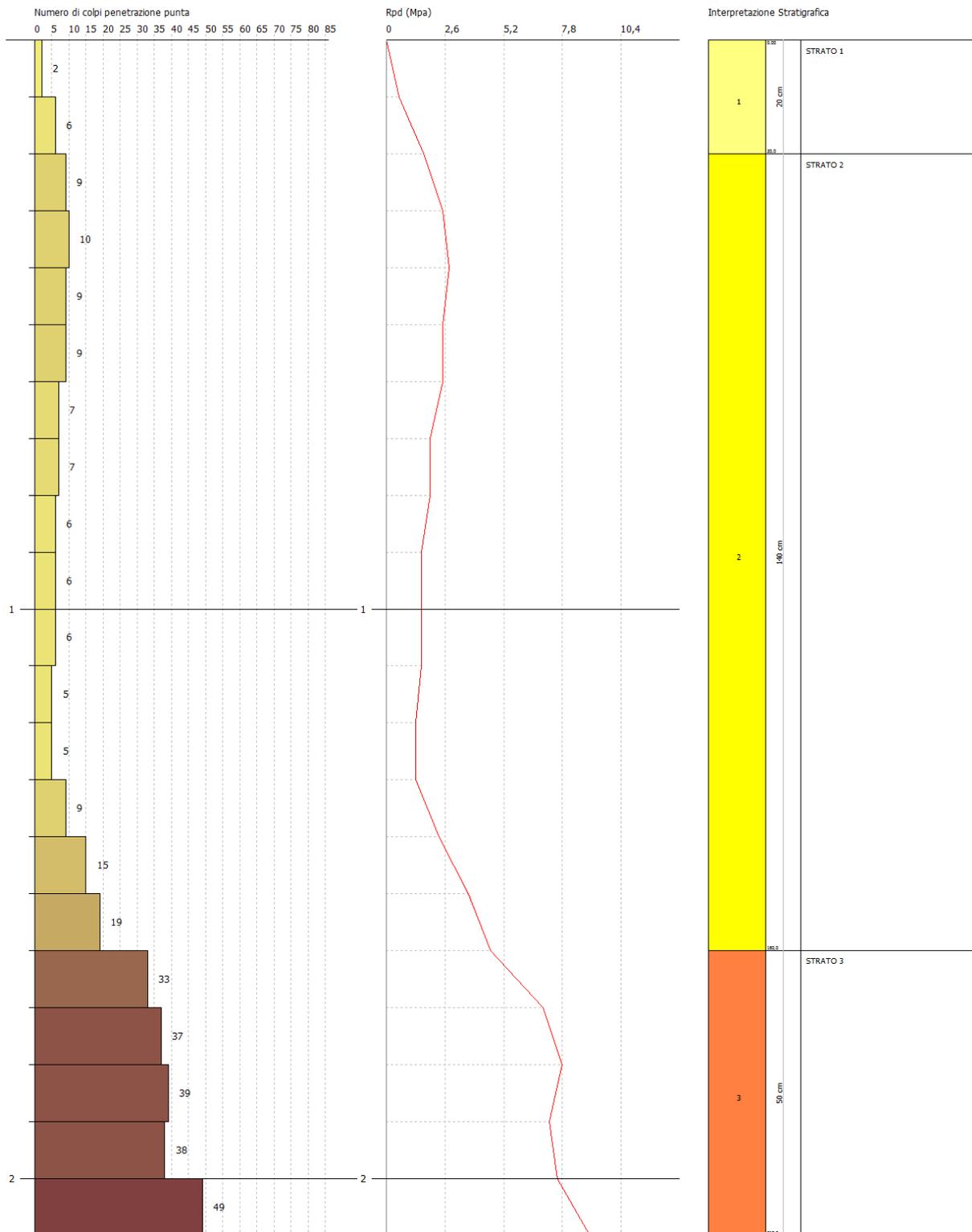




Figura 3.1: Doc. fotografica indagine penetrometrica PAC10

Tabella 3.23: Report DynamicProbing - INDAGINE PAC07

PROFONDITÀ (M)	NR. COLPI	NR. COLPI RIVESTIMENTO	CALCOLO COEFF. RIDUZIONE SONDA CHI	RES. DINAMICA RIDOTTA (MPa)	RES. DINAMICA (MPa)	PRES. AMMISSIBILE CON RIDUZIONE HERMINIER - OLANDESI (KPa)	PRES. AMMISSIBILE HERMINIER - OLANDESI (KPa)
0,10	3	0	0,857	0,84	0,98	42,08	49,12
0,20	5	0	0,855	1,40	1,64	69,97	81,87
0,30	4	0	0,853	1,12	1,31	55,85	65,50
0,40	3	0	0,851	0,84	0,98	41,79	49,12
0,50	4	0	0,849	1,11	1,31	55,60	65,50
0,60	4	0	0,847	1,11	1,31	55,48	65,50
0,70	5	0	0,845	1,38	1,64	69,20	81,87
0,80	5	0	0,843	1,38	1,64	69,05	81,87
0,90	3	0	0,842	0,78	0,93	39,23	46,62



PROFONDITÀ (M)	NR. COLPI	NR. COLPI RIVESTIMENTO	CALCOLO COEFF. RIDUZIONE SONDA CHI	RES. DINAMICA RIDOTTA (MPa)	RES. DINAMICA (MPa)	PRES. AMMISSIBILE CON RIDUZIONE HERMINIER - OLANDESI (KPa)	PRES. AMMISSIBILE HERMINIER - OLANDESI (KPa)
1,00	4	0	0,840	1,04	1,24	52,19	62,15
1,10	4	0	0,838	1,04	1,24	52,09	62,15
1,20	4	0	0,836	1,04	1,24	51,98	62,15
1,30	5	0	0,835	1,30	1,55	64,84	77,69
1,40	8	0	0,833	2,07	2,49	103,53	124,31
1,50	8	0	0,831	2,07	2,49	103,33	124,31
1,60	7	0	0,830	1,80	2,18	90,23	108,77
1,70	7	0	0,828	1,80	2,18	90,05	108,77
1,80	9	0	0,826	2,31	2,80	115,56	139,85
1,90	7	0	0,825	1,71	2,07	85,35	103,49
2,00	8	0	0,823	1,95	2,37	97,36	118,27
2,10	8	0	0,822	1,94	2,37	97,18	118,27
2,20	9	0	0,820	2,18	2,66	109,12	133,06
2,30	10	0	0,819	2,42	2,96	121,02	147,84
2,40	10	0	0,817	2,42	2,96	120,81	147,84
2,50	0	0	0,816	0,00	0,00	0,00	0,00
2,60	12	0	0,814	2,89	3,55	144,45	177,41
2,70	10	0	0,813	2,40	2,96	120,17	147,84
2,80	11	0	0,811	2,64	3,25	131,96	162,62
2,90	10	0	0,810	2,28	2,82	114,21	140,99
3,00	11	0	0,809	2,51	3,10	125,42	155,09
3,10	9	0	0,807	2,05	2,54	102,44	126,89
3,20	8	0	0,806	1,82	2,26	90,91	112,79
3,30	8	0	0,805	1,82	2,26	90,76	112,79
3,40	9	0	0,803	2,04	2,54	101,94	126,89
3,50	12	0	0,802	2,71	3,38	135,71	169,19
3,60	14	0	0,751	2,96	3,95	148,21	197,39
3,70	14	0	0,750	2,96	3,95	147,97	197,39

PROFONDITÀ (M)	NR. COLPI	NR. COLPI RIVESTIMENTO	CALCOLO COEFF. RIDUZIONE SONDA CHI	RES. DINAMICA RIDOTTA (MPa)	RES. DINAMICA (MPa)	PRES. AMMISSIBILE CON RIDUZIONE HERMINIER - OLANDESI (KPa)	PRES. AMMISSIBILE HERMINIER - OLANDESI (KPa)
3,80	23	0	0,698	4,53	6,49	226,48	324,28
3,90	35	0	0,647	6,10	9,43	305,24	471,62
4,00	35	0	0,646	6,09	9,43	304,68	471,62
4,10	35	0	0,645	6,08	9,43	304,12	471,62
4,20	38	0	0,644	6,59	10,24	329,60	512,04
4,30	44	0	0,593	7,03	11,86	351,32	592,89

3.3 TERRENI COESIVI - PAC07

Tabella 3.24: Coesione non drenata

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	CU (KPa)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	Terzaghi-Peck	19,02
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	Terzaghi-Peck	42,56
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	Terzaghi-Peck	176,32

Tabella 3.25: Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	OC (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	Robertson (1983)	0,61
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	Robertson (1983)	1,36
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	Robertson (1983)	5,22

Tabella 3.26: Modulo Edometrico

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	EED (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	Stroud e Butler (1975)	1,39
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	Stroud e Butler (1975)	3,12
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	Stroud e Butler (1975)	11,98

Tabella 3.27: Modulo Modulo di Young

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	EY (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	Apollonia	3,04
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	Apollonia	6,81

Tabella 3.28: Classificazione AGI

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	CLASSIFICAZIONE
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

Tabella 3.29: Peso unità di volume

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	PESO UNITÀ DI VOLUME (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	Meyerhof ed altri	16,08
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	Meyerhof ed altri	18,24
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	Meyerhof ed altri	20,89

Tabella 3.30: Peso unità di volume saturo

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	PESO UNITÀ DI VOLUME SATURO (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	Meyerhof ed altri	18,24
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	Meyerhof ed altri	18,63
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	Meyerhof ed altri	22,26

Tabella 3.31: Velocità onde di taglio

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (m/s)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	Ohta& Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	76,56
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	Ohta& Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	114,15
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	Ohta& Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	157,73

3.4 TERRENI INCOERENTI -PAC07

Tabella 3.32: Densità relativa

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	DENSITÀ RELATIVA (%)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	3,1	Gibbs & Holtz 1957	16,22
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Gibbs & Holtz 1957	25,17
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Gibbs & Holtz 1957	49,54

Tabella 3.33: Angolo di resistenza al taglio

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	ANGOLO D'ATTRITO (°)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0,00-1,30	3,1	Meyerhof (1956)	20,89
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Meyerhof (1956)	21,98
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Meyerhof (1956)	27,61

Tabella 3.34: Modulo di Young

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	MODULO DI YOUNG (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0,00-1,30	3,1	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Bowles (1982) Sabbia Media	20,41

Tabella 3.35: Modulo Edometrico

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	MODULO EDOMETRICO (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0,00-1,30	3,1	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,32
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,09
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	8,06

Tabella 3.36: Classificazione AGI

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	CLASSIFICAZIONE AGI
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	3,1	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Tabella 3.37: Peso unità di volume

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	GAMMA (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	3,1	Meyerhof ed altri	14,22
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Meyerhof ed altri	15,89
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Meyerhof ed altri	20,59

Tabella 3.38: Peso unità di volume saturo

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	GAMMA SATURO (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	3,1	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,44
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,63
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Terzaghi-Peck 1948-1967	24,52

Tabella 3.39: Modulo di Poisson

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	POISSON
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	3,1	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	(A.G.I.)	0,3

Tabella 3.40: Modulo di deformazione a taglio dinamico

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	G (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	3,1	Ohsaki (Sabbie pulite)	18,46
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Ohsaki (Sabbie pulite)	39,38
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Ohsaki (Sabbie pulite)	139,41

Tabella 3.41: Velocità onde di taglio

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (m/s)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	3,1	Ohta& Goto (1978) Limi	76,56
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Ohta& Goto (1978) Limi	114,15
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Ohta& Goto (1978) Limi	157,73

Tabella 3.42: Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_{vh} / \sigma_{v0}$

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	K_0
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	3,1	Navfac 1971-1982	0,54
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Navfac 1971-1982	1,43
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Navfac 1971-1982	5,12

Tabella 3.43: Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	Q_c (MPa)
Strato (1) STRATO 1	3,1	0.00-1,30	3,1	Robertson 1983	0,61
Strato (2) STRATO 2	6,94	1,30-3,70	6,94	Robertson 1983	1,36
Strato (3) STRATO 3	26,63	3,70-4,30	26,63	Robertson 1983	5,22



Tabella 3.44: Numero colpi/profondità di penetrazione

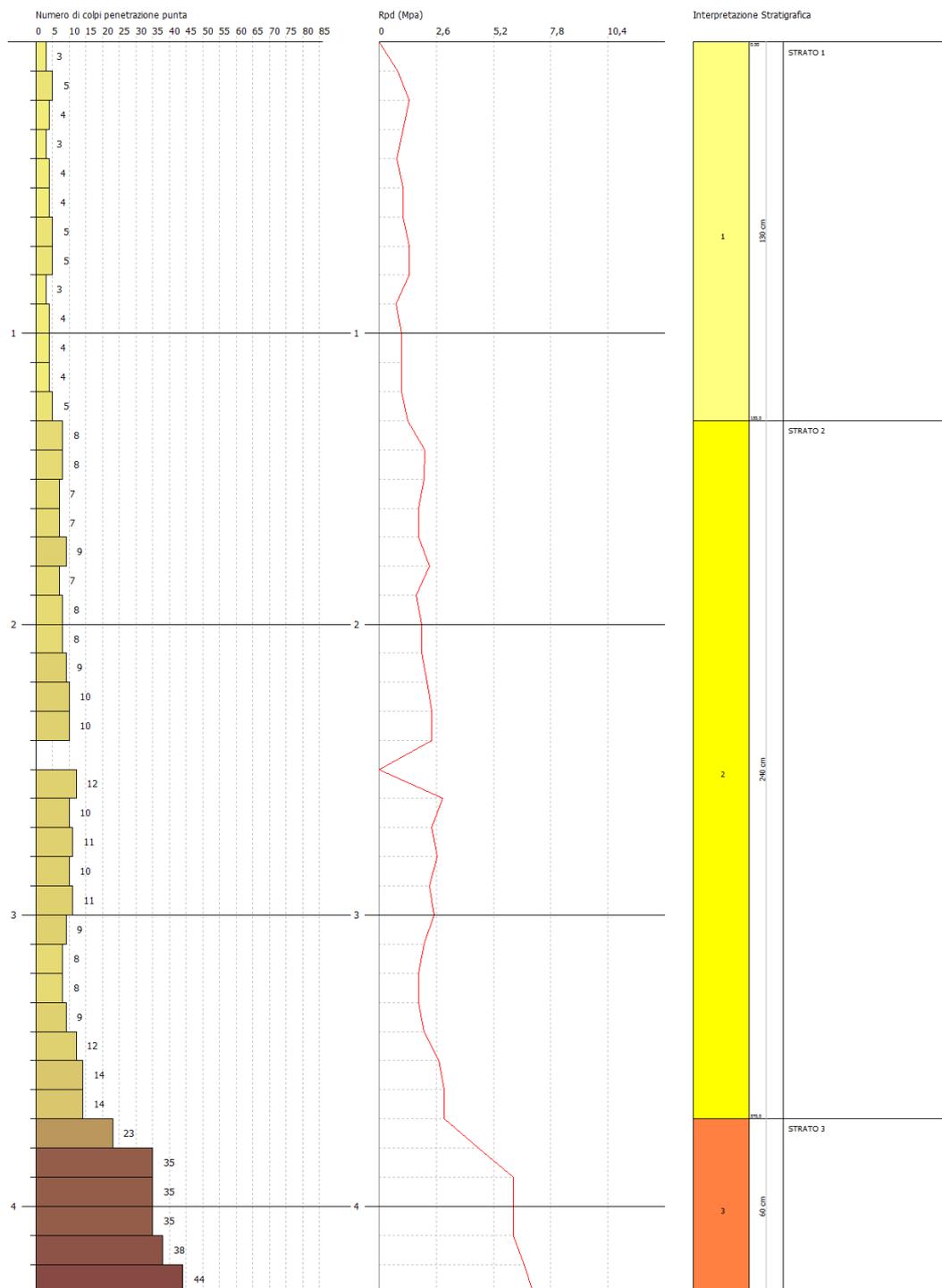




Figura 3.2: Doc. fotografica indagine penetrometrica PAC07

Tabella 3.45: Report DynamicProbing - INDAGINE PAC09

PROFONDITÀ (M)	NR. COLPI	NR. COLPI RIVESTIMENTO	CALCOLO COEFF. RIDUZIONE SONDA CHI	RES. DINAMICA RIDOTTA (MPa)	RES. DINAMICA (MPa)	PRES. AMMISSIBILE CON RIDUZIONE HERMINIER - OLANDESI (KPa)	PRES. AMMISSIBILE HERMINIER - OLANDESI (KPa)
0,10	2	0	0,857	0,56	0,65	28,05	32,75
0,20	4	0	0,855	1,12	1,31	55,98	65,50
0,30	4	0	0,853	1,12	1,31	55,85	65,50
0,40	3	0	0,851	0,84	0,98	41,79	49,12
0,50	3	0	0,849	0,83	0,98	41,70	49,12
0,60	3	0	0,847	0,83	0,98	41,61	49,12
0,70	3	0	0,845	0,83	0,98	41,52	49,12
0,80	3	0	0,843	0,83	0,98	41,43	49,12
0,90	3	0	0,842	0,78	0,93	39,23	46,62

PROFONDITÀ (M)	NR. COLPI	NR. COLPI RIVESTIMENTO	CALCOLO COEFF. RIDUZIONE SONDA CHI	RES. DINAMICA RIDOTTA (MPa)	RES. DINAMICA (MPa)	PRES. AMMISSIBILE CON RIDUZIONE HERMINIER - OLANDESI (KPa)	PRES. AMMISSIBILE HERMINIER - OLANDESI (KPa)
1,00	3	0	0,840	0,78	0,93	39,15	46,62
1,10	3	0	0,838	0,78	0,93	39,06	46,62
1,20	3	0	0,836	0,78	0,93	38,98	46,62
1,30	4	0	0,835	1,04	1,24	51,87	62,15
1,40	5	0	0,833	1,29	1,55	64,71	77,69
1,50	6	0	0,831	1,55	1,86	77,49	93,23
1,60	8	0	0,830	2,06	2,49	103,12	124,31
1,70	7	0	0,828	1,80	2,18	90,05	108,77
1,80	4	0	0,826	1,03	1,24	51,36	62,15
1,90	5	0	0,825	1,22	1,48	60,96	73,92
2,00	7	0	0,823	1,70	2,07	85,19	103,49
2,10	7	0	0,822	1,70	2,07	85,03	103,49
2,20	8	0	0,820	1,94	2,37	97,00	118,27
2,30	8	0	0,819	1,94	2,37	96,82	118,27
2,40	9	0	0,817	2,17	2,66	108,73	133,06
2,50	9	0	0,816	2,17	2,66	108,53	133,06
2,60	8	0	0,814	1,93	2,37	96,30	118,27
2,70	8	0	0,813	1,92	2,37	96,13	118,27
2,80	8	0	0,811	1,92	2,37	95,97	118,27
2,90	8	0	0,810	1,83	2,26	91,37	112,79
3,00	10	0	0,809	2,28	2,82	114,02	140,99
3,10	13	0	0,757	2,78	3,67	138,81	183,29
3,20	12	0	0,806	2,73	3,38	136,37	169,19
3,30	11	0	0,805	2,50	3,10	124,80	155,09
3,40	11	0	0,803	2,49	3,10	124,60	155,09
3,50	20	0	0,752	4,24	5,64	212,09	281,98
3,60	14	0	0,751	2,96	3,95	148,21	197,39
3,70	14	0	0,750	2,96	3,95	147,97	197,39

PROFONDITÀ (M)	NR. COLPI	NR. COLPI RIVESTIMENTO	CALCOLO COEFF. RIDUZIONE SONDA CHI	RES. DINAMICA RIDOTTA (MPa)	RES. DINAMICA (MPa)	PRES. AMMISSIBILE CON RIDUZIONE HERMINIER - OLANDESI (KPa)	PRES. AMMISSIBILE HERMINIER - OLANDESI (KPa)
3,80	19	0	0,748	4,01	5,36	200,49	267,88
3,90	19	0	0,747	3,83	5,12	191,30	256,02
4,00	16	0	0,746	3,22	4,31	160,84	215,60
4,10	15	0	0,745	3,01	4,04	150,55	202,12
4,20	16	0	0,744	3,21	4,31	160,34	215,60
4,30	14	0	0,743	2,80	3,77	140,08	188,65
4,40	19	0	0,741	3,80	5,12	189,82	256,02
4,50	26	0	0,690	4,84	7,01	241,85	350,34
4,60	44	0	0,589	6,99	11,86	349,35	592,89

3.5 TERRENI COESIVI - PAC09

Tabella 3.46: Coesione non drenata

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	CU (KPa)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	Terzaghi-Peck	15,30
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	Terzaghi-Peck	34,23
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	Terzaghi-Peck	57,47
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	Terzaghi-Peck	99,05

Tabella 3.47: Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	OC (MPa)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	Robertson (1983)	0,49
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	Robertson (1983)	1,09
Strato (3)	8,68	2,90-3,40	Robertson (1983)	1,70

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	OC (MPa)
STRATO 3				
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	Robertson (1983)	2,94

Tabella 3.48: Modulo Edometrico

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	EED (MPa)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	Stroud e Butler (1975)	1,12
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	Stroud e Butler (1975)	2,51
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	Stroud e Butler (1975)	3,91
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	Stroud e Butler (1975)	6,74

Tabella 3.49: Modulo Modulo di Young

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	EY (MPa)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	Apollonia	2,45
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	Apollonia	5,47
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	Apollonia	8,51
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	Apollonia	14,68

Tabella 3.50: Classificazione AGI

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	CLASSIFICAZIONE
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	CLASSIFICAZIONE
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

Tabella 3.51: Peso unità di volume

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	PESO UNITÀ DI VOLUME (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	Meyerhof ed altri	15,69
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	Meyerhof ed altri	17,55
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	Meyerhof ed altri	18,93
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	Meyerhof ed altri	20,30

Tabella 3.52: Peso unità di volume saturo

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	PESO UNITÀ DI VOLUME SATURO (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	Meyerhof ed altri	18,24
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	Meyerhof ed altri	18,44
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	Meyerhof ed altri	20,79
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	Meyerhof ed altri	22,36

Tabella 3.53: Velocità onde di taglio

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (m/s)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	74,83
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	Ohta & Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	106,77

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	CORRELAZIONE	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (m/s)
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	Ohta& Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	124,07
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	Ohta& Goto (1978) Argille limose e argille di bassa plasticità	142,77

3.6 TERRENI INCOERENTI -PAC09

Tabella 3.54: Densità relativa

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	DENSITÀ RELATIVA (%)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	2,5	Gibbs & Holtz 1957	12,59
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Gibbs & Holtz 1957	22,35
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Gibbs & Holtz 1957	27,92
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Gibbs & Holtz 1957	36,56

Tabella 3.55: Angolo di resistenza al taglio

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	ANGOLO D'ATTRITO (°)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	2,5	Meyerhof (1956)	20,71
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Meyerhof (1956)	21,59
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Meyerhof (1956)	22,48
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Meyerhof (1956)	24,28

Tabella 3.56: Modulo di Young

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	MODULO DI YOUNG (MPa)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	2,5	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Bowles (1982) Sabbia Media	---
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Bowles (1982) Sabbia Media	14,70

Tabella 3.57: Modulo Edometrico

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	MODULO EDOMETRICO (MPa)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	2,5	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,20
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	3,82
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	4,44
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	5,71



Tabella 3.58: Classificazione AGI

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	CLASSIFICAZIONE AGI
Strato (1) STRATO 1	2,5	0,00-1,40	2,5	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

Tabella 3.59: Peso unità di volume

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	GAMMA (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0,00-1,40	2,5	Meyerhof ed altri	14,02
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Meyerhof ed altri	15,30
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Meyerhof ed altri	16,48
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Meyerhof ed altri	18,44

Tabella 3.60: Peso unità di volume saturo

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	GAMMA SATURO (KN/m ³)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	2,5	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,34
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,53
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Terzaghi-Peck 1948-1967	18,73
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Terzaghi-Peck 1948-1967	19,12

Tabella 3.61: Modulo di Poisson

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	POISSON
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	2,5	(A.G.I.)	0,35
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	(A.G.I.)	0,34
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	(A.G.I.)	0,34
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	(A.G.I.)	0,32

Tabella 3.62: Modulo di deformazione a taglio dinamico

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	G (MPa)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	2,5	Ohsaki (Sabbie pulite)	15,08
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Ohsaki (Sabbie pulite)	32,08
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Ohsaki (Sabbie pulite)	48,60
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Ohsaki (Sabbie pulite)	81,12

Tabella 3.63: Velocità onde di taglio

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (m/s)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0.00-1,40	2,5	Ohta& Goto (1978) Limi	74,83
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Ohta& Goto (1978) Limi	106,77
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Ohta& Goto (1978) Limi	124,07
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Ohta& Goto (1978) Limi	142,77

Tabella 3.64: Coefficiente spinta a Riposo $K_0 = \sigma_H / P_0$

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	K_0
Strato (1) STRATO 1	2,5	0,00-1,40	2,5	Navfac 1971-1982	0,39
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Navfac 1971-1982	1,12
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Navfac 1971-1982	1,82
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Navfac 1971-1982	3,12

Tabella 3.65: Q_c (Resistenza punta Penetrometro Statico)

DESCRIZIONE	NSPT	PROF. STRATO (m)	NSPT CORRETTO PER PRESENZA FALDA	CORRELAZIONE	Q_c (MPa)
Strato (1) STRATO 1	2,5	0,00-1,40	2,5	Robertson 1983	0,49
Strato (2) STRATO 2	5,58	1,40-2,90	5,58	Robertson 1983	1,09
Strato (3) STRATO 3	8,68	2,90-3,40	8,68	Robertson 1983	1,70
Strato (4) STRATO 4	14,97	3,40-4,60	14,97	Robertson 1983	2,94



Figura 3.3: Doc. fotografica indagine penetrometrica PAC07

3.7 STRATIGRAFIA DEI TERRENI DI FONDAZIONE

La successione litostratigrafica tipo può essere così definita:

I° strato 0.00 a 0.90 m dal p.c.
Terreno agrario

II° strato 0.90 a 3.40 m dal p.c.
Argille siltose, sabbiose, umide e plastiche (Oligocene sup-Miocene medio).

III° strato da 3.40 a spessore indefinito
Calcareni torbididiche passanti a marne (Cretaceo - Eocene)

<i>Coesione drenata</i>	$(c') = 0,00 \text{ KPa}$
<i>Angolo di attrito interno</i>	$(\varphi) = 36^\circ$
<i>Peso di volume</i>	$(\gamma) = 19,60 \text{ KN/m}^3$
<i>Coefficiente di Poisson</i>	$(\nu) = 0,30$

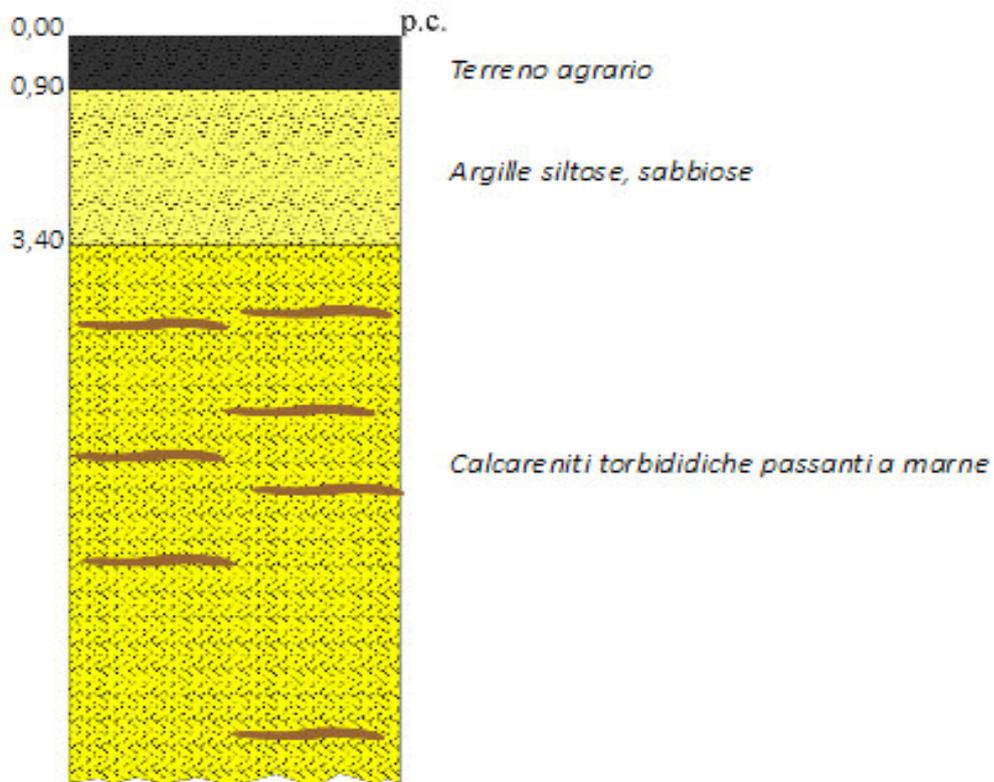


Figura 3.4: Colonna litostratigrafica tipo

4. STRALCIO DEL PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)

Ai sensi dell'ART.1 D.L. 180/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L.267/98 E SS.MM.II., sono state consultate le cartografie del Piano stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.) per verificare se l'area interessata dal progetto ricadesse all'interno di uno scenario di pericolosità/rischio.

All'interno della regione del Bacino Idrografico del Fiume Lenzi-Baiata (cod. 051), l'area interessata dal parco eolico non ricade, nelle carte della "Pericolosità e del Rischio Geomorfologico"; della "Pericolosità e del rischio Idraulico" rispettivamente n.604040 e n.605080 della cartografia regionale C.T.R. in scala 1: 10.000 (fig. 2.35).

Alcune aree sono altresì sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del Regio Decreto n. 3267 del 30 dicembre 1923 e con il Regio Decreto n. 1126 del 16 maggio 1926 (fig. 2.36), di seguito elencate:

- Aree franose a rischio "Molto elevato" **R4**;
- Aree franose a rischio "Elevato" **R3**;
- Aree franose a rischio "Medio" **R2**;
- Aree franose a rischio "Moderato" **R1**;
- Area a pericolosità "Molto elevato" **P4**;
- Area a pericolosità "Elevato" **P3**;
- Area a pericolosità "Medio" **P2**;
- Area a pericolosità "Moderato" **P1**;
- Area a pericolosità "Basso" **P0**;
- Sito di attenzione.

Inoltre, l'area indagata non è sottoposta a:

- Pericolosità e rischio idraulico per fenomeni di esondazione.



Figura 4.1: Stralcio P.A.I.

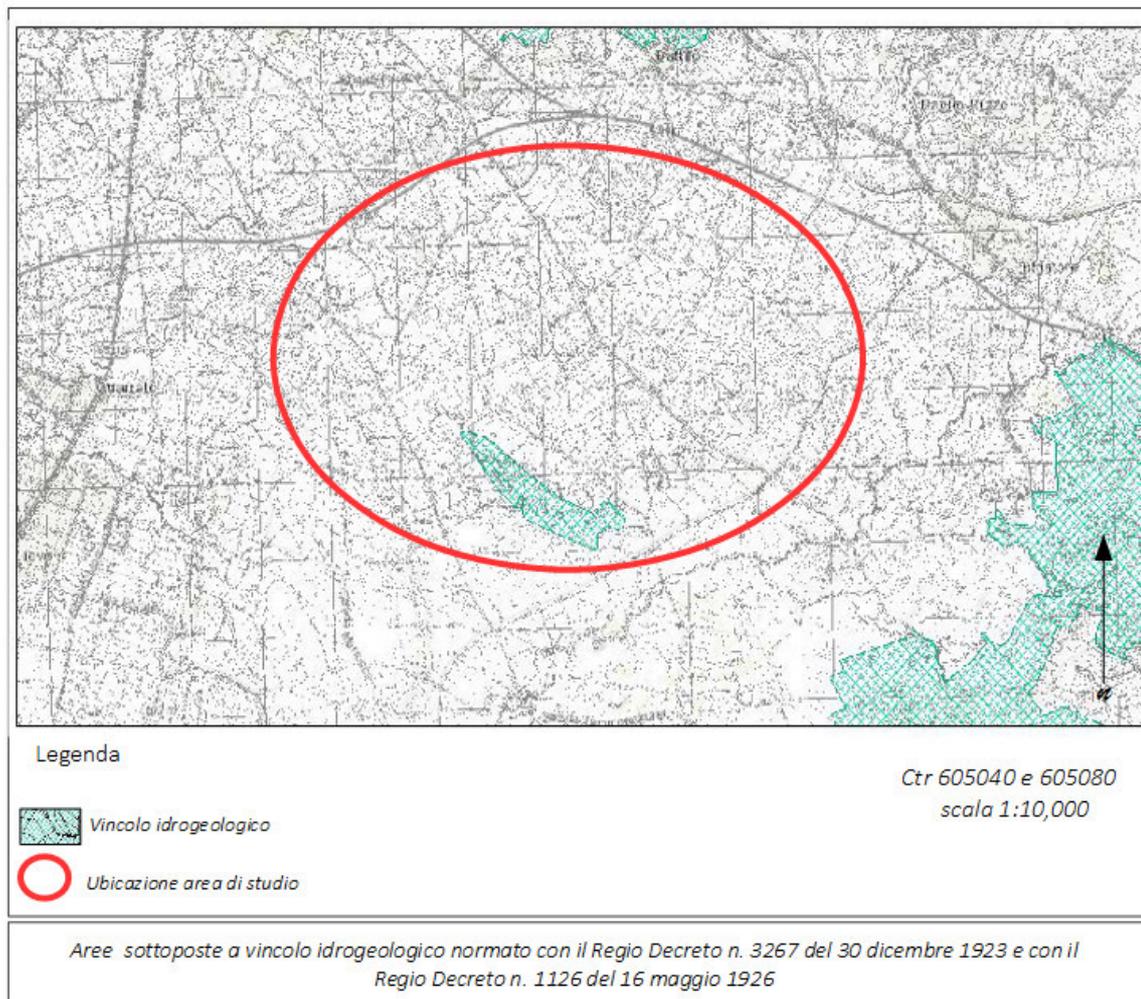


Figura 4.2: Aree sottoposte a vincolo idrogeologico

5. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

5.1 GIUDIZIO DI FATTIBILITÀ GEOLOGICA

La presente relazione consente di valutare la fattibilità geologica, geomorfologica e idrogeologica di un progetto finalizzato alla realizzazione di un parco eolico, costituito da n. 15 aerogeneratori, sito nel Comune di Paceco.

Dall'analisi dei dati disponibili e da una prima campagna di indagini le opere a progetto risultano sostanzialmente fattibili sotto il profilo geologico e compatibili con le Norme tecniche di Attuazione del PAI.

In conclusione, la realizzazione degli interventi è subordinata all'esito di studi, rilievi ed indagini geognostiche e geofisiche sito-specifiche più accurate e che saranno fornite nella successiva relazione geologica esecutiva.

BIBLIOGRAFIA

FELLENIUS, W. (1922), *ERDSTATISCHE BERECHNUNGEN*. W. ERNST, BERLIN.

FELLENIUS, W. (1927). *ERDSTATISCHE BERECHNUNGEN MIT REIBUNGUND COHESION*, ERNEST VERLAG, BERLIN.

JAMBU N. (1973), *SLOPE STABILITY COMPUTATION, EMBANKMENT DAM ENGINEERING*, CASAGRANDE VOLUME, HISCFIELD & POULOS (EDS), J WILEY, NEW YORK, PP. 47-86.

MORGENSTERN, N.R., AND PRICE, V.E. (1967), *A NUMERICAL METHOD FOR SOLVING THE EQUATIONS OF STABILITY OF GENERAL SLIP SURFACES*, COMPUTER JOURNAL, 9, 388-393.

SPENCER, E. (1967), *A METHOD OF ANALYSIS OF THE STABILITY OF EMBANKMENTS ASSUMING PARALLEL INTER-SLICE FORCES*, GEOTECHNIQUE, VOL. 17, N.1, PP. 11-26.