



# CITTA' DI VILLALBA

REGIONE SICILIA

## IMPIANTO AGROVOLTAICO "VILLALBA"

della potenza di 40,00 MW in immissione e 41,12 MW in DC

### PROGETTO DEFINITIVO

COMMITTENTE:



**Theia srl**

THEIA s.r.l.  
Via V. Gioberti, 11  
76123 Andria (BT)  
P.IVA: 08422280720  
Tel: +39 0883 553714  
Email pec: theia\_srl@pec.it

PROGETTAZIONE:



TÈKNE 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:

Dott. Ing. Renato Pertuso  
(Direttore Tecnico)

LEGALE RAPPRESENTANTE:

dott. Renato Mansi

IL CONSULENTE:

DOTT. GEOL. EUGENIO MARTIRE



# PD

PROGETTO DEFINITIVO

### STUDIO GEOLOGICO GEOTECNICO GEOMORFOLOGICO E INDAGINI SISMICHE

Tavola: **RE02.2**

Filename:

TKA616-PD-RE02.2-Relazione geologica-R0.doc

Data 1°emissione:

Dicembre 2021

Redatto:

E. MARTIRE

Verificato:

G. PERTOSO

Approvato:

R. PERTUSO

Scala:

Protocollo Tekne:

n° revisione	1			
	2			
	3			
	4			

TKA616

## INDICE

---

PREMESSA.....	2
INQUADRAMENTO GEOGRAFICO .....	4
INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE .....	5
CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE .....	6
CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE .....	7
CARATTERISTICHE IDROLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE.....	9
INQUADRAMENTO P. A. I. E VINCOLO IDROGEOLOGICO .....	12
MODELLO GEOLOGICO .....	14
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA .....	15
SISMICITA' DELL'AREA .....	16
Normativa sismica.....	17
Scenari di pericolosità sismica locale ed effetti di sito.....	20
VERIFICA DI STABILITA' DEL PENDIO.....	24
POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE .....	24
CONCLUSIONI .....	26

### *Allegati:*

- ✓ Carta del PAI - scala 1:10.000
- ✓ Report sulle indagini

## ELABORATI CARTOGRAFICI

---

- ✓ Carta Geologica - scala 1:10.000
- ✓ Sezioni Geologiche - scala 1:6.000
- ✓ Carta Tecnica Regionale - scala 1:10.000
- ✓ Carta Geomorfologica - scala 1:10.000
- ✓ Carta Idrogeologica - scala 1:10.000

## **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 agro-voltaico denominato "Villalba" nel territorio del Comune di Villalba (CL)"**.

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 Villalba, in Provincia di Caltanissetta (CL). Villalba vanta una popolazione di quasi 1500 abitanti del libero consorzio comunale di Caltanissetta in Sicilia.

Il futuro impianto agro-voltaico sarà ubicato in un contesto pianeggiante a sud-est del Comune di Villalba in un terreno ricadente tra la Strada Provinciale SP30 ed il Torrente Belici. L'intera area di progetto è catastalmente individuata nel Foglio di mappa n° 58 con p.lle 199, 205, 52, 64, 6, 10, 11, 30, 51, 70, 72, 78, 213, 216, 103, 48.

L'area di progetto è facilmente raggiungibile dal Comune di Villalba, attraverso le strade provinciali SP16 ed SP30. La superficie lorda dell'area di intervento è di circa ettari 58,00. L'area oggetto di realizzazione del parco fotovoltaico si trova ad un'altitudine media di m 400 s.l.m. e le coordinate geografiche, nel sistema WGS84 sono nell'intorno delle seguenti coordinate:

- latitudine: 37°37'21.69" N
- longitudine: 13°53'10.77" E

L'impianto è costituito da diversi lotti adiacenti tra loro, così come rappresentati nell'elaborato grafico AR05, e da un punto di vista urbanistico, l'area di progetto del parco agro-voltaico ricade in zona E Agricola, così come definita dal piano regolatore vigente, caratterizzata da terreni attualmente incolti destinati al pascolo.



**Fig. 1 - Ubicazione di Villalba su scala nazionale**

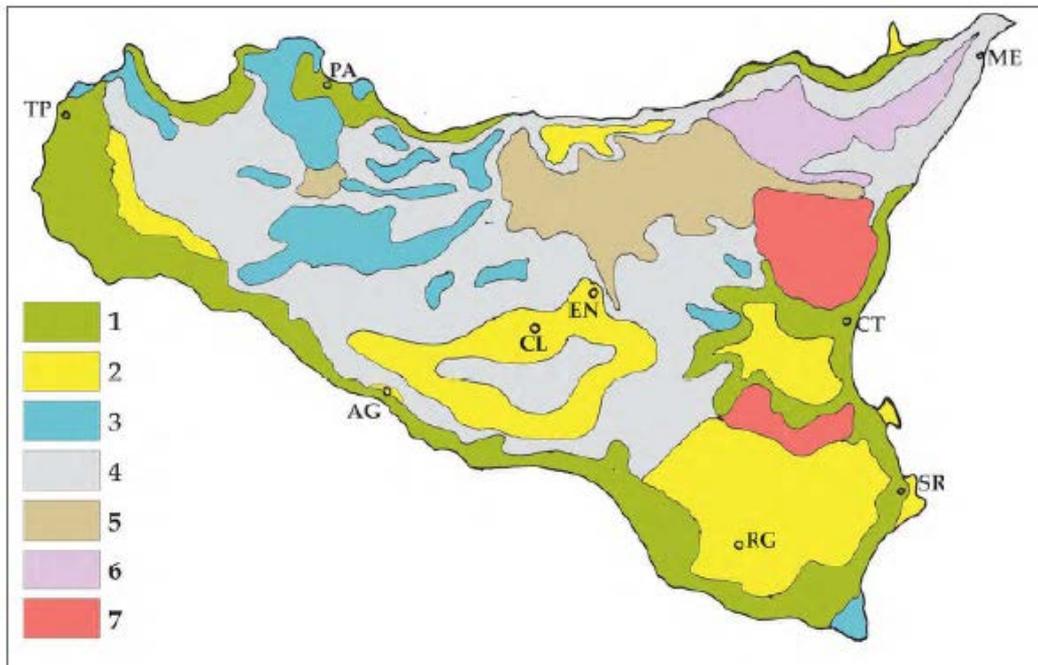
Da un punto di vista cartografico, il sito d'intervento è rappresentato nella cartografia della Regione Sicilia, con Carta Tecnica Regionale nella sezione n° 621150 "Polizzello" in scala 1:10.000 e nella cartografia geologica "Carta geologica d'Italia" redatta in scala 1:100.000 dal foglio n° 267 chiamato Canicattì. L'area si articola a una quota altimetrica che va da circa 490 a 330 m s.l.m. che rappresentano rispettivamente il punto più a monte e più a valle dei recinti degli impianti. Una più precisa individuazione dell'area d'intervento può essere desunta dal corpus cartografico allegato alla presente.

## **INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE**

---

L'area in esame ricadente nel Foglio 267 "Canicattì" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), è ubicata nella zona meridionale del bacino di Caltanissetta, caratterizzato da un accumulo di sedimenti di età compresa tra il Miocene e il Quaternario. La sua evoluzione tettonico-sedimentaria è stata studiata nel dettaglio in relazione anche alla variazione del livello eustatico messiniano del Mar Mediterraneo (Catalano et alii, 2013). Tale bacino è stato inoltre oggetto d'interesse per la presenza di depositi evaporitici sfruttabili economicamente. I suddetti depositi neogenico-quadernari appartengono all'avanfossa siciliana (Nigro & Renda, 2000; Grasso & Bulter, 1991) i cui sedimenti sono distribuiti lungo fasce isopiche che caratterizzano l'andamento del vecchio margine esterno e delle zone depocentrali del bacino di sedimentazione, ricoprendo la catena magrebide-appenninica, caratterizzata da pieghe e thrust Sud vergenti (Figura 2.1.1). Il fronte della catena ("Gela frontal thrust") coincide con il limite Sud-orientale del bacino di Caltanissetta, mentre il plateau dei Monti Iblei rappresenta la zona di avampaese. Verso N-NE il bacino è delimitato da unità tettoniche più interne della catena e geometricamente più elevate: Unità Peloritane e Sicilidi. Queste ultime sovrascorrono sulle più esterne unità siculo-magrebidi, che affiorano estesamente nella Sicilia centro-occidentale. Il sito di intervento è caratterizzato in affioramento da depositi arenacei più o meno cementati e da depositi argillosi entrambi di età Miocenica.

In generale questo contesto abbraccia gran parte della Sicilia centro/occidentale; la natura geologica dei luoghi, oggetto di studio, consente agli agenti atmosferici una modellazione grossomodo uniforme del paesaggio con la formazione di colline dalle forme dolci e arrotondate.



Distribuzione morfo-altimetrica. 1: pianure calcarenitiche costiere; 2: altipiani calcarenitici; 3: monti a calcarei; 4: colline argillose con spuntioni di gessi nelle zone centrali ed occidentali; 5: monti e colline mamosarenacee; 6: monti a metamorfiti; 7: monti e colline vulcaniche.

Fig. 2 – Lo schema in figura rapporta il contesto morfo-altimetrico con la natura geologica dei luoghi, per quanto concerne la regione Sicilia.

## CARATTERISTICHE GEOLITOLOGICHE

In dettaglio, nel sito esaminato si rinvencono n° 3 litologie differenti: si tratta in parte di depositi sedimentari miocenici e in parte di depositi fluviali del quaternario, in particolare:

- **a**: Alluvioni fluviali. Sabbie, ghiaie ed argille (*Età Quaternario*)
- **m<sub>3</sub>**: Argille sabbiose con gesso e lenti di salgemma (*Età Miocene*)
- **m<sub>3a</sub>**: Arenarie più o meno cementate, associate a **m<sub>3</sub>** (*Età Miocene*)

Per meglio comprendere gli spessori delle coperture, rinvenuti sui diversi lotti di terreno esaminati, sono state prodotte n° 2 sezioni Geo-litologiche in scala 1:6.000 in cui si evidenziano gli importanti spessori dei terreni in loco.

All'interno del sito, in corrispondenza dei punti in cui sono riportate in affioramento le *Arenarie più o meno cementate*, è possibile imbattersi in dei clasti sparsi lungo i versanti derivanti dalla

disgregazione di lembi più cementati di arenarie causata sia dall'azione naturale di erosione che da attività antropica.



Fig. 3. All'interno del sito in esame è possibile imbattersi in clasti derivanti dalla disgregazione di livelli più cementati di arenarie.

In generale, da un punto di vista geologico, il sito si presenta molto omogeneo; le prove dpm sono state spinte fino a circa 5 m di profondità dal piano campagna, mantenendo grossomodo un numero di "colpi" non elevato a testimonianza della natura *molle* dei terreni affioranti.

Anche analizzando gli spettri delle prove M.A.S.W. effettuate, è evidente di come ci sia un'omogeneità del terreno per i primi 5/6 m a partire dal piano campagna.

## CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

---

Geomorfologicamente l'area oggetto di studio si presenta collinare con pendenze dolci ( $7^\circ$  circa) e mai superiori ai  $15^\circ$  con conseguente classificazione topografica del terreno: **T1**.

Le quote altimetriche variano da 460 a 330 m circa s.l.m. facendo parte di un versante che degrada dolcemente verso sud-est fino al fondovalle rappresentato dal letto del *Torrente Belici* che è ubicato a soli 150 m di distanza dai recinti dei pannelli fotovoltaici.

Partendo dall'area impianti, il versante oggetto di studio si estende verso nord/ovest per circa 3,3 km fino al raggiungimento di quote altimetriche di poco superiori agli 800 m s.l.m..

L'asse dell'area impianti a maggior pendenza è quello nord/ovest – sud/est con una perdita di circa 140 m di quota in circa 1120 m lineari; la pendenza media calcolata è di 7°. Questa pendenza in genere è favorevole alla stabilità dei pendii; tuttavia, in considerazione della natura dei terreni in loco, si consiglia di effettuare una corretta regimentazione delle acque meteoriche in modo da convogliarle in modo più ordinato verso valle.

Da sopralluogo effettuato non si segnalano criticità o situazione di precaria stabilità per quanto riguarda il perimetro delle recinzioni impianto. Esterna all'area impianto si segnala un piccolo movimento franoso circoscritto che interessa la copertura superficiale dei depositi sedimentari presenti in loco.



**Fig. 4 – La foto, scattata durante l'esecuzione di una prova penetrometrica dpm\_30, evidenzia la natura collinare del sito d' 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 parte in loco sulle formazioni sedimentarie in affioramento e in parte dai rilievi limitrofi.

I recinti degli impianti sono lambiti da piccoli fossi di scolo delle acque piovane che trovano alimentazione sono a seguito di eventi meteorici; più a valle, invece, scorre il *Torrente Belici* che presenta le classiche caratteristiche dei piccoli Torrenti del Sud Italia con lunghi periodi di secca che si protraggono per tutta la stagione estiva intervallata da periodi di afflussi idrici dettati principalmente da eventi meteorici verificatesi in loco o sui versanti limitrofi.

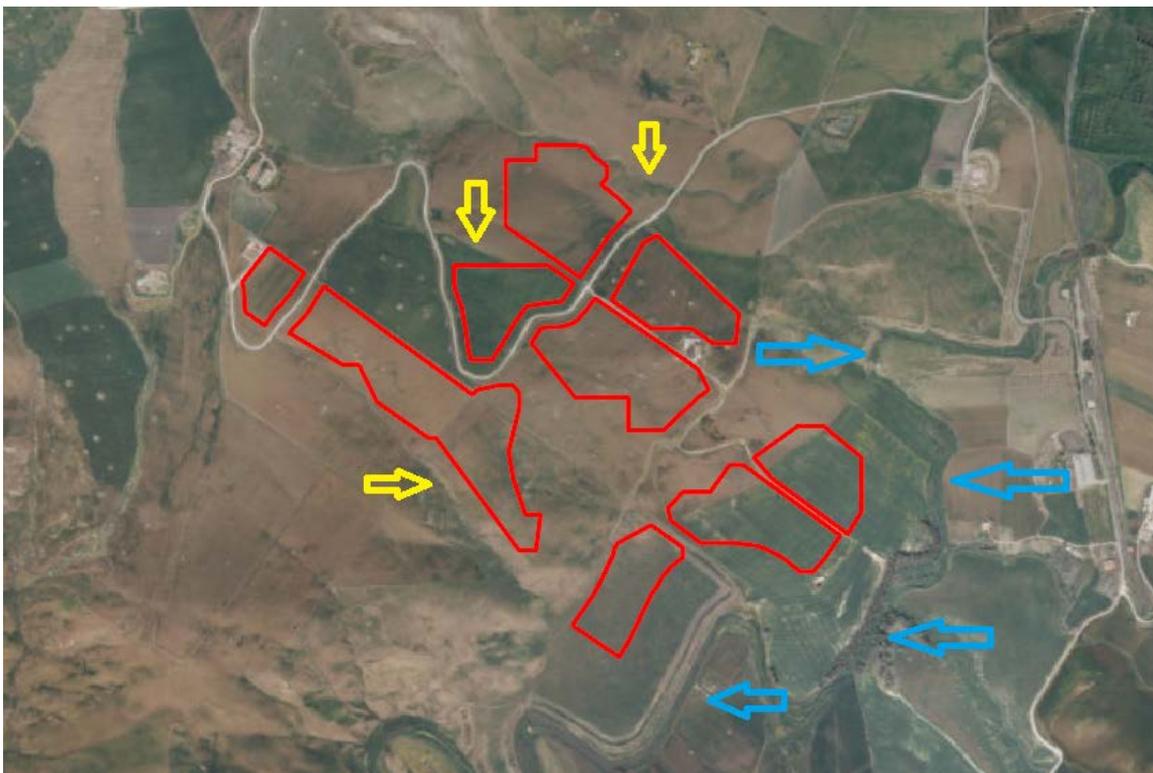


Fig. 5 – L'immagine mostra i perimetri delle recinzioni (poligoni rossi) su base ortofoto; le frecce gialle evidenziano la presenza di piccoli fossi e canali di scolo delle acque meteoriche, le frecce azzurre indicano il Torrente Belici.

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 seguenti due litologie:

- **a**: Alluvioni fluviali. Sabbie, ghiaie ed argille
- **m<sub>3a</sub>**: Arenarie più o meno cementate, associate a **m<sub>3</sub>**.

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 **m<sub>3</sub>**: *Argille sabbiose con gesso e lenti di salgemma*.

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#](http://sgi2.isprambiente.it/viewersgi2/?resource=wms%3Ahttp%3A//sgi2.isprambiente.it/arcgis/services/servizi/indagini464/MapServer/WMSserver%3Frequest%3DGetCapabilities%26service%3DWMS&title=ITA%20Indagini%20sottosuolo464#), in cui sono riportati i dati di vari pozzi eseguiti su territorio nazionale.

Dalla consultazione del portale, non si rileva la presenza di un pozzo nelle immediate vicinanze del sito, il pozzo più vicino è a oltre 10 km di distanza.

In tutto il territorio nazionale e in particolar modo in aree urbanizzate e/o devote all'agricoltura si ricorre all'utilizzo di pozzi per la captazione delle acque; la mancanza di un pozzo nelle vicinanze del sito in esame, generalmente indica **la mancanza di una falda freatica nei primi 100 m di profondità dal piano campagna**.

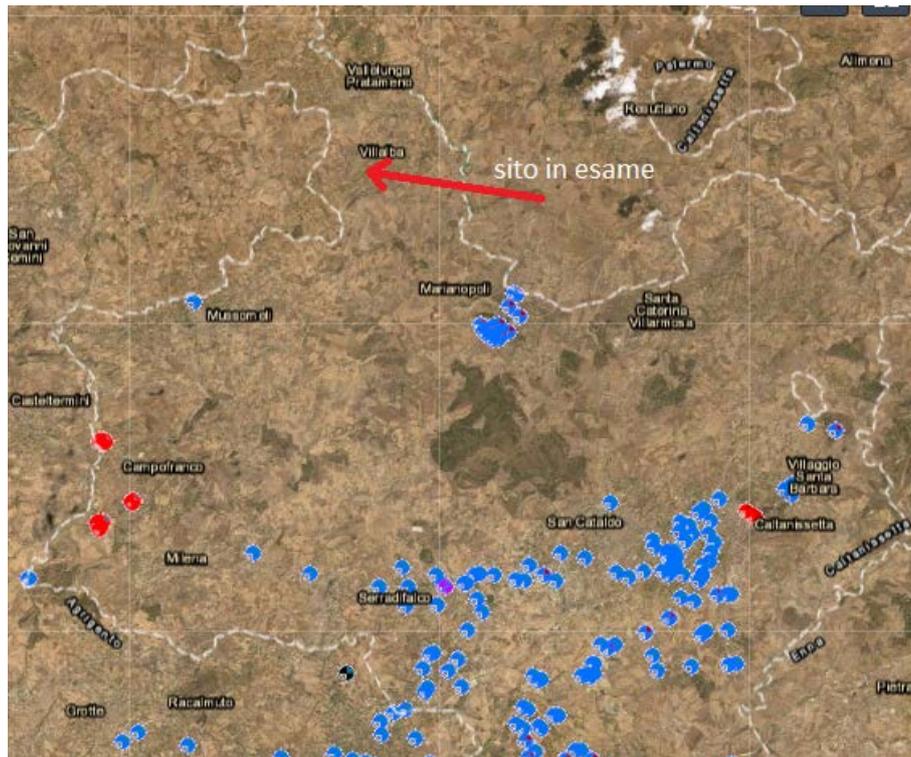


Fig. 6 - La figura indica l'ubicazione dei pozzi (punti azzurri) nelle aree limitrofe al sito d'intervento; Il pozzo più vicino si trova nei pressi del Comune di Mussomeli a oltre 10 km di distanza dal sito in esame (freccia rossa)

Per quanto riguarda la piovosità, nella provincia di Caltanissetta gli apporti maggiori derivano da correnti orientali e non sono rari gli eventi alluvionali. La pluviometria cresce procedendo dalla costa verso l'entroterra, 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. La piovosità media provinciale è di 486 mm.

## **INQUADRAMENTO P.A.I. E VINCOLO IDROGEOLOGICO**

---

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.

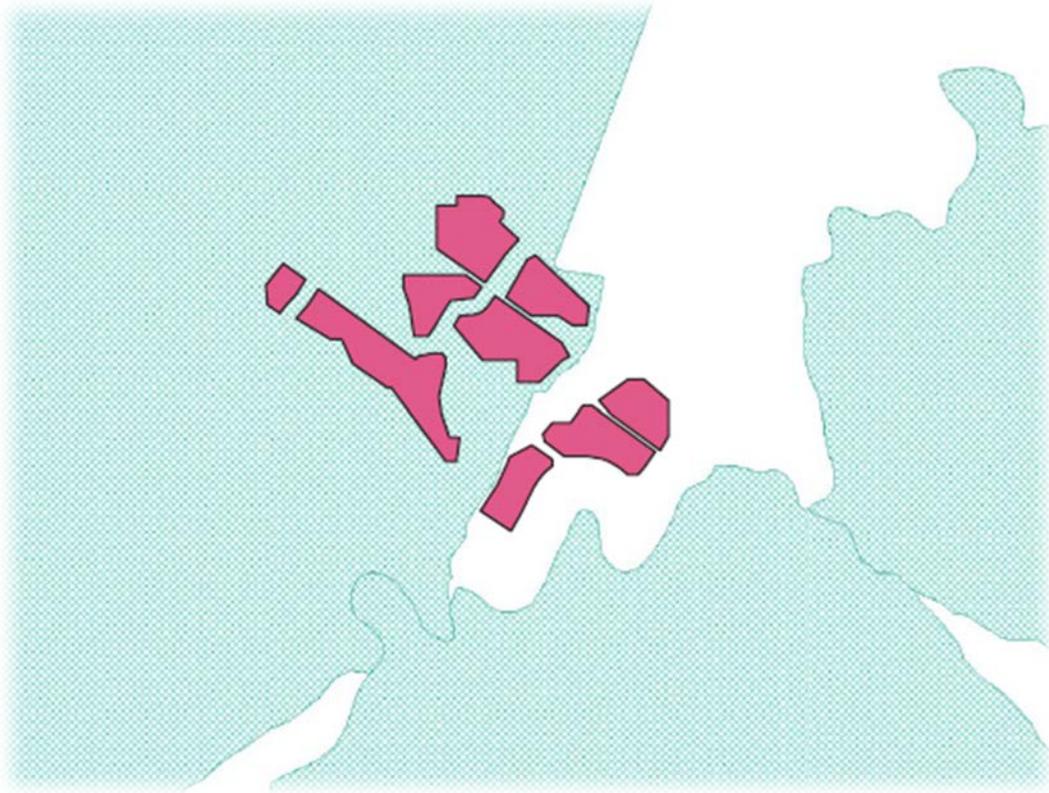
Il P.A.I. ha sostanzialmente tre funzioni:

- 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 per quanto riguarda il perimetro delle recinzioni impianto. Esterna all'area impianto si segnala un piccolo movimento franoso circoscritto che interessa la copertura superficiale dei depositi sedimentari presenti in loco.

Si consiglia, di monitorare l'eventuale evolversi di questo movimento franoso e di limitarne gli effetti e la possibile evoluzione, mettendo in opera sul terreno una corretta regimentazione delle acque superficiali.

In riferimento al Vincolo Idrogeologico, si evidenzia che parte delle aree di progetto interferiscono con la perimetrazione del suddetto **vincolo idrogeologico ai sensi del Regio Decreto 30 dicembre 1923 n. 3267.**



**Fig.7 - Sovrapposizione aree in progetto sulla carta di delimitazione del Vincolo Idrogeologico di cui al RD 30 dicembre 1923 n. 3267**

Fermo restante la caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica contenuta nella presente, vista la parziale interferenza con l'area vincolata, sarà predisposta regolare istanza di svincolo presso l'Ente competente.

## MODELLO GEOLOGICO

---

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

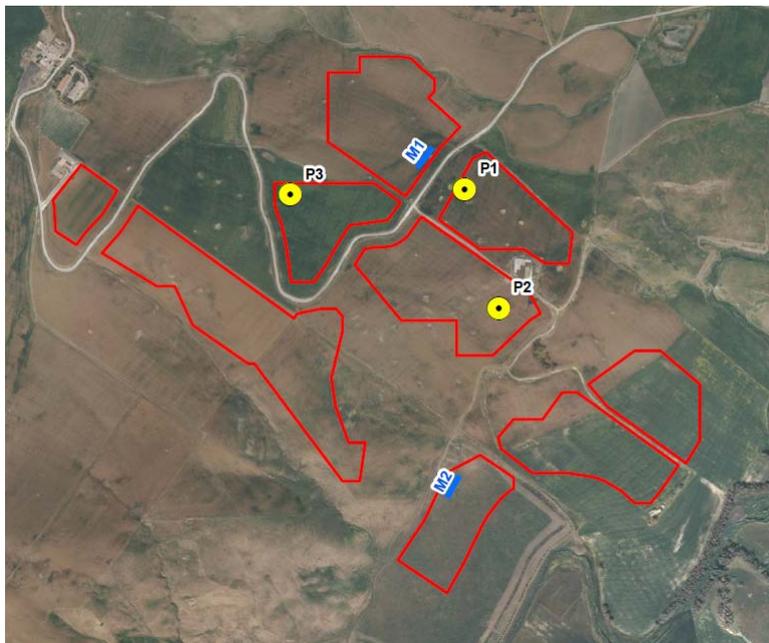


Fig. 8 – Ubicazione prove in situ, su base ortofoto

Le prove effettuate hanno restituito risultati simili: le prove penetrometriche (in particolar modo la **P1**) evidenziano di come il primo metro di terreno abbia caratteristiche geo-tecniche decisamente scadenti e i parametri vadano migliorando man mano che si scende di profondità dal piano campagna.

La prova **P3**, effettuata più a monte, in realtà porta un miglioramento delle caratteristiche geotecniche già a partire da 60 cm di profondità dal piano campagna e la prova **P2** lo porta a partire da 70 cm ma per uniformità nel modello geologico viene considerato di 1 m lo spessore della copertura.

Le prove sismiche di tipo M.a.s.w. M1 ed M2 evidenziano di come le velocità  $V_s$  nei primi metri a partire dal piano campagna siano basse ( $V_s < 200$  m/s) a testimonianza della natura poco consistente dei terreni in loco. Non vi è alcuna traccia di substrato geologico, in quanto le velocità mai raggiungono gli 800 m/s.

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 di circa 1 m;
- **Depositi sedimentari miocenici** poco consistenti, di natura arenaceo/argilloso con spessori intorno ai 5 m
- **Depositi sedimentari miocenici** mediamente consistenti, a partire da circa 6 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.

<b>Strato</b>	$\phi$ (°) <b>Picco</b>	<b>Cu (Kg/cm<sup>2</sup>)</b> <b>Picco</b>	$\gamma$ <b>(t/m<sup>3</sup>)</b>
<b>Terreno di copertura</b>	20 – 22	0,1 – 0,3	1,50 - 1,65
<b>Depositi sedimentari arenacei/argillosi poco consistenti</b>	23 - 26	0,2 – 0,4	1,65 - 1,85
<b>Depositi sedimentari arenacei/argillosi mediamente consistenti</b>	27 - 29	0,4 – 0,5	1,85 - 2,00

*N.B.* Altri parametri geotecnici derivanti dall'elaborazione delle varie prove effettuate *in situ*, sono reperibili all'interno del *Report sulle indagini* allegato alla presente relazione geologica.

## 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.

### Villalba



PlaceID	IT_67650
Coordinate (lat, lon)	37.654, 13.843
Comune (ISTAT 2015)	Villalba
Provincia	Caltanissetta
Regione	Sicilia
Numero di eventi riportati	14

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
NF	1897	05	28	22	40	02	Ionio	132	6	5.46
NF	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
NF	1907	01	21	03	41		Tirreno meridionale	32	5	4.14
5	1908	12	28	04	20	27	Stretto di Messina	772	11	7.10
3	1927	09	22	19	38	45	Valledolmo	3	4-5	3.93
NF	1940	01	15	13	19	24	Tirreno meridionale	60	7-8	5.29
5	1968	01	15	02	01	09	Valle del Belice	162	10	6.41
3	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
NF	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	105		4.38
4-5	1994	05	06	19	09	4	Sicilia centrale	68	5	4.36
NF	1995	04	11	12	06	5	Sicilia centrale	43	3-4	4.03
4	1996	12	14	00	18	4	Monti Madonie	45	5	4.27
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255		4.56

### Legenda

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

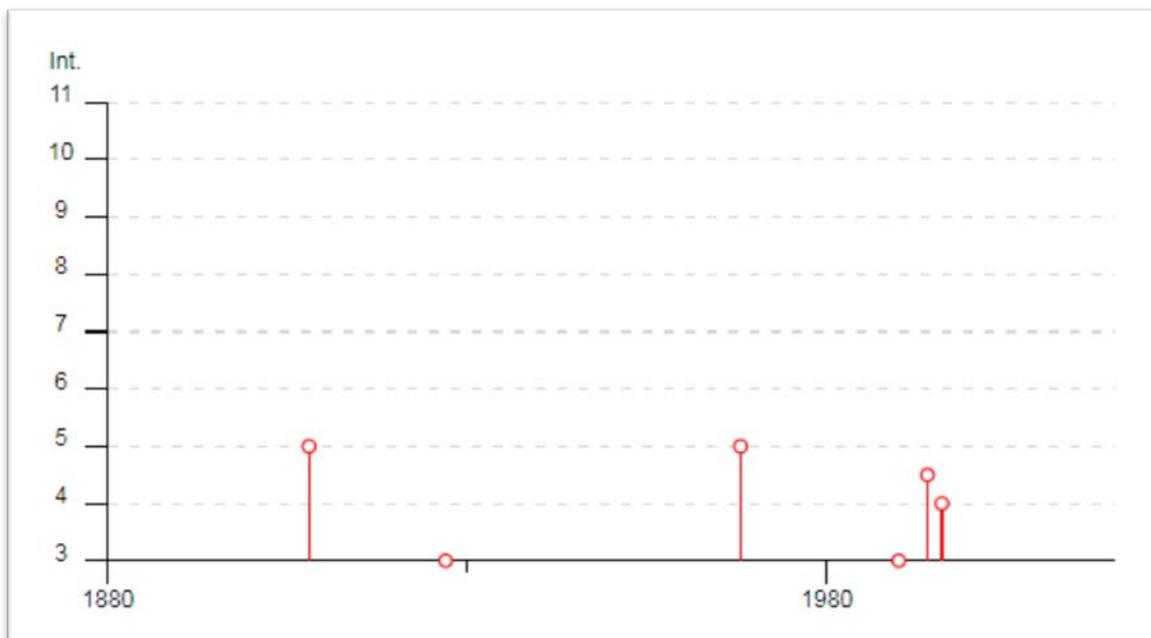


Fig. 9 - Rappresentazione grafica della storia sismica del Comune di Villalba - CL

## **NORMATIVA SISMICA**

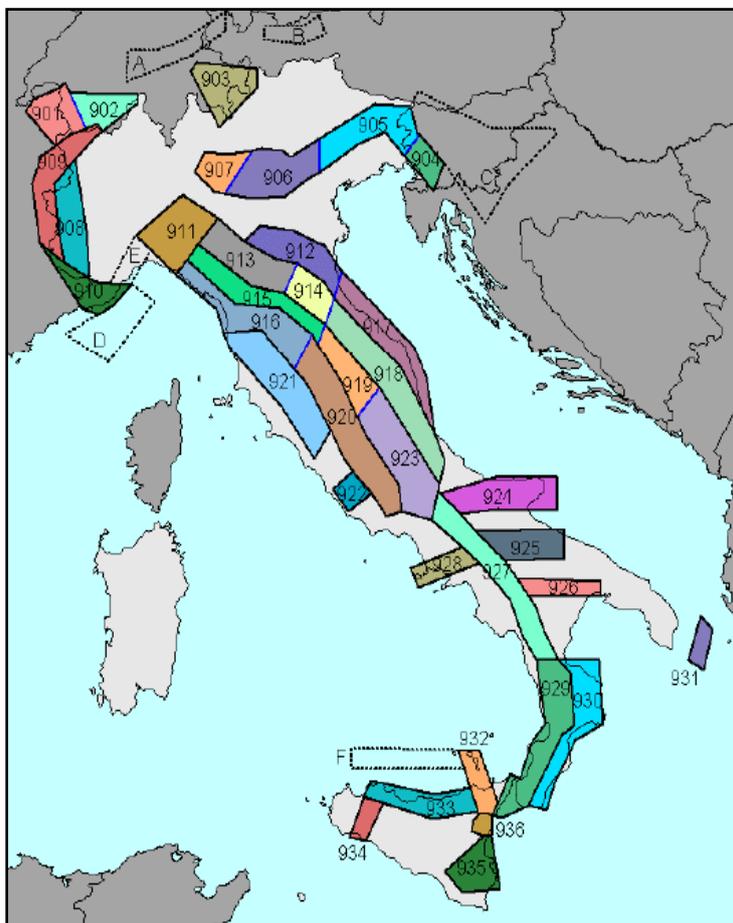
Per quanto attiene alla caratterizzazione sismica dell'area oggetto d'intervento, si fa riferimento al DM 17/01/2018, che riprende l'O.P.C.M. 3274/2003, che prevede la definizione di una pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione massima prevista su substrato di riferimento, su 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. 10 - Zonazione Sismogenetica ZS9**

Il territorio di Villalba non ricade all'interno di alcuna zona della zonazione sismogenetica ZS9.

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 Villalba che, in base alla classificazione sismica nazionale (O.P.C.M. 2003), rientra in **zona 3**.

<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>
<i>1</i>	<i>&gt; 0.25</i>	<i>0.35</i>
<i>2</i>	<i>0.15 – 0.25</i>	<i>0.25</i>
 <i>3</i>	<i>0.05 – 0.15</i>	<i>0.15</i>
<i>4</i>	<i>&lt; 0.05</i>	<i>0.05</i>

**Fig. 11 - 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 0.05 e 0.15  $ag/g$ .

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  $0.02^\circ$ , relativamente al parametro dello scuotimento rappresentato da  $ag$  (accelerazione orizzontale massima del suolo).

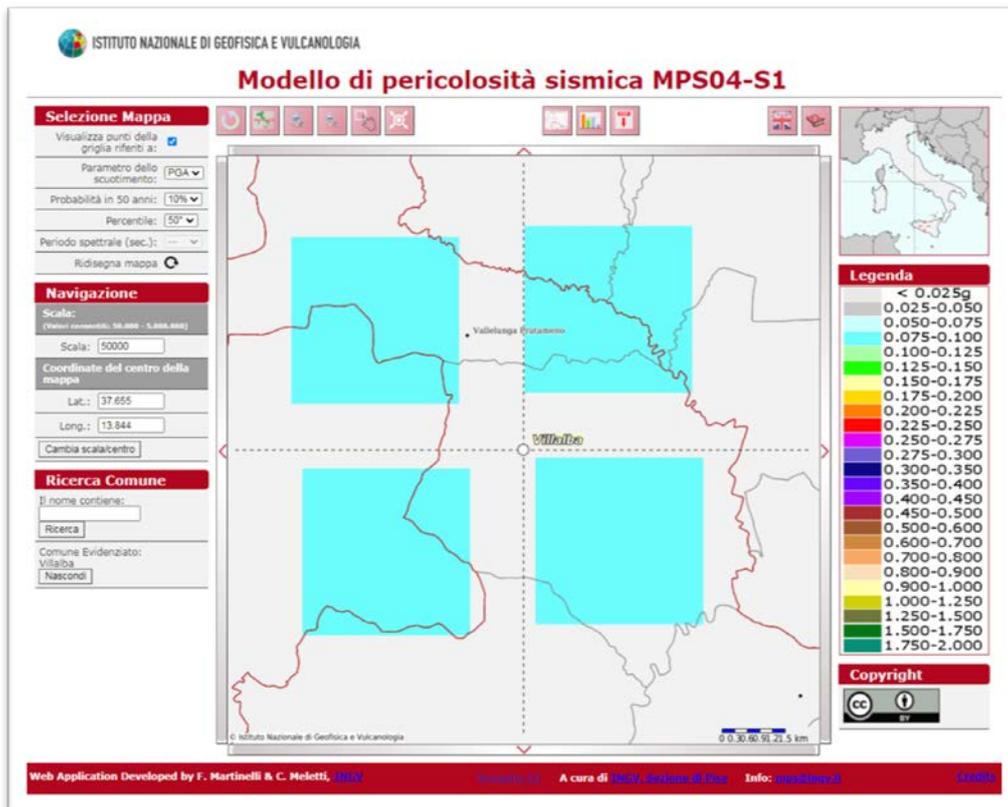


Fig. 12 - Stralcio della mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio di Villalba. I punti visualizzati si riferiscono a: parametro dello scuotimento  $a(g)$ ; probabilità di superamento del 10% in 50 anni.

## 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.

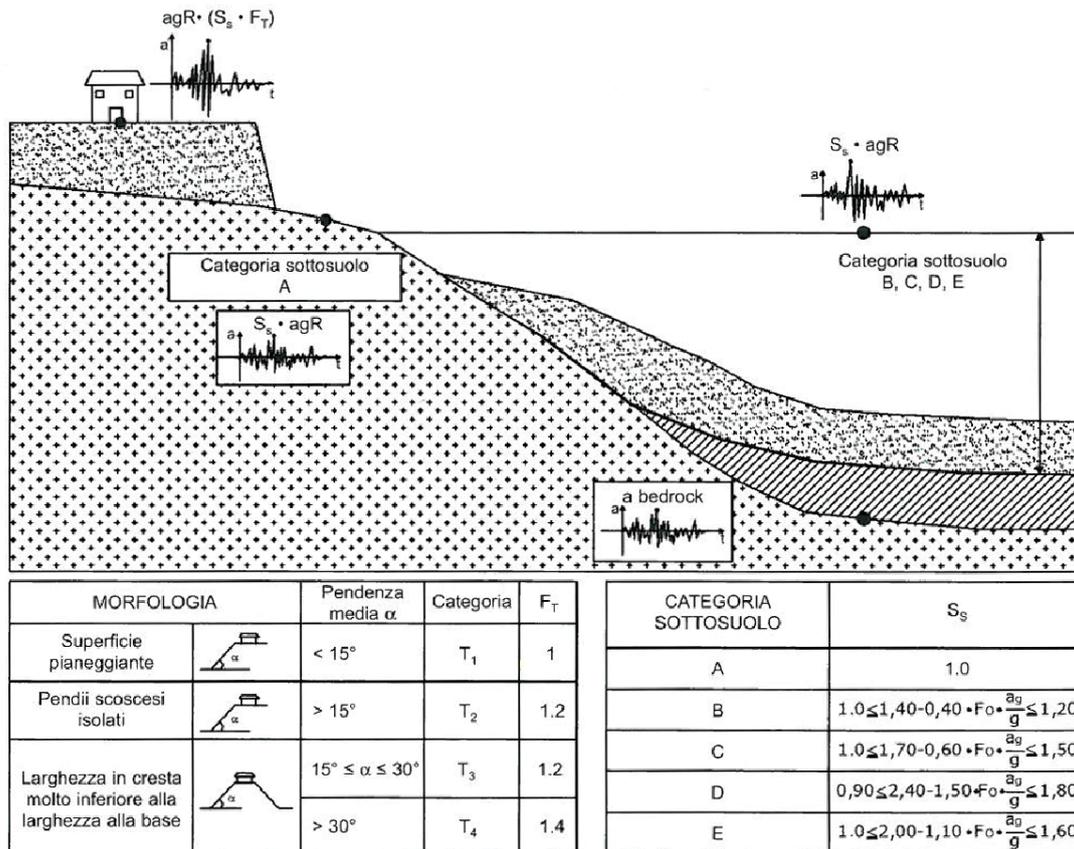


Fig. 13 - Rappresentazione schematica del significato delle accelerazioni, delle classi di categoria di suolo e del fattore topografico (da *Microsism - procedure automatiche di microzonazione sismica*, Giulio Riga)

### 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	<b><i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i></b>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

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  $V_{seq}$  di 268.26 (m/s) per la masw M1 e di 289.32 (m/s) per la masw M2, pertanto, il terreno interessato può essere classificato come di **Categoria C**.

### 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 Villalba (CL), alla quota di circa 400 m s.l.m., su un versante a pendenza media di 7°, 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, essendo il versante in esame assoggettato alla categoria topografica T1 con pendenze medie inferiori ai 15° e generalmente favorevoli alla stabilità, 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**

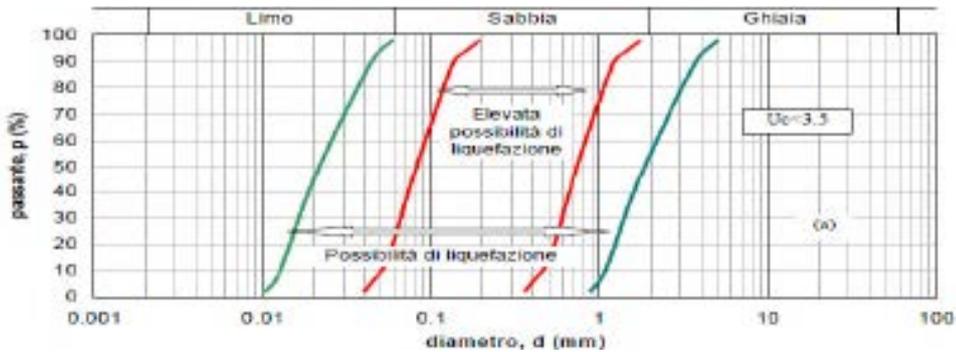
---

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".

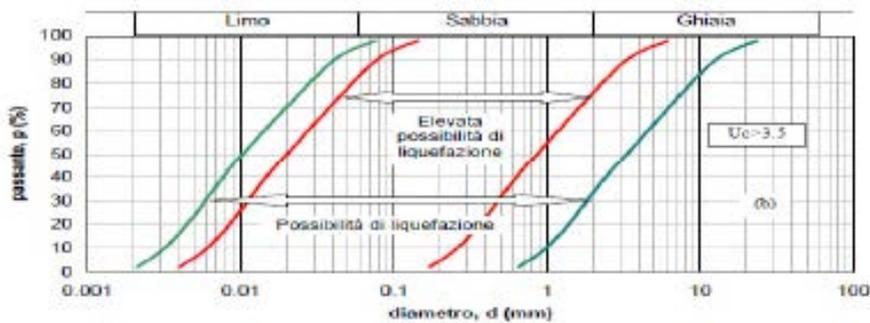
Ciò avviene quando la pressione dell'acqua nei pori aumenta progressivamente fino ad eguagliare la pressione totale di confinamento e quindi allorché gli sforzi efficaci, da cui dipende la resistenza al taglio, si riducono a zero. In questo contesto, il problema principale che si pone in fase di progettazione 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 sia per la grande componente coesiva argillosa che caratterizza gran parte dei terreni in loco, che per la soggiacenza della falda a profondità decisamente 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 agro-voltaico denominato "Villalba" nel territorio del Comune di Villalba (CL)"**.

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 di circa 1 m;
  - **Depositi sedimentari miocenici** poco consistenti, di natura arenaceo/argilloso con spessori intorno ai 5 m;
  - **Depositi sedimentari miocenici** mediamente consistenti, a partire da circa 6 m dal p.c.
- Dal punto di vista geomorfologico l'area in oggetto si presenta come un leggero versante a pendenza media di circa 7° (Categoria Topografica T1) e la cartografia P.A.I. non annovera tale zona fra quelle a rischio idrogeologico-geomorfologico. Parte delle aree di progetto, però interferiscono con la perimetrazione del vincolo idrogeologico ai sensi del Regio Decreto 30 dicembre 1923 n. 3267. Fermo restante la caratterizzazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica contenuta nella presente, vista la parziale interferenza con l'area vincolata, sarà predisposta regolare istanza di svincolo presso l'Ente competente.
- Dal punto di vista idrogeologico il sistema idrografico, costituito da piccoli fossi di scolo e dal torrente *Belice*, presenta un andamento di tipo lineare di basso ordine gerarchico e si sviluppa in loco sulle formazioni sedimentarie affioranti, la falda non è stata rilevata dalle indagini e si presume si attesti 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 Villalba (CL), ricade in una zona con accelerazione sismica su substrato di riferimento (bedrock, suolo A) compreso tra 0,075 e 0,100  $a_g/g$ , collocando il territorio comunale in "Zona Sismica 4". Dalle risultanze delle M.A.S.W effettuate, la categoria del sottosuolo è riconducibile alla Classe C ( $V_{s_{eq}}$  compresi tra 180 e 360 m/s).

In definitiva, si può asserire che il rischio per l'area interessata dall'intervento è sostanzialmente basso e potenzialmente rappresentato dall'innescò di piccoli movimenti franosi della copertura presente in loco a seguito di eventi meteorici intensi. Per scongiurare questa eventualità, si raccomanda di rendere efficace il controllo, la regimazione ed il disciplinamento delle acque di ruscellamento superficiale e d'infiltrazione, mediante specifiche opere di presidio idraulico (vespai, canalizzazioni, ecc) da estendere adeguatamente attorno all'area d'interesse, con il loro recapito fino agli elementi naturali e/o artificiali più vicini e sicuri.

Si raccomanda, inoltre, di tener conto che il terreno in esame, per il primo metro a partire dal piano campagna, presenta caratteristiche geotecniche piuttosto scadenti; sarà cura dei progettisti definire le soluzioni ottimali per quanto riguarda l'istallazione delle varie componenti dell'impianto agro-voltaico.

**Il geologo**  
**Dott. Eugenio Martire**

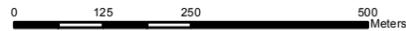
## ***ALLEGATI***



### 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 E SS.MM.II.)

Scala 1:10.000



Delimitazione area impianto

#### RISCHIO FRANE

R1 Rischio moderato

R2 Rischio medio

R3 Rischio elevato

R4 Rischio molto elevato

#### LIVELLI DI PERICOLOSITA'

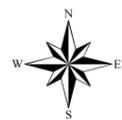
P0 basso

P1 moderato

P2 medio

P3 elevato

P4 molto elevato



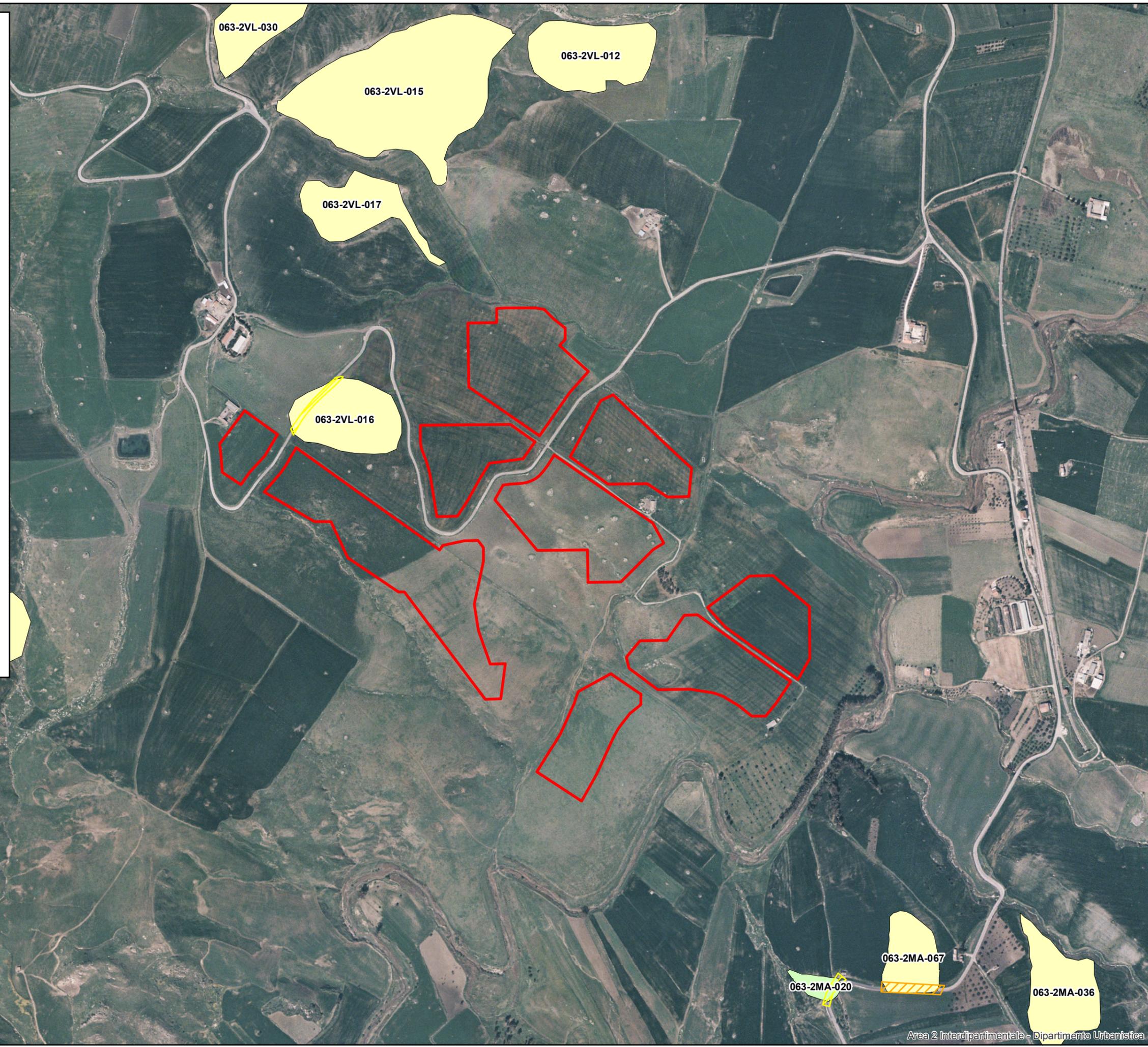
#### RISCHIO IDRAULICO

R1 Rischio moderato

R2 Rischio medio

R3 Rischio elevato

R4 Rischio molto elevato



063-2VL-020

063-2VL-030

063-2VL-015

063-2VL-012

063-2VL-017

063-2VL-016

063-2MA-067

063-2MA-020

063-2MA-036

# Studio Geologico di **LUCIA Vincenzo**

Via Petrozza 28

87040 MONTALTO UFFUGO (CS)

Tel. 328 1343267 - [vincenzo.lucia@yahoo.it](mailto:vincenzo.lucia@yahoo.it)

**Geolo*i*Cal**  
[www.geologicaaltervista.org](http://www.geologicaaltervista.org)

## OGGETTO

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

## ELABORATO

**RELAZIONE TECNICA SULLE INDAGINI**

### COMMITTENTE:

New Developments S.r.l.

### LOCALITA' ESECUZIONE INDAGINI:

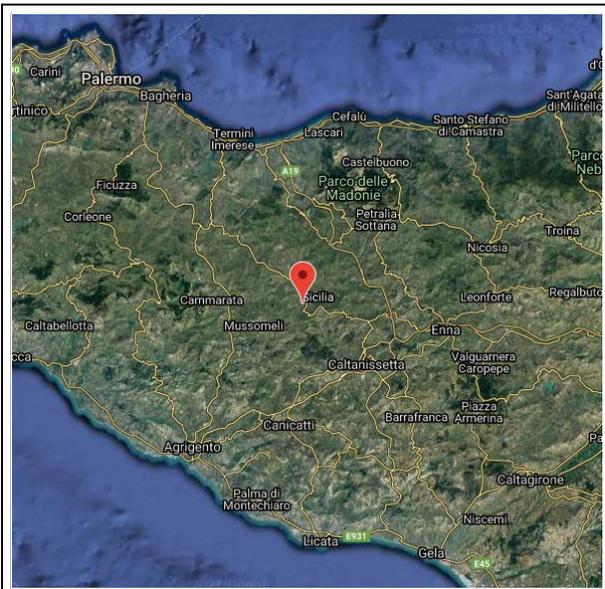
VILLALBA - CL

### DATA ESECUZIONE INDAGINI:

12 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).....	13
ELABORAZIONE PROVA PENETROMETRICA DPM_3 (P3).....	17
DESCRIZIONE INDAGINE GEOFISICA MASW .....	21
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_1 (M1).....	23
ELABORAZIONE INDAGINE MASW_2 (M2).....	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 Villalba (CL)*”, il sottoscritto Geologo Vincenzo LUCIA, ha eseguito in data 12/02/2021, una campagna di indagini geognostiche costituita da:

- n° 3 prove penetrometriche dinamiche DPM30;
- n° 2 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  $\delta$ ) 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  $\alpha$ )
- avanzamento (penetrazione)  $\delta$
- 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  $A = 10$  cm<sup>2</sup> 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  $A = 10$  cm<sup>2</sup> 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  $A = 20.27$  cm<sup>2</sup> 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  $A = 20$  cm<sup>2</sup>, 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;
- $\delta$  = passo di avanzamento.

## Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd

Formula Olandesi

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

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

## Calcolo di (N<sub>1</sub>)<sub>60</sub>

(N<sub>1</sub>)<sub>60</sub> 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<sub>S</sub>: Parametro funzione della controcamicia (1.2 se assente).  
C<sub>d</sub>: Funzione del diametro del foro (1 se compreso tra 65-115mm).  
C<sub>T</sub>: 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 resistenza 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**

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

$N_{spt}$  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  $< 38^\circ$  .
- 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  $< 38^\circ$  ).
- 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 NATIONALE 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)  $\sigma > 15$  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
- Buisman-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  $\tau$  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 ( $K_0$ )*

- 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- $N_{spt}$ -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 ( $M_0$ )*

- 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 - $M_0$  (Eed) (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 ( $E_\gamma$ )*

- 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 <sup>2</sup>
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** | 37.624925  
**Longitudine** | 13.887663

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Profondità prova 4.70 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 <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	2	0	0.853	5.70	6.68	0.28	0.33
0.40	2	0	0.851	5.68	6.68	0.28	0.33
0.50	4	0	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	2	0	0.847	5.66	6.68	0.28	0.33
0.70	3	0	0.845	8.47	10.02	0.42	0.50
0.80	4	0	0.843	11.27	13.36	0.56	0.67
0.90	2	0	0.842	5.33	6.34	0.27	0.32
1.00	4	0	0.840	10.64	12.68	0.53	0.63
1.10	11	0	0.838	29.21	34.86	1.46	1.74
1.20	10	0	0.836	26.50	31.69	1.33	1.58
1.30	9	0	0.835	23.80	28.52	1.19	1.43
1.40	8	0	0.833	21.11	25.35	1.06	1.27
1.50	9	0	0.831	23.71	28.52	1.19	1.43
1.60	10	0	0.830	26.29	31.69	1.31	1.58
1.70	10	0	0.828	26.24	31.69	1.31	1.58
1.80	12	0	0.826	31.42	38.03	1.57	1.90
1.90	11	0	0.825	27.35	33.17	1.37	1.66
2.00	14	0	0.773	32.64	42.21	1.63	2.11
2.10	21	0	0.722	45.69	63.32	2.28	3.17
2.20	18	0	0.770	41.80	54.27	2.09	2.71
2.30	11	0	0.819	27.15	33.17	1.36	1.66
2.40	14	0	0.767	32.38	42.21	1.62	2.11
2.50	12	0	0.816	29.51	36.18	1.48	1.81
2.60	13	0	0.764	29.96	39.20	1.50	1.96
2.70	24	0	0.713	51.58	72.36	2.58	3.62
2.80	11	0	0.811	26.91	33.17	1.35	1.66
2.90	12	0	0.810	27.95	34.50	1.40	1.73
3.00	12	0	0.809	27.90	34.50	1.40	1.73
3.10	13	0	0.757	28.31	37.38	1.42	1.87
3.20	10	0	0.806	23.18	28.75	1.16	1.44
3.30	10	0	0.805	23.14	28.75	1.16	1.44
3.40	11	0	0.803	25.41	31.63	1.27	1.58

3.50	12	0	0.802	27.68	34.50	1.38	1.73
3.60	14	0	0.751	30.23	40.26	1.51	2.01
3.70	22	0	0.700	44.26	63.26	2.21	3.16
3.80	14	0	0.748	30.13	40.26	1.51	2.01
3.90	11	0	0.797	24.10	30.23	1.20	1.51
4.00	12	0	0.796	26.25	32.98	1.31	1.65
4.10	12	0	0.795	26.21	32.98	1.31	1.65
4.20	11	0	0.794	23.99	30.23	1.20	1.51
4.30	10	0	0.793	21.78	27.48	1.09	1.37
4.40	11	0	0.791	23.92	30.23	1.20	1.51
4.50	12	0	0.790	26.06	32.98	1.30	1.65
4.60	11	0	0.789	23.86	30.23	1.19	1.51
4.70	60	0	0.588	96.98	164.89	4.85	8.24

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.1

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	Shioi - Fukui (1982)	0.10
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	Shioi - Fukui (1982)	0.44

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	Sorensen & Okkels (2013)	0.01
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	Sorensen & Okkels (2013)	0.04

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	Meyerhof ed altri	1.55
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	Meyerhof ed altri	1.93

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	Meyerhof ed altri	1.85
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	Meyerhof ed altri	2.12

#### TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	1.9	Gibbs & Holtz 1957	8.86
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	8.79	Gibbs & Holtz 1957	28.44

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	1.9	Shioi-Fukuni (1982)	20.34
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	8.79	Shioi-Fukuni (1982)	26.48

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	1.9	Bowles (1982)	54.08
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	8.79	Bowles (1982)	76.13

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	1.9	Buisman-Sanglerat	15.20
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	8.79	Buisman-Sanglerat	70.32

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	1.9	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	8.79	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	1.9	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	8.79	(A.G.I.)	0.34

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	1.9	Navfac 1971-1982	0.24
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	8.79	Navfac 1971-1982	1.84

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

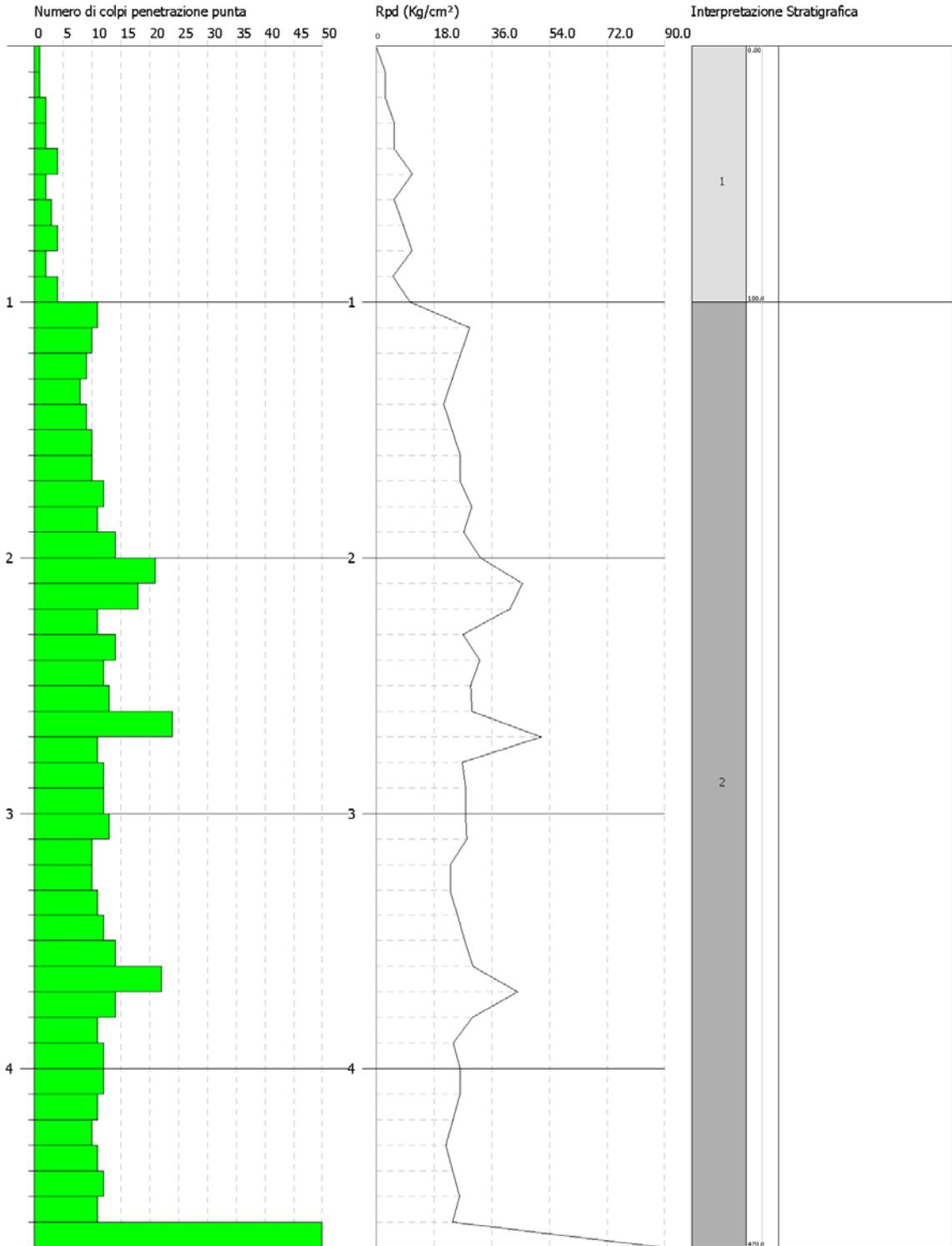
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.9	1.00	1.9	Robertson 1983	3.80
[2] - STRATO 2	8.79	4.70	8.79	Robertson 1983	17.58

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

Committente:  
 Cantiere: SICILIA  
 Località: VILLALBA

Data:

Scala 1:21



## Elaborazione Prova Penetrometrica DPM\_2 (P2)

### Coordinate WGS 84

**Latitudine** | 37.622513  
**Longitudine** | 13.888841

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Profondità prova 2.90 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 <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	2	0	0.857	5.72	6.68	0.29	0.33
0.20	2	0	0.855	5.71	6.68	0.29	0.33
0.30	9	0	0.853	25.63	30.06	1.28	1.50
0.40	3	0	0.851	8.52	10.02	0.43	0.50
0.50	4	0	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	3	0	0.847	8.49	10.02	0.42	0.50
0.70	2	0	0.845	5.64	6.68	0.28	0.33
0.80	14	0	0.793	37.09	46.75	1.85	2.34
0.90	13	0	0.792	32.61	41.20	1.63	2.06
1.00	12	0	0.840	31.93	38.03	1.60	1.90
1.10	14	0	0.788	34.96	44.37	1.75	2.22
1.20	13	0	0.786	32.39	41.20	1.62	2.06
1.30	15	0	0.785	37.29	47.54	1.86	2.38
1.40	15	0	0.783	37.21	47.54	1.86	2.38
1.50	29	0	0.731	67.20	91.90	3.36	4.60
1.60	14	0	0.780	34.59	44.37	1.73	2.22
1.70	13	0	0.778	32.05	41.20	1.60	2.06
1.80	14	0	0.776	34.44	44.37	1.72	2.22
1.90	15	0	0.775	35.04	45.23	1.75	2.26
2.00	12	0	0.823	29.78	36.18	1.49	1.81
2.10	14	0	0.772	32.57	42.21	1.63	2.11
2.20	13	0	0.770	30.19	39.20	1.51	1.96
2.30	10	0	0.819	24.68	30.15	1.23	1.51
2.40	10	0	0.817	24.64	30.15	1.23	1.51
2.50	12	0	0.816	29.51	36.18	1.48	1.81
2.60	14	0	0.764	32.26	42.21	1.61	2.11
2.70	21	0	0.713	45.13	63.32	2.26	3.17
2.80	12	0	0.811	29.36	36.18	1.47	1.81
2.90	60	0	0.610	105.25	172.52	5.26	8.63

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.2

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	Shioi - Fukui (1982)	0.14
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	Shioi - Fukui (1982)	0.50

**Coesione drenata**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	Sorensen & Okkels (2013)	0.01
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	Sorensen & Okkels (2013)	0.05

**Peso unità di volume**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	Meyerhof ed altri	1.61
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	Meyerhof ed altri	1.97

**Peso unità di volume saturo**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	Meyerhof ed altri	1.86
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	Meyerhof ed altri	2.17

**TERRENI INCOERENT I**

**Densità relativa**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	2.72	Gibbs & Holtz 1957	14.96
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	9.98	Gibbs & Holtz 1957	34.19

**Angolo di resistenza al taglio**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	2.72	Shioi-Fukuni (1982)	21.39
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	9.98	Shioi-Fukuni (1982)	27.24

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	2.72	Bowles (1982)	56.70
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	9.98	Bowles (1982)	79.94

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	2.72	Buisman-Sanglerat	21.76
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	9.98	Buisman-Sanglerat	79.84

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	2.72	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	9.98	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

Modulo di Poisson

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	2.72	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	9.98	(A.G.I.)	0.33

Modulo di reazione Ko

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	2.72	Navfac 1971-1982	0.45
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	9.98	Navfac 1971-1982	2.10

Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)

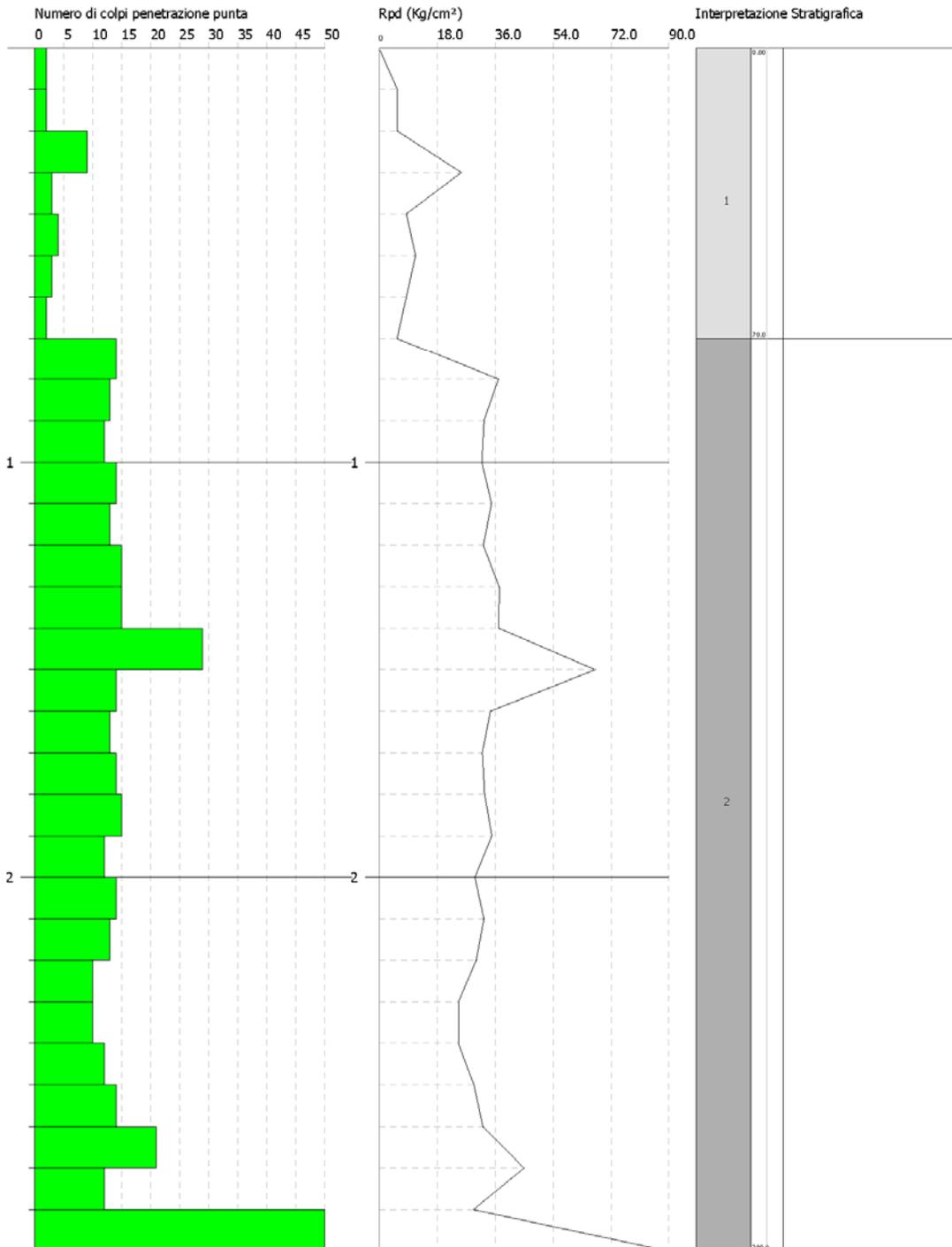
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	2.72	0.70	2.72	Robertson 1983	5.44
[2] - STRATO 2	9.98	2.90	9.98	Robertson 1983	19.96

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

Committente:  
Cantiere: SICILIA  
Località: VILLALBA

Data:

Scala 1:13



## Elaborazione Prova Penetrometrica DPM\_3 (P3)

### Coordinate WGS 84

Latitudine | 37.624611  
Longitudine | 13.883855

Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)  
Profondità prova 5.40 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 <sup>2</sup> )	Res. dinamica (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier - Olandesi (Kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	1	0	0.853	2.85	3.34	0.14	0.17
0.40	3	0	0.851	8.52	10.02	0.43	0.50
0.50	4	0	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	3	0	0.847	8.49	10.02	0.42	0.50
0.70	11	0	0.845	31.05	36.73	1.55	1.84
0.80	12	0	0.843	33.80	40.07	1.69	2.00
0.90	11	0	0.842	29.34	34.86	1.47	1.74
1.00	10	0	0.840	26.61	31.69	1.33	1.58
1.10	11	0	0.838	29.21	34.86	1.46	1.74
1.20	12	0	0.836	31.80	38.03	1.59	1.90
1.30	11	0	0.835	29.09	34.86	1.45	1.74
1.40	14	0	0.783	34.73	44.37	1.74	2.22
1.50	13	0	0.781	32.18	41.20	1.61	2.06
1.60	15	0	0.780	37.06	47.54	1.85	2.38
1.70	17	0	0.778	41.91	53.87	2.10	2.69
1.80	11	0	0.826	28.81	34.86	1.44	1.74
1.90	18	0	0.775	42.05	54.27	2.10	2.71
2.00	11	0	0.823	27.30	33.17	1.37	1.66
2.10	33	0	0.672	66.83	99.50	3.34	4.97
2.20	14	0	0.770	32.51	42.21	1.63	2.11
2.30	12	0	0.819	29.62	36.18	1.48	1.81
2.40	11	0	0.817	27.10	33.17	1.36	1.66
2.50	13	0	0.766	30.01	39.20	1.50	1.96
2.60	14	0	0.764	32.26	42.21	1.61	2.11
2.70	13	0	0.763	29.90	39.20	1.49	1.96
2.80	14	0	0.761	32.14	42.21	1.61	2.11
2.90	13	0	0.760	28.41	37.38	1.42	1.87
3.00	11	0	0.809	25.58	31.63	1.28	1.58
3.10	11	0	0.807	25.54	31.63	1.28	1.58
3.20	11	0	0.806	25.49	31.63	1.27	1.58
3.30	11	0	0.805	25.45	31.63	1.27	1.58
3.40	12	0	0.803	27.72	34.50	1.39	1.73
3.50	17	0	0.752	36.77	48.88	1.84	2.44
3.60	16	0	0.751	34.54	46.01	1.73	2.30
3.70	14	0	0.750	30.18	40.26	1.51	2.01
3.80	11	0	0.798	25.25	31.63	1.26	1.58
3.90	13	0	0.747	26.69	35.73	1.33	1.79
4.00	11	0	0.796	24.06	30.23	1.20	1.51

4.10	12	0	0.795	26.21	32.98	1.31	1.65
4.20	14	0	0.744	28.61	38.47	1.43	1.92
4.30	13	0	0.743	26.53	35.73	1.33	1.79
4.40	12	0	0.791	26.10	32.98	1.30	1.65
4.50	11	0	0.790	23.89	30.23	1.19	1.51
4.60	13	0	0.739	26.41	35.73	1.32	1.79
4.70	14	0	0.738	28.40	38.47	1.42	1.92
4.80	11	0	0.787	23.79	30.23	1.19	1.51
4.90	12	0	0.786	24.82	31.58	1.24	1.58
5.00	11	0	0.785	22.72	28.95	1.14	1.45
5.10	12	0	0.784	24.76	31.58	1.24	1.58
5.20	13	0	0.733	25.08	34.21	1.25	1.71
5.30	44	0	0.582	67.39	115.79	3.37	5.79
5.40	77	0	0.581	117.74	202.63	5.89	10.13

### STIMA PARAMETRI GEOTECNICI PROVA Nr.3

#### TERRENI COESIVI

Coesione non drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Cu (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	Shioi - Fukui (1982)	0.08
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	Shioi - Fukui (1982)	0.48

Coesione drenata

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	C' (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	Sorensen & Okkels (2013)	0.01
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	Sorensen & Okkels (2013)	0.05

Peso unità di volume

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	Meyerhof ed altri	1.53
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	Meyerhof ed altri	1.96

Peso unità di volume saturo

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	Meyerhof ed altri	1.85
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	Meyerhof ed altri	2.16

#### TERRENI INCOERENTI

Densità relativa

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Densità relativa (%)
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	1.65	Gibbs & Holtz 1957	7.26
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	9.59	Gibbs & Holtz 1957	29.55

Angolo di resistenza al taglio

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Angolo d'attrito (°)
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	1.65	Shioi-Fukuni (1982)	19.97
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	9.59	Shioi-Fukuni (1982)	26.99

**Modulo di Young**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo di Young (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	1.65	Bowles (1982)	53.28
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	9.59	Bowles (1982)	78.69

**Modulo Edometrico**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Modulo Edometrico (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	1.65	Buisman-Sanglerat	13.20
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	9.59	Buisman-Sanglerat	76.72

**Classificazione AGI**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	1.65	Classificazione A.G.I. 1977	SCIOLTO
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	9.59	Classificazione A.G.I. 1977	POCO ADDENSATO

**Modulo di Poisson**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Poisson
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	1.65	(A.G.I.)	0.35
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	9.59	(A.G.I.)	0.34

**Modulo di reazione Ko**

Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Ko
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	1.65	Navfac 1971-1982	0.18
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	9.59	Navfac 1971-1982	2.01

**Qc ( Resistenza punta Penetrometro Statico)**

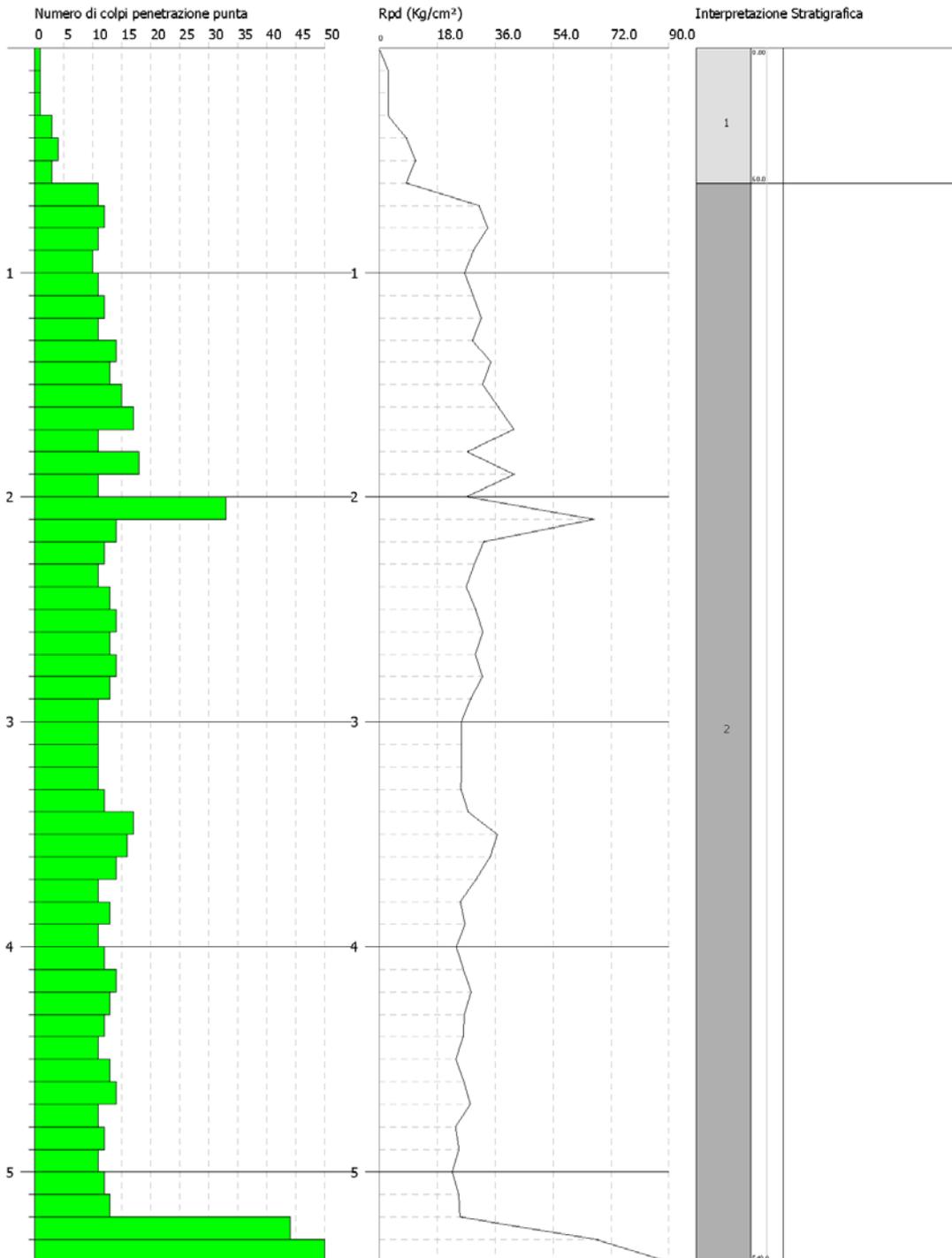
Descrizione	Nspt	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Qc (Kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - STRATO 1	1.65	0.60	1.65	Robertson 1983	3.30
[2] - STRATO 2	9.59	5.40	9.59	Robertson 1983	19.18

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA Nr.3  
Strumento utilizzato... DPM (DL030 10) (Medium)

Committente:  
Cantiere: SICILIA  
Località: VILLALBA

Data:

Scala 1:24



## 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  $V_{S_{eq}}$  e categoria del sottosuolo

## Elaborazione Indagine MASW\_1 (M1)

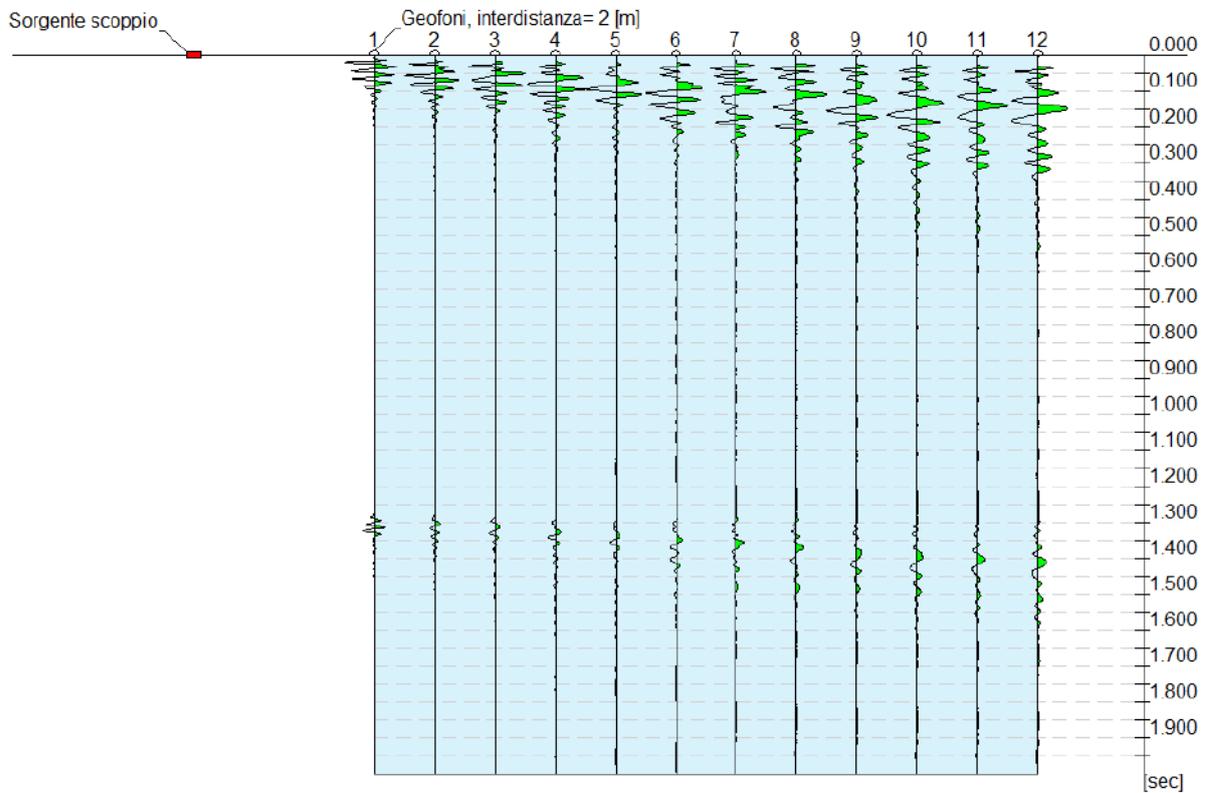
### Dati generali

#### Coordinate WGS 84

**Latitudine** | 37.625190  
**Longitudine** | 13.887106

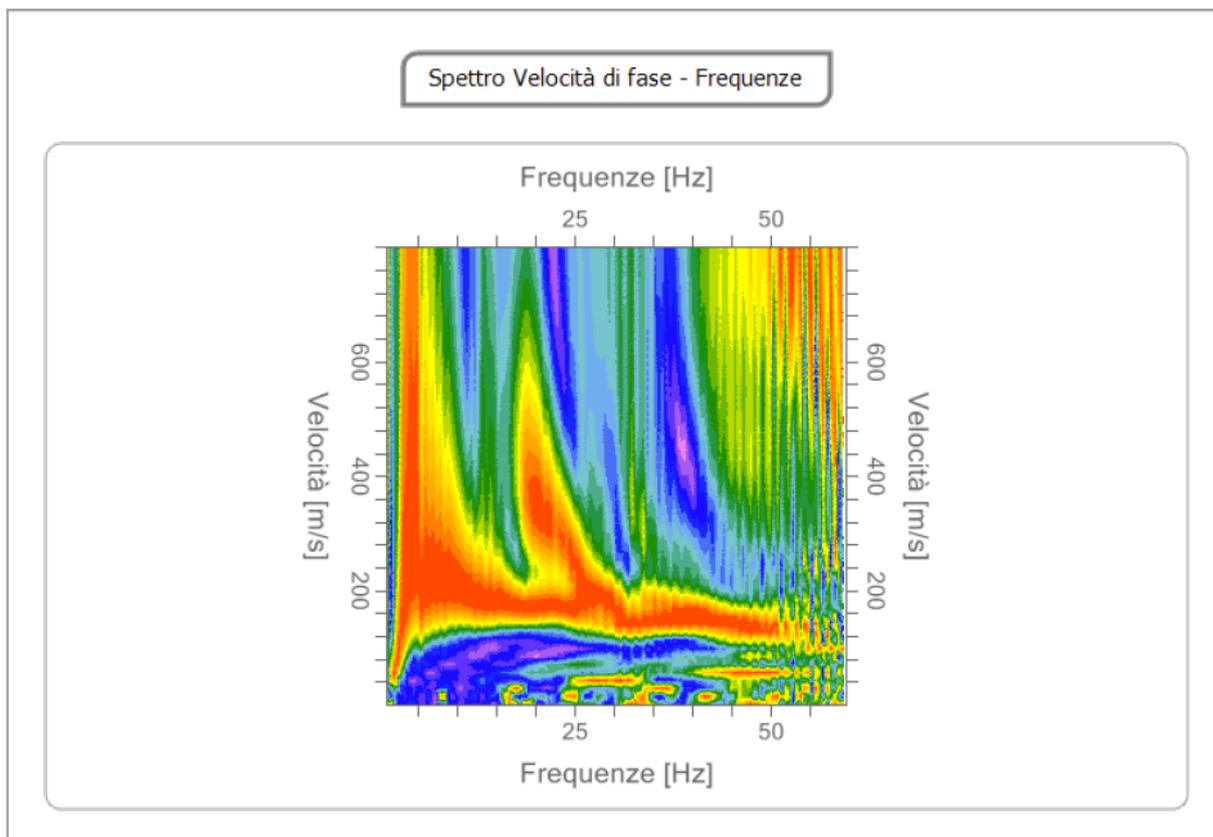
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



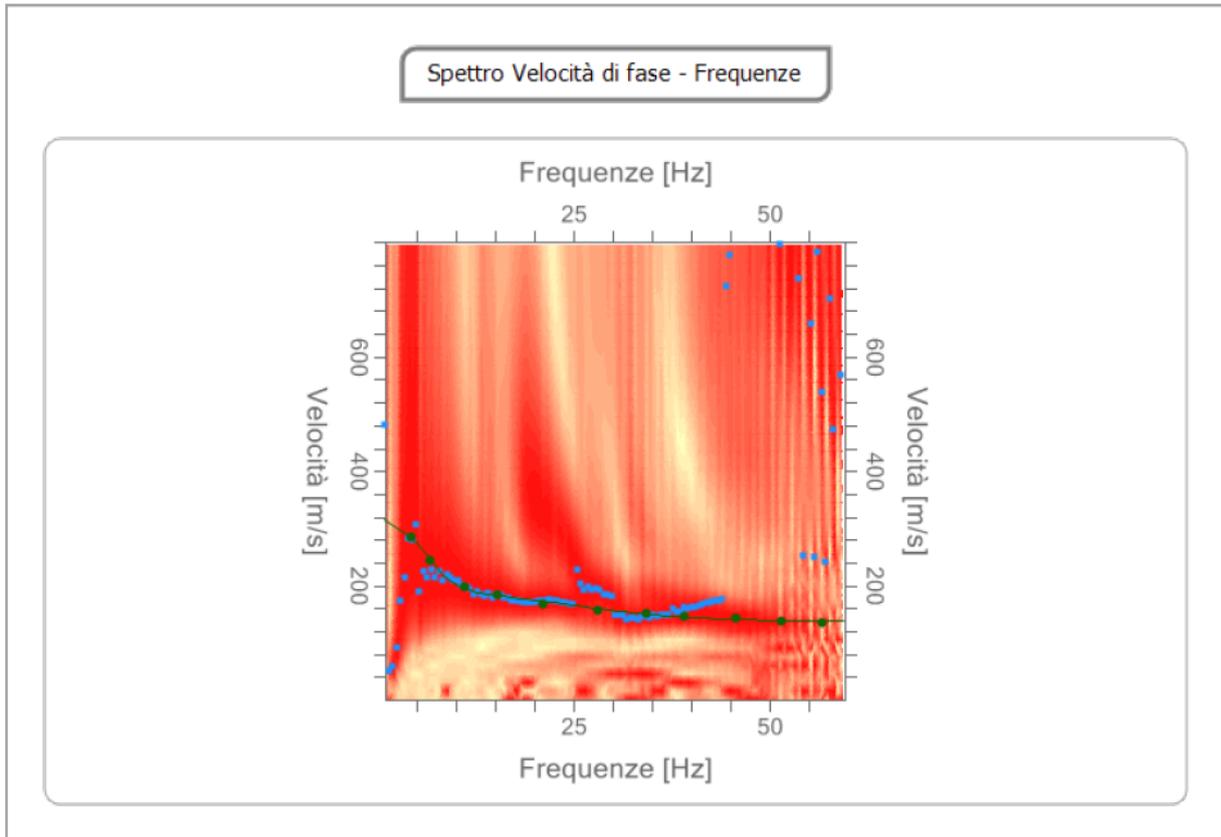
### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	60
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



### Curva di dispersione

n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	4.2	284.9	0
2	6.8	243.9	0
3	11.1	197.1	0
4	15.3	182.5	0
5	21.1	167.8	0
6	28.2	156.1	0
7	34.4	150.3	0
8	39.1	144.4	0
9	45.7	141.5	0
10	51.5	138.6	0
11	56.6	135.6	0



#### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	2.13	2.13	274.0	146.4
2	10.16	8.03	394.5	210.9
3	14.85	4.68	543.7	290.6
4	35.00	20.15	658.2	351.8

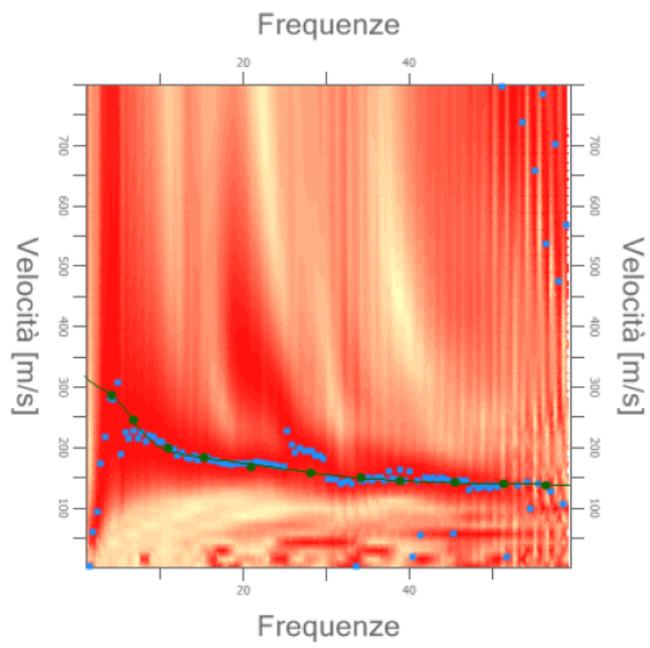
Percentuale di errore

0.009 %

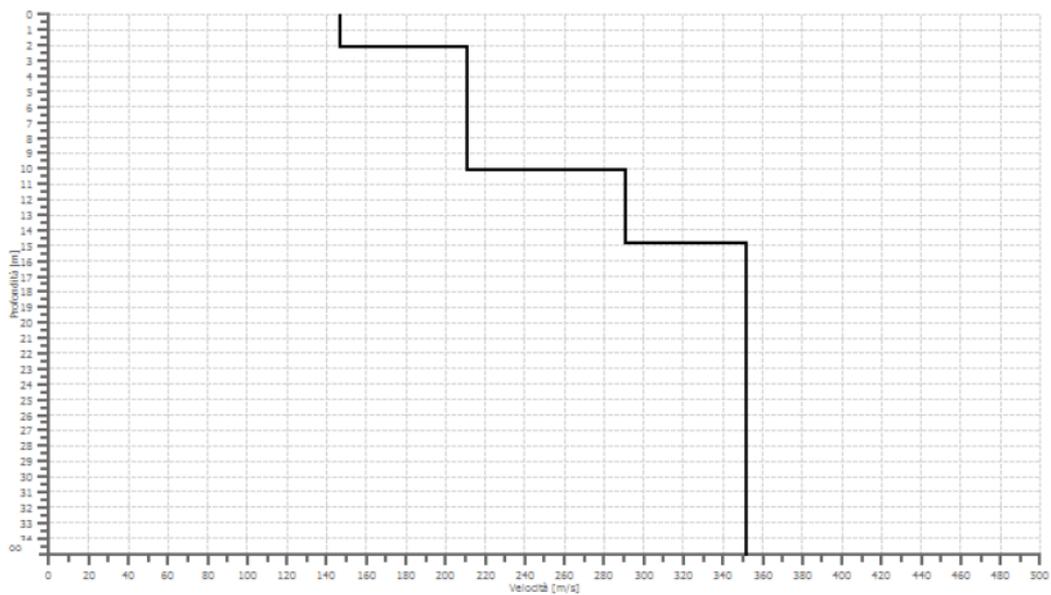
Fattore di disadattamento della soluzione

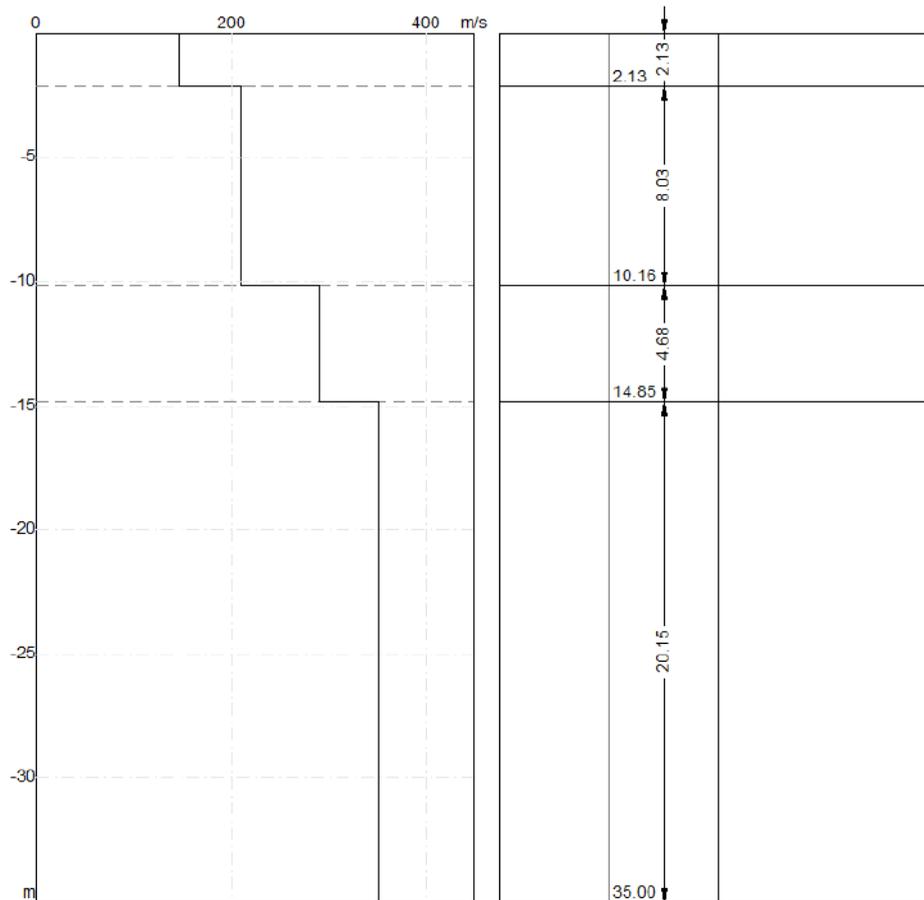
0.011

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=30.00 m)	268.26
Categoria del suolo	C

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	<b>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.</b>
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)

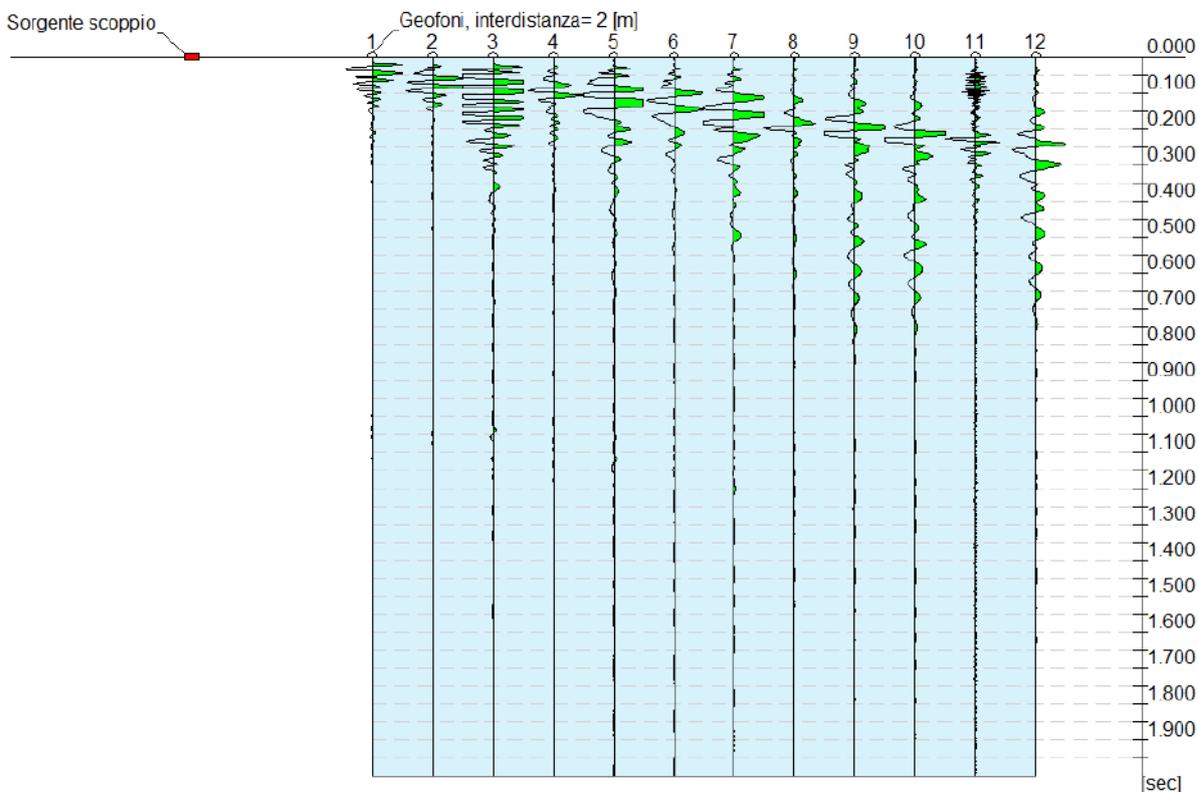
### Dati generali

#### Coordinate WGS 84

**Latitudine** | 37.620439  
**Longitudine** | 13.888159

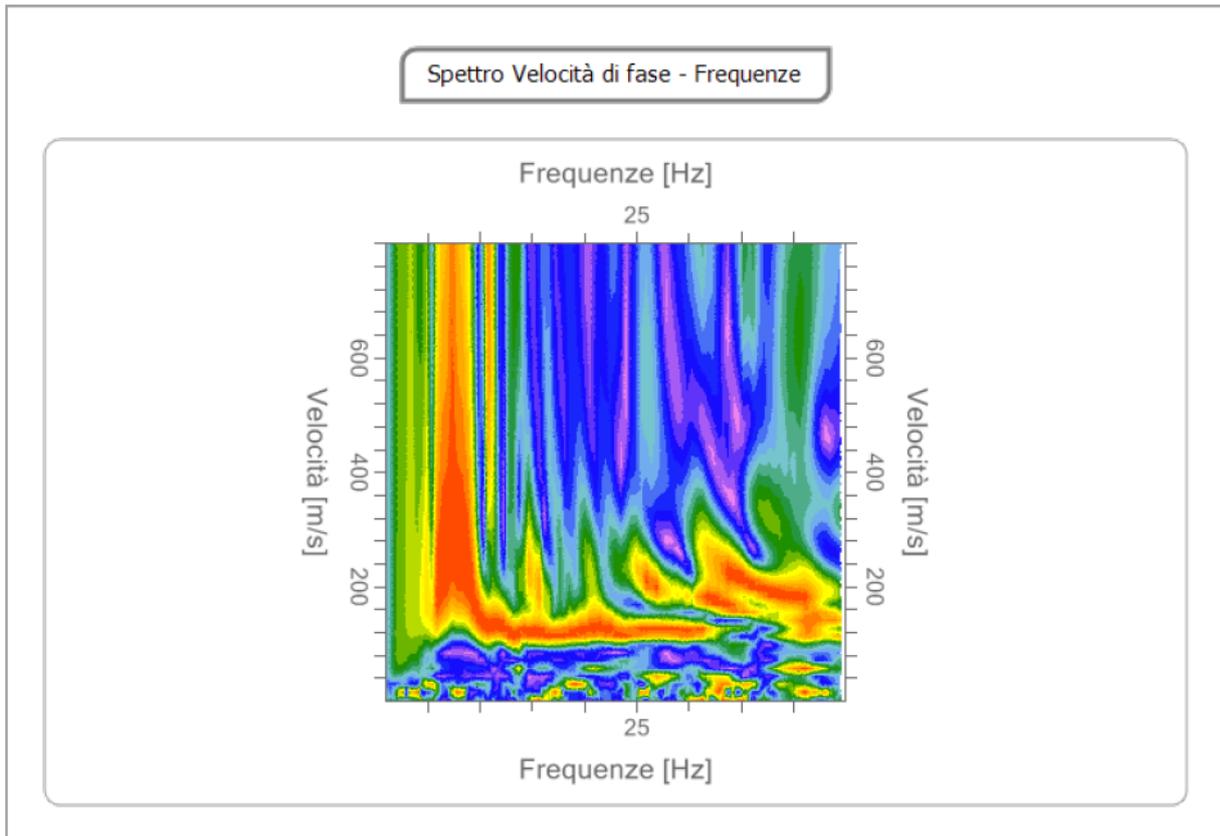
Profilo sismico MASW	
N° canali di registrazione	12
Distanza intergeofonica	2 m
Numero di scoppi	1
Durata	2000 msec
Campionamento	2 msec
Sistema di energizzazione	Massa battente

### Interpretazione



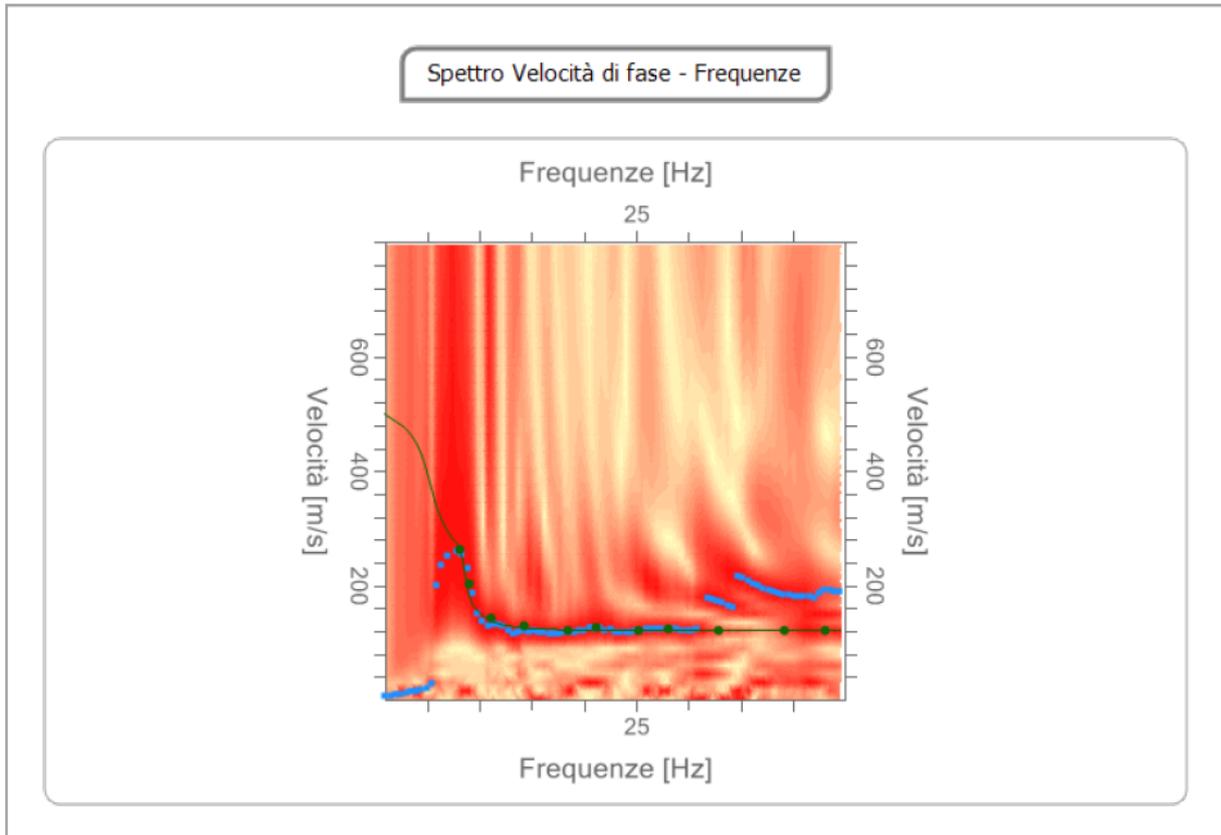
### Analisi spettrale

Frequenza minima di elaborazione [Hz]	1
Frequenza massima di elaborazione [Hz]	45
Velocità minima di elaborazione [m/sec]	1
Velocità massima di elaborazione [m/sec]	800
Intervallo velocità [m/sec]	1



### Curva di dispersione

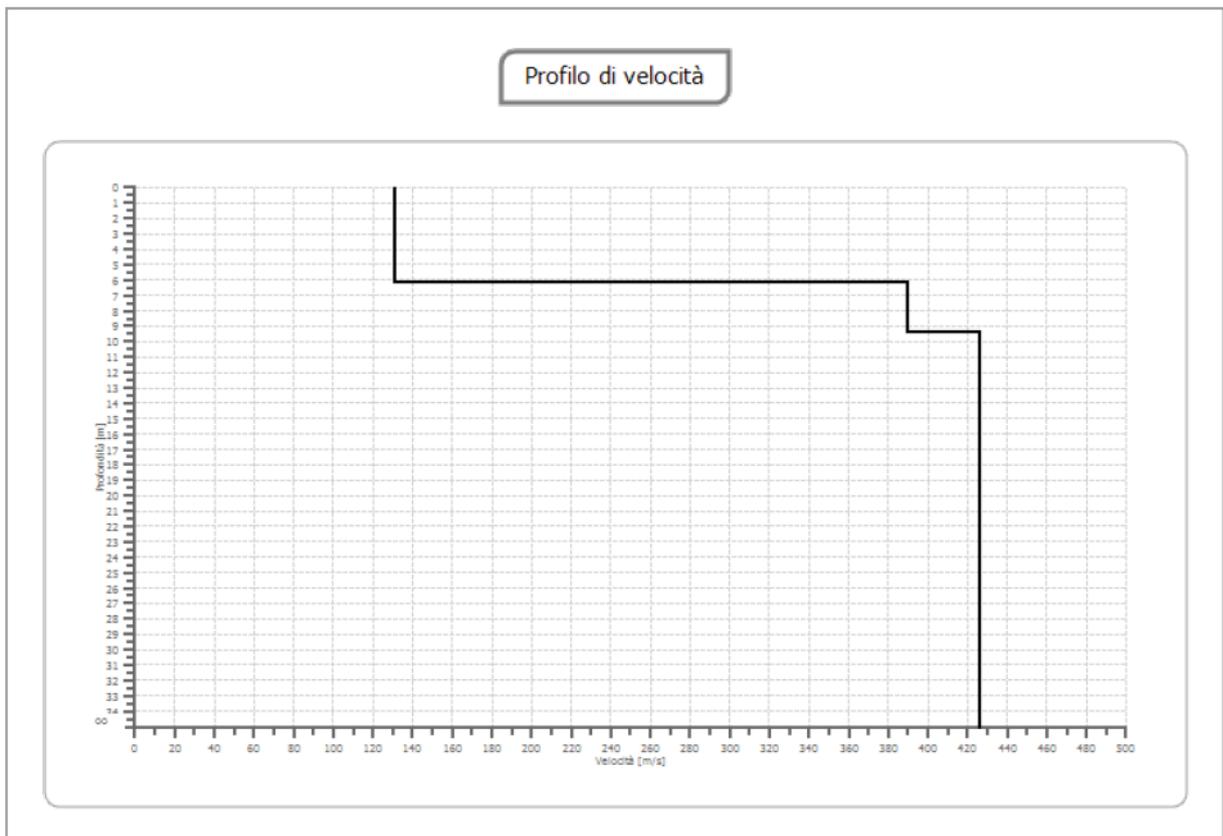
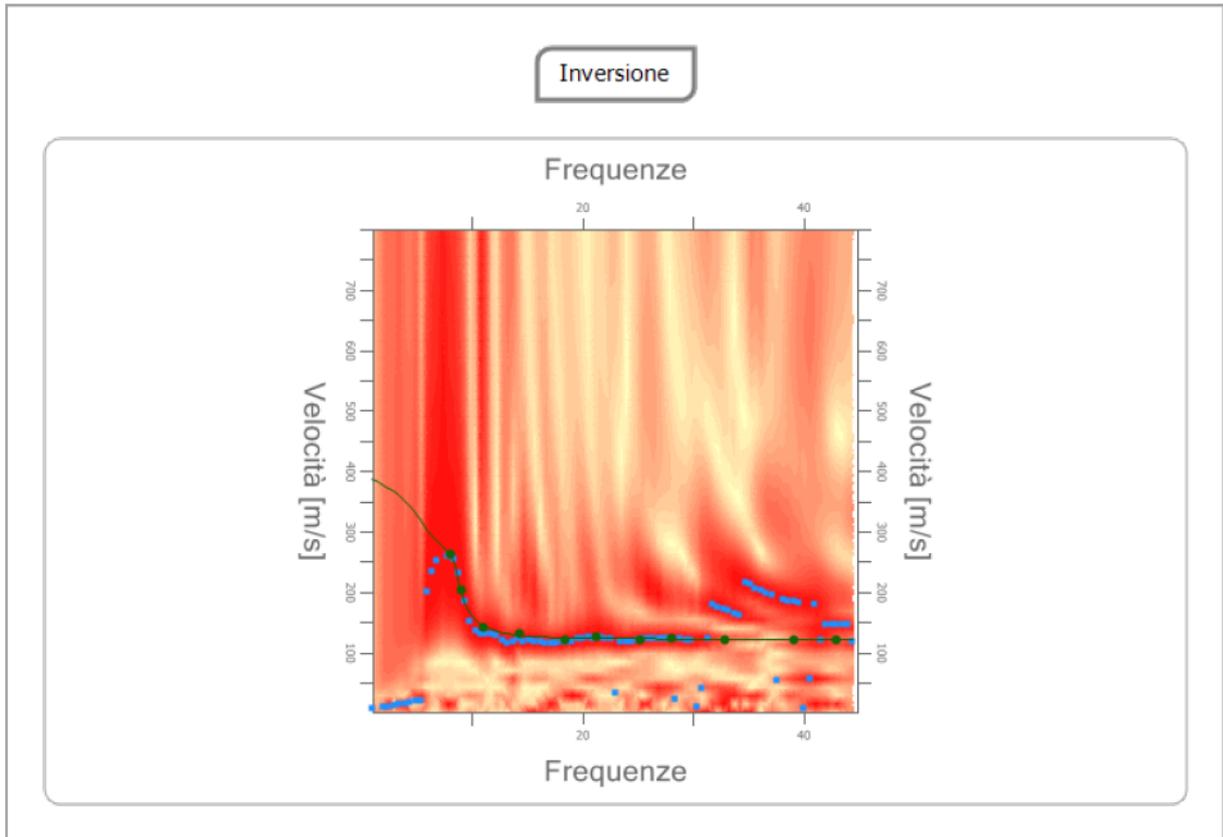
n.	Frequenza [Hz]	Velocità [m/sec]	Modo
1	8.1	261.5	0
2	9.0	202.9	0
3	11.1	141.5	0
4	14.3	129.8	0
5	18.5	121.0	0
6	21.2	126.8	0
7	25.2	121.0	0
8	28.1	123.9	0
9	32.9	121.0	0
10	39.2	121.0	0
11	43.0	121.0	0

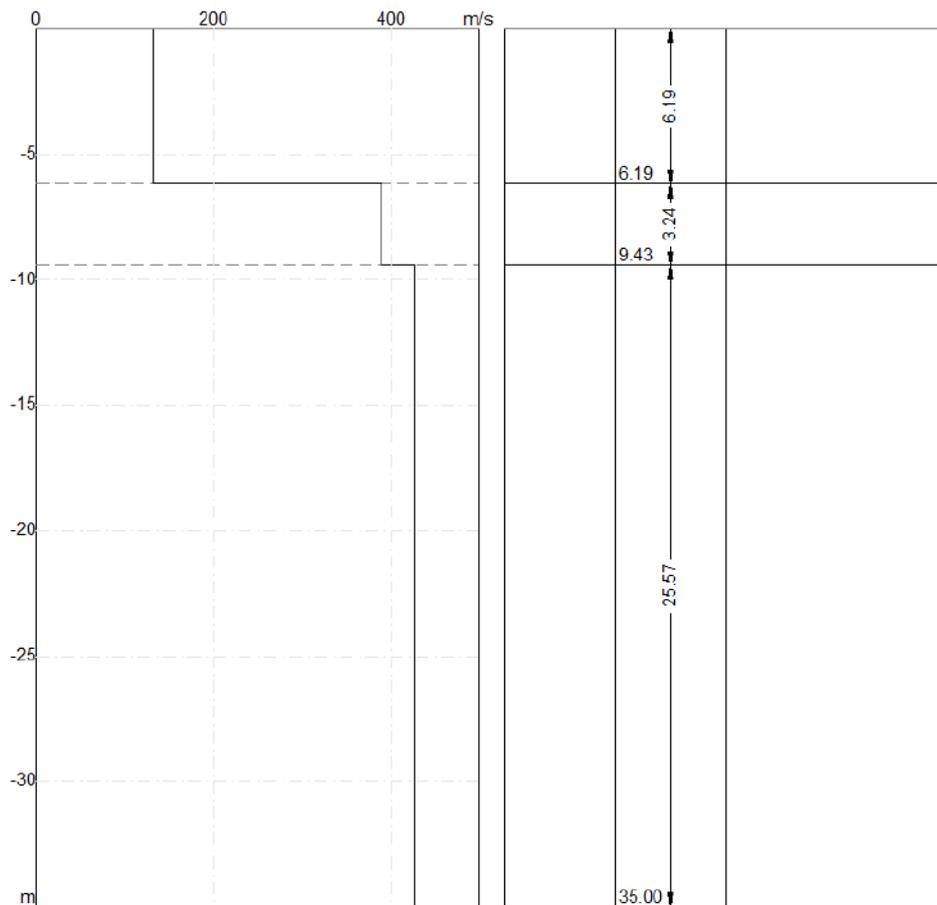


### Inversione

n.	Profondità [m]	Spessore [m]	Vp [m/sec]	Vs [m/sec]
1	6.19	6.19	245.6	131.3
2	9.43	3.24	729.2	389.8
3	35.00	25.57	797.6	426.3

Percentuale di errore 0.016 %  
Fattore di disadattamento della soluzione 0.015





### 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=30.00 m)	289.32
Categoria del suolo	C

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	<b>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.</b>
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 DPM\_3 (P3)**



**Foto prova Masw\_1 (M1)**



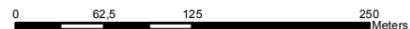
**Foto prova Masw\_2 (M2)**

Montalto Uffugo (CS), 18-02-2021

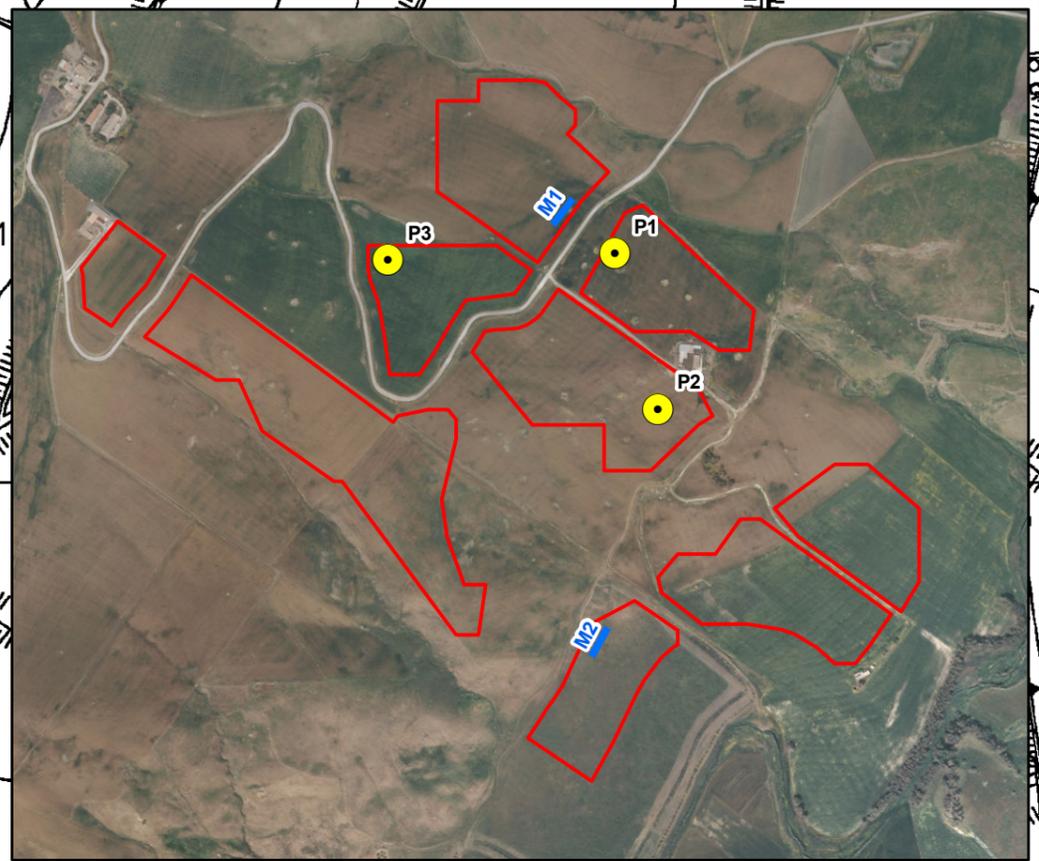
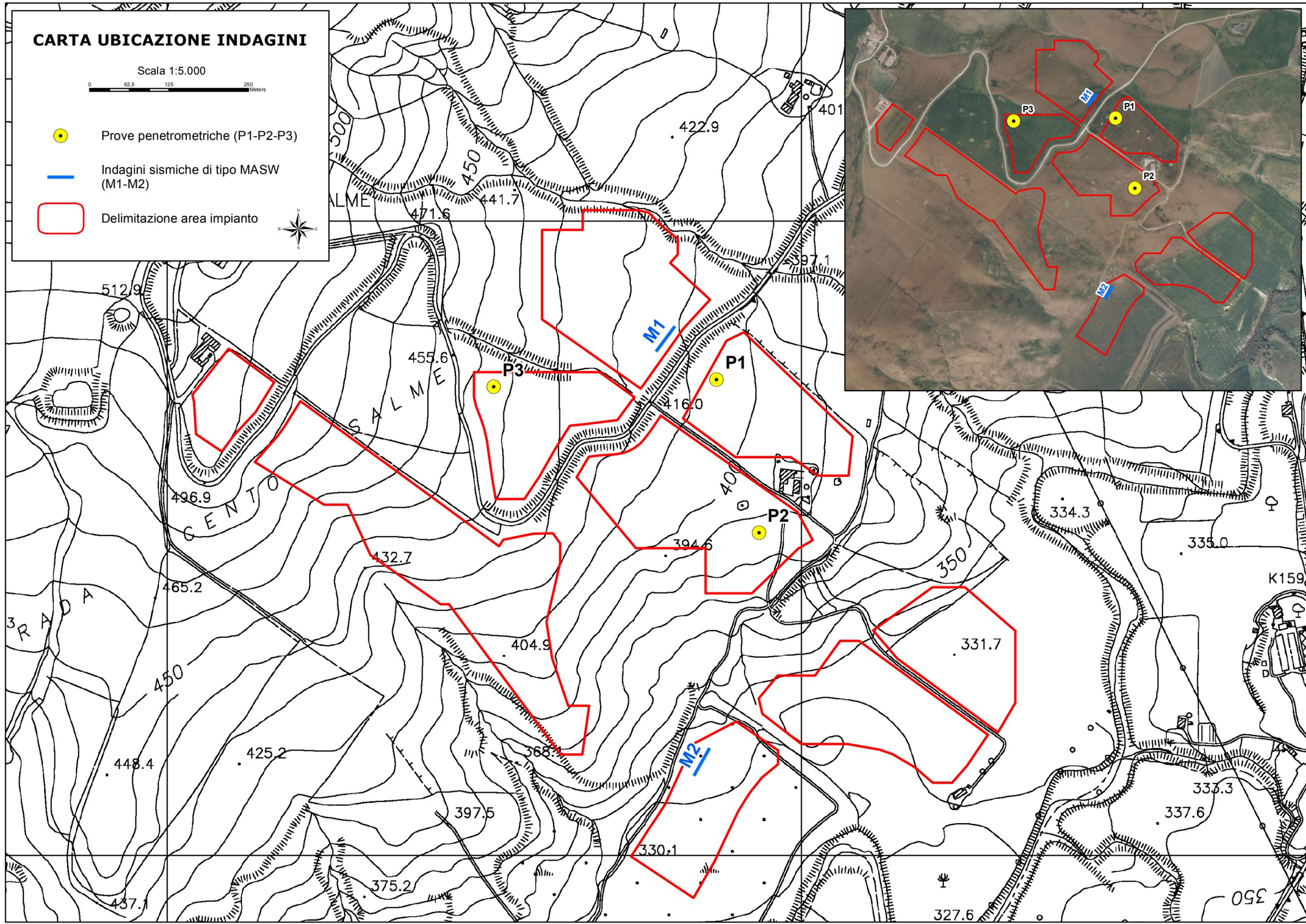
**Il tecnico**  
*Antonio Masw*

# CARTA UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:5.000

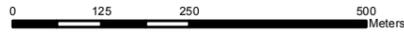


-  Prove penetrometriche (P1-P2-P3)
-  Indagini sismiche di tipo MASW (M1-M2)
-  Delimitazione area impianto



# CARTA GEOLOGICA D'ITALIA

Scala 1:10.000



Delimitazione area impianto

— Reticolo idrografico

— Faglia (trattini lato ribassato)

- - - Faglia incerta o presunta



a: Alluvioni fluviali. Sabbie, ghiaie ed argille

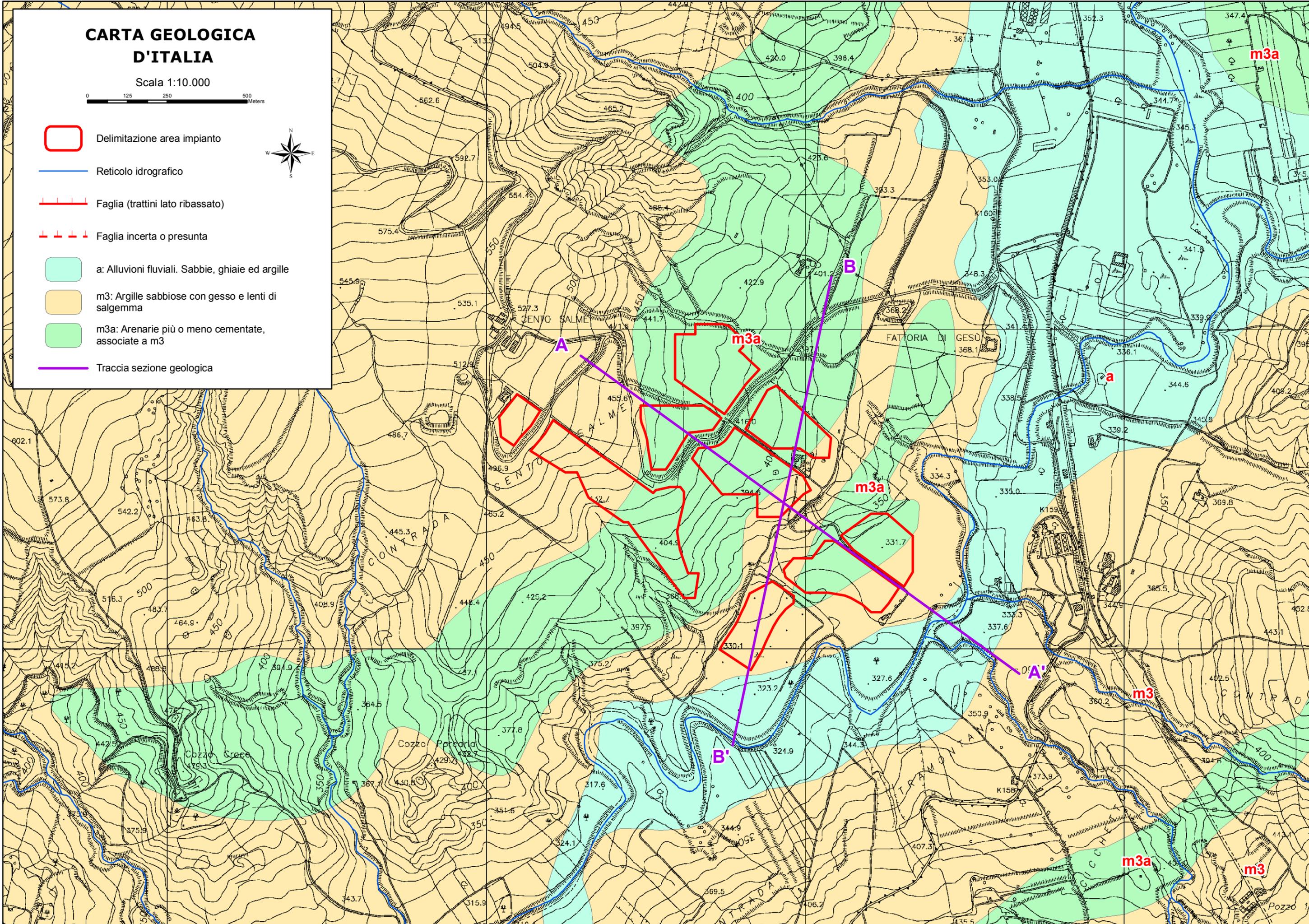


m3: Argille sabbiose con gesso e lenti di salgemma



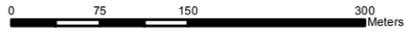
m3a: Arenarie più o meno cementate, associate a m3

— Traccia sezione geologica



# SEZIONI GEOLOGICHE

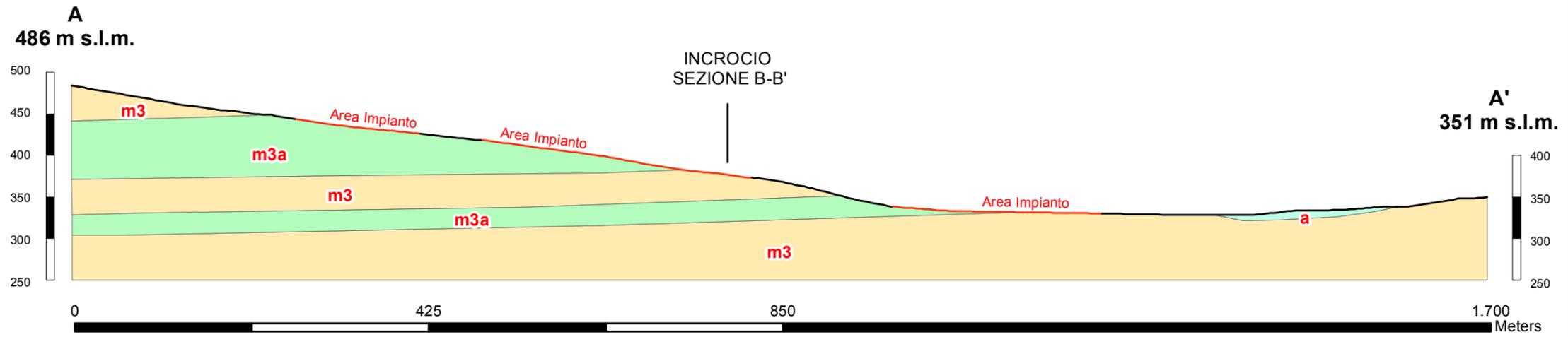
Scala 1:6.000



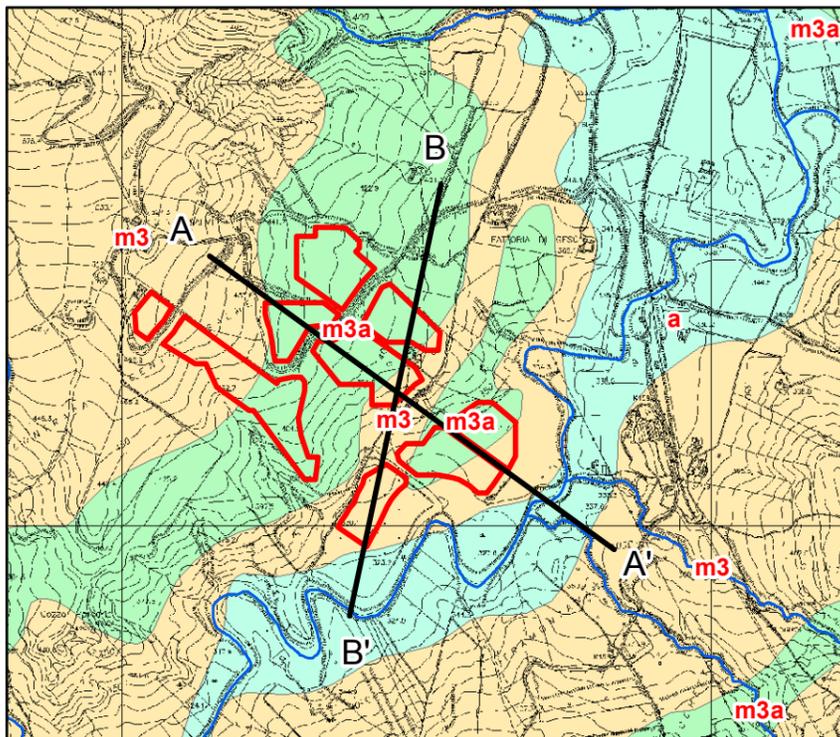
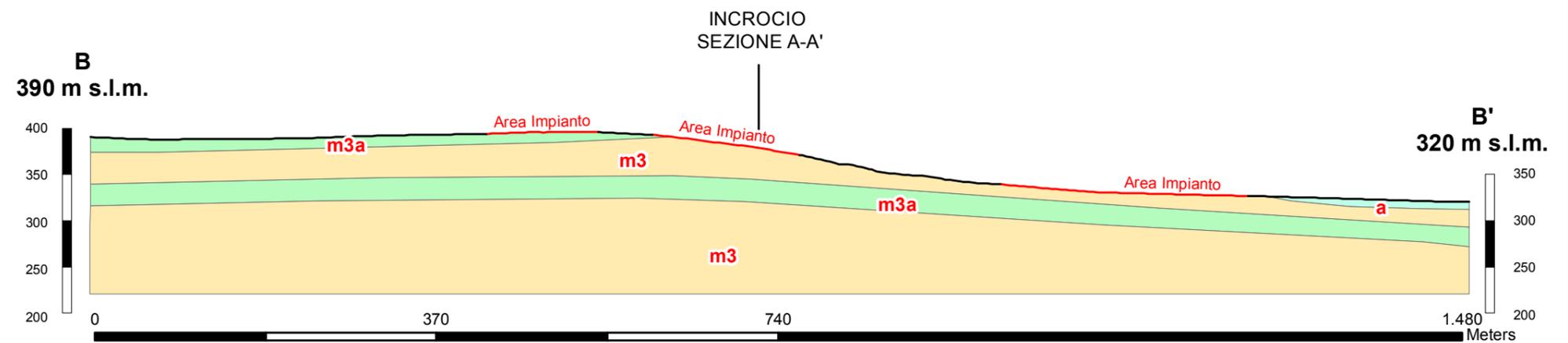
- Delimitazione area impianto
- m3: Argille sabbiose con gesso e lenti di salgemma
- a: Alluvioni fluviali. Sabbie, ghiaie ed argille
- m3a: Arenarie più o meno cementate, associate a m3
- Traccia sezione geologica



## SEZIONE LITOTECNICA A - A'



## SEZIONE LITOTECNICA B - B'



REGIONE SICILIANA

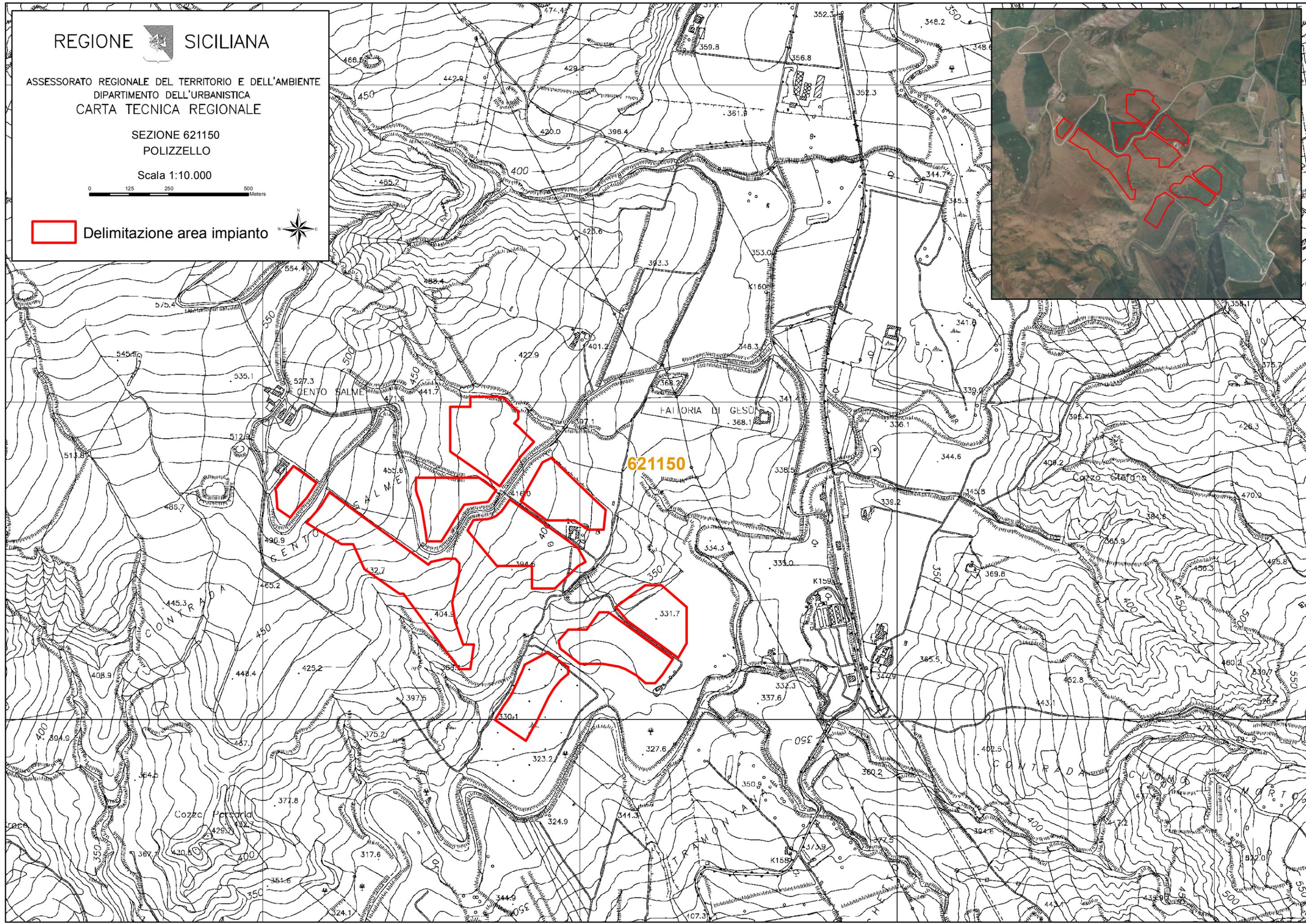
ASSESSORATO REGIONALE DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE  
DIPARTIMENTO DELL'URBANISTICA  
CARTA TECNICA REGIONALE

SEZIONE 621150  
POLIZZELLO

Scala 1:10.000

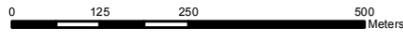


 Delimitazione area impianto

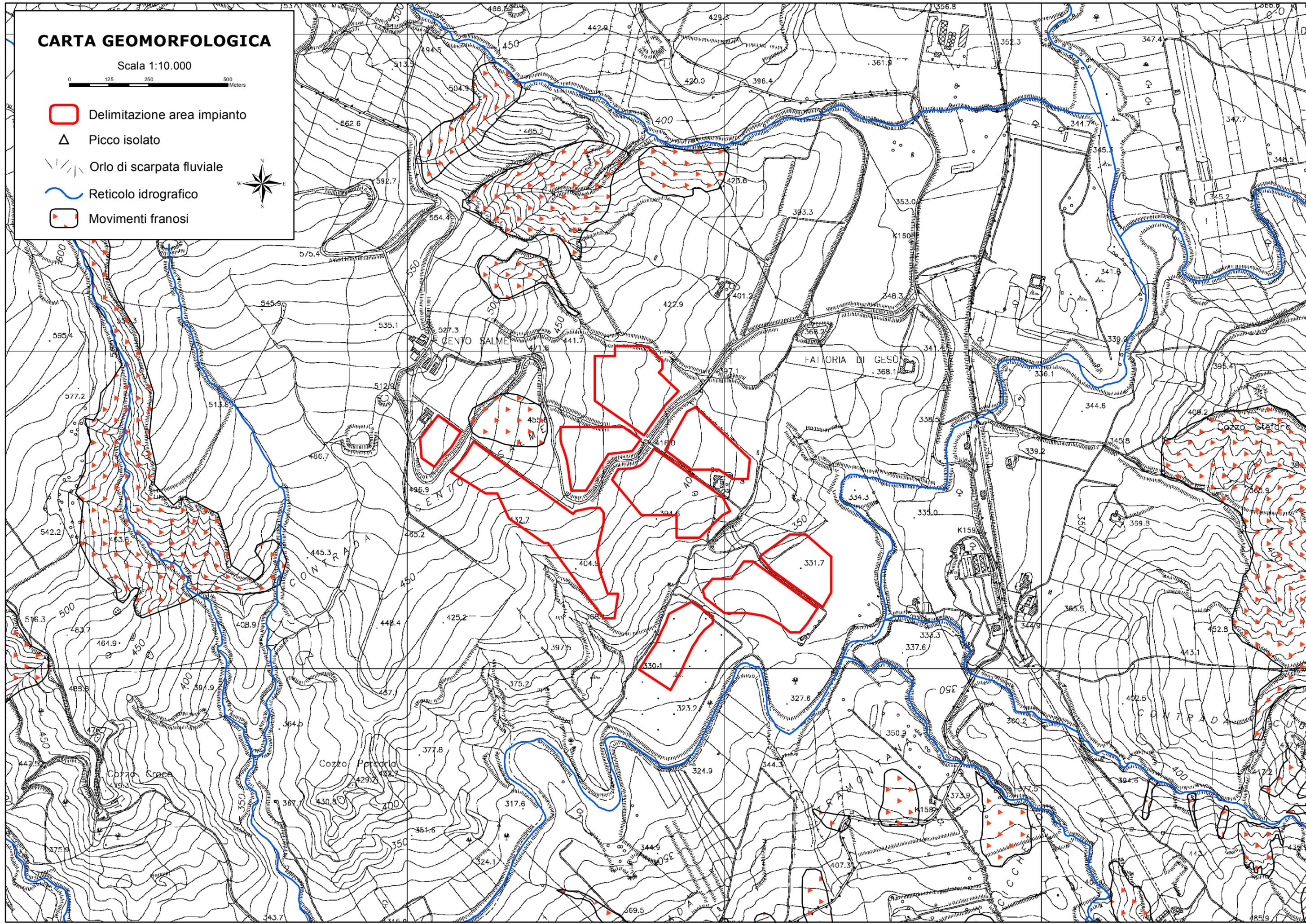


# CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:10.000



- Delimitazione area impianto
- Picco isolato
- Orlo di scarpata fluviale
- Reticolo idrografico
- Movimenti franosi



# CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:10.000



Delimitazione area impianto



Reticolo idrografico



Unità idrogeologica 1: Conglomerati e sabbie. Permeabilità di tipo primario (porosità)  $10^{-2} < K < 10^{-4}$  m/s



Unità idrogeologica 2: Argille, argille sabbiose. Permeabilità di tipo primario (porosità)  $10^{-7} < K < 10^{-9}$  m/s

