



CITTA' DI FRANCOFONTE

REGIONE SICILIA

IMPIANTO AGROVOLTAICO "DAFNE"

della potenza di 29,313 MW in DC
PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



DAFNE SOLE srl
Via Cardinale Agostino Ciasca, 9
70124 Bari
VAT: 08245440725
Tel: 0039 3406832848

PROGETTAZIONE:



TEKNE srl
Via Vincenzo Gioberti, 11 - 76123 ANDRIA
Tel +39 0883 553714 - 552841 - Fax +39 0883 552915
www.gruppotekne.it e-mail: contatti@gruppotekne.it



PROGETTISTA:

Ing. Renato Pertuso
(Direttore Tecnico)

LEGALE RAPPRESENTANTE:

dott. Renato Mansi

CONSULENTE:

dott. Geol. Eugenio Martire



PD

PROGETTO DEFINITIVO

RELAZIONE GEOLOGICA E PROVE GEOGNOSTICHE

Tavola:

RE.02.2

Filename:

Data 1°emissione:

Settembre 2021

Redatto:

NEW DEV

Verificato:

G.PERTOSO

Approvato:

R.PERTOSO

Scala:

Protocollo Tekne:

TKA644

n° revisione

1
2
3
4

INDICE

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO	4
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	5
CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE	7
CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	8
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	9
INQUADRAMENTO P. A. I.....	12
MODELLO GEOLOGICO	13
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA	14
SISMICITA' DELL'AREA	15
Normativa sismica.....	16
Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti di sito.....	20
VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO.....	23
POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	23
CONCLUSIONI	25

ELABORATI CARTOGRAFICI

- ✓ Carta Geologica - scala 1:10.000
- ✓ Sezioni Geologiche - scala 1:5.000
- ✓ Carta Tecnica Regionale - scala 1:10.000
- ✓ Carta Geomorfologica - scala 1:10.000
- ✓ Carta Idrogeologica - scala 1:10.000
- ✓ Carta del PAI - scala 1:10.000
- ✓ Report sulle indagini

PREMESSA

Su incarico della società New Developments s.r.l. con sede legale in Piazza Europa n° 14, Cosenza (CS) il sottoscritto geologo Eugenio Martire iscritto all'ordine dei Geologi della Calabria a partire dal Gennaio 2013 al n° 1129, ha effettuato uno studio GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO-GEOTECNICO-SISMICO DI BASE, al fine di definire le condizioni di un'area interessata al **“Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico nel territorio del Comune di Francofonte (SR)”**.

Le finalità che si vogliono raggiungere con il presente studio si esplicano nella definizione geologica/geomorfologica, geotecnica e sismica del sito esaminato. A tal fine è stato predisposto, nell'area in esame, un programma di studi di ampiezza commisurata al contesto delle opere previste in progetto, costituito da:

- esame della cartografia ufficiale, unitamente a ricerche bibliografiche atte al reperimento di notizie (storiche, morfologiche, tettoniche, sismiche, idrologiche, idrogeologiche, ecc.) e dati tecnici riguardanti l'area in oggetto;
- caratterizzazione geologica ed esame delle condizioni geomorfologiche con il rilievo diretto di superficie esteso anche alle aree limitrofe per acquisire i dati necessari alla valutazione delle caratteristiche morfologiche, idrologiche, climatiche ed ambientali più evidenti, relative al territorio in oggetto.

Il modello geologico rilevato, gli studi e le analisi effettuate hanno consentito di definire:

Il quadro geologico/geomorfologico:

L'inquadramento geologico, con riferimento alla bibliografia geologica esistente, alla cartografia acquisita, alle indagini stratigrafiche consultate e a quelle svolte ex-novo per questo studio, consente di definire i caratteri litostratigrafici, l'origine e la natura dei litotipi, lo stato di alterazione e di aggregazione, i caratteri strutturali generali, la descrizione dei lineamenti geomorfologici della zona in generale e infine la descrizione delle forme naturali ed antropiche e degli elementi morfo-strutturali significativi ai fini geomorfologici e sismici.

Il quadro geotecnico:

Il modello geologico/tecnico di riferimento ha altresì consentito di determinare gli spessori e le caratteristiche geotecniche dei terreni, di valutare l'effetto della presenza di falde idriche sotterranee che potrebbero influenzare la stabilità dell'area e dei futuri manufatti e infine di

valutare gli eventuali processi morfologici ed le azioni di dissesto potenziali o in atto nell'area in studio ed in quella circostante.

Il quadro sismico di riferimento:

La definizione del quadro sismico locale è connessa alla macrozonazione sismica dell'area attraverso l'individuazione della zona sismica del Comune in cui ricade l'intervento da realizzare, ai sensi dell'O.P.C.M. n° 3274 del 20/03/2003 e alla caratterizzazione della pericolosità sismica dell'area mediante l'individuazione del parametro a_g (accelerazione orizzontale massima del terreno) e dell'intensità macrosismica I_{max} .

Lo studio è stato condotto secondo i dettami delle seguenti normative tecniche:

- **D.M. 17/01/2018** "Norme Tecniche sulle Costruzioni";
- **D.M. 11/3/88** "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione";
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo II** "Norme per la disciplina delle opere in conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica";
- **D.P.R. 380/2001 parte II capo IV** "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche";
- **D.P.R. 5/10/2010, n. 207** "Regolamento di esecuzione ed attuazione del decreto legislativo 12 aprile 2006, n°163 recante "Codice dei contratti pubblici relativi a lavori, servizi e forniture in attuazione delle direttive 2004/17/CE e 2004/18/CE";
- **LEGGE regionale 13 agosto 2020, n. 19** "Norme per il governo del territorio";
- **Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI)** di seguito denominato Piano Stralcio o Piano o P.A.I., redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000;
- **Direttiva 2007/60/CE** relativa alla valutazione e alla gestione dei rischi di alluvioni.

Il risultato di tale studio, infine, è focalizzato alla definizione degli eventuali accorgimenti tecnici necessari al mantenimento di un equilibrio idrologico e morfologico accettabile, tali da migliorare o in ogni caso non aggravare, le condizioni di sicurezza del territorio e garantire per il progetto della nuova rete idrica adeguati livelli di sicurezza.

INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Il sito oggetto di studio è ubicato all'interno del territorio Comunale di Francofonte, in Provincia di Siracusa (SR). Francofonte vanta una popolazione di quasi 12.000 abitanti del libero consorzio comunale di Siracusa in Sicilia, rappresenta un importante centro agricolo a 61 km dal capoluogo di provincia Siracusa, a 48 km da Catania e a 51 km da Ragusa. È situato in collina, ad un'altitudine di 281 m s.l.m, al margine meridionale della piana di Catania. Il clima è tipicamente mediterraneo: l'estate è molto calda e lunga, arrivando persino a novembre; l'inverno è spesso piovoso, con temperature che scendono difficilmente sotto i 5 °C.

Da un punto di vista cartografico, Francofonte è rappresentato nella cartografia della Regione Sicilia, con Carta Tecnica Regionale nelle sezioni n° 640140 "Stazione di Mineo" e n° 645020 "Vizzini" in scala 1:10.000, nella cartografia geologica "Carta geologica della Sicilia sud orientale" redatta in scala 1:100.000. L'area si articola a una quota altimetrica di circa 440/450 m s.l.m.

Una più precisa individuazione dell'area d'intervento può essere desunta dal corpus cartografico allegato alla presente; tuttavia, in linea generale, il sito è individuabile alle seguenti coordinate geografiche (WGS84): Latitudine - N 37.203807, 14.827625° Longitudine - E 14.827625°



Fig. 1 - Ubicazione di Francofonte su scala nazionale

INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Il territorio comunale di Francofonte è ubicato alla terminazione occidentale del Graben di Scordia-Lentini, una depressione tettonica di età pleistocenica, delimitata da faglie normali orientate in direzione NE-SO, che borda il margine nord-occidentale del Plateau Ibleo (Ghisetti e Vezzani, 1980; Lentini et al., 1994). Questo bacino estensionale si è originato dal collasso delle successioni carbonatiche iblee e delle vulcaniti plio-pleistoceniche ad esse associate (Lentini et al., 1984), sulle quali si è depositata una sequenza sin-tettonica trasgressiva di età compresa tra circa 1.5 a 0.9 Ma (Pedley et al., 2001), caratterizzata da facies calcarenitico-sabbiose marginali, evolventi lateralmente e verso l'alto ad argille marnose, diffuse nelle aree depocentrali della depressione. L'abitato di Francofonte è ubicato nella zona di contatto tra le sequenze sintettoniche pleistoceniche del Graben ed il substrato vulcanico suprapliocenico. Su tale substrato, Carbone et al. (1986) riconoscono un unico ciclo marino del Pleistocene inferiore, costituito sia da depositi interpretati come emiciclo trasgressivo di natura calcarenitica e argillosa che da quelli assegnati a un emiciclo regressivo di natura conglomeratico-sabbiosa.

In base a nuovi dati, ottenuti durante gli studi di microzonazione sismica di primo livello per il comune di Francofonte, si evidenzia che la dorsale di Francofonte costituisce il letto di una faglia normale orientata NE-SO, antitetica rispetto al bordo meridionale del Graben di Scordia-Lentini. In corrispondenza dell'area urbana, la faglia è sepolta sotto depositi più recenti di diversa natura, mentre la linea di faglia riesumata dall'erosione è evidente sia a sudovest dell'abitato, che a nord-est del paese. La struttura, non segnalata in alcun documento cartografico precedente, separa un Horst in cui è ampiamente esposto il substrato vulcanico suprapliocenico, costituito da lave basaltiche a luogo mediamente fratturate con frequenti orizzonti di alterazione argilloso-limosi, dalle aree del Graben riempite da un ciclo sedimentario costituito da calcareniti evolventi verso l'alto ad argille marnose. Facies marginali di questo ciclo, rappresentate da sabbie carbonatiche sciolte con partimenti limosi-argillosi, verso est, evolvono lateralmente a cliniformi di calcareniti organogene alternate a livelli centimetrico-decimetrici di sabbia carbonatica, costituendo un emiciclo trasgressivo che ha ricoperto anche le porzioni orientali dell'Horst. Ancora più ad est, le facies marginali di alto strutturale passano lateralmente a termini pelitici rappresentati da argille sabbiose riccamente fossilifere con rari clasti calcarenitici, che si saldano con il tetto della

successione di riempimento dell'adiacente Graben. Tale successione è identificabile con il Complesso Carbonatico-Argilloso Quaternario di Grasso et al. (2004), di età infrapleistocenica.

Nella porzione più occidentale della dorsale di Francofonte, parte delle lave precedentemente interpretate come vulcaniti supraplioceniche, costituiscono in effetti una colata lavica il cui fronte ricopre i depositi marginali del ciclo infrapleistocenico, a dimostrazione di una loro età quaternaria. La presenza della colata lavica più recente ha trovato riscontro nella stratigrafia di numerose perforazioni che hanno evidenziato uno spessore di lave massive ben conservate, poggianti sul substrato di lave più antiche, maggiormente fratturate e alterate.

Gli studi di terreno condotti hanno permesso inoltre di riconoscere due ordini di terrazzi marini costituiti da calcareniti fossilifere in strati di 5-30 cm e livelli calcarei "a lumachelle", intercalati a livelli di sabbia carbonatica sciolta giallastra, di spessore decametrico. Il terrazzo più elevato occupa parte della sommità della dorsale, mentre l'ordine inferiore è modellato lungo il suo versante orientale, rivolto verso le aree del Graben di Scordia-Lentini. I depositi del terrazzo sommitale suturano la faglia, ricoprendo sia le vulcaniti plioceniche che la sovrastante successione sedimentaria infrapleistocenica, ribassata tettonicamente al margine del Graben.

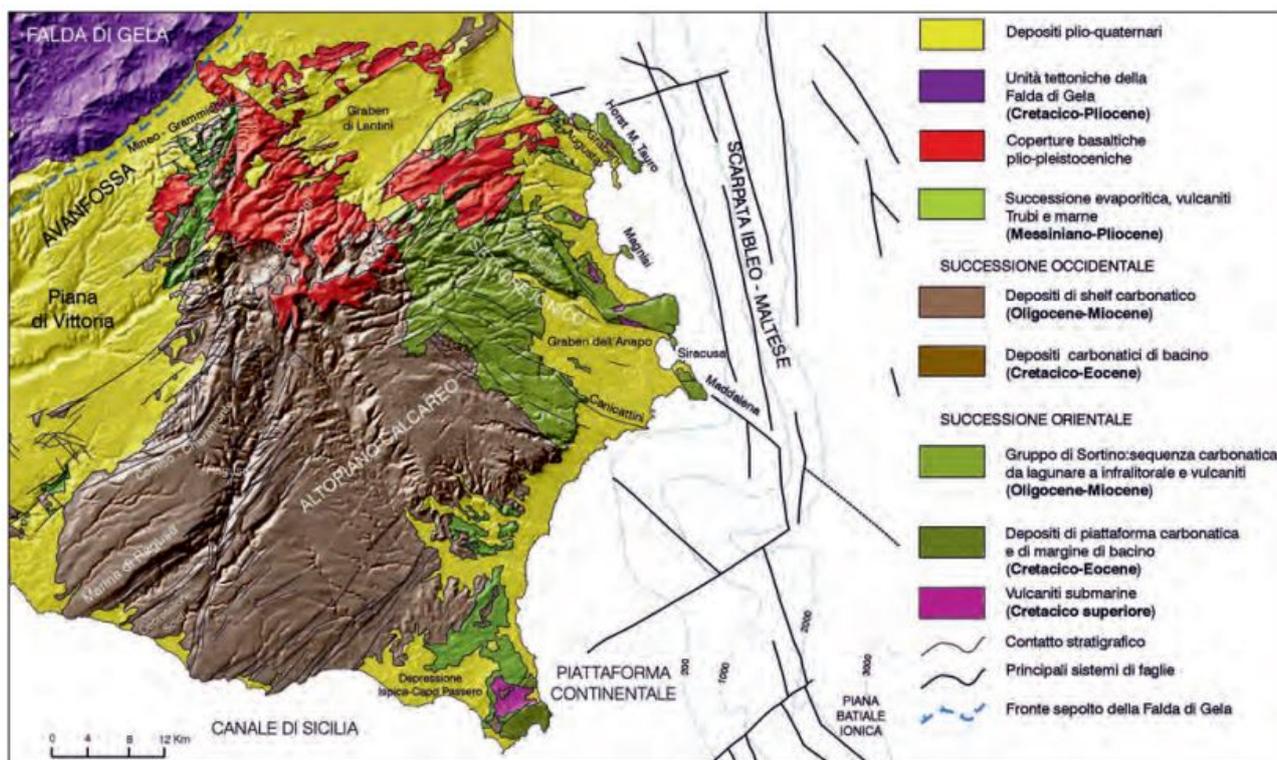


Fig. 1 – Schema stratigrafico-strutturale della Sicilia sud-orientale (da LENTINI et alii, 1984 modificato)

CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

In dettaglio, nel sito esaminato si rinvergono lembi di *terrazzi fluviali* (tf) nella parte occidentale dell'area, mentre per il resto del sito si segnalano in affioramento *vulcaniti basiche prevalentemente submarine in basso e subaeree verso l'alto* (Pv).

Dopo attento sopralluogo e dopo aver esaminato le risultanze delle prove eseguite in situ, si segnala la presenza di una coltre di terreno di copertura che varia dai circa 2 m di spessore nella zona più a nord del sito fino a pochi decimetri di spessore nelle restanti aree.

Per meglio comprendere gli spessori delle coperture, rinvenuti sui diversi lotti di terreno esaminati, sono state prodotte n° 2 sezioni Geo-litologiche in scala 1:5.000 in cui si evidenzia una leggera copertura al di sopra delle rocce vulcaniche. Si precisa che per meglio visualizzare gli spessori delle coperture, è stata usata una scala visiva, sulla verticale, non corrispondente al 5.000 del tratto longitudinale dell'intera sezione.

In generale, da un punto di vista geologico, il sito si presenta molto omogeneo e anche all'interno della copertura si segnala la presenza di grossi clasti arrotondati che spesso fanno capolino fino al piano campagna. Nel corso del tempo, durante le fasi di lavorazione dei terreni, di volta in volta i contadini hanno estratto dal suolo questi grossi massi che successivamente sono stati accumulati a formare veri e propri muri di delimitazione dei vari lotti (Fig. 3).



Fig. 3. Grossi clasti di natura vulcanica accumulati lungo il perimetro dei vari lotti di terreno

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

Geomorfologicamente l'area oggetto di studio si presenta come un pianoro posto a circa 450 m di altezza s.l.m. . Si tratta di un contesto geomorfologico molto semplice in cui le uniche variazioni degne di nota sono rappresentate dagli orli di scarpata fluviale che costeggiano i lati sud e nord del lotto di intervento.

Per quanto riguarda l'asse Ovest/Est si segnala una leggera pendenza del sito verso est con una perdita di quota di circa 50 m lungo un asse di 1 km e mezzo. Il sito, dunque, è associabile alla categoria topografica T1 e si esclude ogni possibile evento franoso.

Da una visione dall'alto a grande scala dell'area in oggetto e dall'osservazione delle curve di livello delle Carte Tecniche di riferimento, le incisioni torrentizie risaltano subito alla vista e caratterizzano la quasi totalità di un paesaggio piuttosto uniforme per alcuni km in tutte le direzioni.



Fig. 4 – La foto evidenzia la natura pianeggiante del sito di intervento

Dalla consultazione del database del catalogo delle faglie capaci del sistema ITHACA risulta evidente che l'area di studio è priva di qualsiasi lineazione tettonica classificata.

CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Il locale sistema idrografico, costituito da torrenti, presenta un andamento di tipo lineare di basso ordine gerarchico; esso si sviluppa, in loco, principalmente sulle formazioni vulcaniche in affioramento.

A nord del sito in esame si segnala la presenza del **Fosso Palagonese** e a sud del **Torrente Risicone**, per come meglio evidenziato all'interno della carta idrogeologica allegata alla presente relazione.

L'incisione di tali reticoli è molto marcata nell'area di studio: a fronte di una differenza di quota di qualche decina di metri tra il letto di tali torrenti e i terreni adiacenti, si incontrano incisioni di anche 300 m di ampiezza tra un orlo di scarpata e l'altro.

Le portate dei torrenti sono notevolmente influenzate sia dalla stagionalità che dagli eventi meteorici; durante i periodi estivi e in particolar modo quelli siccitosi, i letti fluviali si presentano totalmente asciutti; al contrario, durante il periodo invernale/primaverile e a seguito di eventi meteorici i torrenti presentano portate maggiori e sono caratterizzate da un discreto trasporto di materiale detritico derivante dallo sgretolamento delle scarpate adiacenti.

In allegato al presente studio, è stata prodotta la **Carta Idrogeologica** in scala 1:10.000 in cui le varie unità litologiche presenti nell'area sono state classificate in base al loro gradiente di permeabilità e in particolare si riscontrano due unità differenti:

LITOTIPI A PERMEABILITÀ MEDIO-ALTA

Questa classe è identificabile con le litologie tf, Qt e Qc, caratterizzate da conglomerati con abbondante matrice sabbiosa.

Queste formazioni, essendo costituite da sedimenti principalmente grossolani, risultano caratterizzate da una permeabilità primaria per porosità ($10^{-2} < K < 10^{-4}$ m/sec), con medio alte caratteristiche di trasmissività.

Nell'ambito di questi depositi si distinguono orizzonti molto permeabili, dati dai livelli di ghiaia e sabbia a granulometria grossolana.

L'idrologia si sviluppa attraverso una circolazione idrica per falde abbastanza estese e in profondità con deflusso preferenziale dell'acqua nei litotipi a più alta permeabilità.

LITOTIPI A PERMEABILITÀ BASSA

Questa classe è identificabile con la litologia Pv, caratterizzata da vulcaniti basiche.

Questa formazione, essendo costituita da ammassi compatti, risulta caratterizzata da una permeabilità secondaria per fessurazione, con bassissime caratteristiche di trasmissività.

L'idrologia si sviluppa attraverso una circolazione idrica all'interno delle fessurazioni presenti nell'ammasso.

Dalle indagini effettuate, infatti, non è stata rilevata la presenza della falda freatica; tuttavia oltre alle varie considerazioni che si possono fare, è stato consultato il sito dell'ISPRA http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS&title=ITA_Indagini_sottosuolo464#, in cui sono riportati i dati di vari pozzi eseguiti su territorio nazionale.

Dalla consultazione del portale, si rileva la presenza di un pozzo nelle immediate vicinanze del sito, spostato di qualche decina di metri più a nord ma assolutamente attendibile per quanto riguarda sia le informazioni sulla stratigrafia dell'area che sul livello della falda freatica.

Le caratteristiche del pozzo sopramenzionato, consultabili al seguente link: (http://sgi2.isprambiente.it/indagini/scheda_indagine.aspx?Codice=15192) evidenziano la presenza di una falda freatica sospesa a partire da 60 m di profondità dal piano campagna, mentre una seconda falda freatica si rinviene a circa 117 m di profondità dal P.C.



Fig. 5 - Lo schema in figura rappresenta le caratteristiche principali del pozzo in questione. L'ellisse rosso indica l'ubicazione del sito in esame e il pallino azzurro rappresenta l'ubicazione del pozzo. La distanza tra sito e pozzo è di circa 700 m lineari con quote altimetriche simili.

Per quanto riguarda la piovosità, nella provincia di Siracusa gli apporti maggiori derivano da correnti orientali e non sono rari gli eventi alluvionali. Proprio in provincia di Siracusa, recentemente, si è verificata una delle più grosse alluvioni italiane (Florida, settembre 2003, oltre 700 mm in pochi giorni). La pluviometria cresce procedendo dalla costa verso il versante occidentale dei monti Iblei, dove raggiunge i valori massimi (650-850 mm annui); va invece diminuendo procedendo verso sud, e raggiunge i valori più bassi nell'estrema zona meridionale (Pachino, Capo Passero).

INQUADRAMENTO P.A.I.

Il Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico P.A.I. redatto ai sensi dell'art. 17, comma 6 ter, della L. 183/89, dell'art. 1, comma 1, del D.L. 180/98, convertito con modificazioni dalla L. 267/98, e dell'art. 1 bis del D.L. 279/2000, convertito con modificazioni dalla L. 365/2000, ha valore di Piano Territoriale di Settore ed è lo strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono pianificate e programmate le azioni, gli interventi e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idrogeologico del territorio siciliano.

Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- La funzione conoscitiva, che comprende lo studio dell'ambiente fisico e del sistema antropico, nonché della ricognizione delle previsioni degli strumenti urbanistici e dei vincoli idrogeologici e paesaggistici;
- La funzione normativa e prescrittiva, destinata alle attività connesse alla tutela del territorio e delle acque fino alla valutazione della pericolosità e del rischio idrogeologico e alla conseguente attività di vincolo in regime sia straordinario che ordinario;
- La funzione programmatica, che fornisce le possibili metodologie d'intervento finalizzate alla mitigazione del rischio, determina l'impegno finanziario occorrente e la distribuzione temporale degli interventi.

Per il sito in esame, il P.A.I. non riporta alcun tipo di criticità sia per quanto riguarda il rischio idraulico che per ciò che concerne il rischio frane. Da sopralluogo effettuato non si segnalano criticità o situazione di precaria stabilità.

MODELLO GEOLOGICO

Per la definizione del *modello geologico* dell'area, sono state eseguite n° 3 prove sismiche di tipo MASW e n° 2 prove penetrometriche DPM30 all'interno del sito in esame. La figura seguente indica l'ubicazione delle prove effettuate.

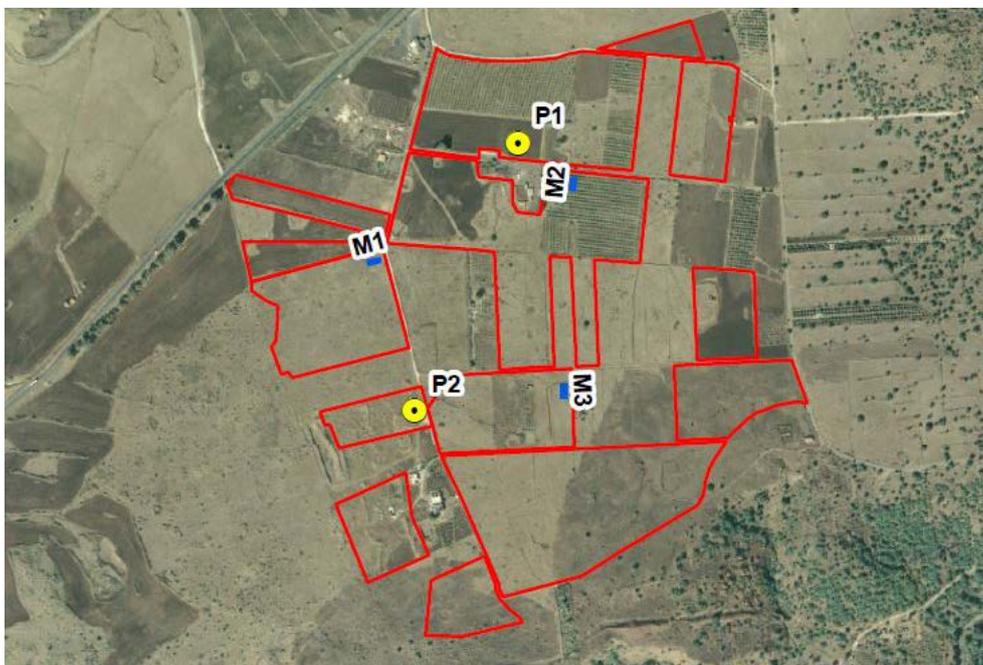


Fig. 6 – Ubicazione prove in situ, su base ortofoto

Nella parte nord del sito, in corrispondenza della prova penetrometrica **P1** e della prova sismica **M2**, si segnala la presenza di un terreno copertura con spessore di circa 2 m. All'interno di questa copertura è possibile comunque rinvenire massi di origine vulcanica di spessore consistente (fino a 30/50 cm).

Nelle restanti aree investigate, lo spessore della copertura si presenta notevolmente ridotto e in particolare la prova MASW **M3** riporta, già a partire dal piano campagna, velocità delle onde di taglio Vs superiori a 800 m/s.

La prova sismica **M1** e la prova penetrometrica **P2** offrono risultati simili con una copertura di 1 m per la prima e 70 cm per la seconda a conferma che man mano che ci si sposta, all'interno del sito, da nord/ovest verso sud/est, lo spessore della copertura tende a diminuire fin quasi a portare la roccia in affioramento.

Per maggiori informazioni sulle risultanze delle prove penetrometriche effettuate in sito, è consultabile il **Report sulle indagini** allegato alla presente relazione.

Sulla base delle indagini effettuate, dalle consultazioni di carte tematiche e di referti bibliografici sui litotipi affioranti, è stato possibile produrre il seguente **Modello Geologico** del sito in esame.

- **Terreno di copertura** con spessore variabile tra 0,5 – 2,5 m (presente su tutto il sito);
- Lembi di **terrazzi fluviali** con spessori da 0,5 a 3 m (presenti solo nella parte occidentale del sito);
- **Rocce vulcanitiche basiche** a partire da 0,5 – 2,5 m dal p.c.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA

Il modello geotecnico che qui si propone è un compendio di tutte le prove e le indagini storiche esaminate oltre che delle risultanze di quelle eseguite ex novo in situ. Nella tabella sono riportati i parametri geotecnici che meglio caratterizzano i terreni in loco.

Strato	ϕ (°) Picco	Cu (Kg/cm²) Picco	γ (t/m³)
Terreno di copertura	22 - 23	0,2 – 0,3	1,70 - 1,80
Terrazzi Fluviali	26 - 28	0,05 – 0,1	1,85 - 1,90
Rocce vulcanitiche basiche	> 30	-	2,00 - 2,10

L'Unità delle vulcaniti possiede caratteristiche geo-meccaniche generalmente da buone a ottime con elevata resistenza meccanica, con buona capacità di auto-portanza in coincidenza di bassi indici di fratturazione e con assenza di fenomeni di cedimento. Da punto a punto anche dei singoli affioramenti lavici, i valori delle caratteristiche geo-meccaniche possono variare anche in maniera molto significativa.

SISMICITA' DELL'AREA

La caratterizzazione sismica del sito è un elemento necessario ai fini della modellazione geologica e della progettazione geotecnica degli interventi.

L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), ha dato conto dei principali terremoti registrati dalle diverse fonti di carattere storiografico, letterario e naturalistico nella pubblicazione del **DBMI15** - Database Macrosismico Italiano 2015, di cui a seguire si riporta, un estratto degli eventi sismici più significativi per l'area, negli ultimi anni.

Francofonte



PlaceID	IT_68066
Coordinate (lat, lon)	37.230, 14.881
Comune (ISTAT 2015)	Francofonte
Provincia	Siracusa
Regione	Sicilia
Numero di eventi riportati	24

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
8	1693	01	09	21			Sicilia sud-orientale	30	8-9	6.07
10	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
6-7	1818	03	01	02	45		Monti Iblei	24	7-8	5.57
5	1892	01	22	23	47		Monti Iblei	26	5	4.41
4	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9	6.12
4-5	1895	04	13	15	01		Monti Iblei ?	32	6-7	4.82
NF	1898	05	14	04	45		Etna - S. Maria Licodia	35	7-8	4.03
NF	1903	07	13	08	19		Calatino	46	5	4.14
NF	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
4	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
3	1964	05	02	11	32		Monti Iblei	14	5	4.20
3	1978	04	15	23	33	4	Golfo di Patti	330	8	6.03
3	1980	01	23	21			Monti Iblei	122	5-6	4.39
6-7	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
6-7	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	105		4.38
3-4	1997	03	25	00	46	1	Ionio meridionale	22	4-5	4.49
3-4	2000	11	05	17	26	2	Etna - Versante meridionale	70	5-6	3.85
NF	2001	05	26	06	02	1	Ionio meridionale	35		4.46
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
3-4	2004	12	30	04	04	5	Monti Iblei	48	4	3.82
3	2009	12	19	09	01	1	Etna - Maletto	64	6	4.39
NF	2011	05	06	15	12	3	Etna - Versante nord-occidentale	25	5-6	4.31
NF	2011	10	09	08	28	2	Monti Iblei	26	4	3.47
4	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5-6	4.44

Legenda

Int.	Intensità macrosismica, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg
NMDP	Numero di punti, numero di osservazioni macrosismiche disponibili per il terremoto
Io	Intensità macrosismica epicentrale, espressa in scala MCS, Mercalli-Cancani-Sieberg
Mw	Magnitudo momento

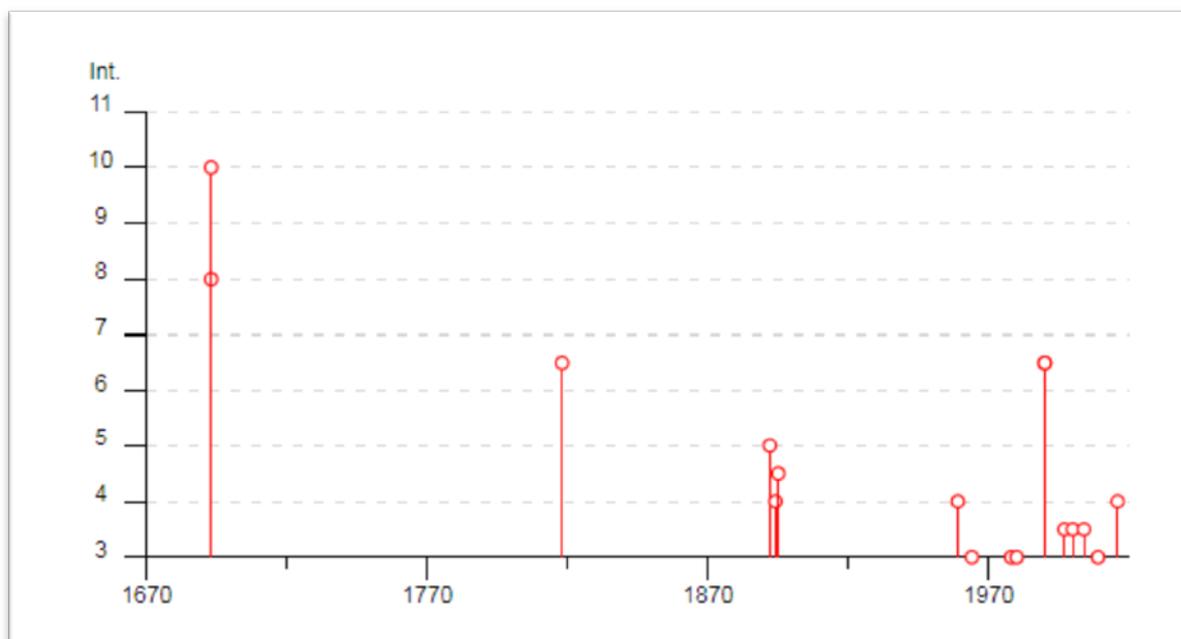


Fig. 7 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune di Francofonte - SR

NORMATIVA SISMICA

Per quanto attiene alla caratterizzazione sismica dell'area oggetto d'intervento, si fa riferimento al DM 17/01/2018, che riprende l'O.P.C.M. 3274/2003, che prevede la definizione di una pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione massima prevista su substrato di riferimento, su cui è stata creata una mappa di pericolosità sismica di riferimento per l'individuazione delle zone sismiche. L'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, ha promosso nel luglio del 2003 la redazione della mappa; in particolare è stata elaborata una nuova zonazione sismogenetica, denominata ZS9 (Meletti et al., 2008), a partire da un sostanziale ripensamento della precedente zonazione ZS4 (Meletti et al., 2000) alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. La ZS9 è corredata, per ogni Zona Sismogenetica, da un meccanismo focale prevalente e da un valore di profondità media dei terremoti, determinati nella prospettiva di un loro utilizzo con le relazioni di attenuazione. La zonazione sismogenetica ZS9 è il risultato di modifiche, accorpamenti ed elisioni delle numerose zone sismogenetiche della ZS4 e dell'introduzione di nuove zone.

Riassumendo, nella ZS9 le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche s'innestano sul quadro di evoluzione cinematica plio–quaternaria su cui si basava la ZS4. Tuttavia, l'elaborazione della ZS9 si fonda su una base informativa decisamente più ricca e affidabile di quella disponibile all'epoca della prima realizzazione della ZS4.

La zonazione è costituita da 36 zone–sorgente, cui vanno aggiunte 6 zone–sorgente per le quali non è valutata però la pericolosità sismica.

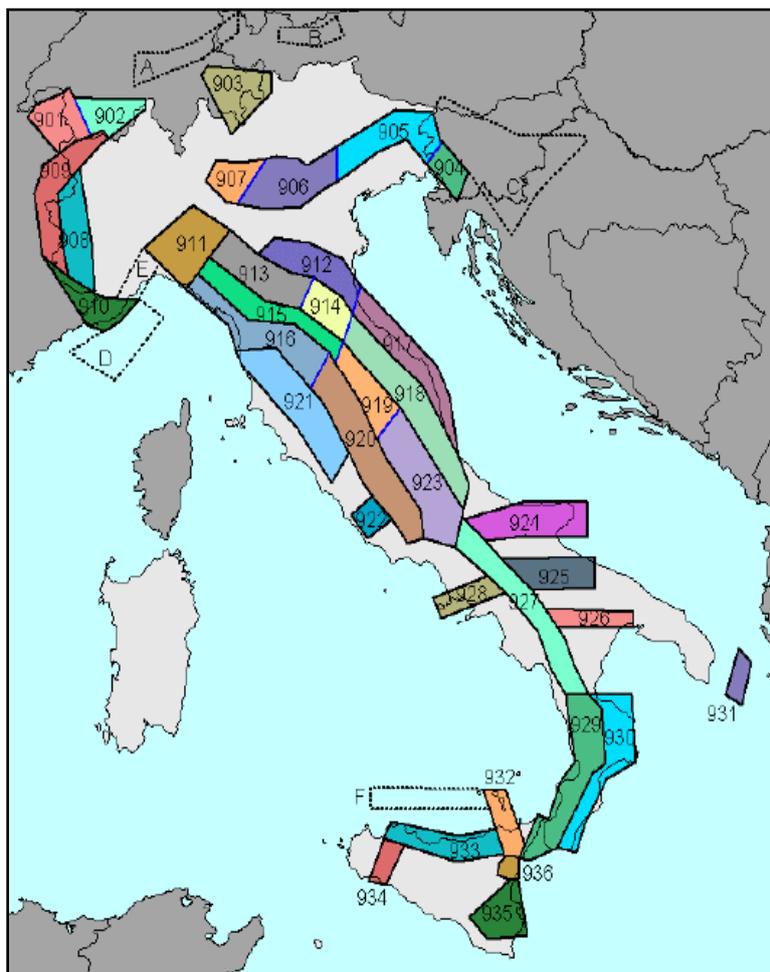


Fig. 8 - Zonazione Sismogenetica ZS9

Il territorio di Francofonte ricade all'interno della zona 935 della zonazione sismogenetica ZS9. Questa zona racchiude diversi eventi sismici distruttivi (MCS IO = X-XI)(Postpischl, 1985; Boschi et al, 1995; 1997) alcuni dei quali (1169; 1693) nella precedente zonazione ZS4 erano localizzati nella zona 79 e associati al sistema che si sviluppa in offshore in corrispondenza della scarpata Ibleo-Maltese. Il catalogo CPTI ricolloca gli epicentri di questi eventi sismici sulla terraferma, a 10-30 km di distanza dalla costa, sulla base della distribuzione delle massime intensità sviluppate nelle porzioni interne del Plateau (Basili et al, 2008).

L'O.P.C.M. 3274/2003 prevede anche una pericolosità dipendente dalle caratteristiche geologiche del sito, espressa secondo il concetto di categoria di suolo di fondazione, che a sua volta si basa sulla concetto di $V_{s,30}$, ovvero di velocità equivalente delle onde S nei primi 30 m di spessore. Tale parametro è determinato tramite indagini geofisiche oppure tramite indagini geotecniche che forniscono il valore di N_{spt} .

In base alle Nuove norme Tecniche per le Costruzioni del 17/01/2018, emesse ai sensi delle leggi 05/11/1971 n. 1086, 02/02/1974 n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al D.P.R. 06/06/2001 n. 380, e all'art. 5 del decreto legge 28/05/2004 n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27/07/2004 n. 186 e ss. mm. ii, si definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso d'incendio, e di durabilità. Esse forniscono, quindi, i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e, più in generale, trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere.

In particolare, le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

La definizione di "pericolosità sismica di base" è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima prevista su substrato di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (bedrock, suolo A), nonché in ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione in essa corrispondente $S_e(T)$, con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_vR , nel periodo di riferimento V_R .

Ai fini della suddetta normativa, le forme spettrali sono definite, per ciascuna delle probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_vR , a partire dai seguenti valori dei parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ag accelerazione orizzontale massima al sito;
- Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- Tc periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

La zona investigata ricade nell'ambito del territorio Comunale di FRANCOFONTE che, in base alla classificazione sismica nazionale (O.P.C.M. 2003), rientra in **zona 2**.

<i>zona sismica</i>	<i>Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ag/g]</i>	<i>Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ag/g]</i>
1	> 0.25	0.35
 2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	< 0.05	0.05

Fig. 9 - Valori di accelerazione orizzontale nelle zone sismiche

Sulla base della mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale, il territorio in questione si colloca in un'area in cui si possono verificare valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g), con probabilità di superamento del 10 % in 50 anni, compresi tra 0.15 e 0.25 ag/g.

Si riporta il risultato della consultazione tramite il sito <http://esse1-gis.mi.ingv.it> della mappa probabilistica della pericolosità sismica del territorio nazionale, espressa su una griglia regolare a passo 0.02°, relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da ag (accelerazione orizzontale massima del suolo).

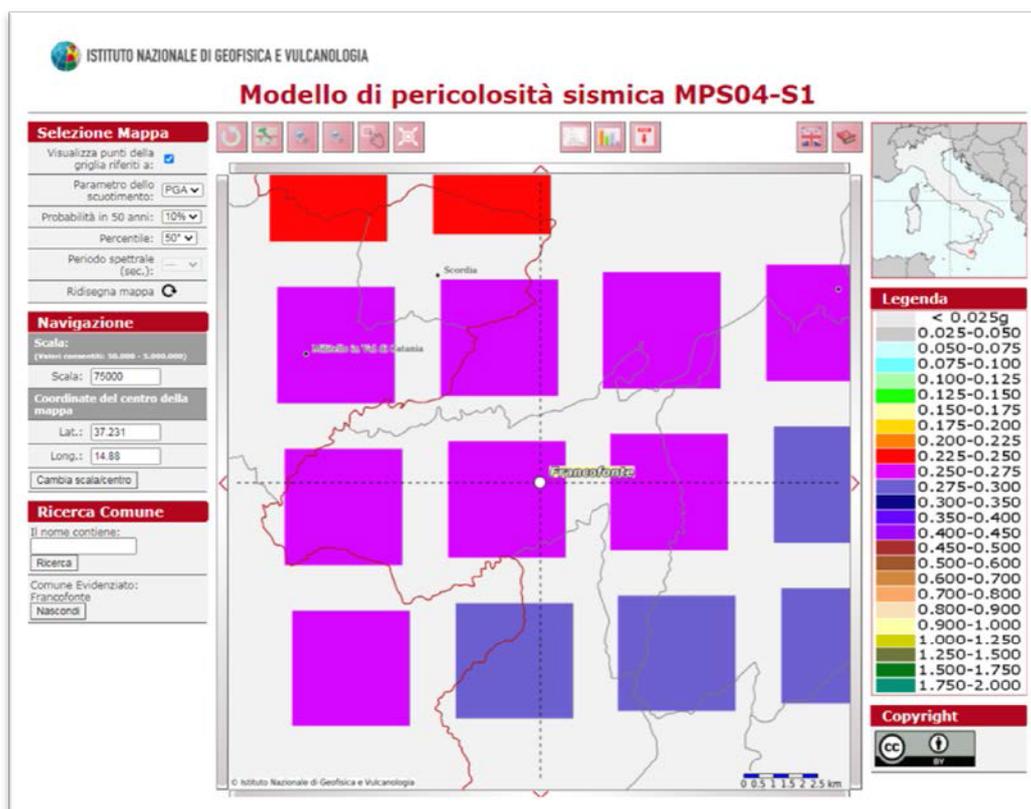


Fig. 10 - Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di FRANCOFONTE. I punti visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento a_g (g); probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

SCENARI DI PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE ED EFFETTI DI SITO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi; in assenza di tali analisi, si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di riferimento, attraverso la misura delle Vs. In particolare si valuta:

- **Effetti Stratigrafici** legati alla successione stratigrafica, alle proprietà meccaniche dei terreni, alla geometria del contatto tra il substrato rigido e i terreni sovrastanti ed alla geometria dei contatti tra gli strati di terreno;
- **Effetti Topografici** legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno va attribuita alla focalizzazione delle onde sismiche in prossimità della cresta dei rilievi a seguito dei fenomeni di riflessione delle onde sismiche ed all'interazione tra il campo d'onda incidente e quello diffratto. I fenomeni di amplificazione cresta-base aumentano in proporzione al rapporto tra l'altezza del rilievo e la sua larghezza.

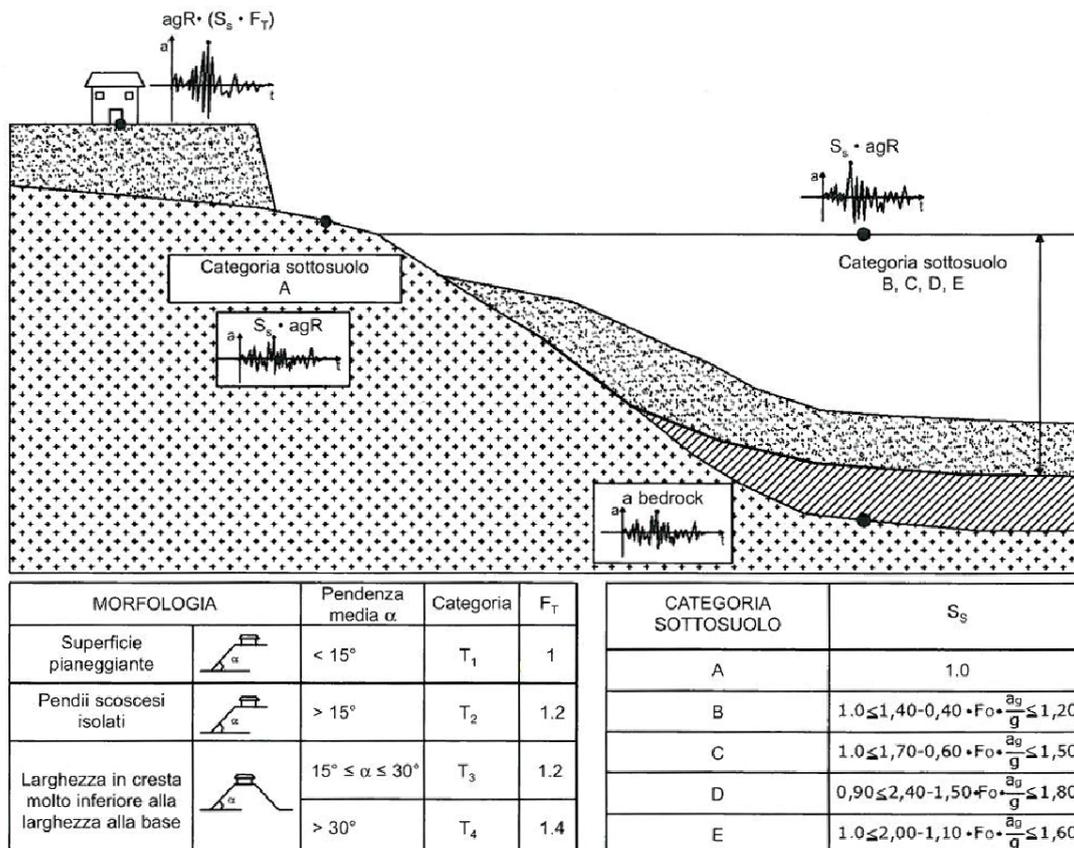


Fig. 11 - Rappresentazione schematica del significato delle accelerazioni, delle classi di categoria di suolo e del fattore topografico (da Microsism - procedure automatiche di microzonazione sismica, Giulio Riga)

Effetti stratigrafici

L'amplificazione stratigrafica è attesa su suoli di categoria diversa da A, caratterizzati da $V_s < 800$ m/s e spessori $>$ di 3 metri. Qualsiasi tipologia di suolo (roccia o deposito quaternario) che possiede $V_s > 800$ m/s rientra, invece, nella categoria A ed è considerata bedrock sismico, quindi non in grado di generare amplificazione stratigrafica. Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si individuano le seguenti categorie di sottosuolo:

Categorie	Descrizione
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>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositati 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>

Il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s può essere calcolato in funzione dei valori di F_0 e a_g/g , mediante le seguenti espressioni:

Categoria	S_s
A	1
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 F_0 a_g/g \leq 1,20$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 F_0 a_g/g \leq 1,50$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 F_0 a_g/g \leq 1,80$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 F_0 a_g/g \leq 1,60$

nelle quali:

F_0 = fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima, su sito di riferimento rigido orizzontale; ha valore minimo pari a 2.2.

a_g = accelerazione orizzontale massima del terreno su sito di riferimento rigido orizzontale;

g = accelerazione di gravità.

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:

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

Dove:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'*i*-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

In base alle prospezioni sismiche effettuate, e alla profondità del piano di posa delle fondazioni, è scaturito un valore di $V_{S,eq}$ maggiore di 800 (m/s) in tutti i siti investigati, pertanto, il terreno interessato può essere classificato come di **Categoria A**.

Effetti topografici

La focalizzazione (o concentrazione) delle onde sismiche in corrispondenza di creste, cime o cigli di scarpata è il fenomeno che sta alla base della cosiddetta "amplificazione topografica". L'amplificazione topografica è massima in corrispondenza di linee di cresta/cigli di scarpata e poi decresce con modelli complessi allontanandoci da esse.

Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

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 $i > 30^\circ$

a cui corrispondono i seguenti valori del coefficiente topografico:

Categoria	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,00
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,20
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,20
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,40

Le suesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Considerando che la zona interessata dal progetto è situata nel territorio comunale di FRANCOFONTE, alla quota di circa 450 m s.l.m., su un terreno sub-pianeggiante, si può concludere, che la categoria topografica di pertinenza è la **T1**: "Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$ ".

VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO

Ricordando quanto detto nel paragrafo *caratteristiche geomorfologiche* al quale si rimanda esplicitamente, è possibile certificare l'assenza di potenzialità di dissesto alcuno in relazione della morfologia pianeggiante e favorevole alla stabilità, sia del sito in studio che delle aree immediatamente limitrofe.

Non si è ritenuto necessario eseguire specifiche verifiche di stabilità dei pendii in quanto queste avrebbero fatto registrare valori del coefficiente di sicurezza decisamente superiori ai minimi previsti dalla normativa vigente.

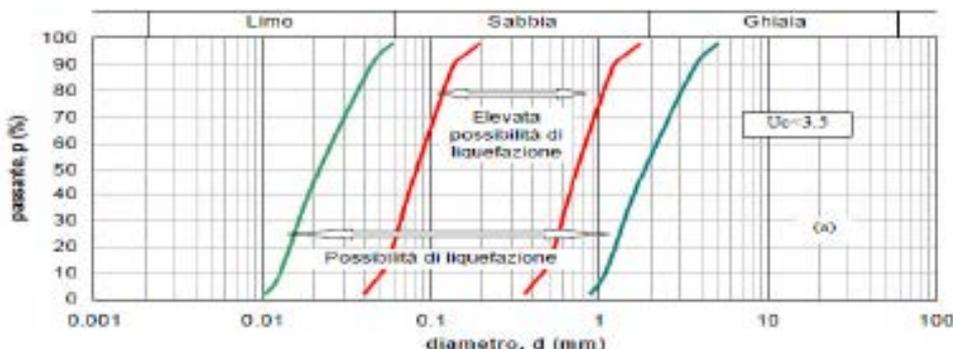
POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Le "Norme tecniche per le costruzioni" del 2018 (D.M. 17.01.2018), al § 7.11.3.4, "stabilità nei confronti della liquefazione", forniscono la seguente definizione nei riguardi di tale possibile manifestazione: "fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate".

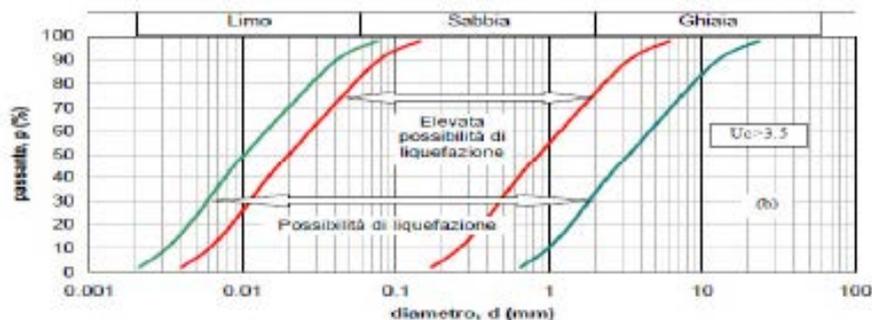
Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione è la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie, ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte

sotto falda, anche se contenenti una frazione fine lino-argillosa. In riferimento al § 7.11.3.4.2, “Esclusione della verifica a liquefazione”, della sopracitata normativa, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;
4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura successiva a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



a. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ (da AGI, 2005).



b. Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione di un terreno per i terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$ (da AGI, 2005).

Nel caso dell'area in esame non si ritiene possano sussistere le condizioni per il verificarsi del fenomeno di liquefazione per la natura vulcanica dei terreni in loco e per la soggiacenza della falda a profondità maggiori di 15 m dal piano campagna.

CONCLUSIONI

Il presente studio geologico è stato redatto, su incarico della società **New Developments s.r.l.**, al fine di definire le condizioni geolitologiche, geomorfologiche, idrologiche, geomeccaniche e sismologiche di un'area interessata dal progetto **“Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico nel territorio del Comune di Francofonte (SR)”**.

In considerazione delle finalità di progetto, si possono effettuare le seguenti considerazioni conclusive:

- Dal punto di vista geologico è possibile definire il seguente modello:
 - **Terreno di copertura** con spessore variabile tra 0,5 – 2,5 m;
 - Lembi di **terrazzi fluviali** presenti solo nella parte occidentale del sito con spessori da 0,5 a 3 m;
 - **Rocce vulcanitiche basiche** presenti sulla totalità dell'area a partire da 0,5 – 2,5 m dal p.c.;
- Dal punto di vista geomorfologico l'area in oggetto si presenta totalmente pianeggiante (Categoria Topografica T1) e la cartografia P.A.I. non annovera tale zona fra quelle a rischio idrogeologico-geomorfologico.
- Dal punto di vista idrogeologico il sistema idrografico, costituito da torrenti, presenta un andamento di tipo lineare di basso ordine gerarchico e si sviluppa in loco sulle formazioni vulcanitiche, la falda si attesta a diverse decine di metri di profondità dal p.c.;
- Dal punto di vista geotecnico i parametri geotecnici utili ai fini della progettazione degli interventi in oggetto vengono elencati nel capitolo *“caratterizzazione geotecnica”*.
- Dal punto di vista sismico, il territorio di Francofonte, ricade in una zona con accelerazione sismica su substrato di riferimento (bedrock, suolo A) compreso tra 0,150 e 0,175 a_g/g , collocando il territorio comunale in *“Zona Sismica 2”*. Dalle risultanze delle M.A.S.W. effettuate, la categoria del sottosuolo è riconducibile alla Classe A (Ammassi rocciosi con copertura inferiore ai 3 m).

Il rischio per l'area interessata dall'intervento è sostanzialmente nullo: non si segnala nessuna criticità che possa compromettere la realizzazione dell'impianto fotovoltaico. La copertura presente sulle formazioni vulcanitiche presenta parametri geotecnici piuttosto scadenti ma che non precludono la realizzazione dell'opera.

Il geologo
Dott. Eugenio Martire

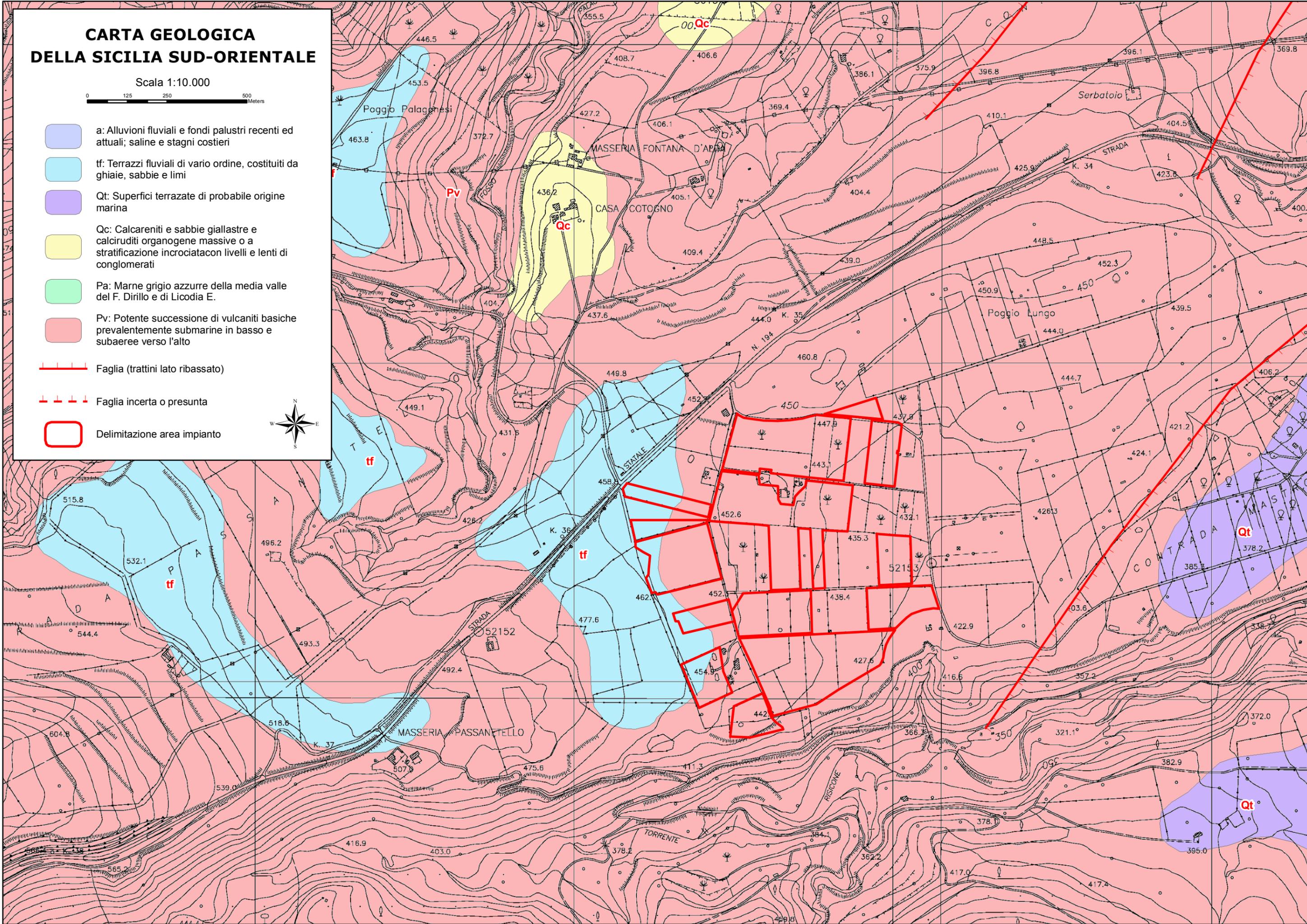
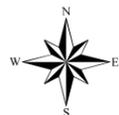
ALLEGATI

CARTA GEOLOGICA DELLA SICILIA SUD-ORIENTALE

Scala 1:10.000

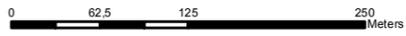


-  a: Alluvioni fluviali e fondi palustri recenti ed attuali; saline e stagni costieri
-  ff: Terrazzi fluviali di vario ordine, costituiti da ghiaie, sabbie e limi
-  Qt: Superfici terrazate di probabile origine marina
-  Qc: Calcareniti e sabbie giallastre e calciruditi organogene massive o a stratificazione incrociata con livelli e lenti di conglomerati
-  Pa: Marne grigio azzurre della media valle del F. Dirillo e di Licodia E.
-  Pv: Potente successione di vulcaniti basiche prevalentemente submarine in basso e subaeree verso l'alto
-  Faglia (trattini lato ribassato)
-  Faglia incerta o presunta
-  Delimitazione area impianto



SEZIONI GEOLOGICHE

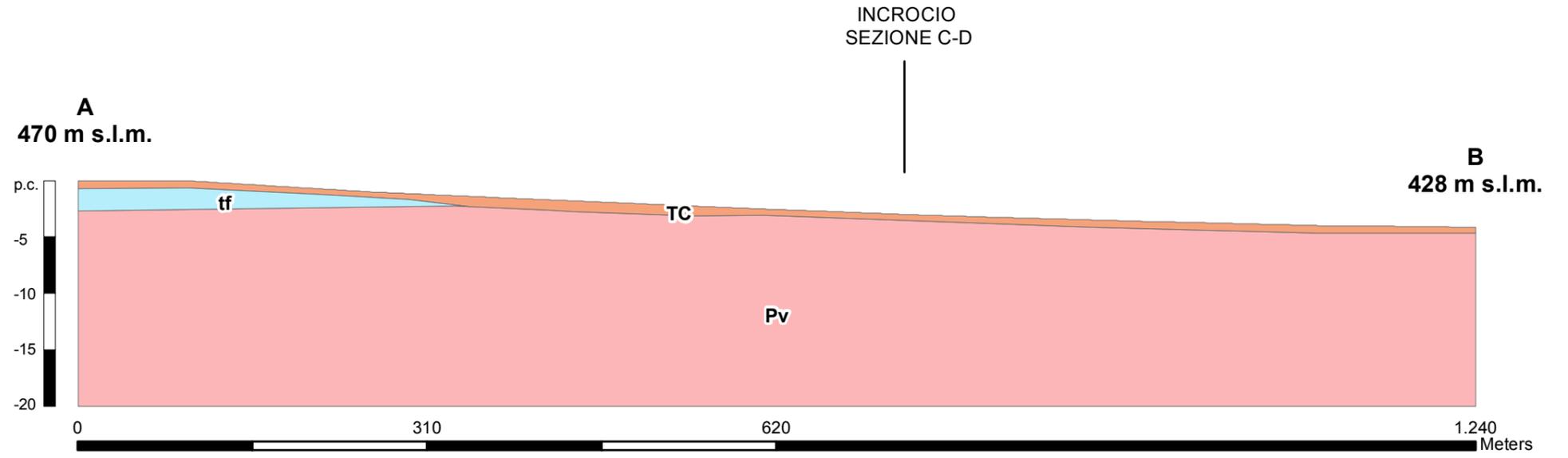
Scala 1:5.000



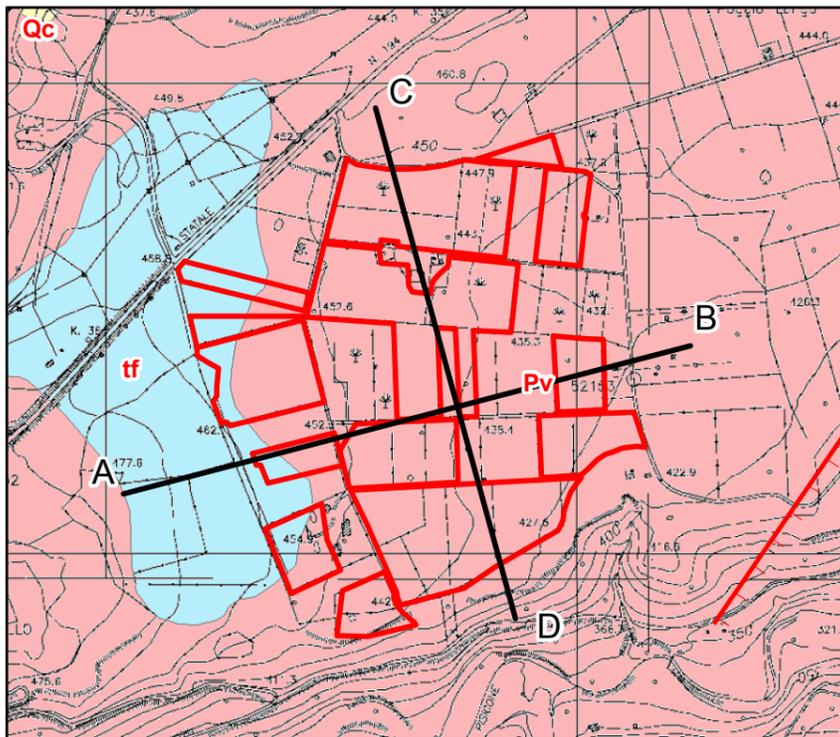
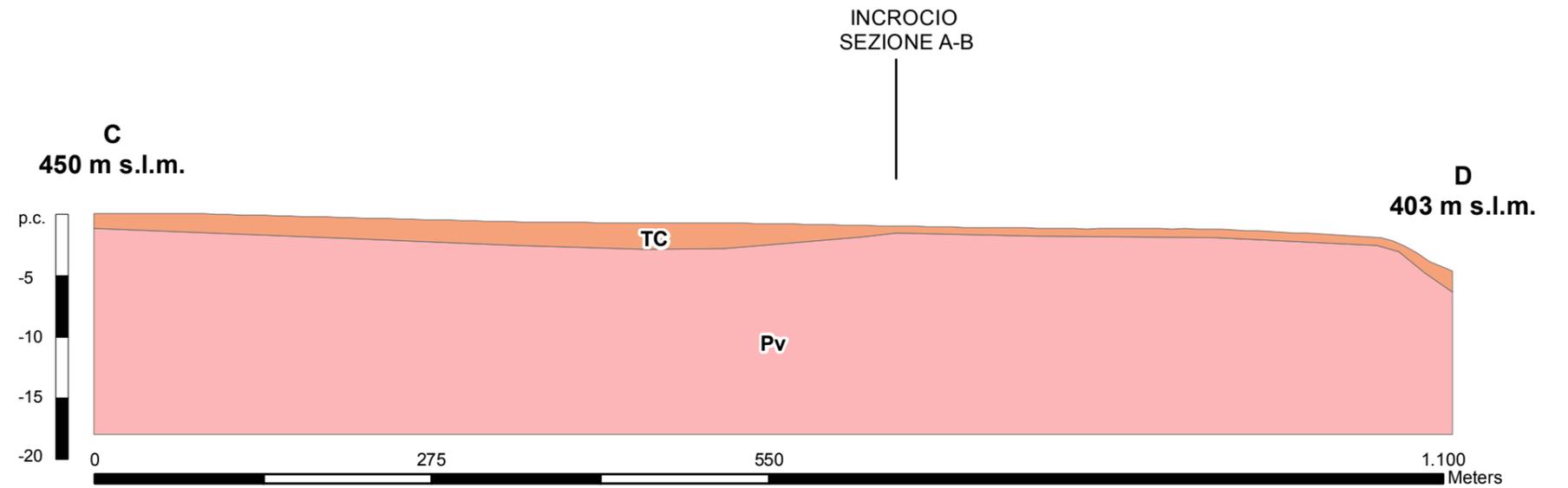
- TC: Terreno di copertura
- tf: Terrazzi fluviali di vario ordine, costituiti da ghiaie, sabbie e limi
- Pv: Potente successione di vulcaniti basiche prevalentemente submaree in basso e subaeree verso l'alto



SEZIONE LITOTECNICA A - B



SEZIONE LITOTECNICA C - D



REGIONE SICILIANA

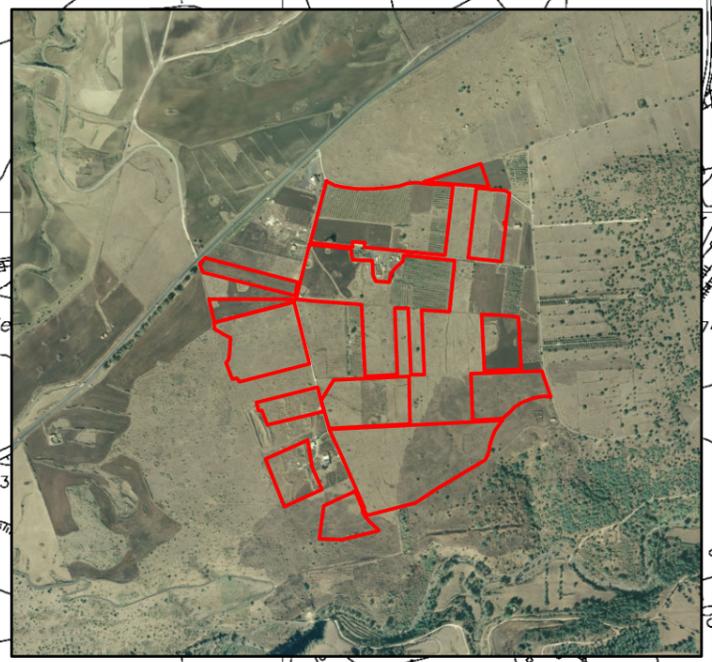
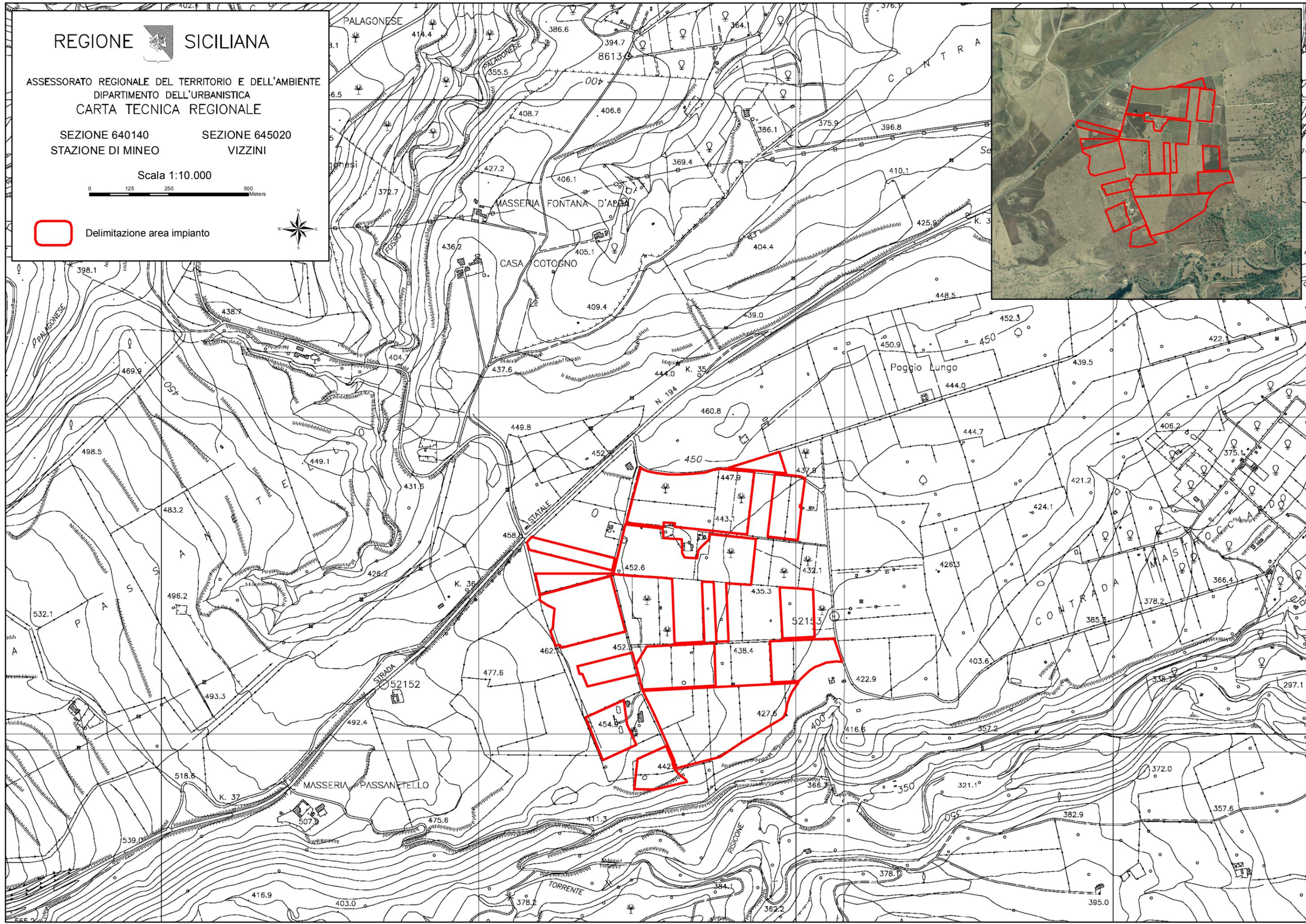
ASSESSORATO REGIONALE DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE
DIPARTIMENTO DELL'URBANISTICA
CARTA TECNICA REGIONALE

SEZIONE 640140 STAZIONE DI MINEO
SEZIONE 645020 VIZZINI

Scala 1:10.000

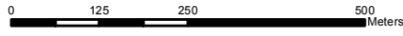


Delimitazione area impianto

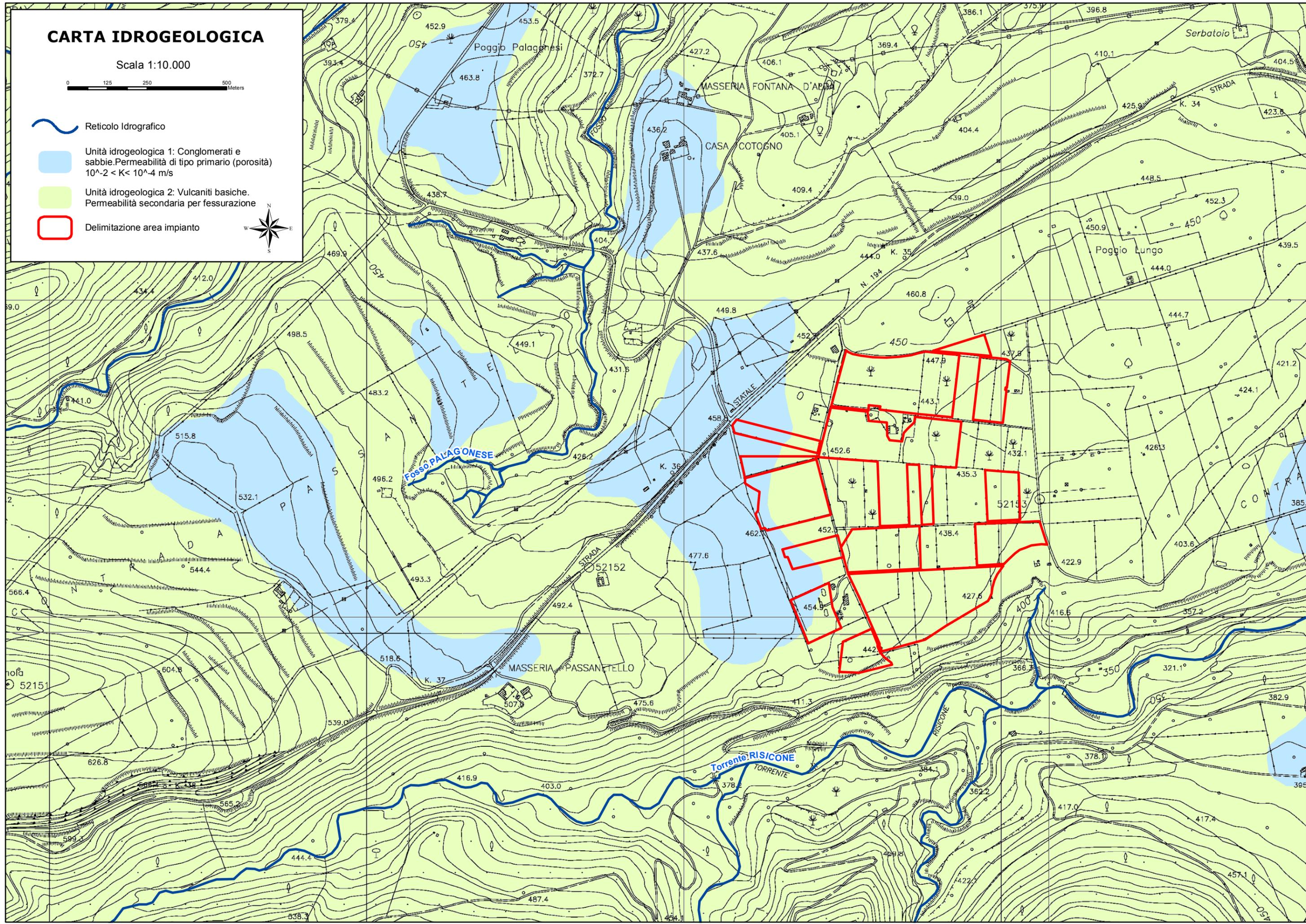


CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:10.000



-  Reticolo Idrografico
-  Unità idrogeologica 1: Conglomerati e sabbie. Permeabilità di tipo primario (porosità) $10^{-2} < K < 10^{-4}$ m/s
-  Unità idrogeologica 2: Vulcaniti basiche. Permeabilità secondaria per fessurazione
-  Delimitazione area impianto



REPUBBLICA ITALIANA



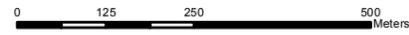
Regione Siciliana
Assessorato Territorio e Ambiente

DIPARTIMENTO TERRITORIO E AMBIENTE
Servizio 4 "ASSETTO DEL TERRITORIO E DIFESA DEL SUOLO"

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

(ART. 1 D.L. 18/08/98 CONVERTITO CON MODIFICHE CON LA L. 26/09/99 - S.S. MM.II.)

Scala 1:10.000



Delimitazione area impianto

RISCHIO IDRAULICO

R1 Rischio moderato

R2 Rischio medio

R3 Rischio elevato

R4 Rischio molato elevato

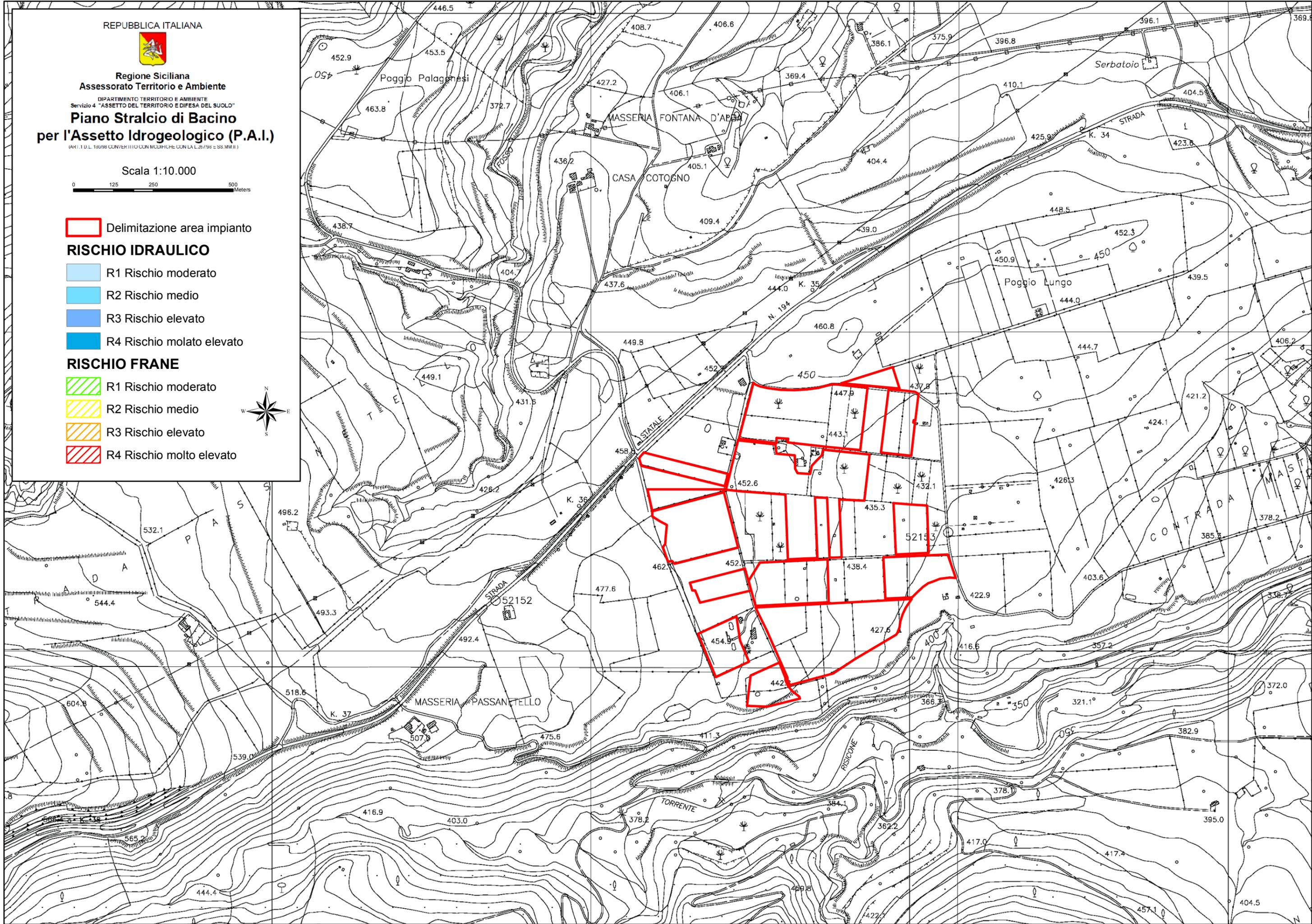
RISCHIO FRANE

R1 Rischio moderato

R2 Rischio medio

R3 Rischio elevato

R4 Rischio molto elevato



Studio Geologico di **LUCIA Vincenzo**

Via Petrozza 28

87040 MONTALTO UFFUGO (CS)

Tel. 328 1343267 - vincenzo.lucia@yahoo.it

Geolo*i*Cal
www.geologicalaltervista.org

OGGETTO

**Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico
nel territorio del Comune di Francofonte (SR)**

ELABORATO

RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI

COMMITTENTE:

New Developments S.r.l.

LOCALITA' ESECUZIONE INDAGINI:

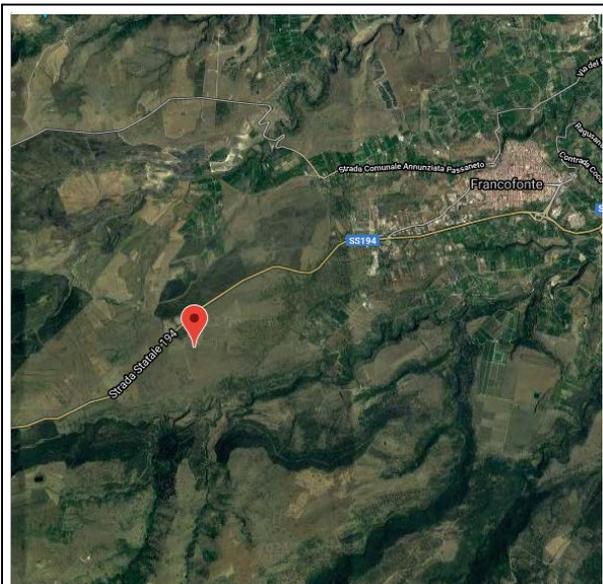
FRANCOFONTE - SR

DATA ESECUZIONE INDAGINI:

13 FEBBRAIO 2021

IL TECNICO:

Dott. Geol. Vincenzo LUCIA



INDICE

PREMESSA.....	2
DESCRIZIONE PROVA PENETROMETRICA DINAMICA	2
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_1 (P1).....	9
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_2 (P2).....	12
DESCRIZIONE INDAGINE GEOFISICA MASW	15
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_1 (M1).....	17
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_2 (M2).....	23
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_3 (M3).....	29
REPERTORIO FOTOGRAFICO DELLE INDAGINI.....	35

ALLEGATI

- Carta ubicazione indagini in scala 1:5.000

Premessa

Su incarico della società **New Developments S.r.l.**, in riferimento al: “*Progetto per la realizzazione e l'esercizio di un impianto fotovoltaico nel territorio del Comune di Francofonte (SR)*”, il sottoscritto Geologo Vincenzo LUCIA, ha eseguito in data 13/02/2021, una campagna di indagini geognostiche costituita da:

- n° 2 prove penetrometriche dinamiche DPM30;
- n° 3 prospezioni sismiche di tipo MASW.

Le prove penetrometriche hanno consentito la determinazione della stratigrafia dei litotipi e la determinazione indiretta dei parametri geotecnici del sottosuolo.

Le prospezioni sismiche di tipo MASW hanno consentito di definire la velocità media delle onde S nei primi metri di profondità. La misura delle Vs è di fondamentale importanza per la caratterizzazione del sottosuolo di un sito secondo quanto previsto dalle recenti normative antisismiche (O.P.C.M. 3274/03; O.P.C.M. 3431/05; D.M. 17 gennaio 2018).

Tutte le informazioni di natura tecnica relative alle indagini eseguite unitamente all'interpretazione litologica e stratigrafica non sono commentate nella presente relazione di sintesi.

Descrizione prova penetrometrica dinamica

La prova penetrometrica dinamica consiste nell'infiggere nel terreno una punta conica (per tratti consecutivi δ) misurando il numero di colpi N necessari.

Le Prove Penetrometriche Dinamiche sono molto diffuse ed utilizzate nel territorio da geologi e geotecnici, data la loro semplicità esecutiva, economicità e rapidità di esecuzione.

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.

L'utilizzo dei dati, ricavati da correlazioni indirette e facendo riferimento a vari autori, dovrà comunque essere trattato con le opportune cautele e, possibilmente, dopo esperienze geologiche acquisite in zona.

Elementi caratteristici del penetrometro dinamico sono i seguenti:

- peso massa battente M
- altezza libera caduta H
- punta conica: diametro base cono D, area base A (angolo di apertura α)
- avanzamento (penetrazione) δ
- presenza o meno del rivestimento esterno (fanghi bentonitici).

Con riferimento alla classificazione ISSMFE (1988) dei diversi tipi di penetrometri dinamici (vedi tabella sotto riportata) si rileva una prima suddivisione in quattro classi (in base al peso M della massa battente):

- tipo LEGGERO (DPL)
- tipo MEDIO (DPM)
- tipo PESANTE (DPH)

- tipo SUPERPESANTE (DPSH)

Classificazione ISSMFE dei penetrometri dinamici:

Tipo	Sigla di riferimento	peso della massa M (kg)	prof.max indagine battente (m)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$	8
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$	20-25
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$	25
Super pesante (Super Heavy)	DPSH	$M \geq 60$	25

In Italia risultano attualmente in uso i seguenti tipi di penetrometri dinamici (non rientranti però nello Standard ISSMFE):

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-30) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 30$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO LEGGERO ITALIANO (DL-20) (MEDIO secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 20$ kg, altezza di caduta $H = 0.20$ m, avanzamento $\delta = 10$ cm, punta conica ($\alpha = 60-90^\circ$), diametro $D = 35.7$ mm, area base cono $A = 10$ cm² rivestimento / fango bentonitico : talora previsto;

- DINAMICO PESANTE ITALIANO (SUPERPESANTE secondo la classifica ISSMFE)
massa battente $M = 73$ kg, altezza di caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 30$ cm, punta conica ($\alpha = 60^\circ$), diametro $D = 50.8$ mm, area base cono $A = 20.27$ cm² rivestimento: previsto secondo precise indicazioni;

- DINAMICO SUPERPESANTE (Tipo EMILIA)
massa battente $M = 63.5$ kg, altezza caduta $H = 0.75$ m, avanzamento $\delta = 20-30$ cm, punta conica conica ($\alpha = 60^\circ-90^\circ$) diametro $D = 50.5$ mm, area base cono $A = 20$ cm², rivestimento / fango bentonitico : talora previsto.

Correlazione con N_{spt}

Poiché la prova penetrometrica standard (SPT) rappresenta, ad oggi, uno dei mezzi più diffusi ed economici per ricavare informazioni dal sottosuolo, la maggior parte delle correlazioni esistenti riguardano i valori del numero di colpi N_{spt} ottenuto con la suddetta prova, pertanto si presenta la necessità di rapportare il numero di colpi di una prova dinamica con N_{spt} . Il passaggio viene dato da:

$$N_{spt} = \beta_t N$$

Dove:

$$\beta_t = \frac{Q}{Q_{SPT}}$$

in cui Q è l'energia specifica per colpo e Q_{spt} è quella riferita alla prova SPT.

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

$$Q = \frac{M^2 \cdot H}{A \cdot \delta \cdot (M + M')}$$

in cui

- M = peso massa battente;
- M' = peso aste;
- H = altezza di caduta;
- A = area base punta conica;
- δ = passo di avanzamento.

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

$$R_{pd} = \frac{M^2 \cdot H}{[A \cdot e \cdot (M + P)]} = \frac{M^2 \cdot H \cdot N}{[A \cdot \delta \cdot (M + P)]}$$

Rpd = resistenza dinamica punta (area A);
e = infissione media per colpo (δ/N);
M = peso massa battente (altezza caduta H);
P = peso totale aste e sistema battuta.

Calcolo di (N₁)₆₀

(N₁)₆₀ è il numero di colpi normalizzato definito come segue:

$$(N_1)_{60} = C_N \times N_{60} \text{ con } C_N = \sqrt{(Pa/\sigma'_{vo})} \quad C_N < 1.7 \quad Pa = 101.32 \text{ kPa (Liao e Whitman 1986)}$$

$$N_{60} = N_{SPT} \times (ER/60) \times C_s \times C_T \times C_d$$

ER/60: Rendimento del sistema di infissione normalizzato al 60%.
C_s: Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).
C_d: Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).
C_T: Parametro di correzione funzione della lunghezza delle aste.

Metodologia di Elaborazione.

Le elaborazioni sono state effettuate mediante un programma di calcolo automatico Dynamic Probing della GeoStru Software.

Il programma calcola il rapporto delle energie trasmesse (coefficiente di correlazione con SPT) tramite le elaborazioni proposte da Pasqualini 1983 - Meyerhof 1956 - Desai 1968 - Borowczyk-Frankowsky 1981.

Permette inoltre di utilizzare i dati ottenuti dall'effettuazione di prove penetrometriche per estrapolare utili informazioni geotecniche e geologiche.

Una vasta esperienza acquisita, unitamente ad una buona interpretazione e correlazione, permettono spesso di ottenere dati utili alla progettazione e frequentemente dati maggiormente attendibili di tanti dati bibliografici sulle litologie e di dati geotecnici determinati sulle verticali litologiche da poche prove di laboratorio eseguite come rappresentazione generale di una verticale eterogenea disuniforme e/o complessa.

In particolare consente di ottenere informazioni su:

- l'andamento verticale e orizzontale degli intervalli stratigrafici,
- la caratterizzazione litologica delle unità stratigrafiche,
- i parametri geotecnici suggeriti da vari autori in funzione dei valori del numero dei colpi e delle resistenze alla punta.

Valutazioni statistiche e correlazioni

Elaborazione Statistica

Permette l'elaborazione statistica dei dati numerici, utilizzando nel calcolo dei valori rappresentativi dello strato considerato un valore inferiore o maggiore della media aritmetica dello strato (dato comunque maggiormente utilizzato); i valori possibili in immissione sono:

Media

Media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media minima

Valore statistico inferiore alla media aritmetica dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Massimo

Valore massimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Minimo

Valore minimo dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Scarto quadratico medio

Valore statistico di scarto dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media deviata

Valore statistico di media deviata dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media + s

Media + scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Media - s

Media - scarto (valore statistico) dei valori del numero di colpi sullo strato considerato.

Distribuzione normale R.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, secondo la seguente relazione:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}})$$

dove $s_{N_{spt}}$ è la deviazione standard di N_{spt}

Distribuzione normale R.N.C.

Il valore di $N_{spt,k}$ viene calcolato sulla base di una distribuzione normale o gaussiana, fissata una probabilità di non superamento del 5%, trattando i valori medi di N_{spt} distribuiti normalmente:

$$N_{spt,k} = N_{spt,medio} - 1.645 \cdot (\sigma_{N_{spt}}) / \sqrt{n}$$

dove n è il numero di letture.

Pressione ammissibile

Pressione ammissibile specifica sull'interstrato (con effetto di riduzione energia per svergolamento aste o no) calcolata secondo le note elaborazioni proposte da Herminier, applicando un coefficiente di sicurezza (generalmente = 20-22) che corrisponde ad un coefficiente di sicurezza standard delle fondazioni pari a 4, con una geometria fondale standard di larghezza pari a 1 mt. ed immersione $d = 1$ mt.

Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Liquefazione

Permette di calcolare utilizzando dati N_{spt} il potenziale di liquefazione dei suoli (prevalentemente sabbiosi).

Attraverso la relazione di *SHI-MING (1982)*, applicabile a terreni sabbiosi, la liquefazione risulta possibile solamente se N_{spt} dello strato considerato risulta inferiore a N_{spt} critico calcolato con l'elaborazione di *SHI-MING*.

Correzione N_{spt} in presenza di falda

N_{spt} corretto = $15 + 0.5 \times (N_{spt} - 15)$

N_{spt} è il valore medio nello strato

La correzione viene applicata in presenza di falda solo se il numero di colpi è maggiore di 15 (la correzione viene eseguita se tutto lo strato è in falda).

Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956 - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 mt.; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 mt. per terreni sopra falda e < 8 mt. per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof 1956 - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).

- Sowers 1961)- Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 mt. sopra falda e < 7 mt. per terreni in falda) $\sigma > 5$ t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38° .
- Malcev 1964 - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m. e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann 1977- Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da Dr %.
- Shioi-Fukuni 1982 (ROAD BRIDGE SPECIFICATION) Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi siltosi (cond. ottimali per prof. di prova > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $\sigma > 15$ t/mq.
- Shioi-Fukuni 1982 (JAPANESE NATIONAL RAILWAY) Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose .
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 mt. sopra falda e > 15 mt. per terreni in falda) $s > 15$ t/mq.
- Meyerhof 1965 - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 mt. e con % di limo > 5% a profondità < 3 mt.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

Densità relativa (%)

- Gibbs & Holtz (1957) correlazione valida per qualunque pressione efficace, per ghiaie Dr viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Skempton (1986) elaborazione valida per limi e sabbie e sabbie da fini a grossolane NC a qualunque pressione efficace, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.
- Meyerhof (1957).
- Schultze & Menzenbach (1961) per sabbie fini e ghiaiose NC , metodo valido per qualunque valore di pressione efficace in depositi NC, per ghiaie il valore di Dr % viene sovrastimato, per limi sottostimato.

Modulo Di Young (E_y)

- Terzaghi - elaborazione valida per sabbia pulita e sabbia con ghiaia senza considerare la pressione efficace.
- Schmertmann (1978), correlazione valida per vari tipi litologici .
- Schultze-Menzenbach , correlazione valida per vari tipi litologici.
- D'Appollonia ed altri (1970) , correlazione valida per sabbia, sabbia SC, sabbia NC e ghiaia
- Bowles (1982), correlazione valida per sabbia argillosa, sabbia limosa, limo sabbioso, sabbia media, sabbia e ghiaia.

Modulo Edometrico

- Begemann (1974) elaborazione desunta da esperienze in Grecia, correlazione valida per limo con sabbia, sabbia e ghiaia
- Buismann-Sanglerat , correlazione valida per sabbia e sabbia argillosa.
- Farrent (1963) valida per sabbie, talora anche per sabbie con ghiaia (da modifica sperimentale di dati).
- Menzenbach e Malcev valida per sabbia fine, sabbia ghiaiosa e sabbia e ghiaia.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume Gamma

- Meyerhof ed altri, valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso.

Peso di volume saturo

- Terzaghi-Peck 1948-1967

Modulo di poisson

- Classificazione A.G.I.

Potenziale di liquefazione (Stress Ratio)

- Seed-Idriss 1978-1981 . Tale correlazione è valida solamente per sabbie, ghiaie e limi sabbiosi, rappresenta il rapporto tra lo sforzo dinamico medio τ e la tensione verticale di consolidazione per la valutazione del potenziale di liquefazione delle sabbie e terreni sabbio-ghiaiosi attraverso grafici degli autori.

Velocità onde di taglio V_s (m/sec)

- Tale correlazione è valida solamente per terreni incoerenti sabbiosi e ghiaiosi.

Modulo di deformazione di taglio (G)

- Ohsaki & Iwasaki – elaborazione valida per sabbie con fine plastico e sabbie pulite.
- Robertson e Campanella (1983) e Imai & Tonouchi (1982) elaborazione valida soprattutto per sabbie e per tensioni litostatiche comprese tra 0,5 - 4,0 kg/cmq.

Modulo di reazione (K_o)

- Navfac 1971-1982 - elaborazione valida per sabbie, ghiaie, limo, limo sabbioso .

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Correlazioni geotecniche terreni coesivi

Coesione non drenata

- Benassi & Vannelli- correlazioni scaturite da esperienze ditta costruttrice Penetrometri SUNDA 1983.
- Terzaghi-Peck (1948-1967), correlazione valida per argille sabbiose-siltose NC con N_{spt} <8 , argille limose-siltose mediamente plastiche, argille marnose alterate-fessurate.
- Terzaghi-Peck (1948). *Cu min-max*.
- Sanglerat , da dati Penetr. Statico per terreni coesivi saturi , tale correlazione non è valida per argille sensitive con sensitività > 5, per argille sovraconsolidate fessurate e per i limi a bassa plasticità.
- Sanglerat , (per argille limose-sabbiose poco coerenti), valori validi per resistenze penetrometriche < 10 colpi, per resistenze penetrometriche > 10 l'elaborazione valida è comunque quella delle "argille plastiche " di Sanglerat.
- (U.S.D.M.S.M.) U.S. Design Manual Soil Mechanics Coesione non drenata per argille limose e argille di bassa media ed alta plasticità , (Cu-Nspt-grado di plasticità).
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori medi), valida per argille e limi argillosi con N_c=20 e Q_c/N_{spt}=2.
- Schmertmann 1975 Cu (Kg/cmq) (valori minimi), valida per argille NC .
- Fletcher 1965 - (Argilla di Chicago) . Coesione non drenata Cu (Kg/cmq), colonna valori validi per argille a medio-bassa plasticità .
- Houston (1960) - argilla di media-alta plasticità.
- Shioi-Fukuni 1982 , valida per suoli poco coerenti e plastici, argilla di media-alta plasticità.
- Begemann.
- De Beer.

Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Q_c)

- Robertson 1983 Q_c

Modulo Edometrico-Confinato (M_o)

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità (IP< 20), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità (IP< 20) - da esperienze su argille glaciali .
- Vesic (1970) correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato -M_o (E_{ed}) (Kg/cmq)-, valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto Q_c/N_{spt}=1.5-2.0).
- Buisman- Sanglerat, valida per argille compatte (N_{spt} <30) medie e molli (N_{spt} <4) e argille sabbiose (N_{spt}=6-12).

Modulo Di Young (E_γ)

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. >15

- D'Appollonia ed altri (1983) - correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

Stato di consistenza

- Classificazione A.G.I. 1977

Peso di Volume

- Meyerhof ed altri, valida per argille, argille sabbiose e limose prevalentemente coerenti.

Peso di volume saturo

- Meyerhof ed altri.

Caratteristiche Tecniche-Strumentali Sonda: DPM (DL030 10) (Medium)

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0.20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35.68 mm
Area di base punta	10 cm ²
Lunghezza delle aste	1 m
Peso aste a metro	2.9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0.80 m
Avanzamento punta	0.10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Coeff. Correlazione	0.761
Rivestimento/fanghi	No
Angolo di apertura punta	60 °

Classificazione ISSMFE (1988) delle sonde Penetrometriche dinamiche

Tipo	Sigla di riferimento	Peso della massa battente in Kg
Leggero	DPL (Light)	M<10
Medio	DPM (Medium)	10<M<40
Pesante	DPH (Heavy)	40<M<60
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	M>60

Elaborazione Prova Penetrometrica DPM_1 (P1)

Coordinate WGS 84

Latitudine | 37.205499
Longitudine | 14.826845

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
Profondità prova 1.90 mt
Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	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)
0.10	1	0	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	3	0	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	5	0	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	3	0	0.851	8.52	10.02	0.43	0.50
0.50	19	0	0.799	50.69	63.45	2.53	3.17
0.60	8	0	0.847	22.63	26.72	1.13	1.34
0.70	8	0	0.845	22.58	26.72	1.13	1.34
0.80	9	0	0.843	25.35	30.06	1.27	1.50
0.90	11	0	0.842	29.34	34.86	1.47	1.74
1.00	7	0	0.840	18.63	22.18	0.93	1.11
1.10	8	0	0.838	21.25	25.35	1.06	1.27
1.20	10	0	0.836	26.50	31.69	1.33	1.58
1.30	33	0	0.685	71.59	104.58	3.58	5.23
1.40	46	0	0.633	92.26	145.77	4.61	7.29
1.50	9	0	0.831	23.71	28.52	1.19	1.43
1.60	9	0	0.830	23.66	28.52	1.18	1.43
1.70	18	0	0.778	44.37	57.04	2.22	2.85
1.80	57	0	0.626	113.14	180.63	5.66	9.03
1.90	77	0	0.625	145.04	232.16	7.25	11.61

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	Shioi - Fukui (1982)	0.30
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	Shioi - Fukui (1982)	2.17

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	Sorensen & Okkels (2013)	0.03
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	Sorensen & Okkels (2013)	0.22

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	Meyerhof ed altri	1.81
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	Meyerhof ed altri	2.50

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	Meyerhof ed altri	1.89
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	Meyerhof ed altri	2.50

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	5.93	Gibbs & Holtz 1957	26.83
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	43.38	Gibbs & Holtz 1957	69.84

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	5.93	Shioi-Fukuni (1982)	24.43
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	43.38	Shioi-Fukuni (1982)	40.51

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	5.93	Bowles (1982) Sabbia argillosa	66.98
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	43.38	Bowles (1982) Sabbia argillosa	186.82

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	5.93	Buisman-Sanglerat	47.44
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	43.38	Buisman-Sanglerat	347.04

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	5.93	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	43.38	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	5.93	(A.G.I.)	0.34
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	43.38	(A.G.I.)	0.27

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	5.93	Navfac 1971-1982	1.20
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	43.38	Navfac 1971-1982	7.31

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

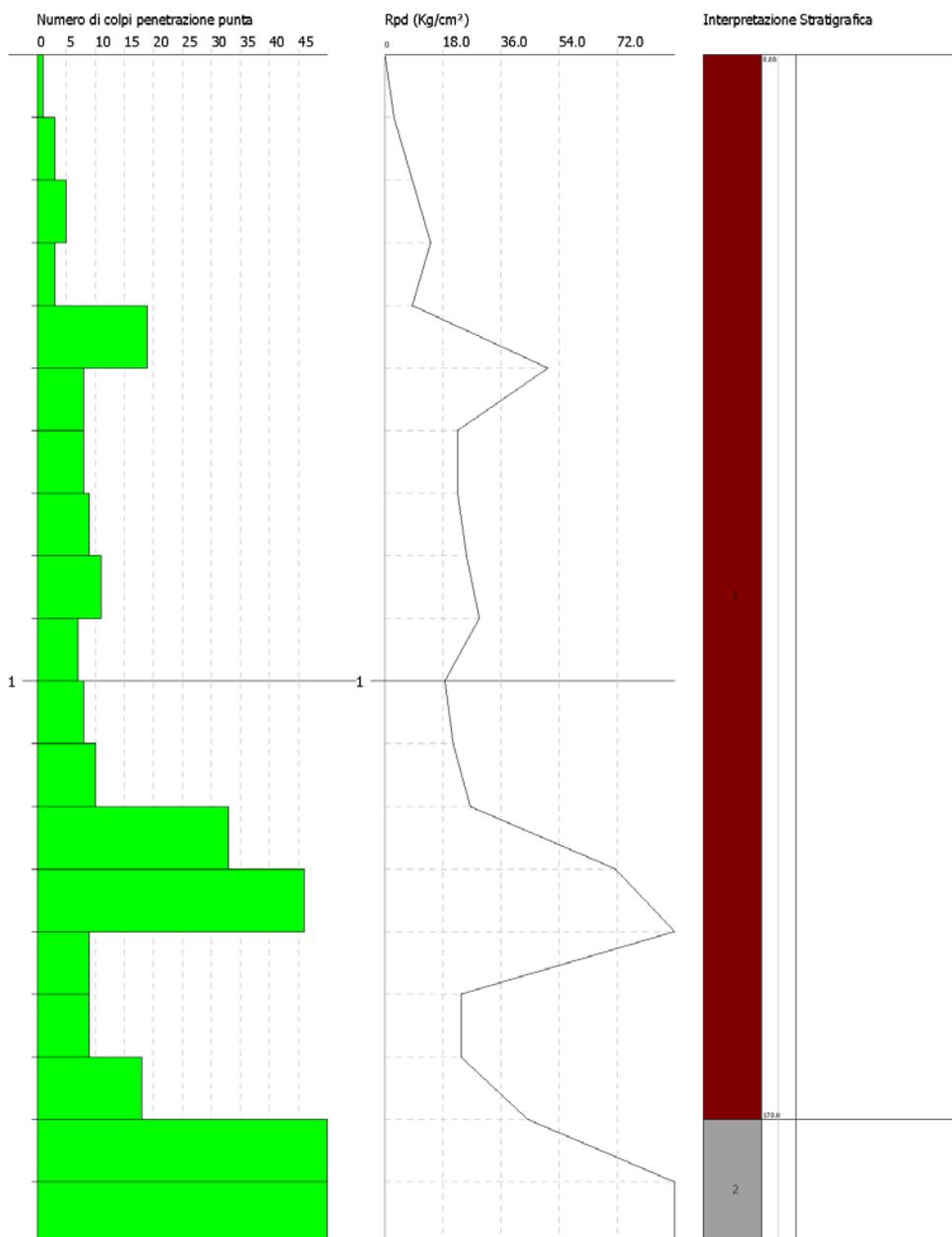
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	5.93	1.70	5.93	Robertson 1983	11.86
[2] - STRATO 2	43.38	1.90	43.38	Robertson 1983	86.76

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.1
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:
Cantiere: SICILIA
Località: FRANCOFONTE

Data:

Scala 1:9



Elaborazione Prova Penetrometrica DPM_2 (P2)

Coordinate WGS 84

Latitudine	37.201401
Longitudine	14.825004

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)
 Profondità prova .90 mt
 Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Nr. Colpi Rivestimento	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)
0.10	3	0	0.857	8.58	10.02	0.43	0.50
0.20	3	0	0.855	8.56	10.02	0.43	0.50
0.30	2	0	0.853	5.70	6.68	0.28	0.33
0.40	5	0	0.851	14.21	16.70	0.71	0.83
0.50	11	0	0.849	31.18	36.73	1.56	1.84
0.60	5	0	0.847	14.14	16.70	0.71	0.83
0.70	8	0	0.845	22.58	26.72	1.13	1.34
0.80	44	0	0.643	94.53	146.94	4.73	7.35
0.90	99	0	0.642	201.27	313.73	10.06	15.69

STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	Shioi - Fukui (1982)	0.20
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	Shioi - Fukui (1982)	1.67

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	Sorensen & Okkels (2013)	0.02
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	Sorensen & Okkels (2013)	0.17

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m ³)
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	Meyerhof ed altri	1.70
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	Meyerhof ed altri	2.24

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m ³)
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	Meyerhof ed altri	1.87
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	Meyerhof ed altri	2.49

TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	4.03	Gibbs & Holtz 1957	21.73
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	33.48	Gibbs & Holtz 1957	68.22

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	4.03	Shioi-Fukuni (1982)	22.77
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	33.48	Shioi-Fukuni (1982)	37.41

Modulo di Young

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	4.03	Bowles (1982) Sabbia argillosa	60.90
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	33.48	Bowles (1982) Sabbia argillosa	155.14

Modulo Edometrico

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	4.03	Buisman-Sanglerat	32.24
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	33.48	Buisman-Sanglerat	267.84

Classificazione AGI

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	4.03	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	33.48	Classificazione A.G.I. 1977	ADDENSATO

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	4.03	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	33.48	(A.G.I.)	0.29

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	4.03	Navfac 1971-1982	0.76
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	33.48	Navfac 1971-1982	6.08

Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

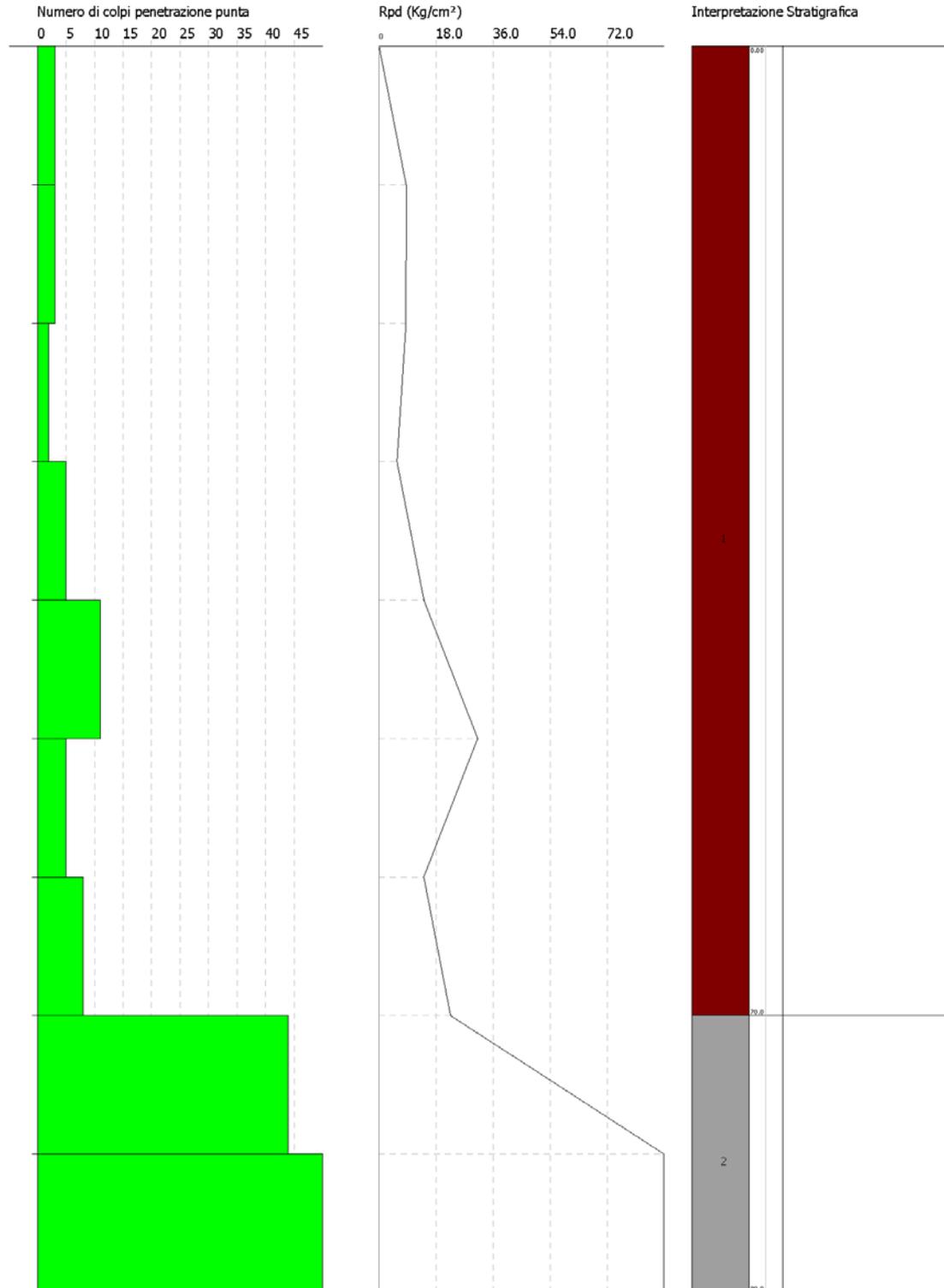
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm ²)
[1] - STRATO 1	4.03	0.70	4.03	Robertson 1983	8.06
[2] - STRATO 2	33.48	0.90	33.48	Robertson 1983	66.96

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.2
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:
Cantiere: SICILIA
Località: FRANCOFONTE

Data:

Scala 1:4



Descrizione indagine geofisica MASW

La geofisica osserva il comportamento delle onde che si propagano all'interno dei materiali. Un segnale sismico, infatti, si modifica in funzione delle caratteristiche del mezzo che attraversa. Le onde possono essere generate in modo artificiale attraverso l'uso di masse battenti, di scoppi, etc.

Moto del segnale sismico

Il segnale sismico può essere scomposto in più fasi ognuna delle quali identifica il movimento delle particelle investite dalle onde sismiche. Le fasi possono essere:

- **P-Longitudinale**: onda profonda di compressione;
- **S-Trasversale**: onda profonda di taglio;
- **L-Love**: onda di superficie, composta da onde P e S;
- **R-Rayleigh**: onda di superficie composta da un movimento ellittico e retrogrado.

Onde di Rayleigh – “R”

In passato gli studi sulla diffusione delle onde sismiche si sono concentrati sulla propagazione delle onde profonde (P,S) considerando le onde di superficie come un disturbo del segnale sismico da analizzare. Recenti studi hanno consentito di creare dei modelli matematici avanzati per l'analisi delle onde di superficie in mezzi a differente rigidità.

Analisi del segnale con tecnica MASW

Secondo l'ipotesi fondamentale della fisica lineare (Teorema di Fourier) i segnali possono essere rappresentati come la somma di segnali indipendenti, dette armoniche del segnale. Tali armoniche, per analisi monodimensionali, sono funzioni trigonometriche seno e coseno, e si comportano in modo indipendente non interagendo tra di loro. Concentrando l'attenzione su ciascuna componente armonica il risultato finale in analisi lineare risulterà equivalente alla somma dei comportamenti parziali corrispondenti alle singole armoniche. L'analisi di Fourier (analisi spettrale FFT) è lo strumento fondamentale per la caratterizzazione spettrale del segnale. L'analisi delle onde di Rayleigh, mediante tecnica MASW, viene eseguita con la trattazione spettrale del segnale nel dominio trasformato dove è possibile, in modo abbastanza agevole, identificare il segnale relativo alle onde di Rayleigh rispetto ad altri tipi di segnali, osservando, inoltre, che le onde di Rayleigh si propagano con velocità che è funzione della frequenza. Il legame velocità frequenza è detto spettro di dispersione. La curva di dispersione individuata nel dominio f-k è detta curva di dispersione sperimentale, e rappresenta in tale dominio le massime ampiezze dello spettro.

Modellizzazione

E' possibile simulare, a partire da un modello geotecnico sintetico caratterizzato da spessore, densità, coefficiente di Poisson, velocità delle onde S e velocità delle Onde P, la curva di dispersione teorica la quale lega velocità e lunghezza d'onda secondo la relazione:

$$v = \lambda \times \nu$$

Modificando i parametri del modello geotecnico sintetico, si può ottenere una sovrapposizione della curva di dispersione teorica con quella sperimentale: questa fase è detta di inversione e consente di determinare il profilo delle velocità in mezzi a differente rigidità.

Modi di vibrazione

Sia nella curva di inversione teorica che in quella sperimentale è possibile individuare le diverse configurazioni di vibrazione del terreno. I modi per le onde di Rayleigh possono essere: deformazioni a contatto con l'aria, deformazioni quasi nulle a metà della lunghezza d'onda e deformazioni nulle a profondità elevate.

Profondità di indagine

Le onde di Rayleigh decadono a profondità circa uguali alla lunghezza d'onda. Piccole lunghezze d'onda (alte frequenze) consentono di indagare zone superficiali mentre grandi lunghezze d'onda (basse frequenze) consentono indagini a maggiore profondità.

Caratteristiche delle apparecchiature

Per l'esecuzione dell'indagine di sismica, è stato impiegato il seguente sistema di acquisizione:

- Sismografo multicanale Doremi-Sara a 16 bit, rete differenziale RS232 half-duplex multipoint;
- Cavo modulare con 12 canali, 12 geofoni verticali da 4,5Hz, geofono start geospace da 10 Hz;
- Energizzatore costituito da massa battente di 6 Kg e da piastra in polimero;
- Prolunghe e materiale d'uso;
- Misure eseguite da un Geologo "Prospettore Geofisico", coadiuvato da un "Aiuto Prospettore";
- Durante i rilievi si è provveduto a controllare costantemente la qualità dei dati.

L'interpretazione dei dati è stata effettuata analiticamente e con calcolo automatico mediante software Easy MASW distribuito della Geostru Software, attraverso una procedura così descritta:

- ✓ Importazione delle tracce
- ✓ Analisi spettrale
- ✓ Inversione e sviluppo del profilo sismo-stratigrafico
- ✓ Calcolo V_{Seq} e categoria del sottosuolo

Elaborazione Indagine MASW_1 (M1)

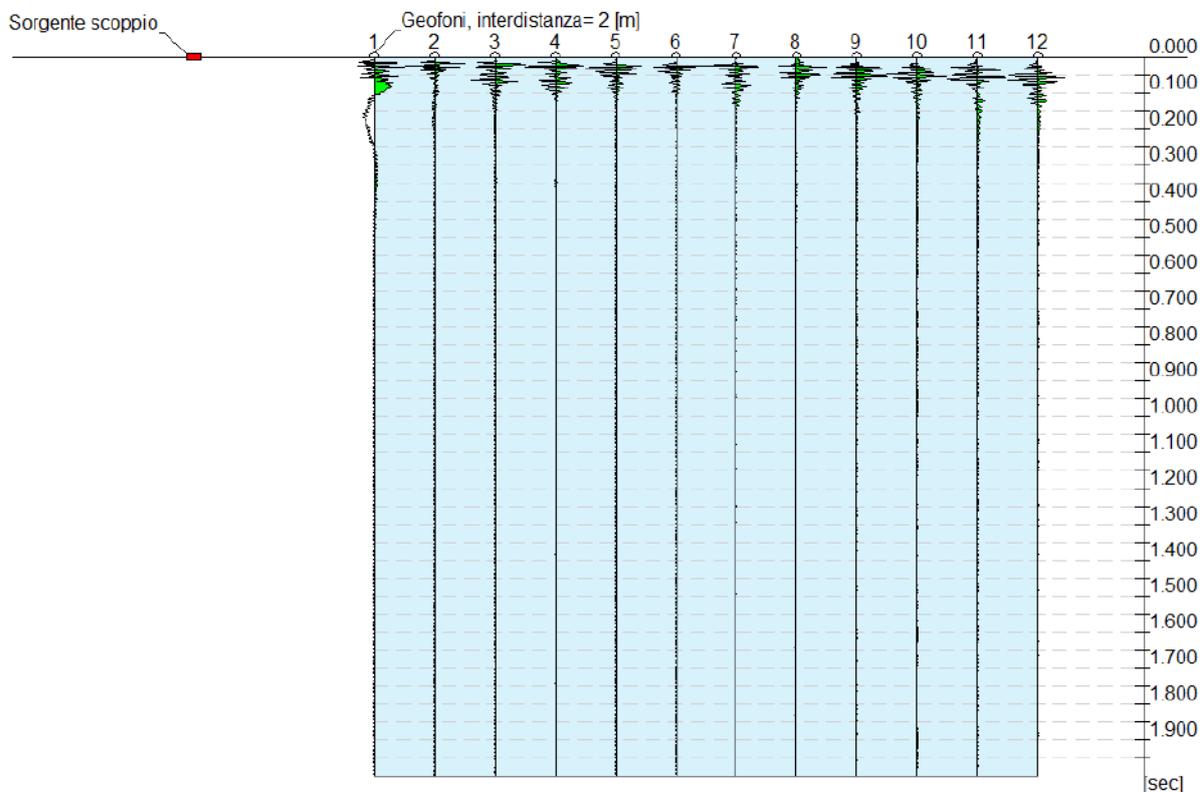
Dati generali

Coordinate WGS 84

Latitudine | 37.203812
Longitudine | 14.824277

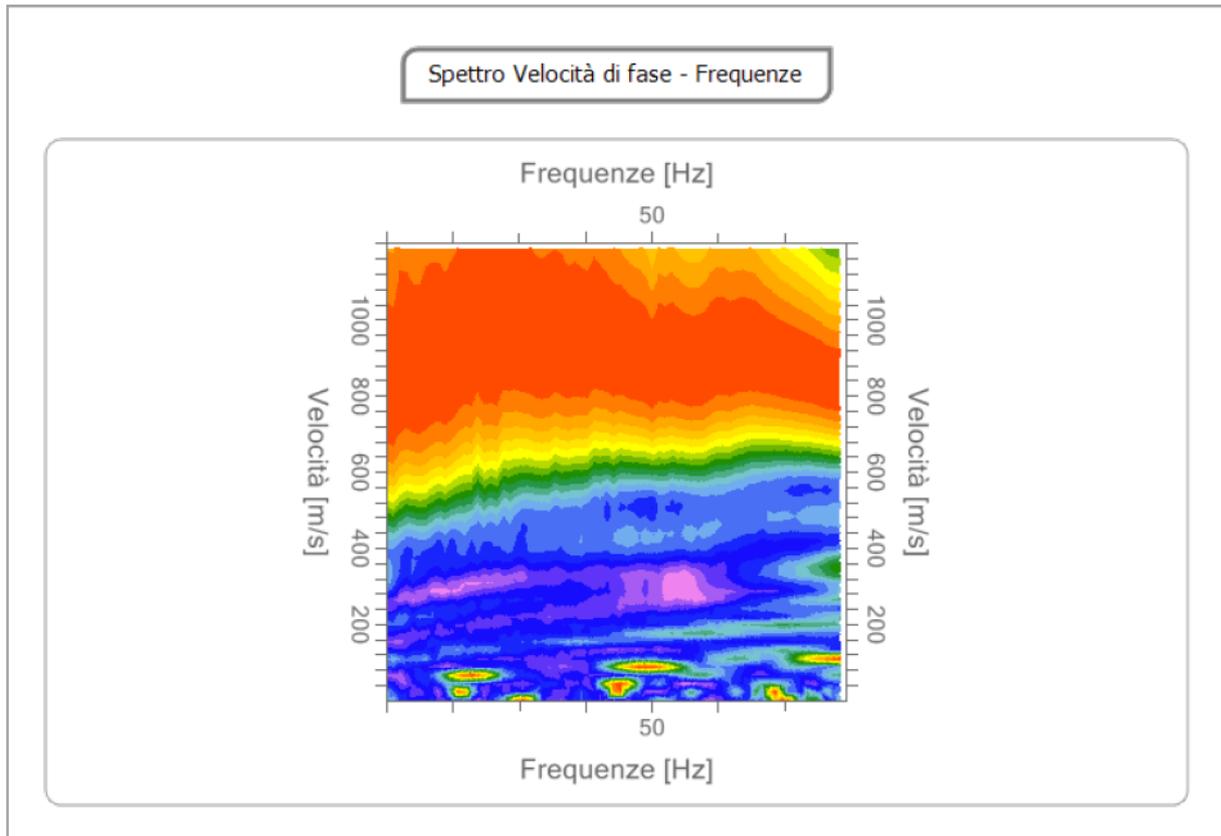
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

Interpretazione



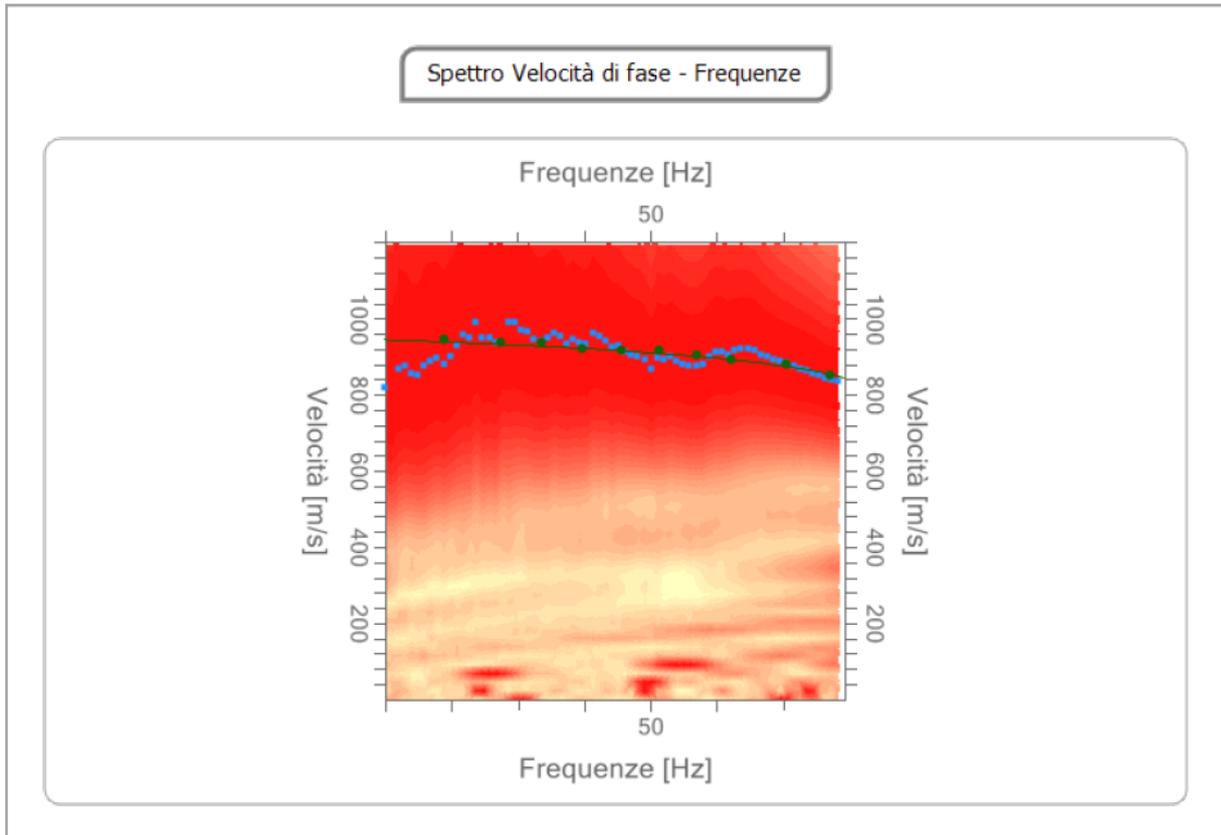
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	30
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	65
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1200
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

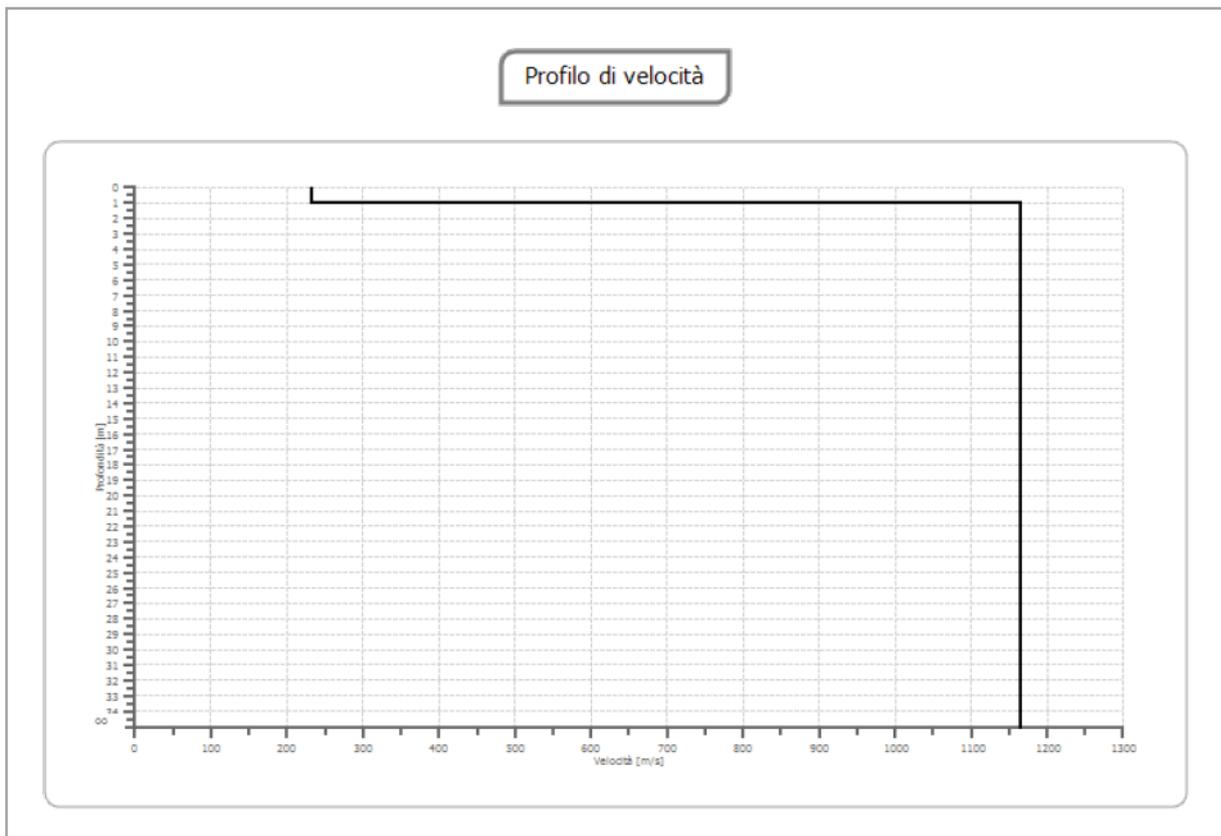
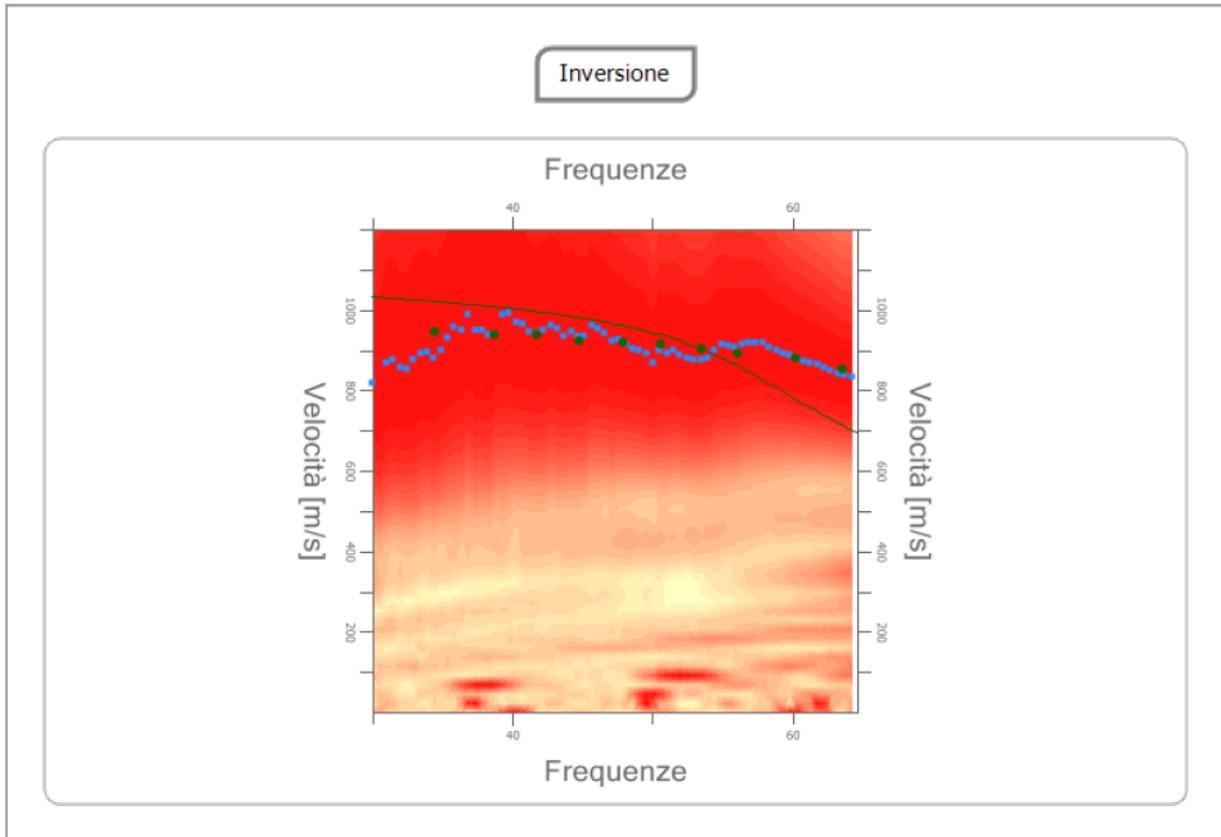
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	34.4	945.1	0
2	38.7	937.8	0
3	41.8	937.8	0
4	44.8	923.2	0
5	47.8	919.5	0
6	50.6	915.8	0
7	53.5	904.9	0
8	56.1	893.9	0
9	60.2	879.2	0
10	63.5	853.6	0

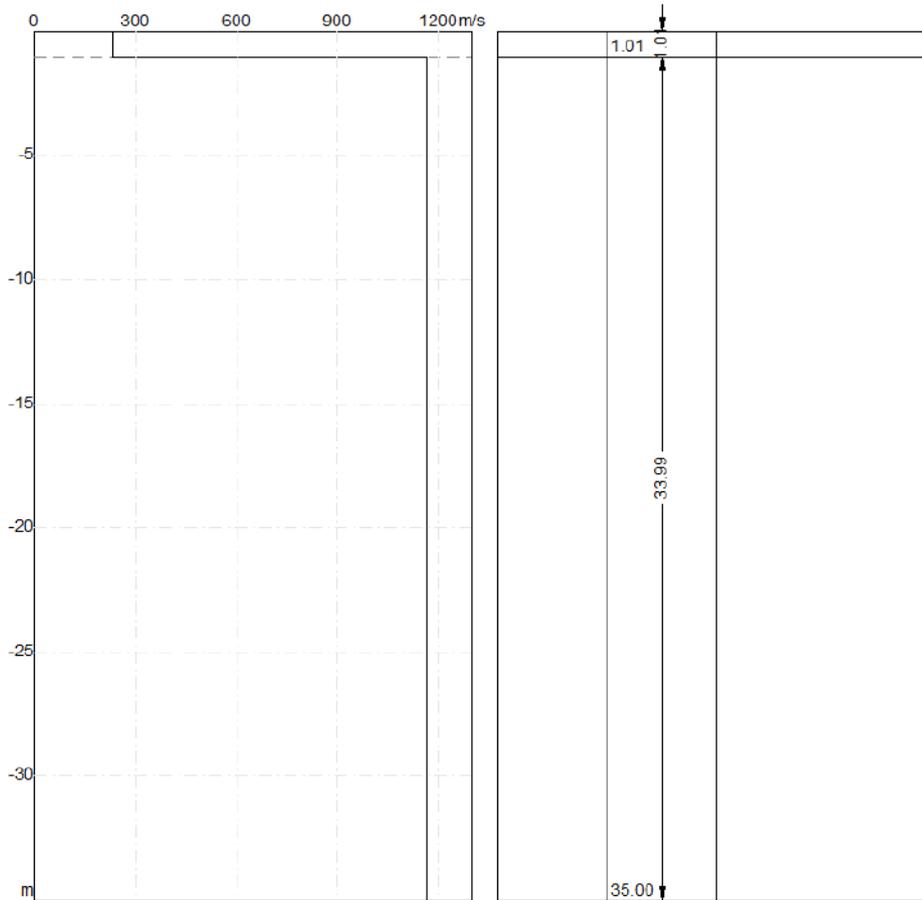


Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.01	1.01	435.9	233.0
2	35.00	33.99	2178.8	1164.6

Percentuale di errore 0.604 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.080





Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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:

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

Dove:

h_i spessore dell'i-esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Profondità piano di posa [m]	0.00
$V_{s,eq}$ [m/sec] (H=1.01 m)	>800.00
Categoria del suolo	A

Categorie	Descrizione
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.
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.
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.
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.
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.

Elaborazione Indagine MASW_2 (M2)

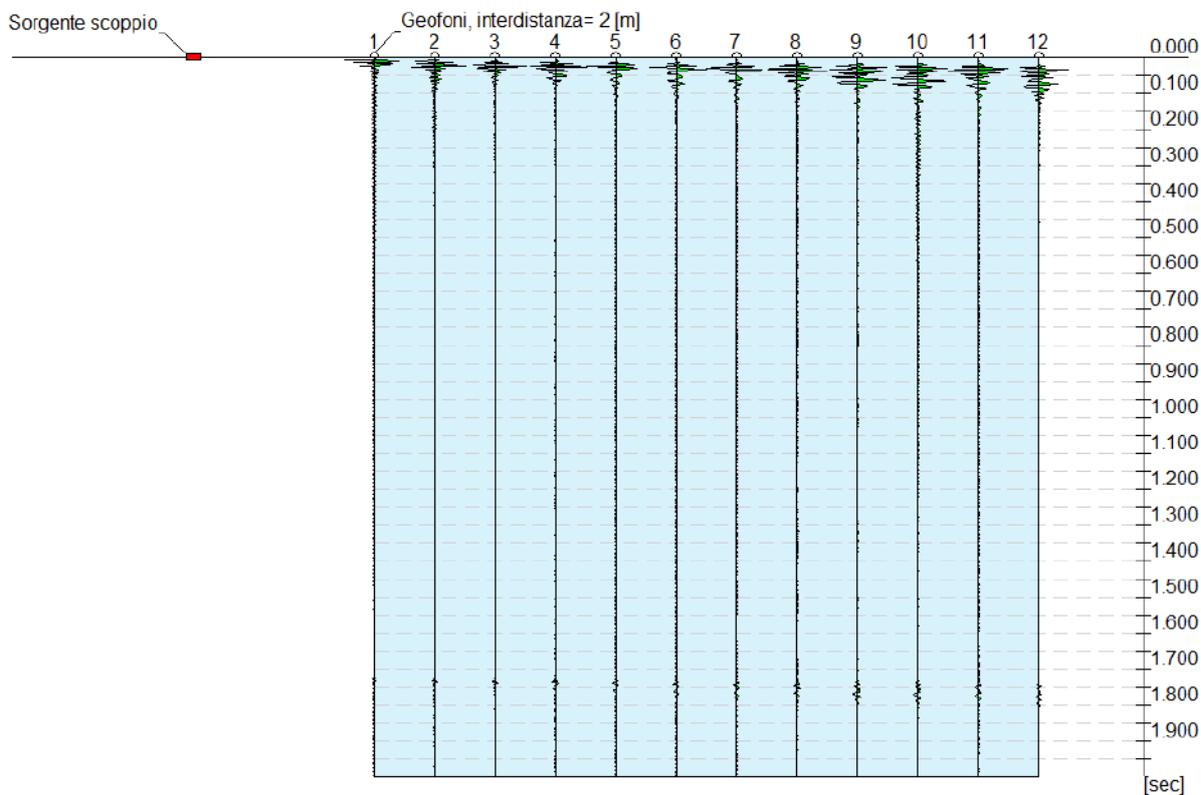
Dati generali

Coordinate WGS 84

Latitudine | 37.204953
Longitudine | 14.827974

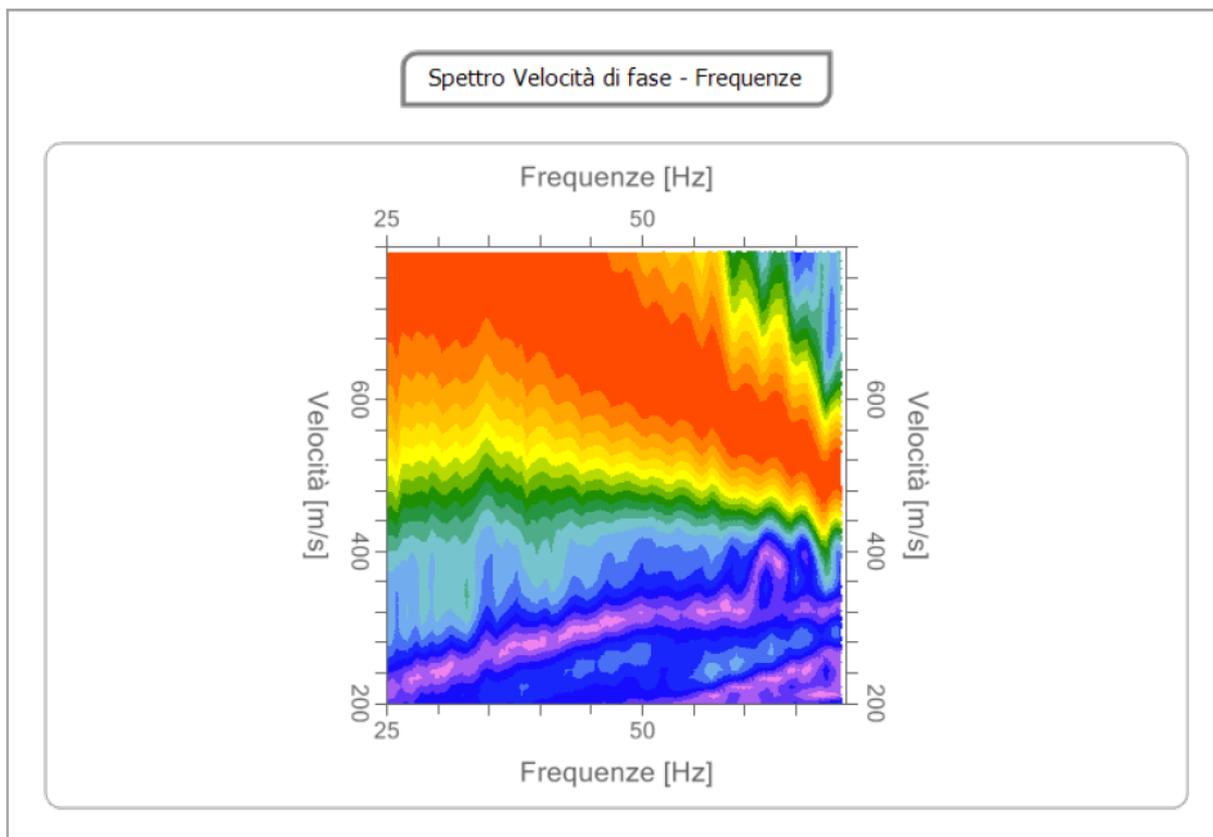
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

Interpretazione



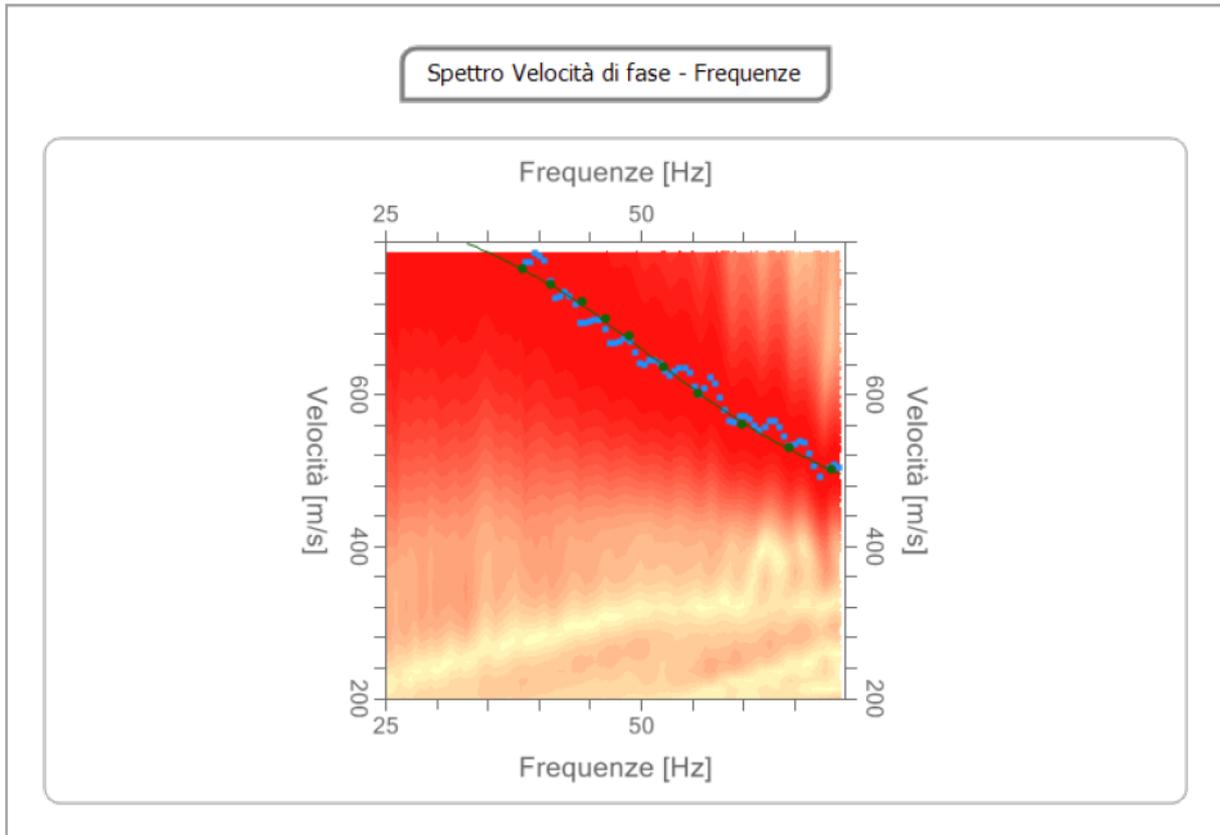
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	25
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	70
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	200
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	38.4	764.8	0
2	41.2	745.1	0
3	44.2	723.1	0
4	46.5	698.9	0
5	48.8	676.9	0
6	52.2	635.2	0
7	55.7	602.2	0
8	59.9	560.4	0
9	64.5	529.7	0
10	68.6	501.1	0

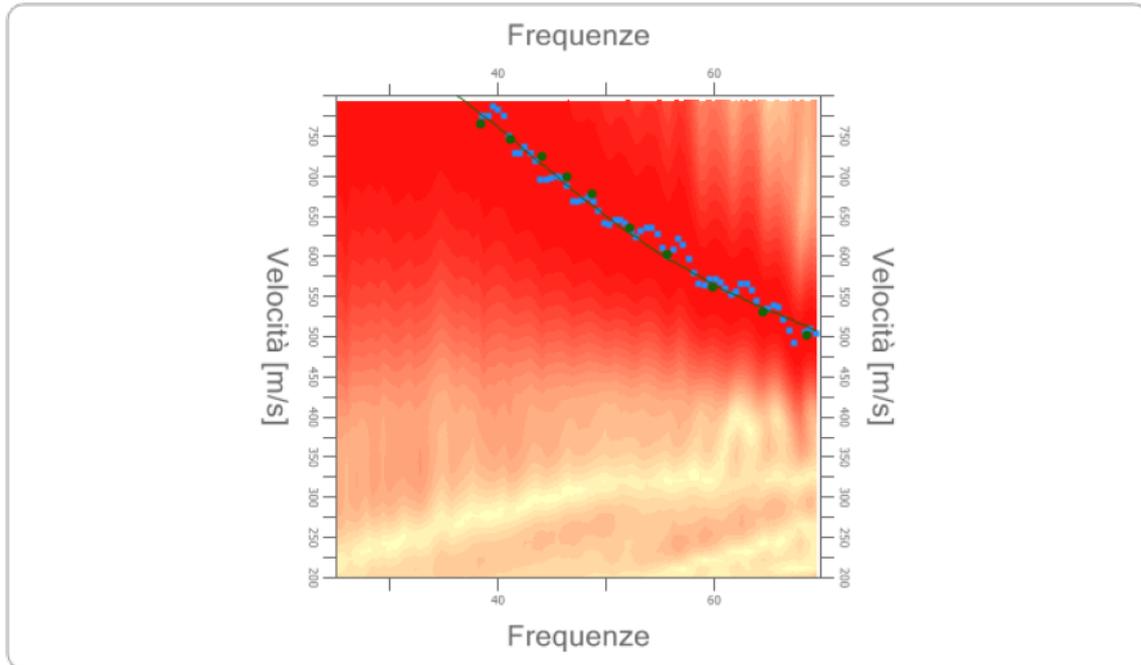


Inversione

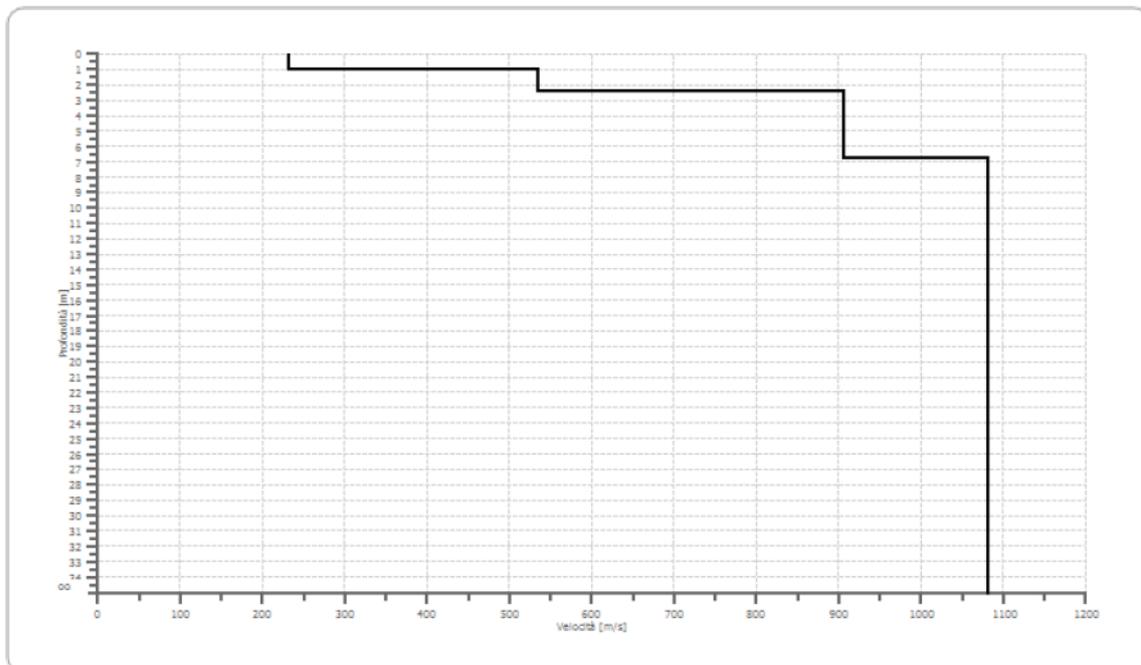
n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	1.01	1.01	433.6	231.8
2	2.38	1.37	1001.0	535.0
3	6.74	4.35	1693.4	905.1
4	35.00	28.26	2022.2	1080.9

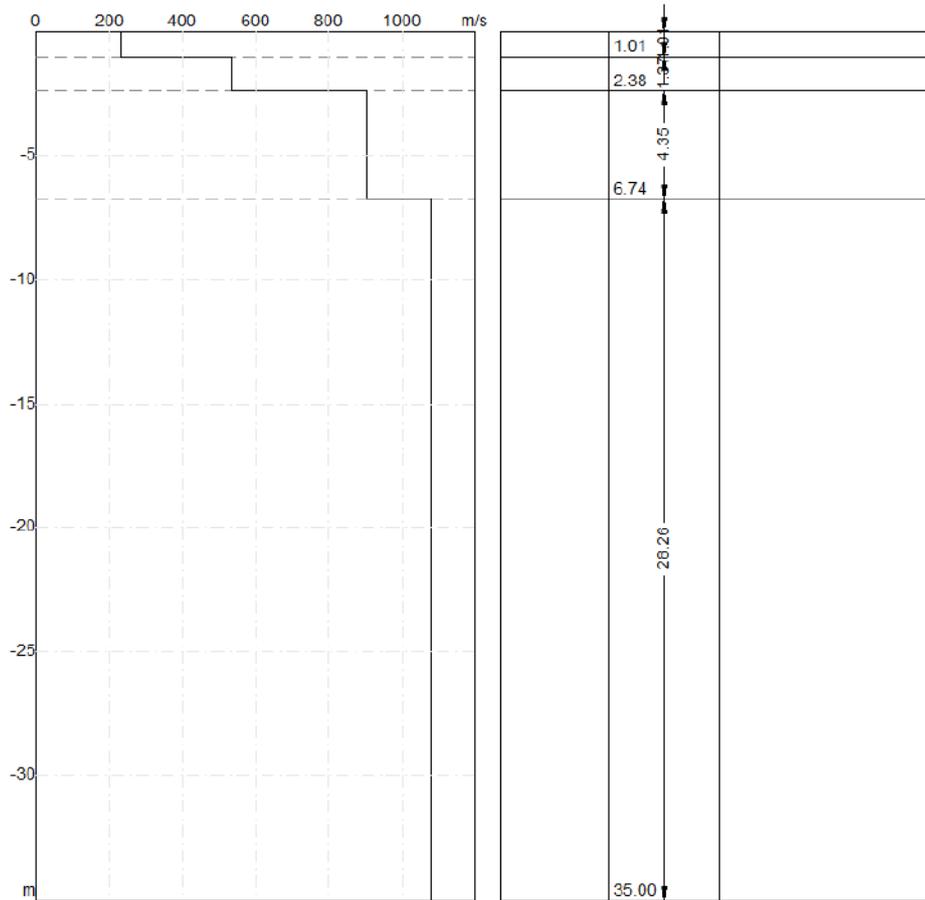
Percentuale di errore 0.019 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.014

Inversione



Profilo di velocità





Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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:

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

Dove:

- h_i spessore dell'i-esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell'i-esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Profondità piano di posa [m]	0.00
$V_{S,eq}$ [m/sec] (H=2.38 m)	>800.00
Categoria del suolo	A

Categorie	Descrizione
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.
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.
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.
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.
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.

Elaborazione Indagine MASW_3 (M3)

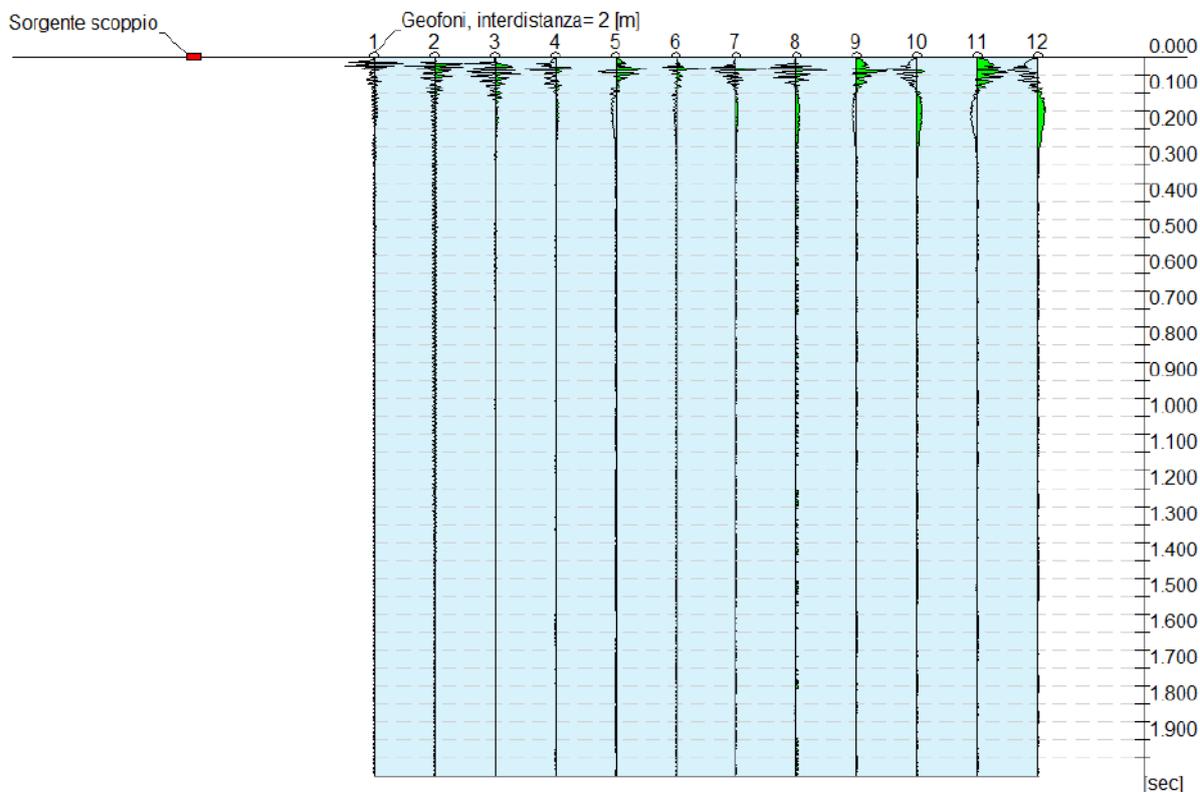
Dati generali

Coordinate WGS 84

Latitudine | 37.201641
Longitudine | 14.828134

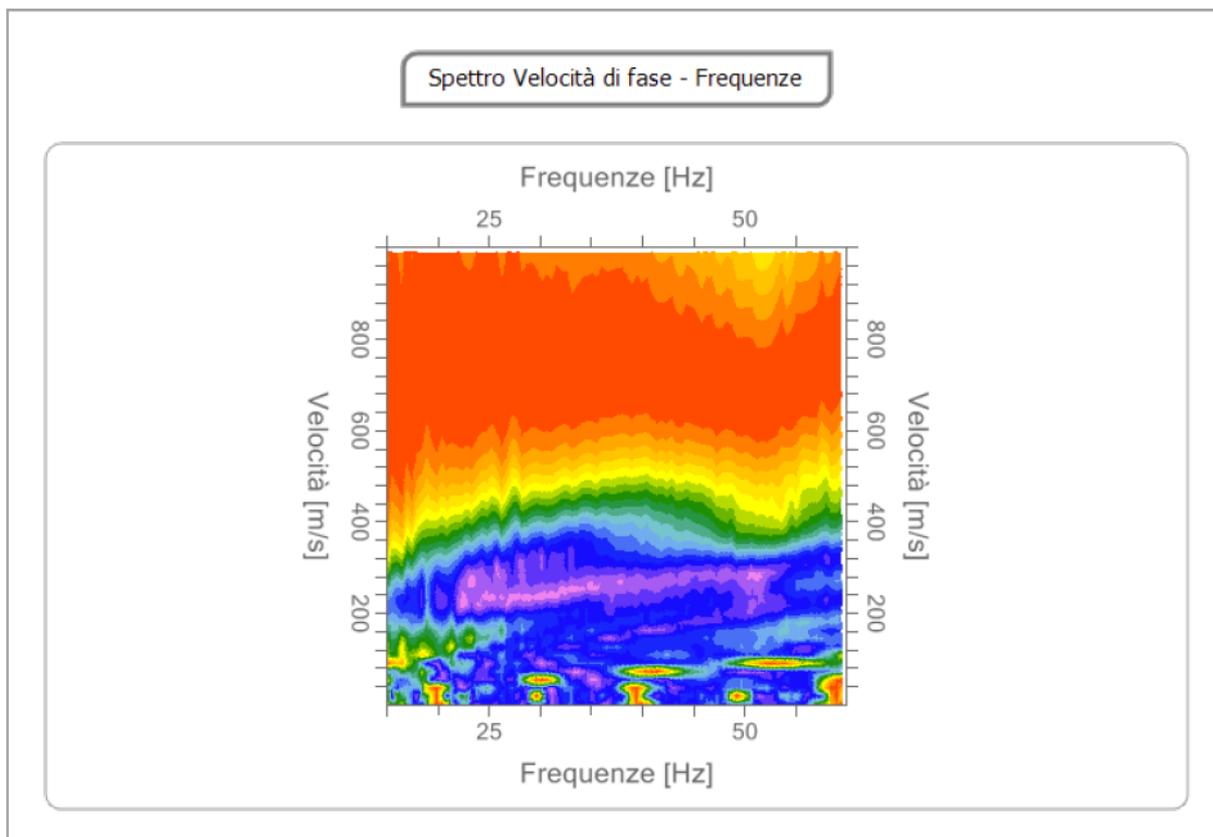
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

Interpretazione



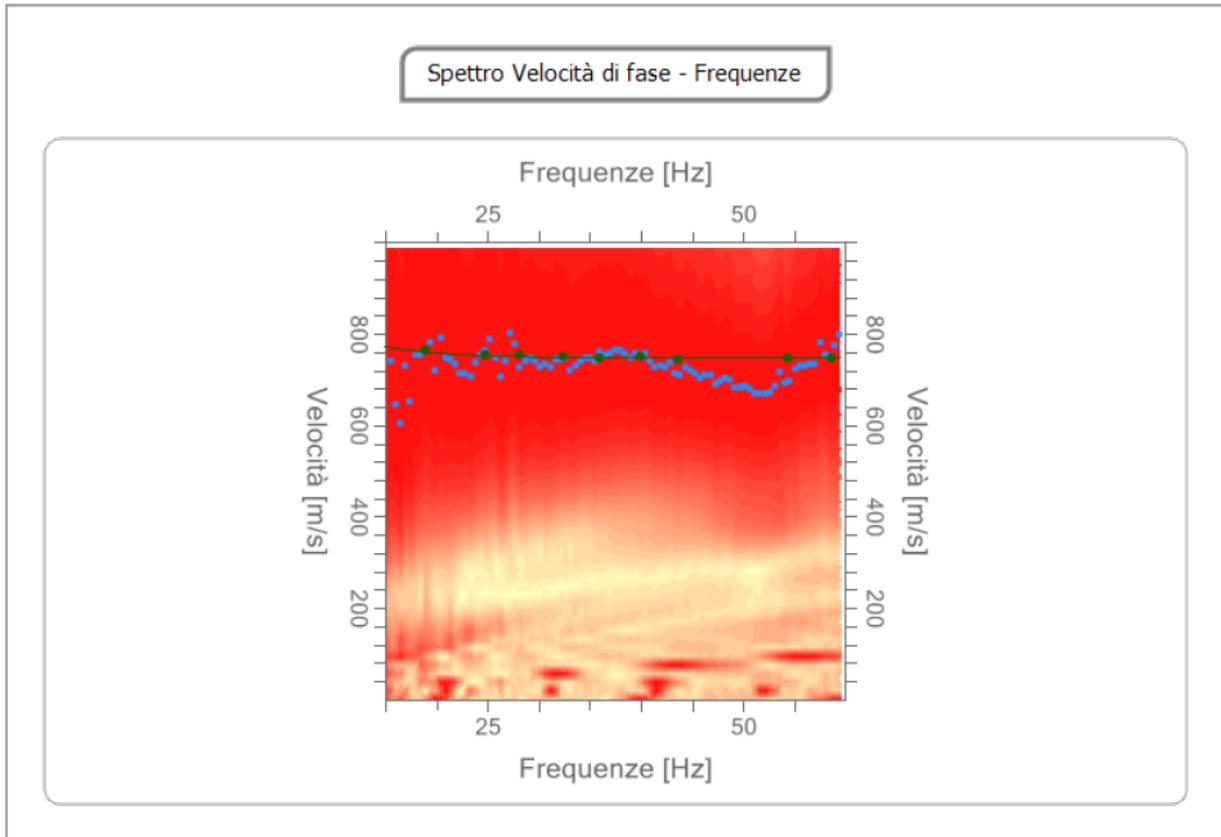
Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	15
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	1000
Intervallo velocità [m/sec]	1



Curva di dispersione

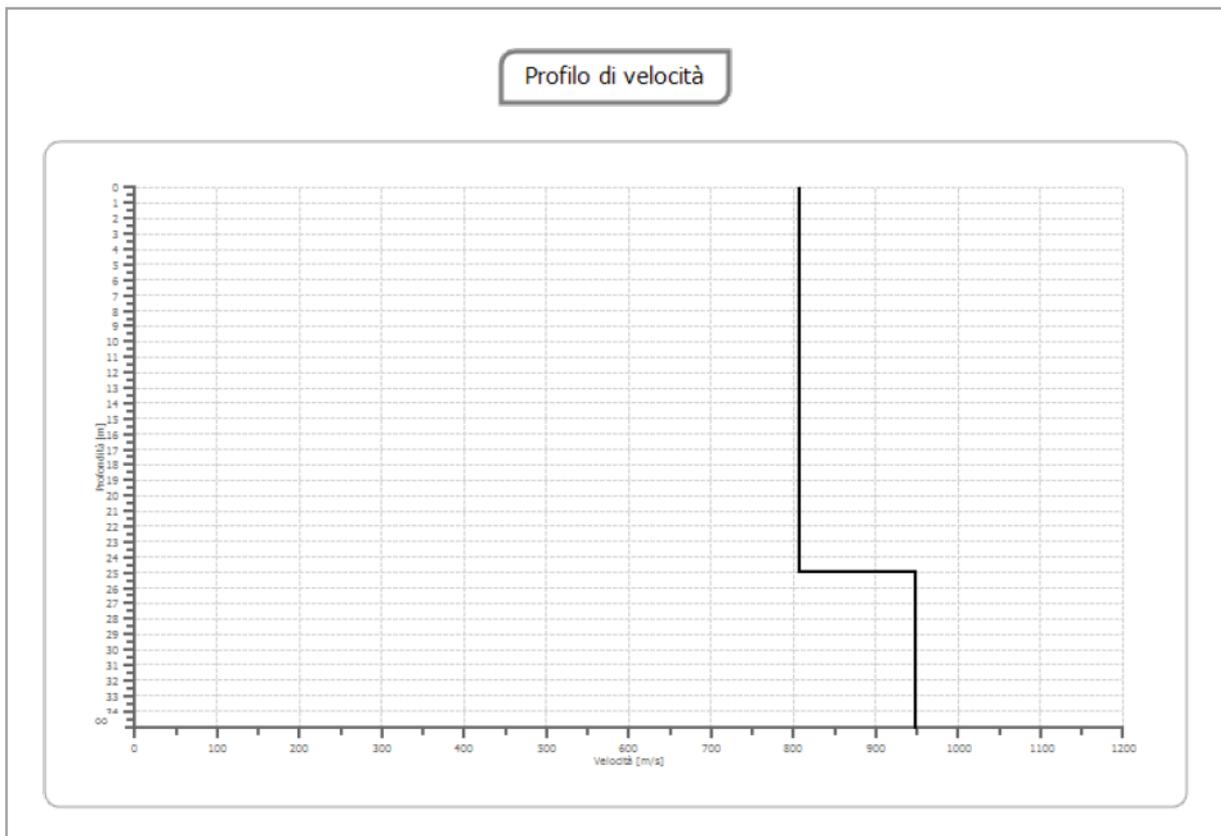
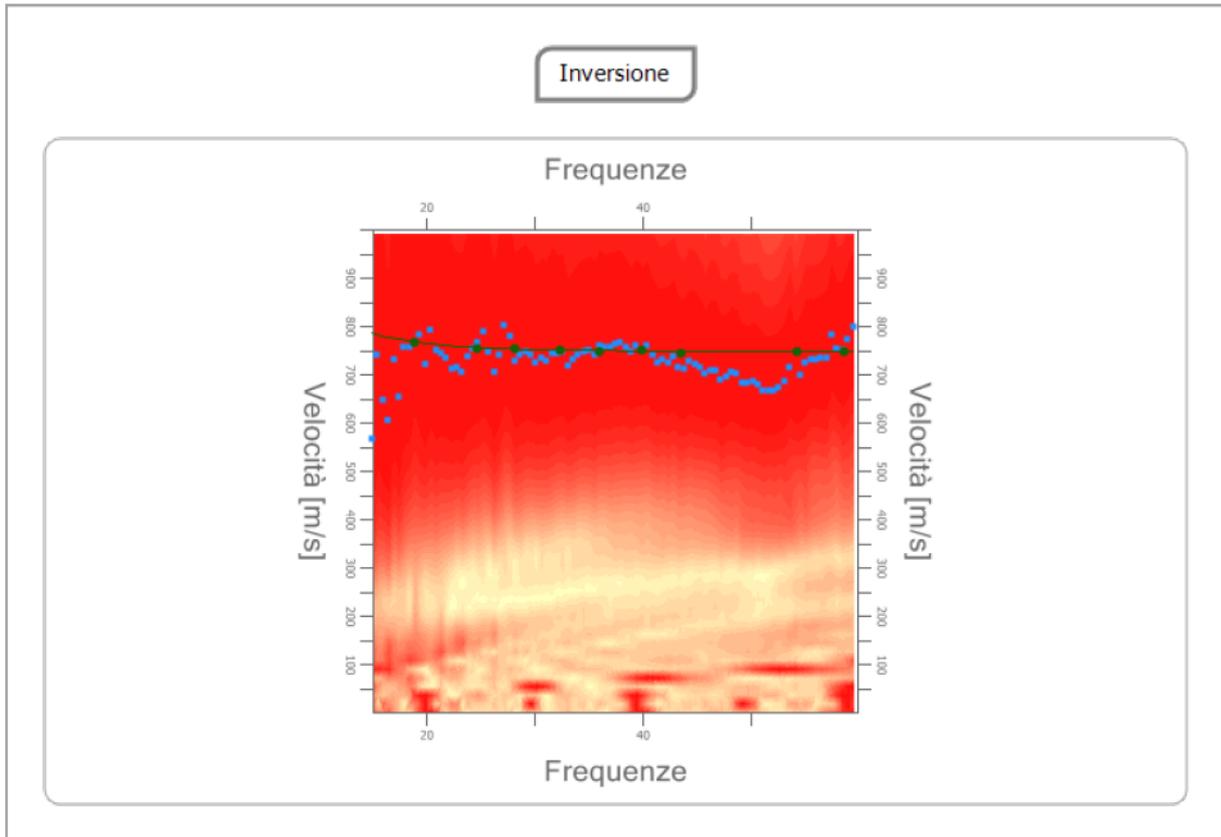
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	18.9	765.8	0
2	24.7	754.8	0
3	28.1	754.8	0
4	32.4	751.2	0
5	36.0	747.5	0
6	39.9	751.2	0
7	43.5	743.8	0
8	54.3	747.5	0
9	58.6	747.5	0

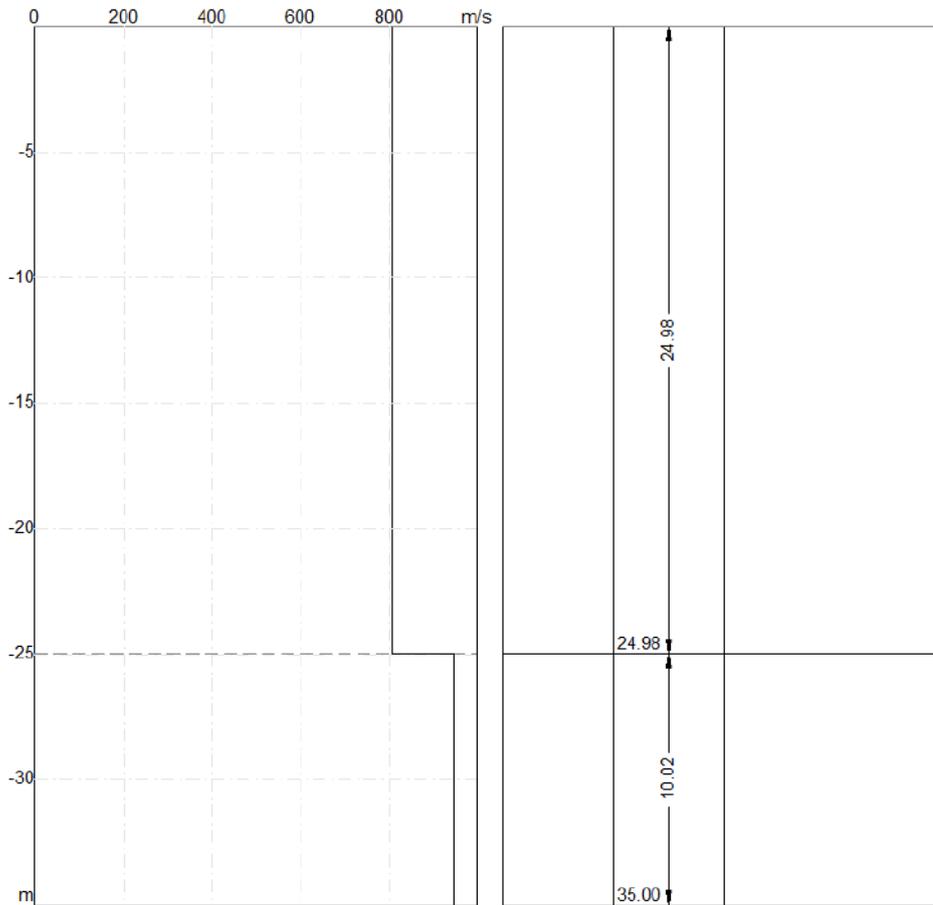


Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	24.98	24.98	1508.7	806.4
2	35.00	10.02	1771.1	946.7

Percentuale di errore 0.001 %
 Fattore di disadattamento della soluzione 0.003





Risultati e Caratterizzazione del sottosuolo

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:

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

Dove:

h_i spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N numero di strati;

H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Profondità piano di posa [m]	0.00
$V_{S,eq}$ [m/sec] ($H=0.00$ m)	>800.00
Categoria del suolo	A

Categorie	Descrizione
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.
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.
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.
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.
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.

Repertorio fotografico ed ubicazione delle indagini



Foto prova DPM_1 (P1)



Foto prova DPM_2 (P2)



Foto prova Masw_1 (M1)



Foto prova Masw_2 (M2)



Foto prova Masw_3 (M3)

Montalto Uffugo (CS), 17-02-2021

Il tecnico
Antonio Masw

