

PROPONENTE  
**Repower Renewable Spa**  
Via Lavaredo, 44  
30174 Venezia

**REPOWER**  
L'energia che ti serve.

PROGETTAZIONE E CORDINAMENTO

**LAAP ARCHITECTS®**  
urban quality consultants

LAAP ARCHITECTS Srl  
via Francesco Laurana 28  
90143 - Palermo - Italy  
t 091.7834427 - fax 091.7834427  
laap.it - info@laap.it

Numero di commessa laap: 347

Architetto e Dottore Agrotecnico Antonino Palazzolo



CONSULENTE  
Dott. Geologo Salvatore Lo Verme



N° COMMESSA

**1539**

**IMPIANTO AGRIVOLTAICO BELLANOVA 9,6 MW E OPERE DI CONNESSIONE  
LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI TRAPANI  
COMUNI DI CUSTONACI (TP), CASTELLAMMARE DEL GOLFO (TP), BUSETO PALAZZOLO (TP)  
VALDERICE (TP), ERICE (TP), TRAPANI E MISILISCEMI (TP)**

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

CODICE ELABORATO

**PD.07**

NOME FILE: 347\_CARTIGLIO\_r00.dwg

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDAITTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	31/08/2023	PRIMA EMISSIONE	Geol. Salvatore Lo Verme	Arch. Sandro Di Gangi	Arch. e Agr. Antonino Palazzolo

## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>3</b>
<b>2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>6</b>
<b>3. DATI GENERALI DI PROGETTO</b> .....	<b>7</b>
3.1. Inquadramento territoriale .....	8
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO</b> .....	<b>12</b>
4.1. Inquadramento geologico regionale .....	12
4.2. Tettonica.....	15
<b>5. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>19</b>
5.1. Sismicità storica della sicilia occidentale.....	19
5.2. Storia sismica .....	23
5.3. Pericolosità sismica del sito .....	25
<b>6. CATEGORIA TOPOGRAFICA</b> .....	<b>31</b>
<b>7. SISMICITA' DEL SITO E CARATTERISTICHE DEL SUOLO DI FONDAZIONE</b> .....	<b>32</b>
<b>8. LIQUEFAZIONE</b> .....	<b>33</b>
8.1. Esclusione della verifica a liquefazione.....	33
<b>9. AZIONE SISMICA DEL SITO</b> .....	<b>34</b>
9.1. Amplificazione dell'azione sismica ed effetti cosismici.....	34
9.2. Stima della pericolosità sismica locale .....	37
<b>10. RAPPORTO INDAGINI SISMICHE MASW</b> .....	<b>40</b>
10.1. Indagine sismica Masw 1 (Forgia) .....	43
10.2. Indagine sismica Masw 2 (Guardia).....	46
10.3. Indagine sismica Masw 3 BS1 (Susicchio Nord) .....	49
10.4. Indagine sismica Masw 4 BS2 (Susicchio sud).....	52
10.5. Conclusioni indagini sismiche.....	55
<b>11. GEOTECNICA</b> .....	<b>55</b>
11.1. Report Indagini penetrometriche .....	58

## 1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto agrivoltaico denominato "Bellanova" di potenza **9,6 MW**, ubicato nei Comuni di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP), e delle relative opere di connessione. Il progetto è proposto dalla società Repower Renewable s.p.a. con sede legale in Venezia (VE) via Lavaredo 44/52 CAP 30174, d'ora in avanti chiamato **Proponente**.

Nello specifico si propone la realizzazione di:

1. **Un impianto agrivoltaico** su di un'area di circa 19 ettari sita nel territorio comunale di Castellammare del Golfo (TP) e Custonaci (TP), costituito da tracker ad inseguimento solare monoassiale composti da 30 moduli fotovoltaici da 640 W disposti su una singola fila. Il Parco agrivoltaico sarà suddiviso in **3 aree d'impianto**, così nominate:
  - **Area impianto "Forgia"**
  - **Area impianto "Guardia"**
  - **Area impianto "Susicchio"** ulteriormente suddiviso in due aree nominate **BS1** e **BS2**;

Al loro interno sono previste:

- mantenimento e ampliamento dell'attività culturale e zootecnica
- **opere di mitigazione** come fasce arboree/arbustive lungo il perimetro esterno dell'impianto
- **opere civili e idrauliche** a servizio dell'impianto e della produzione agricola

Da un punto di vista elettromeccanico, per il sistema di conversione dell'energia elettrica si è ipotizzato di installare un sistema di conversione DC/AC del tipo distribuito; tale tecnologia prevede l'adozione di inverter di piccola taglia (250 e 350 kW) installati all'interno del campo agrivoltaico in modo distribuito. Il sistema di trasformazione prevede l'installazione di trasformatori MT/BT 20/0.8 kV della taglia di 2.5 MVA e 1.25 MVA ubicati all'interno di apposite cabine di trasformazione all'interno del campo stesso (cabine di campo). Oltre all'impianto agrivoltaico verranno realizzati:

2. **Cavidotti interrati 20 kV interni al sito** per collegare le cabine di campo alla cabina di consegna CC, situata all'interno dell'area d'impianto Forgia. Verranno utilizzati cavi unipolari in formazione a trifoglio adatti alla posa direttamente interrata. All'interno dei campi le cabine di trasformazione sono collegate fra loro in entra-esce ed alla cabina di consegna;
3. Una **cabina di consegna CC** (DG 2061 Ed.9), situata all'interno dell'area d'impianto Forgia, da cui partiranno i cavidotti MT a 20 kV verso uno stallo nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci
4. **Cavidotti interrati 20 kV esterni al sito** per il collegamento tra la cabina di consegna CC e lo stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
5. Un nuovo **elettrodotto RTN a 150 kV** di collegamento tra la SE "Buseto" e la Cabina Primaria di Ospedaletto, presso la quale dovrà essere realizzato uno stallo 150 kV, il cui tracciato si svilupperà per circa 12 km, ricadente nei comuni di Buseto Palizzolo (TP), Valderice (TP), Erice (TP) e Trapani, di cui la medesima società Repower Renewable s.p.a. ne è **Capofila**.

## 6. Un **ampliamento** della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

La connessione alla rete MT di E-distribuzione è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice rintracciabilità 347687734, ricevuta per l'impianto in oggetto da e-distribuzione S.p.A. Il collegamento è vincolato al potenziamento della capacità di trasformazione della CP Custonaci e alle opere del PdS Terna che prevede la realizzazione del nuovo elettrodotto RTN a 220 kV "Fulgatore - Partinico" e delle opere non previste a PdS Terna, ovvero realizzazione di un nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento tra la SE Buseto e la Cabina Primaria di Ospedaletto e l'ampliamento della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

L'impianto, ricadendo all'interno di un'area classificata come idonea ai sensi dell'art. 20 comma 8 c-quater del D.Lgs. 8 novembre 2021, n.199, non è soggetto a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) ai sensi dell'art.6 comma 9-bis del D.Lgs. 3 marzo 2011, n.28 (comme sostituito dall'art. 9, comma 1-bis, legge n.34 del 2022).

Le opere di rete ricadono invece tra gli interventi sottoposti a Valutazione di Impatto Ambientale (VIA) riportati nell'allegato II-Progetti di competenza statale, della Parte Seconda del Decreto legislativo 3 aprile 2006, n. 152, all' art. 4-bis) *Elettrodotti aerei per il trasporto di energia elettrica, con tensione nominale superiore a 100 kV e con tracciato di lunghezza superiore a 10 Km.* Il nuovo elettrodotto prevede la realizzazione di 44 tralicci di sostegno con altezza variabile tra i 28 e i 44 metri a seconda della morfologia del terreno; in cartografia ogni nuovo traliccio è numerato in ordine crescente a partire dalla SE Buseto. Vengono inoltre indicati i tralicci di vertice al quale viene associata la seguente denominazione V+n. (es. V12).

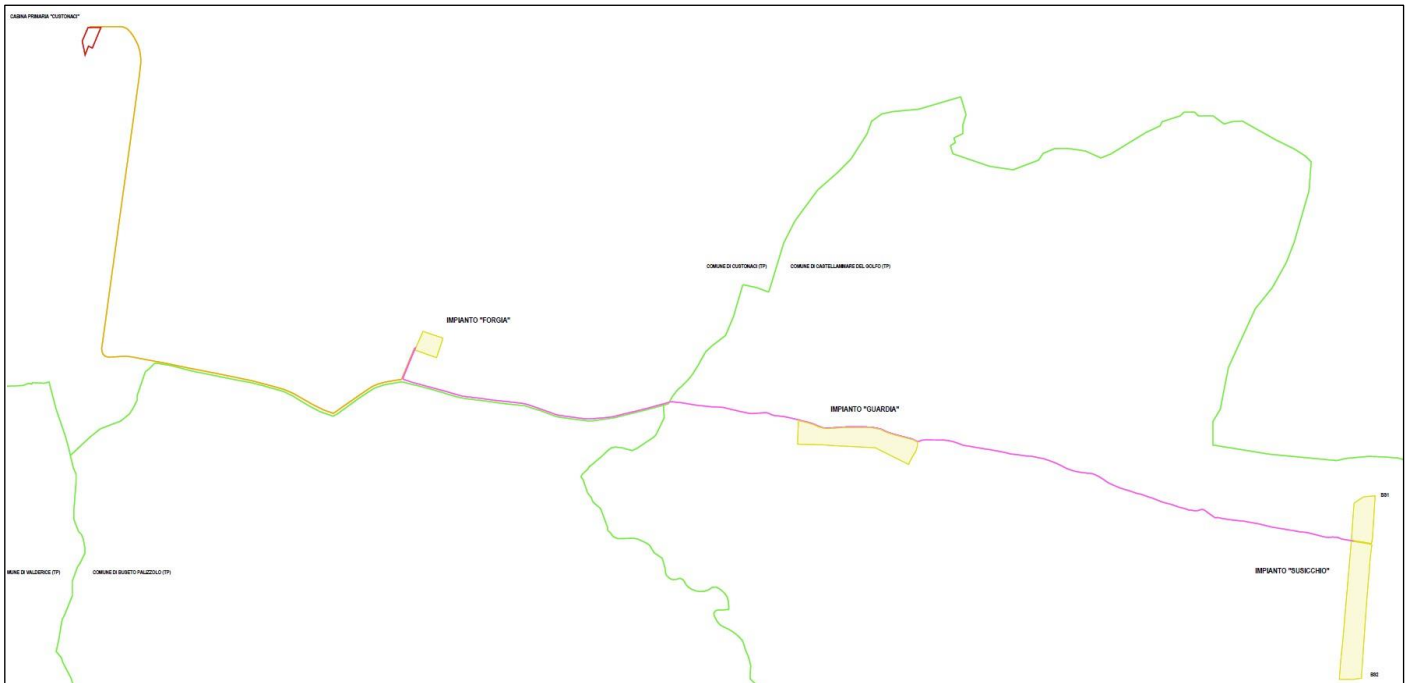


Figura 1. Schema generale impianto

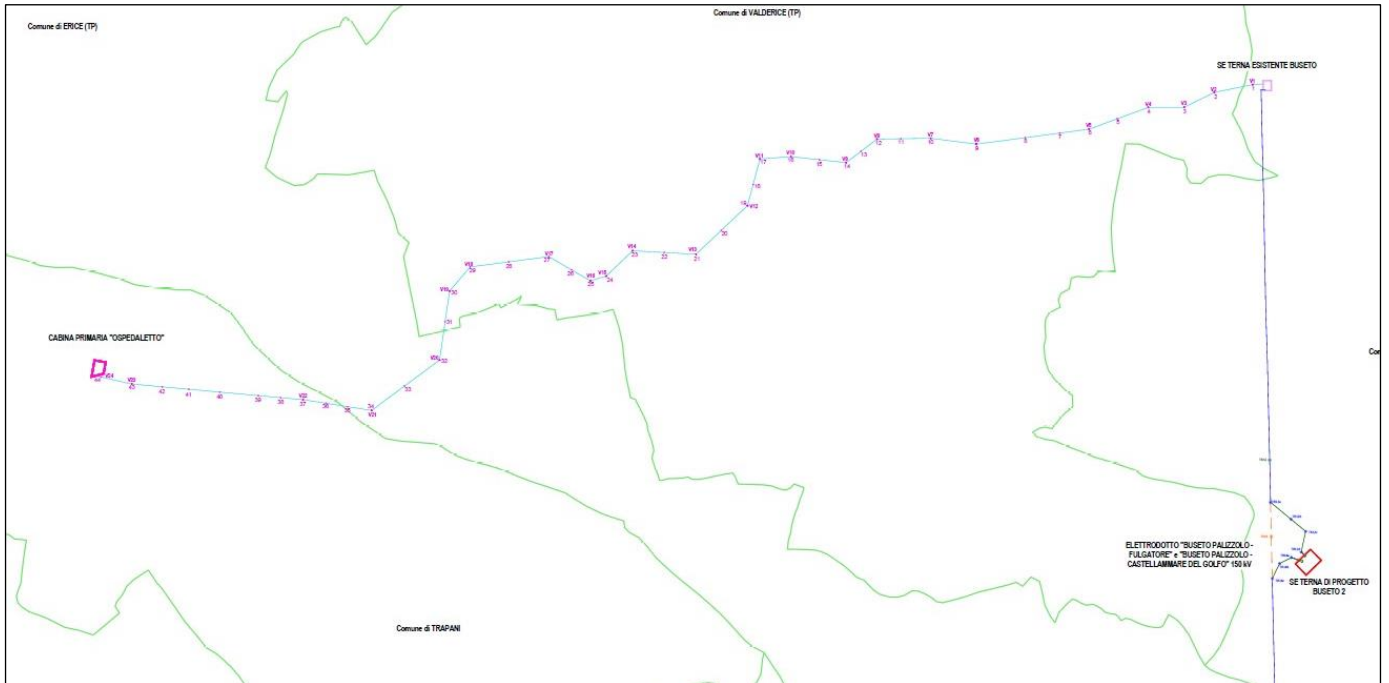
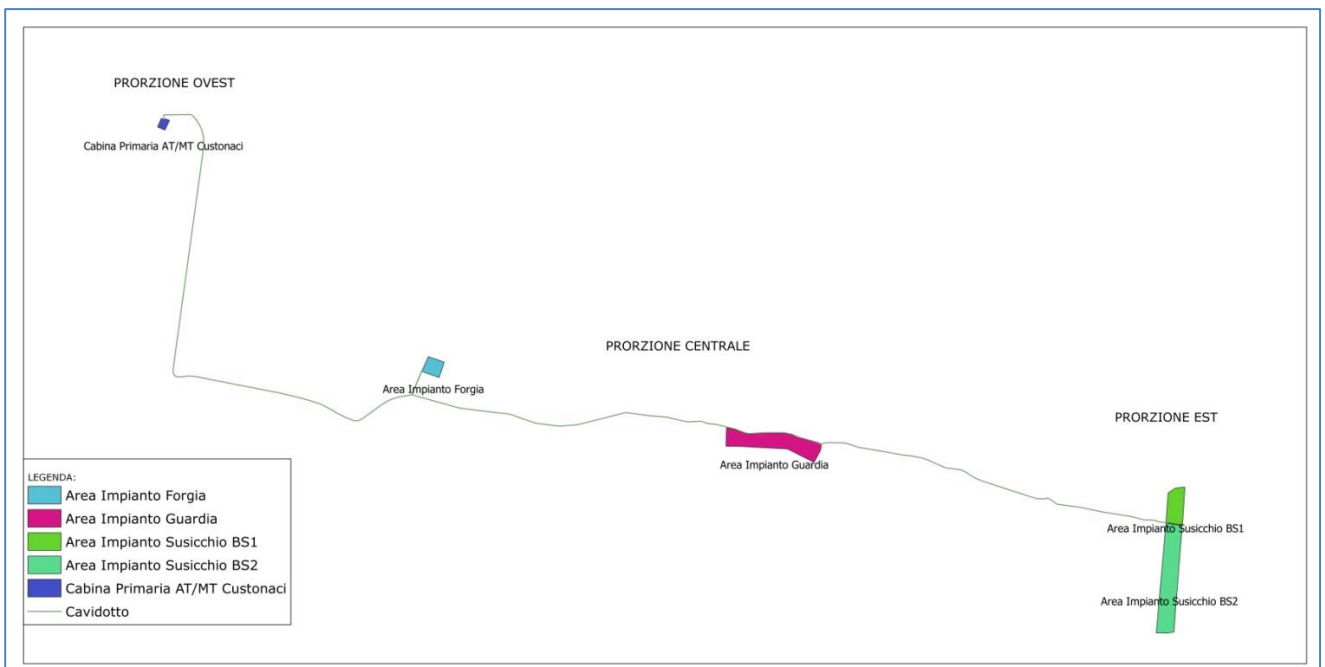


Figura 2. Schema generale delle Opere di Rete

Per semplicità descrittiva e per la differenza di caratteristiche morfologiche e geologiche che caratterizzano le aree d'impianto suddivideremo lo stesso come riportato in figura sotto.



## 2. NORMATIVA DI RIFERIMENTO

Per la realizzazione del presente studio geologico a supporto del progetto in oggetto si è fatto riferimento alla seguente normativa:

**Piano Stralcio per l' Assetto Idrogeologico, denominato anche 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.

**Norme di attuazione sostituita dal D.P. n. 9 del 06/05/2021** - APPROVAZIONE "MODIFICHE ALLA RELAZIONE GENERALE - PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO DELLA REGIONE SICILIANA" - REDATTA NEL 2004 E TABELLA ELEMENTI A RISCHIO - D.P. N. 9/ADB DEL 06/05/2021.

**Circolare applicativa del 22/02/2023 Prot. N. 4036**; Semplificazione e snellimento delle procedure di rilascio dei pareri di compatibilità geomorfologica e idraulica di cui gli articoli da 17 a 31 delle Norme di Attuazione del PAI – D.P. Reg. 6 Maggio 2021 n. 9

### **D.M. 17 Gennaio 2018**

Norme tecniche per le costruzioni. Decreto del Ministro delle infrastrutture e dei trasporti.

**Circolare Applicativa** – norme tecniche per le costruzioni. Ministero delle infrastrutture e dei trasporti. Circolare 21/gennaio/2019, n. 7 C.S.LL.PP.

**Norme Tecniche di cui al D.M. 17.01.2018** “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 e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”. (Capitolo 6. Progettazione geotecnica).

**Circolare n. 3 del 20 Giugno 2014** “Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici” in particolare all’allegato D (Guida schematica alla definizione di unità litotecniche).

**Compatibilità geomorfologica ai sensi dell’art 15; legge regionale 16/16 redatto ai sensi della circolare ARTA n. 3 del 20/06/2014**

**Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274/2003** “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica.”, modificata dall’O.P. C. M. 3431 del 03/05/2005.

### **Delibera della Giunta Regionale della Regione Siciliana n. 408 del 19/12/2003**

“Elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri della delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19 Dicembre 2003” pubblicato sulla GURS n. 7 del 13/02/2004”.

**Aggiornamento della classificazione sismica regionale** con i criteri dell’ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri del 28/04/2006 n. 3519.

Linea guida **Commissione tecnica per la microzonazione sismica (articolo 5, comma 7 dell’OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).**

**Deliberazione della giunta regionale 24/02/2022 n. 81** del dirigente generale del DRPC Sicilia 11/03/2022 n. 64

### 3. DATI GENERALI DI PROGETTO

Nella tabella seguente sono riepilogate in forma sintetica le principali caratteristiche tecniche dell'impianto in progetto.

Tabella 1. Tabella sinottica dati di progetto

REPOWER RENEWABLE S.P.A	
<b>Luogo di installazione:</b>	Località: Comuni di Custonaci (TP) e Castellammare del Golfo (TP)
<b>Denominazione impianto:</b>	Impianto Agrivoltaico Bellanova
<b>Dati area di progetto:</b>	Area impianto Agrivoltaico: Comuni di Custonaci (TP) e Castellammare del Golfo (TP) Cabina di consegna: Comune di Custonaci (TP)
<b>Informazioni generali del sito:</b>	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento.
<b>Potenza (MW):</b>	Impianto fotovoltaico: 9,6 MW
<b>Superficie totale (STotale)</b>	19 ha
<b>Superficie Agricola (SAgricola)</b>	16,4 ha
<b>Superficie dei moduli (SModuli)</b>	4,5 ha
<b>SAgricola/STotale &gt; 70%</b>	86%
<b>LAOR (Smoduli/STotale) &lt; 40%</b>	23,7%
<b>Producibilità elettrica minima</b> (FVagri ≥ 0,6 x FVstandard)	87,8%
<b>Tipo strutture di sostegno:</b>	Strutture in materiale metallico ad inseguimento solare mono-assiali
<b>Inclinazione piano dei moduli (Tilt):</b>	Le strutture fisse avranno un angolo di tilt di circa 30° rispetto al piano orizzontale
<b>Caratterizz. - urbanistico/vincolistica:</b>	Programma di Fabbricazione di Custonaci; Piano Regolatore di Castellammare del Golfo; Piano Paesaggistico dell'Ambito 1 Provincia di Trapani
<b>Connessione:</b>	Connessione ad uno lo stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
<b>Coordinate Impianto Agrivoltaico</b>	Punto baricentrico alle tre aree d'impianto: 38° 2'24.64"N, 12°43'59.43"E

### 3.1. Inquadramento territoriale

L'intervento in oggetto riguarda la realizzazione dell'impianto agrivoltaico da realizzarsi in zona agricola in località Contrada Bellanova nei comuni di Custonaci (TP) e Castellammare del Golfo (TP). Nel dettaglio si ricordi che:

- il Comune di Custonaci è interessato dall'area d'impianto "Forgia", dalla cabina di consegna, da parte dei cavidotti interrati 20kV interni al sito e dai cavidotti interrati 20kV esterni al sito di collegamento con uno stallo di consegna nella cabina primaria CP AT/MT Custonaci;
- il Comune di Castellammare del Golfo è interessato dalle aree d'impianto "Guardia" e "Susicchio" e da parte dei cavidotti interrati 20kV interni al sito
- il Comune di Buseto Palizzolo è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Valderice è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Erice è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto;
- il Comune di Trapani è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 150 kV di collegamento alla Cabina Primaria di Ospedaletto e dallo stallo a 150 kV ad Ospedaletto.
- Il Comune di Misiliscemi è interessato dall'ampliamento della SE RTN 220/150 kV di Fulgatore.

In generale, l'area deputata all'installazione dell'impianto agrivoltaico in oggetto risulta essere adatta allo scopo in quanto presenta una buona esposizione alla radiazione solare ed è facilmente accessibile attraverso le vie di comunicazione esistenti. Di seguito le coordinate di un punto baricentrico delle tre aree d'impianto:

**38° 2'24.64"N**

**12°43'59.43"E**

L'impianto, comprensivo di campi agrivoltaici, cabina di consegna e cavidotti, si trova all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

- Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 248-II-SO -Buseto Palizzolo e 248-III-SE-Erice.
- CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 593140, 593130, 593090.
- Fogli di mappa nn. 12, 13 nel Comune di Castellammare del Golfo (TP) e nn. 113, 118, 182 nel Comune di Custonaci (TP)

Di seguito una tabella che riassume le particelle interessate dalla realizzazione dell'impianto:



Tabella 2. Particelle catastali interessate dalla realizzazione dell'impianto

Impianto	Comune	Foglio	Particelle
Area impianto "Forgia" e cabina di consegna	Custonaci	118	69
Area impianto "Guardia"	Castellammare del Golfo	12	5, 421, 429
Area impianto "Susicchio"	BS1	Castellammare del Golfo	13
	BS2	Castellammare del Golfo	15, 22, 24

Di seguito si riporta l'inquadramento su IGM (Scala 1:25000), CTR (Scala 1:10000), ortofoto (Scala 1:10000) e catastale (1:10000) delle opere in progetto. Per una migliore rappresentazione si riporta agli elaborati cartografici (cod. PD.23 "Carta del layout di progetto su corografia IGM", cod. PD.24 "Carta del layout di progetto su planimetria CTR", cod. PD.25 "Carta del layout di progetto su ortofoto, ,cod. PD.26 "Carta del layout di progetto su catastale")

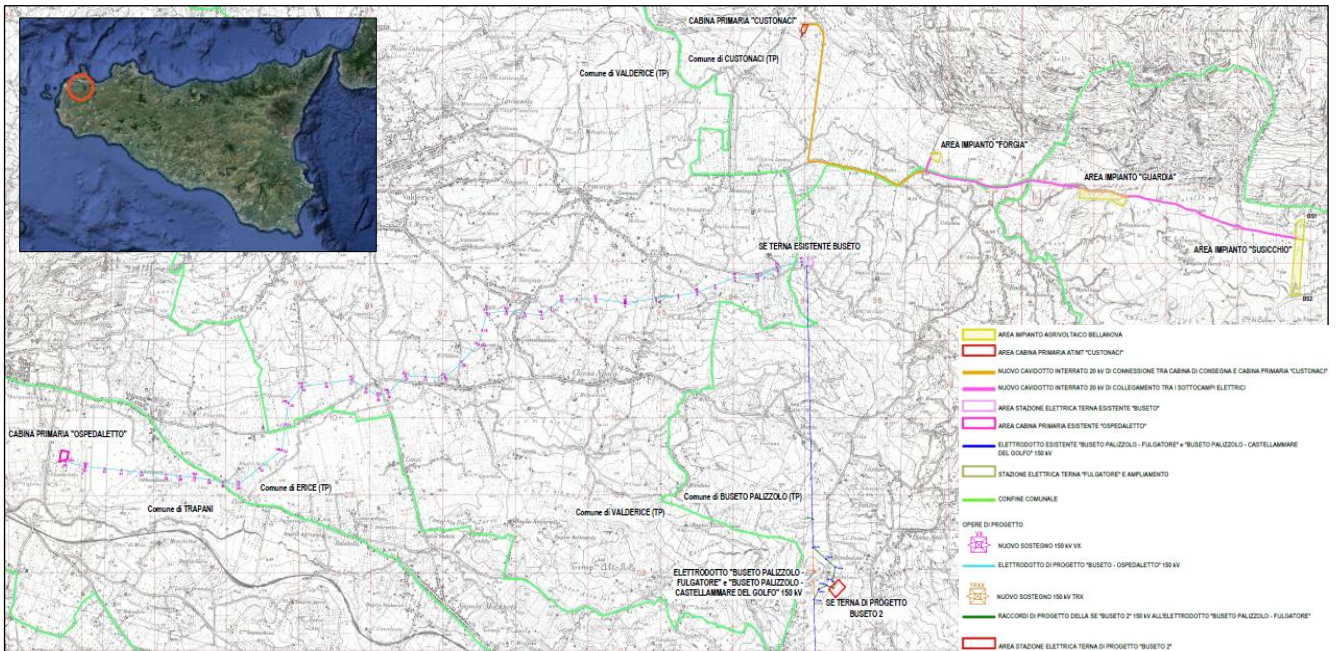


Figura 3. Localizzazione del sito e Inquadramento IGM (Scala 1:250000) delle opere in progetto

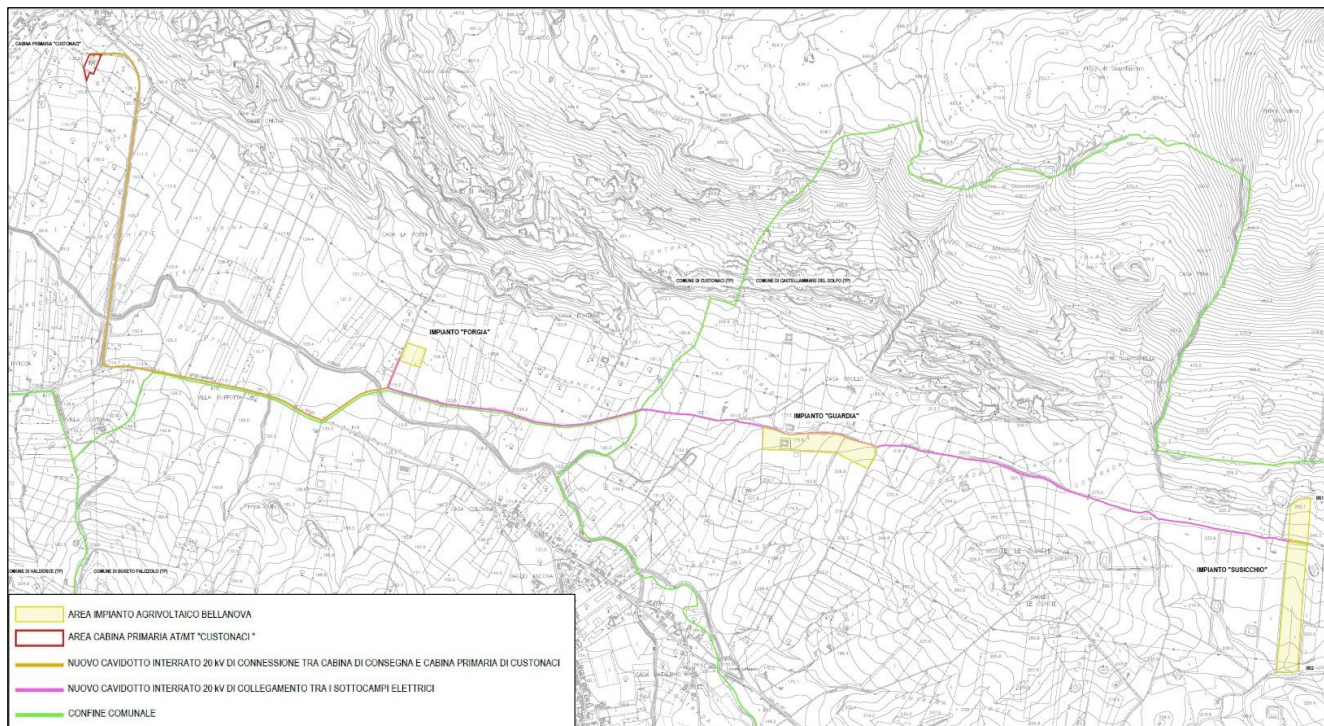


Figura 4. Inquadramento opere in progetto su CTR (Scala 1:10000)



Figura 5. Inquadramento opere in progetto su Ortofoto (Scala 1:10000)



## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

### 4.1. Inquadramento geologico regionale

I territori comunali di Castellammare del Golfo, Custonaci e Buseto Palazzolo rientrano nella porzione più occidentale della Sicilia. Nel contesto geologico regionale, l'isola siciliana rappresenta una porzione della megasutura che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea, con una porzione di catena che attraverso la Sicilia collega gli Appennini e la Calabria con le Maghrebidi. La storia geologica dell'area ha visto una prima fase orogenica alpina paleogenica, cui sono seguiti i movimenti compressivi legati alla rotazione antioraria oligo-miocenica del blocco sardo-corso, la cui collisione con il margine continentale africano è generalmente considerata la causa della deformazione compressiva nella catena sudappenninica-siciliana.

All'interno del complesso collisionale siciliano e del suo prolungamento in mare si riconoscono tre elementi principali:

- Avampaese, affiorante nella zona sud-orientale della Sicilia e presente anche nel Canale di Sicilia a sud di Sciacca;
- Avanfossa recente, in parte sepolta dal fronte della catena nella Sicilia meridionale e nel Bacino di Gela, sita nell'offshore meridionale della Sicilia e nel Plateau Ibleo lungo il margine settentrionale dell'avampaese;
- Catena complessa con vergenza E-SE spessa anche più di 15 km, costituita dalle Unità calabro-peloritane e dalle Unità appenniniche siciliane.

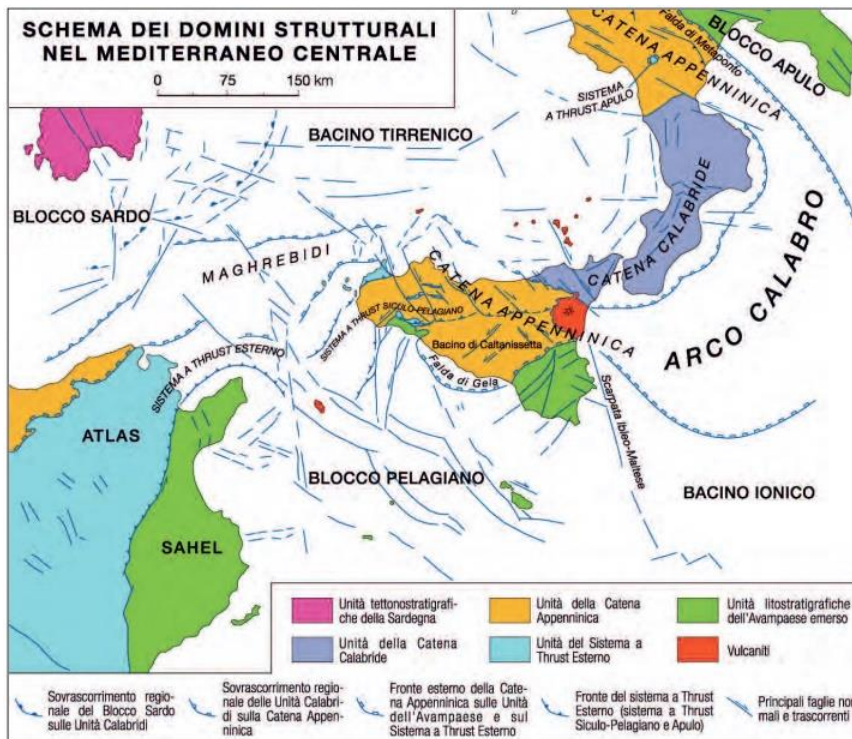


Fig. 6 – Domini strutturali del Mediterraneo Centrale (da Lentini et al., 1994 modificato)

Gran parte della Sicilia centrale ed occidentale rientrano nelle Unità della Catena Appenninica, e nello specifico l'area del trapanese è interessata dalle Unità del Sistema a Thrust Esterno da quelle appartenenti al Sistema a Thrust Siculo-Pelagico (PSTB). Quest'ultimo si è strutturato nel periodo Miocene superiore-Pleistocene, contemporaneamente all'apertura tirrenica.

Passando ad analizzare nel dettaglio l'assetto litologico e geo-stratigrafico dei siti in esame, si riporta di seguito un estratto cartografico dell'inquadramento geologico regionale tratto dalla cartografia geologica ufficiale (Foglio 593 - Castellammare del Golfo,



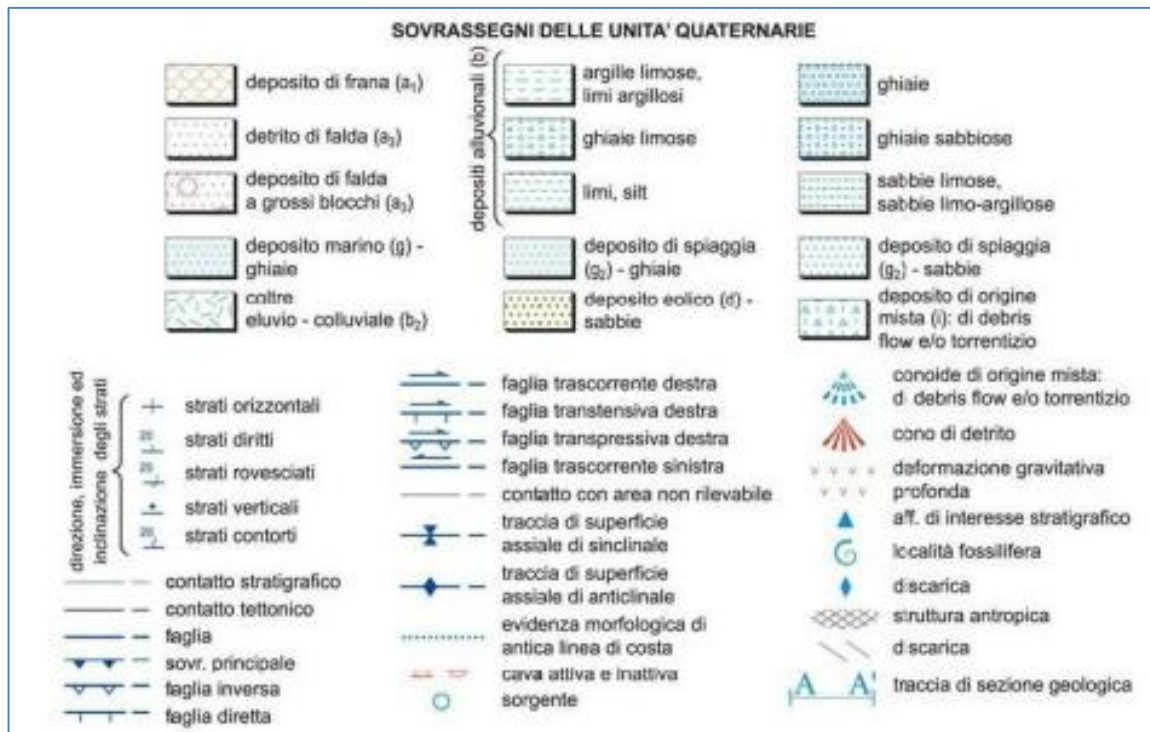


Fig. 8 – Legenda (foglio 593 Castellammare del Golfo, Carta Geologica d'Italia scala 1:50'000),

## 4.2. Tettonica

La Sicilia, con la sua posizione centrale nel Mediterraneo rappresenta un segmento dell'orogene Appenninico-Maghrebide, la quale collega l'Appennino al Nord Africa tramite l'Arco Calabro-Peloritano.

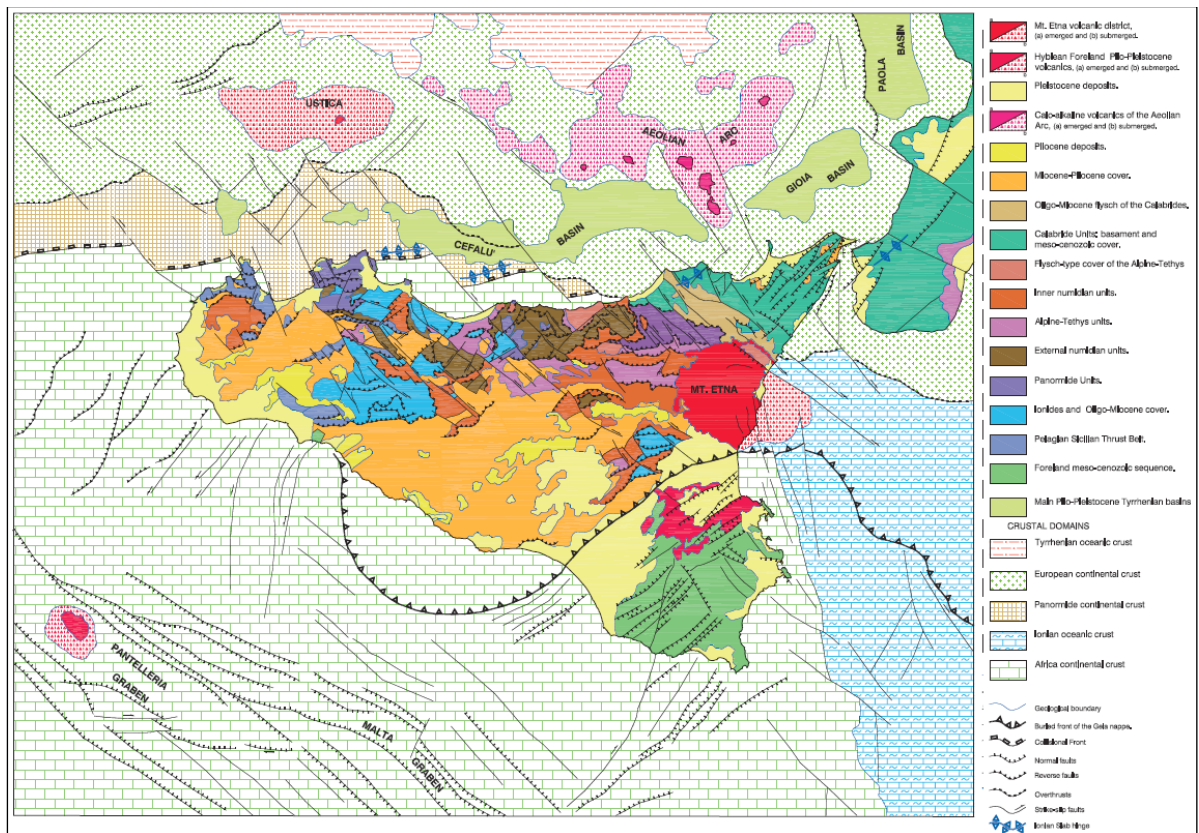


Fig. 9 – Schema strutturale Sicilia (Lentini et al., 2004)

L'area del Mediterraneo centrale è caratterizzata da un dominio di Avampaese e da uno Orogenico, a sua volta costituito da un edificio multistrato in cui si riconoscono dal basso verso l'alto un Sistema di Thrust Esterno, la Catena Appenninico-Maghrebide e la Catena Calabro-Peloritana. La fascia orogenica è caratterizzata dalla presenza di crosta oceanica ionica in subduzione e tirrenica in espansione.

Per quanto concerne il dominio di avampaese, questo comprende le aree indeformate della Placca Nord-Africana, rappresentata dal Blocco Pelagiano e dal Bacino Ionico, mentre il dominio orogenico si è originato mediante il tipico sistema "catena-avanfossa-avampaese", con un progressivo coinvolgimento spazio-temporale delle aree via via più esterne, per cui settori con ruolo di avampaese si sono trasformati in unità tettoniche inglobate nell'edificio orogenico, è questo il caso delle unità Panormidi originariamente aree di avampaese durante il Miocene inferiore e successivamente in ricoprimento sulle Ionidi. Queste ultime a loro volta si trasferiranno in ricoprimento sul Sistema Siculo Pelagiano in contemporanea con l'apertura del Bacino Tirrenico. Inoltre studi paleomagnetici hanno contribuito ad arricchire il quadro geodinamico delle varie unità tettoniche, affette da rotazioni orarie che hanno accompagnato il trasporto orogenico verso SE e Sud delle varie falde nell'intervallo cronologico mio-pliocenico.

Per comprendere la storia tettonica che ha portato alla formazione dell'attuale assetto strutturale e tettonico, si riporta di seguito una ricostruzione paleogeografica lungo un transetto orientato nord-sud dalla Sardegna al Canale di Sicilia, tratto dalle "Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia, Cap. V Tettonica".

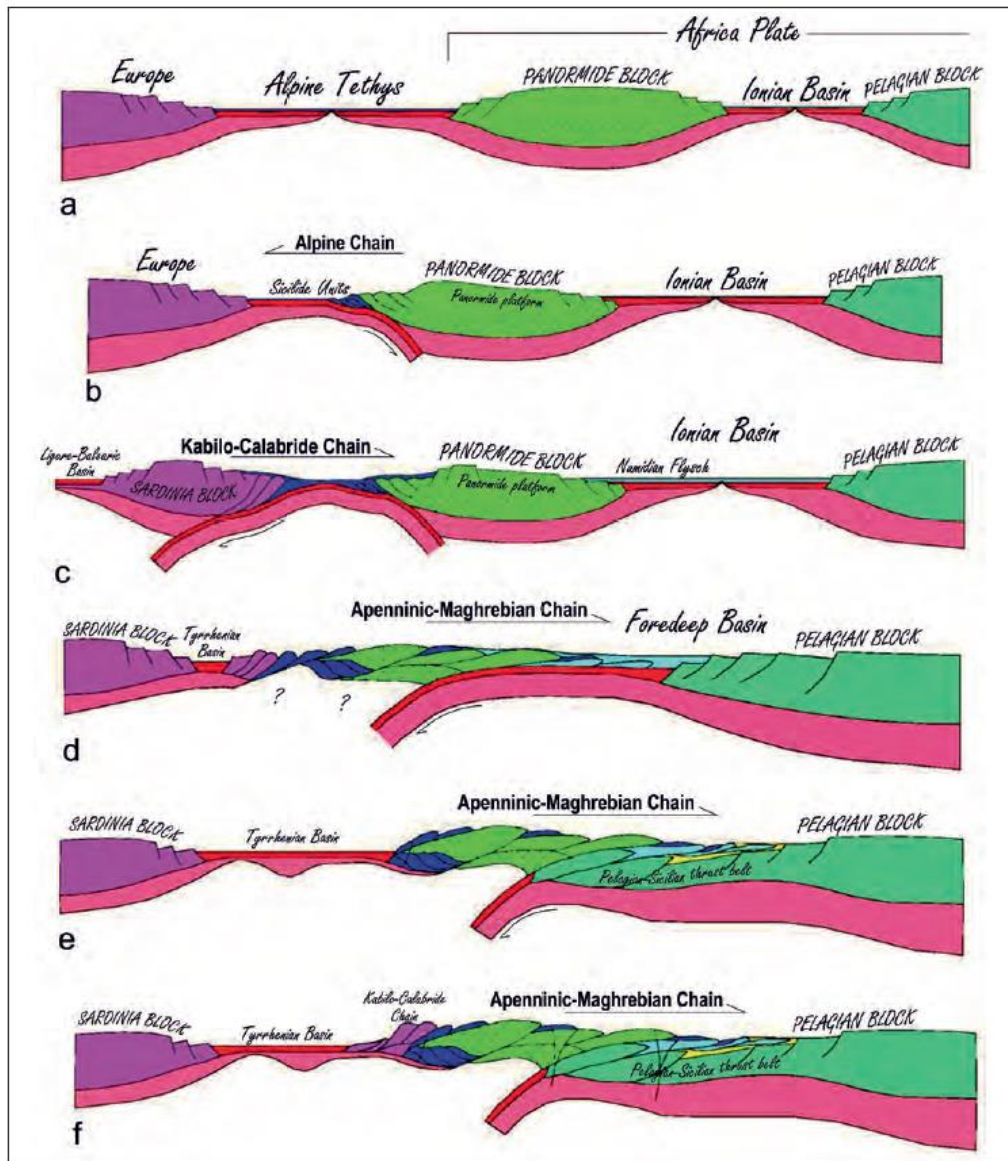


Fig.10 – Ricostruzioni paleogeografiche, transetto N-S Sardegna-Canale di Sicilia (Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia)

Le fasi sopra rappresentate sono di seguito esposte:

- Durante il Giurassico superiore le placche Europa e quella Afro-Adriatica erano separate dal bacino oceanico Alpino-Tetideo;
- Durante lo stadio Eo-Alpino si formò l'orogene Alpino, guidato dalla subduzione verso sud della Tetide Alpina sotto la placca Afro-Adriatica durante il Cretaceo-Eocene;
- A partire dall'Oligocene si attiva una subduzione verso nord che coinvolge ciò che rimane della crosta Alpino-Tetidea;
- La prima evidenza dell'inizio dell'apertura tirrenica si trova nei sedimenti del Miocene medio-superiore;
- Oceanizzazione del bacino del Vavilov a partire dal Pliocene;
- L'arretramento dello slab ionico ha causato la migrazione verso SE del sistema orogenico, accompagnata dallo sviluppo di un sistema di faglie trascorrenti destre (Sistema Sud-Tirrenico), connesso alla contemporanea collisione tra il blocco Panormide e quello Pelagiano ad ovest e la subduzione attiva sotto l'Arco Calabro-Peloritano ad est.



Passando nel dettaglio all'area del trapanese, si possono riconoscere tre sistemi di faglie derivanti dalle fasi tettoniche precedentemente descritte:

- Faglie con orientazione NE-SW e E-W a componente compressiva;
- Faglie subverticali destre con orientamento NW-SE che tagliano ed interrompono sovrascorrimenti e pieghe;
- Faglie con orientazione NE-SW ed E-W impostate su sistemi più antichi.

Le unità Pre-Panormidi presentano litologie a prevalente componente duttile, le quali hanno dato origine a strutture plicative marcate ed a numerosissime scaglie tettoniche impilate a formare struttura embricate. Per quanto concerne le strutture tettoniche dislocative, dalla consultazione del Catalogo delle faglie capaci (ITHACA), risulta che l'area in esame, così come la gran parte della provincia di Trapani, non è attraversata da faglie capaci, definite tali in quanto ritenute in grado di produrre, entro un intervallo di tempo di interesse per la società, una deformazione o dislocazione della superficie del terreno, e/o in prossimità di essa.

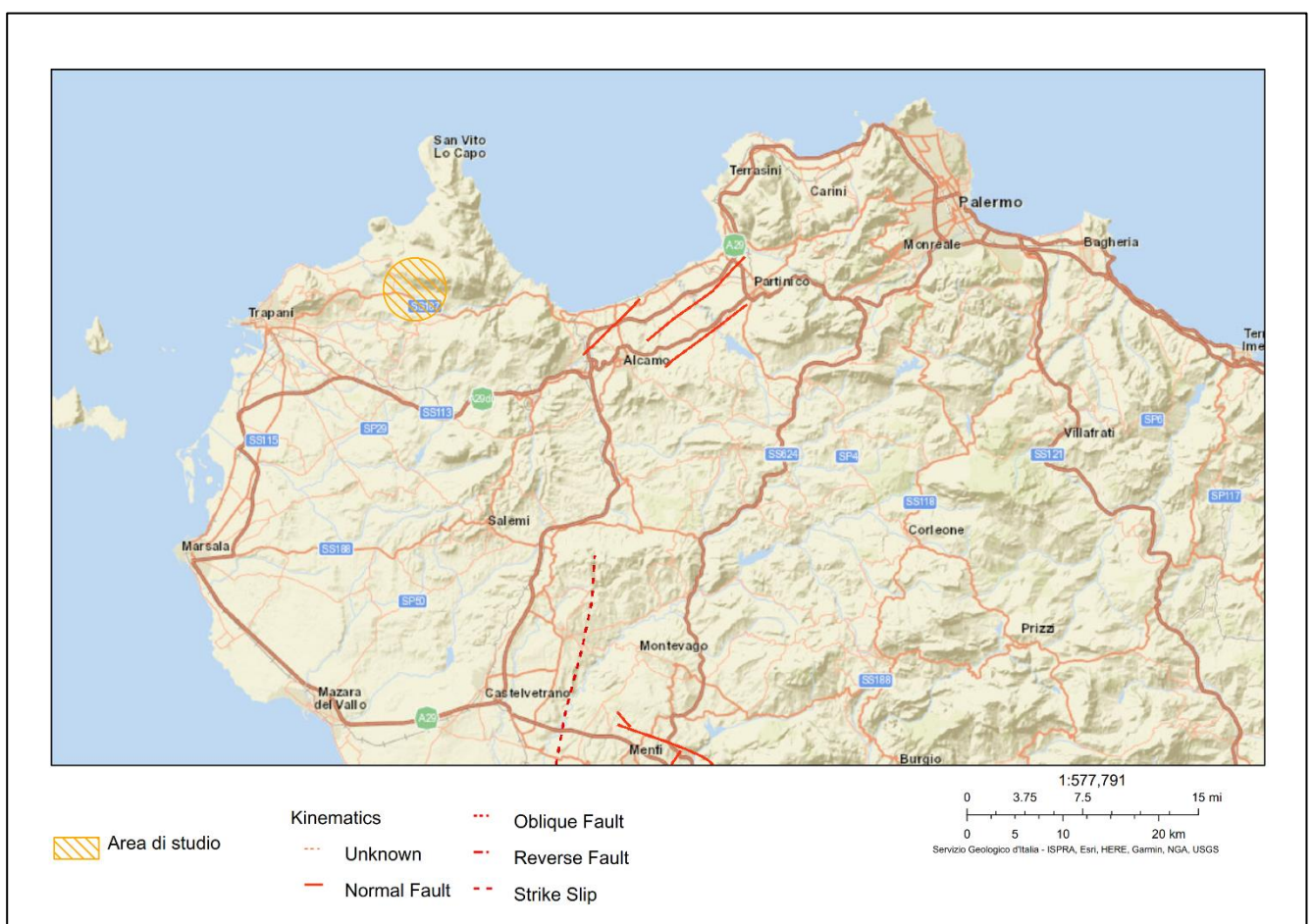


Fig.11 – Faglie capaci (Progetto ITHACA)

L'assenza di faglie capaci ha conferma anche nell'assenza di sorgenti sismogenetiche nelle aree di progetto, sia dell'impianto che della stazione Terna e Utente, come rappresentato dalla seguente figura, estratta dal DISS "Inventario delle sorgenti sismogenetiche" dell'INGV Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.3.0). Si segnala però la presenza di tre diverse faglie sorgenti sismogenetiche a sud delle aree di interesse:

- Faglia Mazara-Belice, orientata ENE-WSW, massima magnitudo 5,6;
- Faglia Castelvetro-Capo Granitola, orientata NE-SW, massima magnitudo 5,5;
- Faglia Monte Magaggiaro-Pizzo Telegrafo, orientata NW-SE, massima magnitudo 5,5.

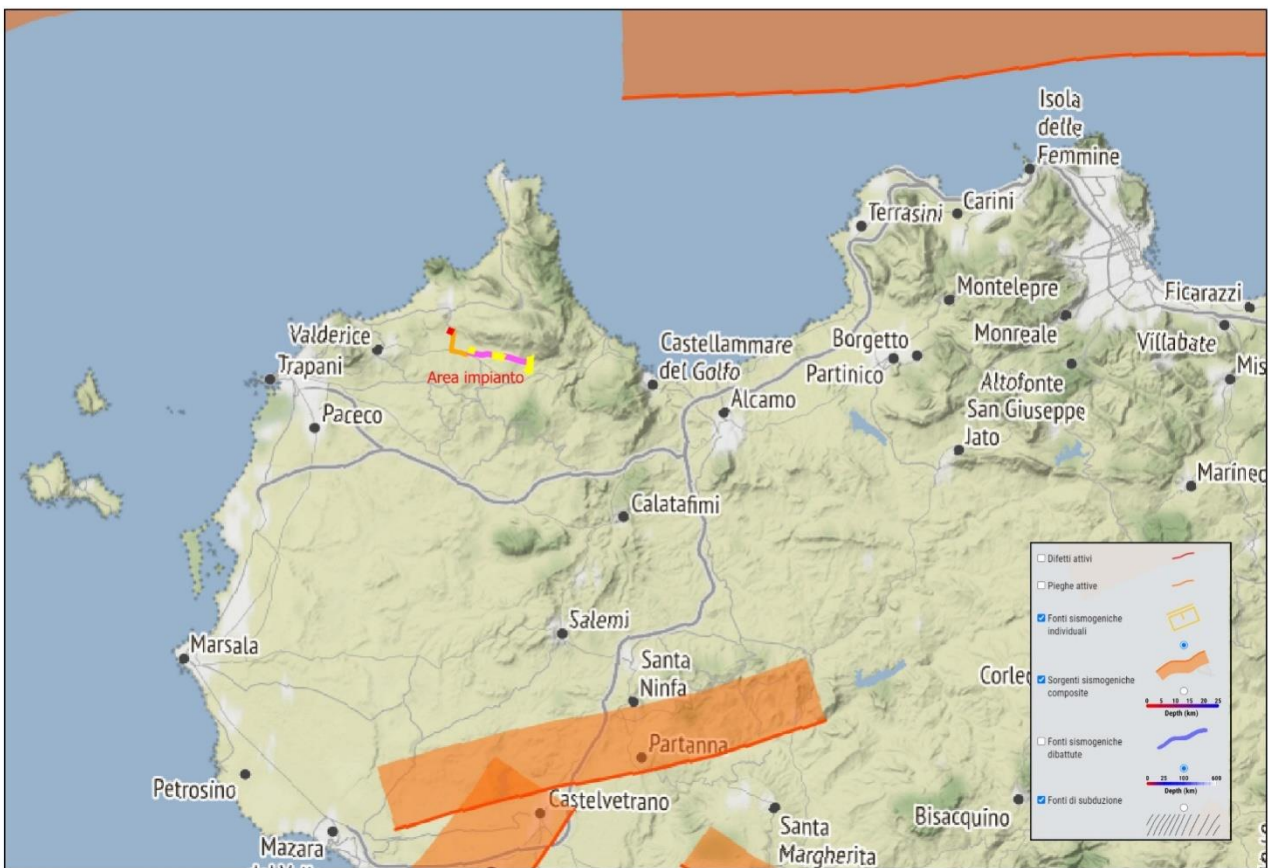


Fig.12 – Sorgenti Sismogenetiche (DISS Working Group)

## 5. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

### 5.1. Sismicità storica della sicilia occidentale

Numerosi sono i terremoti che hanno colpito la Sicilia nord occidentale in epoca storica. L'immagine estratta dal portale (Fig 13) [https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query\\_eq/Istituto](https://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/query_eq/Istituto) Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). che contiene i dati di magnitudo per tutti i terremoti della Sicilia nord occidentale. I dati derivano da studi, database, rapporti e bollettini pubblicati fino al 2014.

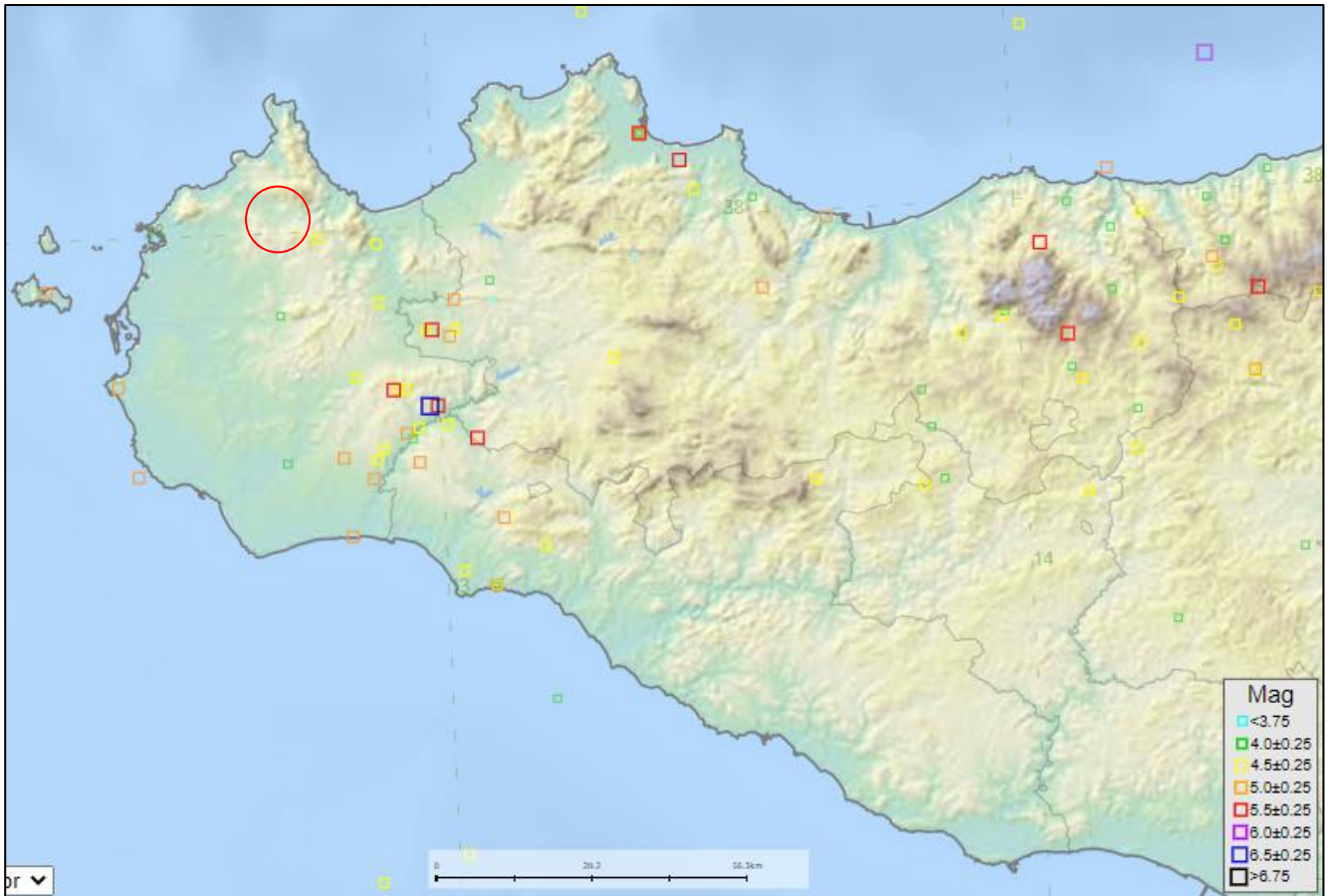


Fig. 13– Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli, B., Gasperini P., Antonucci A., 2022. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/CPTI/CPTI15.4>  
Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (2020). The Italian earthquake catalogue CPTI15. Bulletin of Earthquake Engineering, 18(7), 2953-2984. <https://doi.org/10.1007/s10518-020-00818-y>

Vengono di seguito descritti i principali terremoti storici che hanno avuto effetti macrosismici significativi nella Sicilia nord occidentale. Le informazioni di seguito riportate sono state estratte dal catalogo dei forti terremoti CFTI (*Guidoboni et al., 2007*) al quale si rimanda per maggiori dettagli.

## TERREMONTI STORICI

**DATA: 1968 01 15 ORA: 02:01:09 AREA EPICENTRALE: VALLE DEL BELICE**

Lat.: **37.760** Lon.: **12.987**

Intensità-Epicentrale: **10**

Intensità-Massima: **10**

Magnitudo-Equivalente: **6.5**

Numero di osservazioni macrosismiche: **162**

Quasi tutta la zona altimetrica di collina della Sicilia occidentale 6.200 kmq secondo la classificazione ISTAT fu interessata dal terremoto. L'area dei massimi effetti delle scosse più intense si localizzò nel medio e basso bacino del fiume Belice e comprese 14 centri abitati, per una superficie di 1.100 kmq e una popolazione residente al 31 gennaio 1967 di 96.951 abitanti. La successione ravvicinata di numerose scosse di portata distruttiva rende quasi impossibile la valutazione degli effetti dei singoli eventi, difficoltà accentuata dall'assenza di una indagine macrosismica, precedente la rovinosa replica del 25 gennaio.

Le osservazioni scientifiche condotte nelle località interessate dal terremoto e i dati ufficiali comunicati dall'"Ispettorato generale per le zone colpite dai terremoti del gennaio 1968" evidenziano che il quadro delle distruzioni rappresentò la somma degli effetti di varie scosse distruttive. A Gibellina e Salaparuta, le scosse che precedettero quella principale produssero lesioni e compromisero la stabilità degli edifici, la cui completa distruzione avvenne in seguito al succedersi delle scosse del pomeriggio del 14 gennaio, e soprattutto di quelle delle prime ore del 15.

Diverso il quadro relativo a Montevago, dove le scosse del 14 gennaio ebbero intensità minore, tale da non spingere la popolazione ad abbandonare il centro abitato e quindi maggiore fu il numero dei morti. La scossa delle ore 1:33 GMT del 15 gennaio causò il crollo di alcuni edifici a Poggioreale, Gibellina, Salaparuta, Montevago, Santa Margherita di Belice.

Fu avvertita in tutta la Sicilia occidentale e centrale e anche nell'isola di Pantelleria. La scossa delle ore 2:01 GMT e le frequentissime, violente repliche successive, oltre alla quasi totale distruzione delle località di Gibellina, Montevago e Salaparuta, causarono danni, dissesti e crolli nelle costruzioni rurali e negli edifici di Alcamo, Campobello di Mazara, Campofiorito, Castelvetro, Contessa Entellina, Corleone, Menfi, Partanna, Poggioreale, Salemi, Sambuca di Sicilia, San Giuseppe Jato, Santa Margherita di Belice, Santa Ninfa e Vita. Interruzioni delle linee ferroviarie furono rilevate tra Castelvetro e Alcamo, e tra Castelvetro e Salaparuta, dove al km 29 crollò parzialmente una galleria.

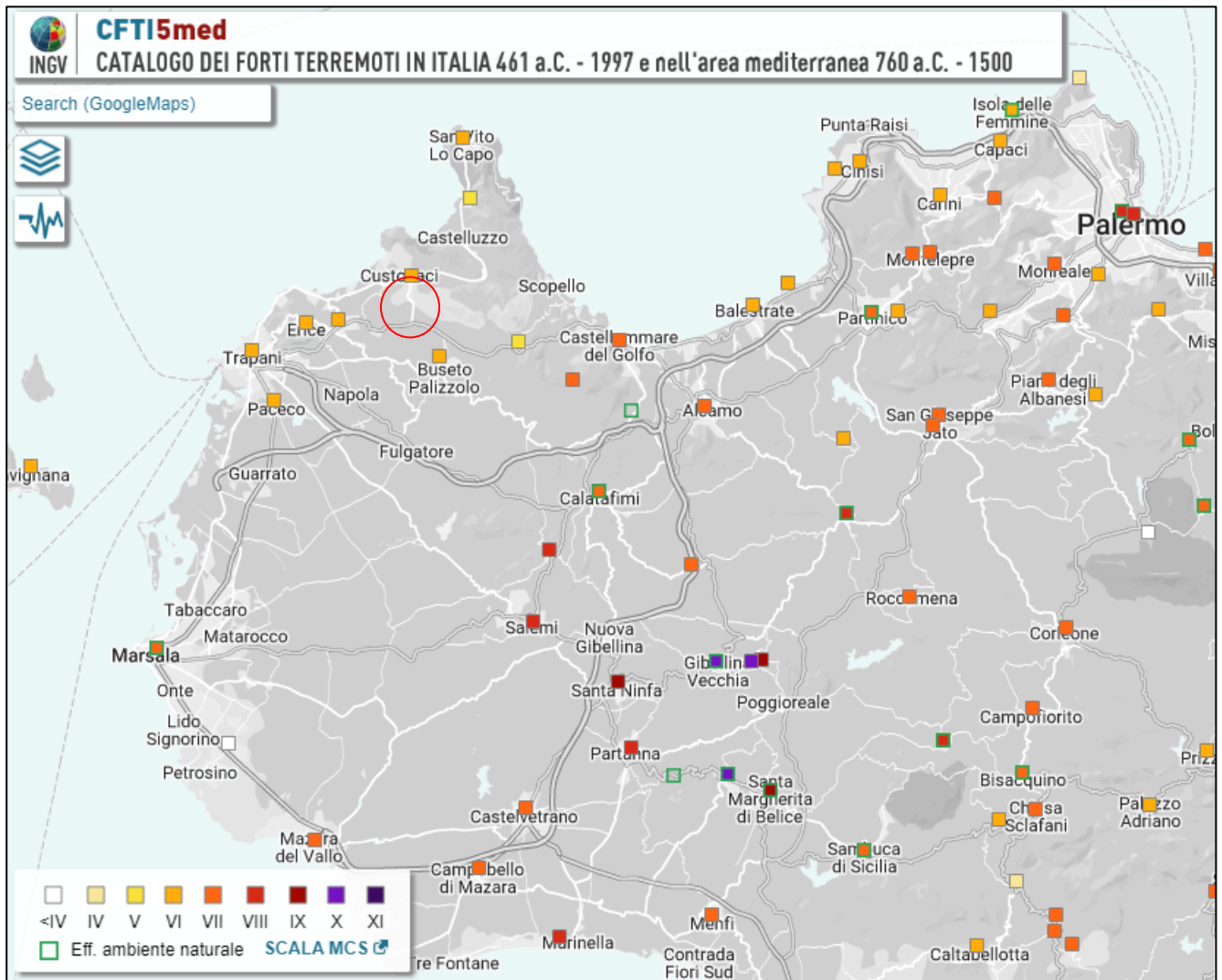
All'epoca del terremoto, le regioni colpite non figuravano, sulla scorta dei parametri di regionalizzazione sismica allora adottati, tra quelle a elevato rischio sismico.

Secondo i dati ufficiali resi noti dalla stampa nazionale, il periodo sismico causò la distruzione completa di 2.960 case rurali con la perdita di 1.156 tonnellate di sementi, mangimi e foraggi. Nell'area epicentrale e in vaste zone della Sicilia occidentale fu distrutto il 90% dei fabbricati rurali; analoga percentuale di distruzione riguardò i fabbricati sociali, mentre fu distrutto l'85% delle strutture fondiarie.

Nella campagna palermitana crollarono, secondo le stime fornite dalla Prefettura, 400 case coloniche; in conseguenza di ciò l'economia agricola fu travagliata da una grave crisi.

In occasione del terremoto della Valle del Belice, il territorio di Licata (AG) non ha subito danni, la scossa principale fu piuttosto forte con una intensità MCS V.

Sotto la figura (Catalogo dei forti terremoti) estratto dal sito INGV: <https://storing.ingv.it/cfti/cfti5/quake.php?35810IT> dell'areale che ha colpito la Sicilia nord occidentale.



**CFTI5 MED catalogo dei forti terremoti in italia 461 a.c. – 1997 e nell'area mediterranea 760 a.c. – 1500**

Altri terremoti storici che il sito di studio a risentito degli effetti sul contesto antropico sono:

Data: **1968 01 15** Ora: **02:01:09** Area epicentrale: **Valle del Belice**

**Custonaci (TP)** - Intensità MCS: **VI-VII**

Lat.: **37.760** - Lon.: **12.987**

Intensità Epicentrale: **10**

Intensità Massima: **10**

Magnitudo Equivalente: **6.5**

Numero di osservazioni macrosismiche: **162**

Le scosse succedutesi nel corso del periodo sismico danneggiarono gravemente lo 0,37% delle unità immobiliari e ne lesionarono lievemente il 7,60% su di un totale di 1325.

#### **Buseto Palizzolo (TP) - Intensità MCS: VI**

Lat.: **37.760** - Lon.: **12.987**

Intensità Epicentrale: **10**

Intensità Massima: **10**

Magnitudo Equivalente: **6.5**

Numero di osservazioni macrosismiche: **162**

Le scosse succedutesi nel corso del periodo sismico lesionarono lievemente l'11% delle unità immobiliari su di un totale di 677

#### **Valderice (TP) - Intensità MCS: VI**

Lat.: **37.760** - Lon.: **12.987**

Intensità Epicentrale: **10**

Intensità Massima: **10**

Magnitudo Equivalente: **6.5**

Numero di osservazioni macrosismiche: **162**

Le scosse succedutesi nel corso del periodo sismico lesionarono lievemente lo 0,08% delle unità immobiliari su di un totale di 3897

#### **Balata di Baida (TP) - Intensità MCS: V-VI**

Lat.: **37.760** - Lon.: **12.987**

Intensità Epicentrale: **10**

Intensità Massima: **10**

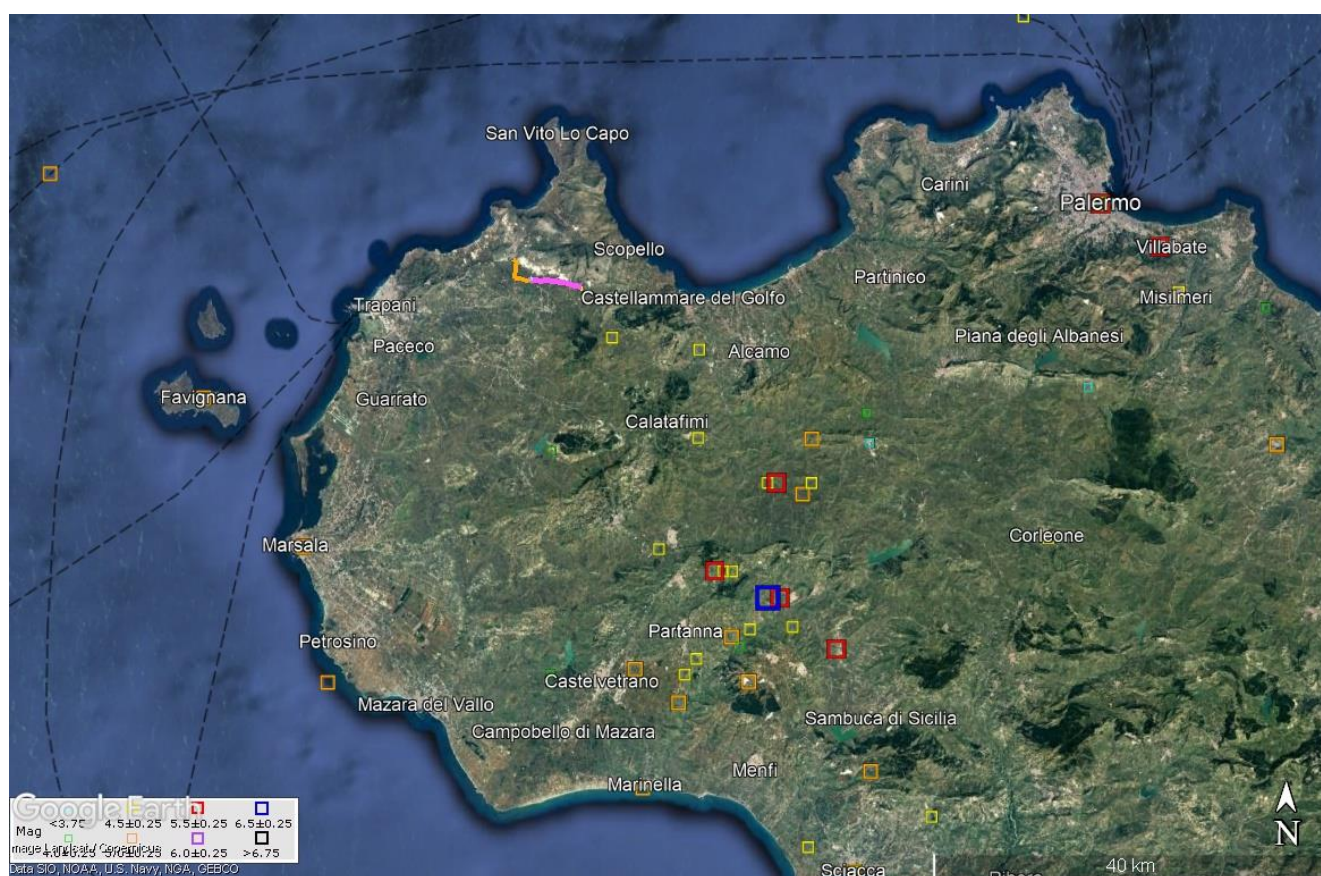
Magnitudo Equivalente: **6.5**

Numero di osservazioni macrosismiche: **162**

La scossa principale fu violentissima

## 5.2. Storia sismica

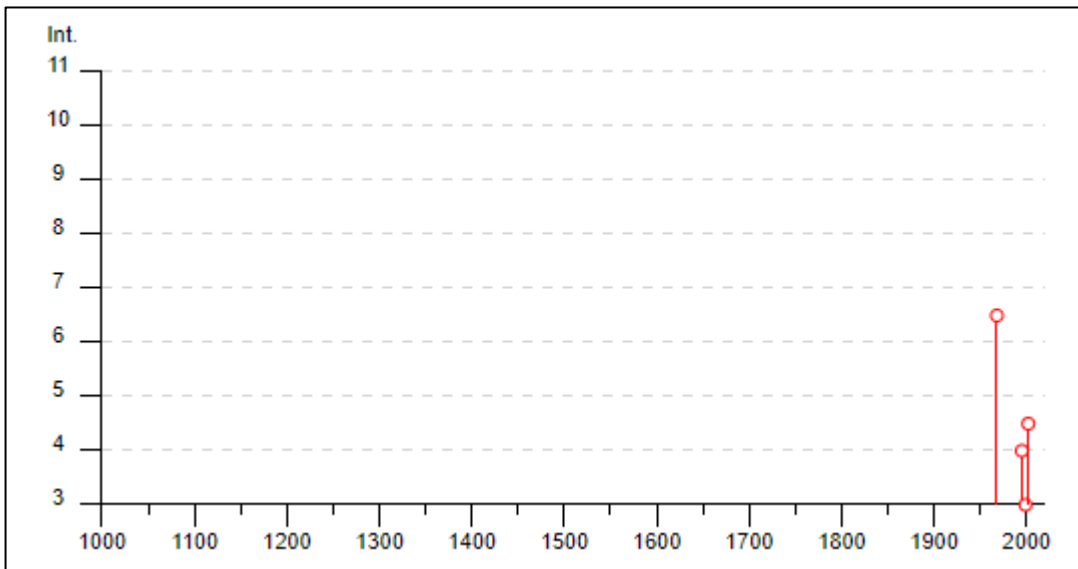
Il "Catalogo dei forti terremoti dal 1000 al 2014" dell'INGV permette di individuare più di 30 terremoti con epicentro in Sicilia nord occidentale che, ipotizzando normali leggi di attenuazione dell'Intensità macrosismica, dovrebbero avere avuto nell'area di studio effetti macrosismici di notevole intensità ( $I = 7 - 8$  MCS) (Fig. 14)



(Fig. 14) Il "Catalogo dei forti terremoti dal 1000 a.C. al 2014" dell'INGV permette di individuare più di 30 terremoti con epicentro in Sicilia nord occidentale che, ipotizzando normali leggi di attenuazione dell'Intensità macrosismica, dovrebbero avere avuto nell'area di studio effetti macrosismici di notevole intensità ( $I > 7 - 8$  MCS) Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) – CFT15Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-ctf15>  
Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), CFT15Med, the new release of the catalogue of strong earthquakes in Italy and in the Mediterranean area, Scientific Data 6, Article number: 80 (2019). Doi: <https://doi.org/10.1038/s41597-019-0091-9>

L'analisi della "storia sismica" è stata eseguita consultando il sito <http://emidius.mi.ingv.it>; dal quale si è desunta la tabella della Fig. 14 nella quale vengono riportati gli eventi sismici storici relativi all'areale dove ricade l'area di studio.

Dalla storia sismica si evince che gli eventi che hanno colpito e danneggiato l'areale di studio non hanno mai superato una Mw 6.41; terremoto del 15/01/1968 ora 02:01:09 valle del Belice.



tab intensità macrosismica e Mw provenienti da CPT115

Effetti	In occasione del terremoto del							NMDP	Io	Mw
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale			
6-7	1968	01	15	02	01	0	Valle del Belice	162	10	6.41
4	1995	05	29	06	52	2	Isole Egadi	45	5	4.78
3	1999	12	30	18	34	3	Tirreno meridionale	29		4.83
4-5	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42

Località vicine (entro 10km)

Località	EQs	Distanza (km)
Purgatorio	1	3
Crocevie	1	5
Castelluzzo	1	5
Sant'Andrea Bonagia	1	7
Valderice	4	7
Busetto Palizzolo	5	7
Macari	2	8



### 5.3. Pericolosità sismica del sito

Secondo l'UNDRO (United Nations Disaster Relief Office) con il termine Pericolosità sismica si definisce la probabilità del verificarsi in una determinata area e in un determinato periodo temporale, con una certa eccedenza, lo scuotimento atteso e generato da un evento sismico dannoso per le attività umane con l'insieme degli effetti geologici e geofisici a esso connessi.

Gli elementi fondamentali che concorrono ad una moderna valutazione della "Pericolosità sismica" sono pertanto da ricercare nelle caratteristiche storiche, sismologiche, sismogenetiche, geologiche, relative al territorio analizzato. Per quanto riguarda la quantificazione della pericolosità si fa riferimento ad alcune grandezze.

La prima è l'intensità sismica, misura della potenzialità distruttiva del terremoto che può essere valutata in modi diversi: sono infatti ben note le Scale *Mercalli Modificata* (MM), *Medvedev-Sponhenar-Karnik* (MSK) e *Mercalli-Cancani-Sieberg* (MCS) che si riferiscono a gradi macrosismici.

Un altro parametro, che viene attualmente molto utilizzato è il valore massimo dell'accelerazione  $a(1)$  al suolo (P.G.A.: Peak Ground Acceleration); l'accelerazione è misurata relativamente all'accelerazione di gravità ( $g = 9,80 \text{ m/sec}^2$ ), un valore di  $0,1g$  è già capace di generare danni.

Il parametro generalmente usato da Geologi e Geofisici per la quantificazione della pericolosità sismica è l'intensità macrosismica, per cui i valori di pericolosità possono essere espressi con riferimento sia all'uno che all'altro parametro.

Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione al suolo.

Dalla storia sismica del territorio si evince che gli eventi che hanno colpito l'area di studio non hanno mai superato un'intensità pari a  $I_s = VII^{\circ}$  MCS (terremoto del 15 Gennaio 1968).

La magnitudo di un terremoto è l'energia totale scaricata dal sisma.

Un sisma di una certa magnitudo genera alla base di una costruzione una certa accelerazione sismica (espressa convenzionalmente come fattore dell'accelerazione di gravità) che può variare in relazione alla distanza, alla conformazione degli strati rocciosi di fondazione, alla morfologia e alle caratteristiche dell'onda.

Magnitudo e accelerazione sono comunque in relazione, ma ai fini edificatori è più importante definire l'accelerazione sismica di progetto o PGA (Parametro di scuotimento sismico).

Con l'emanazione della OPCM 3274/2003, seguita dall' Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n.3519 e quindi dalle norme tecniche (NTC-2018), è stata introdotta un'importante evoluzione in materia di progettazione antisismica. Il territorio nazionale viene riclassificato in 4 zone sismiche a pericolosità decrescente, abbandonando il concetto di "categoria" e superando il problema dei limiti amministrativi<sup>1</sup>.

Le zone sismiche previste dalle nuove norme vengono definite in base ai valori di accelerazione sismica al suolo  $a_g$  (accelerazione orizzontale massima su suolo di Cat. A) che sostituisce il coefficiente S.

La pericolosità sismica del territorio italiano viene espressa in termini di accelerazione massima del suolo come frazione dell'accelerazione di gravità ( $g$ ) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, riferita a suoli molto rigidi ( $V_s \cdot eq > 800 \text{ m/sec} - \text{Cat A}$ ).

I valori base attribuiti di  $a_g$  per ciascuna zona del territorio siciliano sono quelli riportati nella tab. 2 e nella figura 15

<sup>1</sup>Stucchi M., Meletti C., Montaldo V., Akinci A., Faccioli E., Gasperini P., Malagnini L., Valensise G. (2004). Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale MPS04 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/sh/mps04/ag>

La mappa riportata in Fig 15 mostra come l'area di studio ricada in un'area con PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno 475 a, compresa fra 0.050 g e 0.075 g. Questa è una scelta di parametri convenzionale e in particolare è il valore di riferimento per l'Eurocodice 8 (EC8), nel quale vengono stabilite le norme per il progetto e la costruzione di strutture.

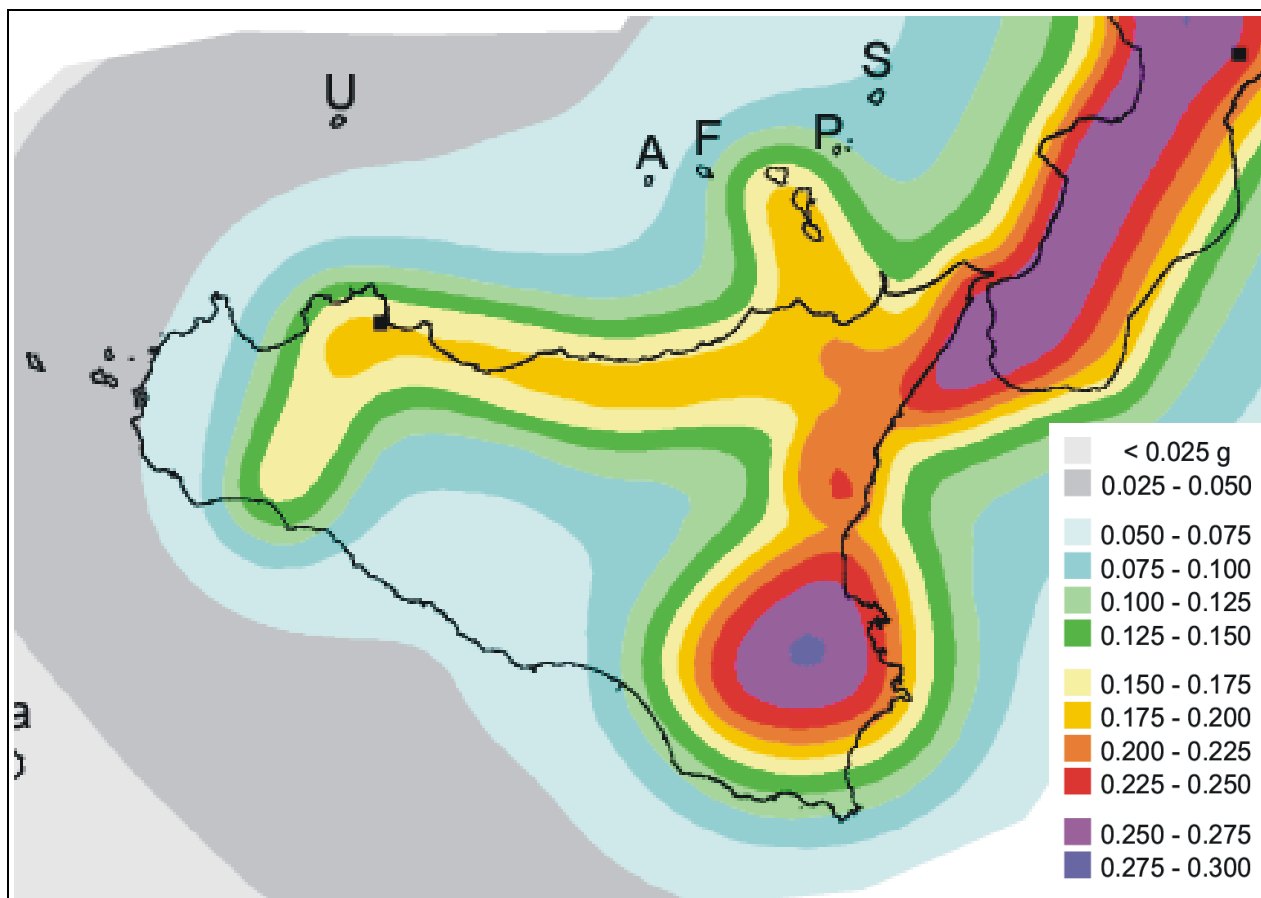


Fig. 15 – Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_S > 800$  m/s), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b; estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

I criteri per l'aggiornamento della mappa di **pericolosità sismica** sono stati definiti nell'Ordinanza del PCM n. 3519/2006, che ha suddiviso l'intero territorio nazionale in quattro zone sismiche sulla base del valore dell'**accelerazione orizzontale massima (ag)** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Zona sismica	Descrizione	accelerazione con probabilità di superamento del 10% in 50 anni [ag]	accelerazione orizzontale massima convenzionale (Norme Tecniche) [ag]	numero comuni con territori ricadenti nella zona (*)
1	Indica la zona più pericolosa, dove possono verificarsi fortissimi terremoti.	$0,25 < ag \leq 0,35$ g	0,35 g	740
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < ag \leq 0,25$ g	0,25 g	2.367
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < ag \leq 0,15$ g	0,15 g	3.014
4	E' la zona meno pericolosa, dove i terremoti sono rari ed è facoltà delle Regioni prescrivere l'obbligo della progettazione antisismica.	$ag \leq 0,05$ g	0,05 g	1.791

Tabella 2

Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n81 del 24/02/2022, adottata con D.D.G. n. 64/S.03 del 11/03/2022, ha fornito alla Regione Siciliana uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione ( $a_g$ ), da attribuire alle 4 zone sismiche.

Nella figura 16 sono riportate le zone sismiche in cui è suddiviso il territorio della regione siciliana, con evidenziate anche le aree ricadenti in 2° categoria nelle quali gli studi relativi alle strutture strategiche devono essere condotti con un grado di approfondimento simile a quello della zona 1

Vista l'elevata pericolosità sismica del territorio di Trapani, il sito in esame ricade in Zona Sismica 2 (Fig.16).

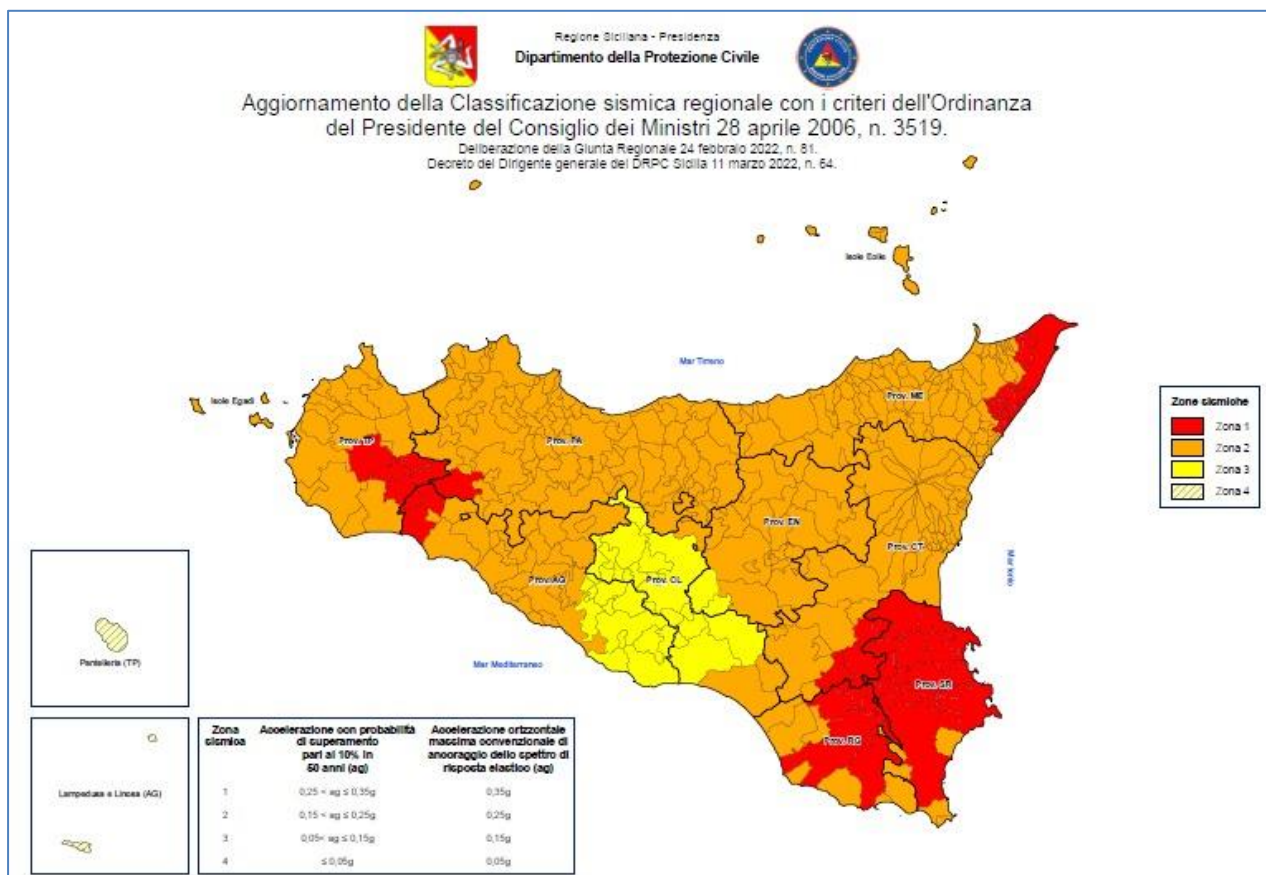


Figura 16 – Classificazione sismica comunale, Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata con la delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 81 del 24/02/2022, adottata con D.D.G. n. 64/S.03 del 11/03/2022.

L'INGV, insieme al Dipartimento nazionale della Protezione Civile, ha sviluppato il Progetto S1 nell'ambito del quale è stata predisposta la mappa nazionale di pericolosità sismica dove vengono forniti, in una griglia regolare con passo  $0,05^\circ$ , i parametri di accelerazione al suolo in 'g' (accelerazione di gravità) con probabilità di superamento in 50 anni in funzione del periodo di ritorno (81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 5% e 2% rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, e 2475 anni).

I parametri significativi della pericolosità sismica sono disponibili, in forma interattiva, sul sito istituzionale del Progetto S1 dell'INGV.

Il sistema permette di ottenere anche, per ciascun nodo della griglia, il dettaglio in forma grafica e tabellare dell'analisi di disaggregazione (cioè il contributo delle possibili coppie di valori di magnitudo-distanza alla pericolosità del sito), nonché i valori medi di magnitudo.

La figura che segue e i dati tabellati sono stati integralmente scaricati dal sito: <https://esse1-gis.mi.ingv.it/> per l'area di studio tra 6 nodi della griglia di pericolosità sismica.

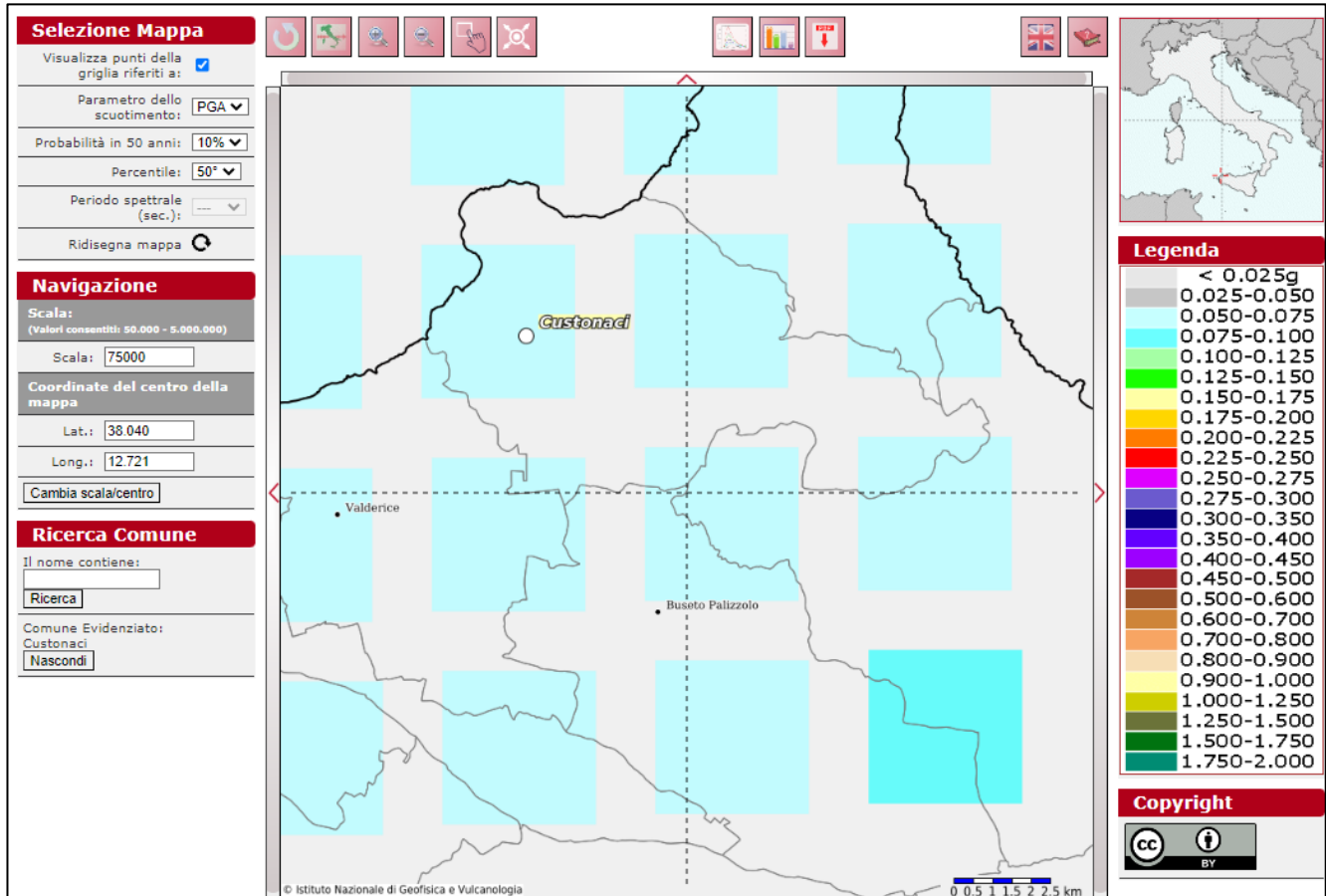


Figura 17 – Es. griglia di pericolosità sismica per il sito (Lat. 38.040-Long. 12.721) con probabilità in 50 anni al 5% e percentile al 50

Le tabelle che seguono riportano i valori della pericolosità sismica relativi all'area di interesse, questa è espressa in termini di accelerazione orizzontale massima al suolo (PGA) con probabilità di eccedenza del 2, 5, 10, 22, 30% in 50 anni, su suoli rigidi ( $V_s > 800$  m/s), come previsto dall'Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b, estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>. Le stime di PGA sono state determinate con la tecnica di analisi statistica degli effetti stimati sulla base dei dati contenuti nei cataloghi sismici, proposta da Cornell (Cornell, 1968; Bender & Perkins, 1987; Gruppo di Lavoro MPS, 2004) e la loro incertezza è espressa mediante percentili, considerando il catalogo un campione rappresentativo dell'intera popolazione di eventi possibili con effetti significativi nel luogo.

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.082 lon. 12.667 - id 45386)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0569	0.0955	0.1077
0.0010	0.0430	0.0735	0.0807
0.0021	0.0336	0.0583	0.0634
0.0050	0.0229	0.0431	0.0464
0.0071	0.0187	0.0376	0.0397
0.0099	0.0155	0.0333	0.0352
0.0139	0.0123	0.0288	0.0305
0.0199	0.0088	0.0240	0.0255
0.0332	0.0000	0.0178	0.0188

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.082 lon. 12.731 - id 45387)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0642	0.1060	0.1184
0.0010	0.0486	0.0805	0.0889
0.0021	0.0377	0.0639	0.0698
0.0050	0.0266	0.0474	0.0510
0.0071	0.0219	0.0408	0.0439
0.0099	0.0181	0.0362	0.0382
0.0139	0.0146	0.0315	0.0333
0.0199	0.0111	0.0265	0.0280
0.0332	0.0000	0.0196	0.0205

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.083 lon. 12.794 - id 45388)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0756	0.1199	0.1330
0.0010	0.0566	0.0907	0.0985
0.0021	0.0440	0.0714	0.0770
0.0050	0.0312	0.0525	0.0560
0.0071	0.0262	0.0456	0.0487
0.0099	0.0216	0.0395	0.0422
0.0139	0.0175	0.0346	0.0365
0.0199	0.0135	0.0293	0.0309
0.0332	0.0079	0.0218	0.0230

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.032 lon. 12.668 - id 45608)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0590	0.0994	0.1124
0.0010	0.0446	0.0760	0.0841
0.0021	0.0348	0.0600	0.0660
0.0050	0.0240	0.0446	0.0482
0.0071	0.0196	0.0386	0.0413
0.0099	0.0163	0.0342	0.0364
0.0139	0.0130	0.0297	0.0315
0.0199	0.0096	0.0249	0.0264
0.0332	0.0000	0.0184	0.0193

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.032 lon. 12.731 - id 45609)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0678	0.1116	0.1244
0.0010	0.0511	0.0843	0.0928
0.0021	0.0393	0.0665	0.0726
0.0050	0.0280	0.0492	0.0529
0.0071	0.0232	0.0425	0.0459
0.0099	0.0191	0.0373	0.0396
0.0139	0.0155	0.0326	0.0345
0.0199	0.0119	0.0275	0.0291
0.0332	0.0000	0.0203	0.0214

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 38.033 lon. 12.794 - id 45610)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.0810	0.1275	0.1409
0.0010	0.0600	0.0955	0.1037
0.0021	0.0468	0.0746	0.0804
0.0050	0.0330	0.0545	0.0585
0.0071	0.0279	0.0475	0.0510
0.0099	0.0232	0.0411	0.0443
0.0139	0.0187	0.0358	0.0379
0.0199	0.0145	0.0304	0.0321
0.0332	0.0088	0.0228	0.0239

Valori di PGA stimati per l'area di studio per differenti livelli di probabilità in 50 anni, o equivalentemente differenti periodi di ritorno, e per diverso percentile. I dati sono stati estratti dalla mappa digitale della pericolosità sismica presente al sito <http://esse1.mi.ingv.it> e risultano riferiti a suoli rigidi ( $V_s > 800/m$ ).

## 6. CATEGORIA TOPOGRAFICA

Dall'analisi delle pendenze delle aree su cui saranno montati i tracker è scaturito che la pendenza media dei versanti su cui insisteranno le strutture è inferiore a 15°. Essi risultano tutti localizzati su versanti con le caratteristiche di pendenza anzi descritte e pertanto essendo inferiori a 15° la categoria topografica è **T1** – Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°.

Tab. 3.2.III – Categorie topografiche

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 $i > 30^\circ$

## 7. SISMICITA' DEL SITO E CARATTERISTICHE DEL SUOLO DI FONDAZIONE

La normativa nazionale sulla nuova classificazione sismica del territorio nazionale, di cui all'O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2002 e la riclassificazione sismica Regionale proposta con la Deliberazione della Giunta Regionale n. 81 del 24/02/2022 adottata con D.D.G. n. 64/S.03 del 11/03/2022 colloca il territorio comunale di Castellammare del Golfo ed il territorio di Custonaci nella "Zona sismica 2".

I territori comunali interessati dalle strutture progettuali sono classificati secondo il seguente schema illustrativo:

Struttura	Provincia	Comune	Classificazione sismica prevista dall'O.P.C.M. n. 3274/2003	Classificazione sismica Delibera G.R. n. 81 del 24/02/2022
Impianto Susicchio BS1 e BS2; Impianto Guardia	Trapani	Castellammare del Golfo	2	2
Impianto Forgia; Cabina di Consegna	Trapani	Custonaci	2	2

Al fine di valutare la velocità delle onde S nei primi 30 metri sono state eseguite quattro indagini sismiche di tipo MASW che analizzando la dispersione delle onde di Rayleigh hanno consentito di determinare il profilo verticale della VS e di conseguenza del parametro Vs equivalente sul sito dell'impianto.

Pertanto in accordo con le norme tecniche per le costruzioni (DM 17/01/2018) le aree che saranno interessate dalla realizzazione delle strutture ricadono su terreni ascrivibili alle seguenti Categorie di sottosuolo:

### Impianto Susicchio e Forgia

Categoria di sottosuolo di tipo **B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s**

### Impianto Guardia

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



## 8. LIQUEFAZIONE

In fase di progettazione e di verifiche sismiche di un qualsiasi manufatto, è necessario che si riscontri la stabilità dello stesso alla liquefazione. La stessa definisce quei 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. Se il terreno risulta suscettibile di liquefazione e gli effetti conseguenti appaiono tali da influire sulle condizioni di stabilità di pendii o manufatti, occorre procedere ad interventi di consolidamento del terreno e/o trasferire il carico a strati di terreno non suscettibili di liquefazione.

### 8.1. Esclusione della verifica a liquefazione

Nel caso si manifesti almeno una delle circostanze indicate dalle Norme Tecniche per le Costruzioni, la verifica a liquefazione può essere omessa. Di seguito sono indicate le condizioni di riferimento:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g.

Per il calcolo dell'accelerazione massima vanno considerate l'accelerazione di base  $a_g$  e l'amplificazione  $S$ , data dal prodotto tra l'amplificazione stratigrafica  $S_s$  e quella topografica  $S_t$ :

$$a_{max} = a_g * S = a_g * S_s * S_t$$

Dagli studi di pericolosità sismica l'accelerazione al suolo per lo stato limite SLV è pari a  $0,085 * 1,5 * 1 = 0,1275$  g, la quale è superiore al limite definito di 0,1 g. Dunque questa circostanza risulta non verificata.

2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali.

Circostanza verificata in quanto la falda è assente per la tipologia di terreni presenti che sono impermeabili e pertanto non saranno suscettibili a fenomeni di liquefazione.

3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$  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  $qc1N$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

La circostanza non risulta verificata in quanto non siamo in presenza di sabbie e comunque verificando il valore della resistenza normalizzato  $(N1)60$  non risulta essere sempre maggiore del valore soglia di 30 indicato.

4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella figura seguente (a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  e nella figura seguente (b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ . Non sono state effettuate delle analisi granulometriche sui terreni, ma la natura argillosa e marnosa dei depositi porta a considerare che tali depositi siano esterni al fuso indicante la possibilità di liquefazione.

Come descritto, una delle quattro circostanze (la numero **2**) definite dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 risulta verificata facendo sì che la verifica a liquefazione non sia necessaria in questa fase progettuale.

## 9. AZIONE SISMICA DEL SITO

### 9.1. Amplificazione dell'azione sismica ed effetti cosismici.

Da quanto sopra riportato emerge chiaramente che il territorio in cui ricade la zona di studio si colloca in un'area sismica in cui resta sicuramente confermato l'interesse a definire il pericolo sismico anche in relazione a possibili effetti sul suolo indotti dal passaggio delle onde sismiche.

L'analisi geologica tecnica e sismica deve prestare attenzione agli scenari di hazard sismico, riconducibili alle seguenti situazioni:

- a - situazioni in cui gli effetti cosismici si possono risolvere in una amplificazione dell'azione sismica.
- b - situazioni in cui gli effetti cosismici sono rappresentati da rotture superficiali per faglie e da instabilità dei pendii;
- c - situazioni in cui gli effetti cosismici possono essere rappresentati da fenomeni di densificazione e/o liquefazione dei terreni;

La pericolosità sismica locale in termini di scuotibilità (Caso a) può essere influenzata dalla stratigrafia e dalla topografia.

Pertanto si è reso necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale, tenendo in considerazione la possibile amplificazione stratigrafica e topografica.

Le NTC 2018 individuano 5 "categorie di sottosuolo" (Tabella 3) la cui identificazione avviene mediante l'esecuzione di apposite indagini geofisiche (masw, Hvsr ecc.) e che consente di stimare il fattore  $S_s$  che interviene nelle espressioni utilizzate per la definizione degli spettri elastici di progetto.

<b>Categoria A</b> 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>Categoria B</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.
<b>Categoria C</b> Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.
<b>Categoria D</b> Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 m/s e 180 m/s.
<b>Categoria E</b> 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 30m.

Tabella 3

Tali effetti sono legati alla successione stratigrafica presente nei 30 metri sotto il piano di posa delle fondazioni ed in particolare sono legati oltre che alla successione stratigrafica anche 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. I risultati delle masw eseguite hanno individuato due tipologie di suolo di fondazione riconducibili alle Categorie **C** e **B** i cui elaborati completi sono riportati di seguito al paragrafo indagini geofisiche.

Grazie alla conoscenza delle categorie di sottosuolo è stato possibile stimare i coefficienti  $S_s$  e  $C_c$ , che entrano in gioco nel calcolo dell'accelerazione max del sito, secondo la seguente tabella di riferimento (tabella 3.2.IV delle NTC 2018).

Tabella 3.2.V – Espressioni di  $S_s$  e di  $C_c$

Categoria sottosuolo	$S_s$	$C_c$
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C^*)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C^*)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C^*)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

Gli “effetti topografici” sono legati alla configurazione topografica del piano campagna. La modifica delle caratteristiche del moto sismico per effetto della geometria superficiale del terreno è dovuta 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. In base a questi presupposti si può classificare i vari siti di costruzione in funzione della tabella 4 di seguito riportata.

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 $i > 30^\circ$

Tabella 4

La classificazione delle categorie topografiche riportata in precedenza individua come categorie topografiche la T1.

Grazie alla stima di queste categorie è stato possibile stimare il coefficiente  $S_t$  che entra in gioco nel calcolo dell’accelerazione max del sito, secondo la seguente tabella 5 di riferimento (tabella 3.2.V delle NTC 2018).

Categoria topografica	Ubicazione dell’opera e dell’intervento	$S_t$
T1		1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

Tabella 5

Con riferimento al “Caso B” è da escludere l'instaurarsi di faglie (rotture superficiali) perché come descritto al paragrafo 4.2 nell'area in esame e nelle aree circostanti non sono presenti faglie attive e capaci e non sono presenti sorgenti sismogenetiche. Per quanto concerne la instabilità dei pendii è un fenomeno da escludere per la totale assenza di fenomeni attivi o inattivi e cause innescanti (vedi relazione geologica) e laddove presenti non sono state previste strutture.

Infine, con riferimento al “Caso C” valgono le considerazioni fatte al capitolo liquefazione che portano ad escludere la possibilità di fenomeni di densificazione e/o liquefazione dei terreni.

## 9.2. Stima della pericolosità sismica locale

Al fine di individuare le azioni sismiche è necessario caratterizzare le forme spettrali di sito. In accordo con quanto previsto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni 2018, occorre preventivamente fissare:

- 1- la vita di riferimento VR della costruzione;
- 2- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati.

Per il progetto in oggetto si considerano:

-Classe d'uso = IV; (Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica).

-Coefficiente d'uso  $C_u = 2$ ;

-Vita nominale  $\geq 50$  anni;

-Periodo di riferimento per l'azione sismica VR = 100 anni;

-Categoria sottosuolo: C

-Categoria topografica: T1

Per il Sito (Vedi Fig. 18) di coordinate medie (ED50) lat. 38,041066°, long. 12,73287° si ricavano i seguenti parametri sismici.



Figura 18

Sito 1	ID: 45609 Lat: 38,0322	Lon: 12,7312	Distanza: 994,966
Sito 2	ID: 45610 Lat: 38,0327	Lon: 12,7945	Distanza: 5475,414
Sito 3	ID: 45388 Lat: 38,0827	Lon: 12,7939	Distanza: 7068,729
Sito 4	ID: 45387 Lat: 38,0822	Lon: 12,7306	Distanza: 4579,357

**Operatività (SLO):**

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	60	[anni]
ag:	0,030	g
Fo:	2,437	
Tc*:	0,206	[s]

**Danno (SLD):**

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	101	[anni]
ag:	0,038	g
Fo:	2,488	
Tc*:	0,245	[s]

**Salvaguardia della vita (SLV):**

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	949	[anni]
ag:	0,085	g
Fo:	2,607	
Tc*:	0,335	[s]

**Prevenzione dal collasso (SLC):**

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1950	[anni]
ag:	0,106	g
Fo:	2,661	
Tc*:	0,353	[s]

**Coefficienti Sismici Stabilità dei pendii**

**SLO:**

Ss:	1,500
Cc:	1,770
St:	1,000
Kh:	0,009
Kv:	0,005
Amax:	0,446
Beta:	0,200

**SLD:**

Ss:	1,500
Cc:	1,670
St:	1,000
Kh:	0,011
Kv:	0,006
Amax:	0,556
Beta:	0,200

**SLV:**

Ss:	1,500
Cc:	1,510
St:	1,000
Kh:	0,025
Kv:	0,013
Amax:	1,249

Beta: 0,200  
SLC:  
Ss: 1,500  
Cc: 1,480  
St: 1,000  
Kh: 0,038  
Kv: 0,019  
Amax: 1,553  
Beta: 0,240

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

Coordinate WGS84

latitudine: 38.040000

longitudine: 12.732000

## 10. RAPPORTO INDAGINI SISMICHE MASW

La finalità delle indagini di seguito descritte è stata quella di accertare i valori di velocità delle onde S dei vari sismostrati, utili a ricavare la categoria di suolo di fondazione. In tale ottica si è proceduto alla esecuzione di n° 4 indagini sismiche di tipo masw di cui una eseguita in prossimità del campo "Forgia" (Masw 1), due in prossimità del campo "Susicchio" (Masw 3 – Susicchio BS2-sud e Masw 4 – Susicchio BS1-Nord) ed una in prossimità del campo "Guardia" (Masw 2) vedi Figura n. 18.

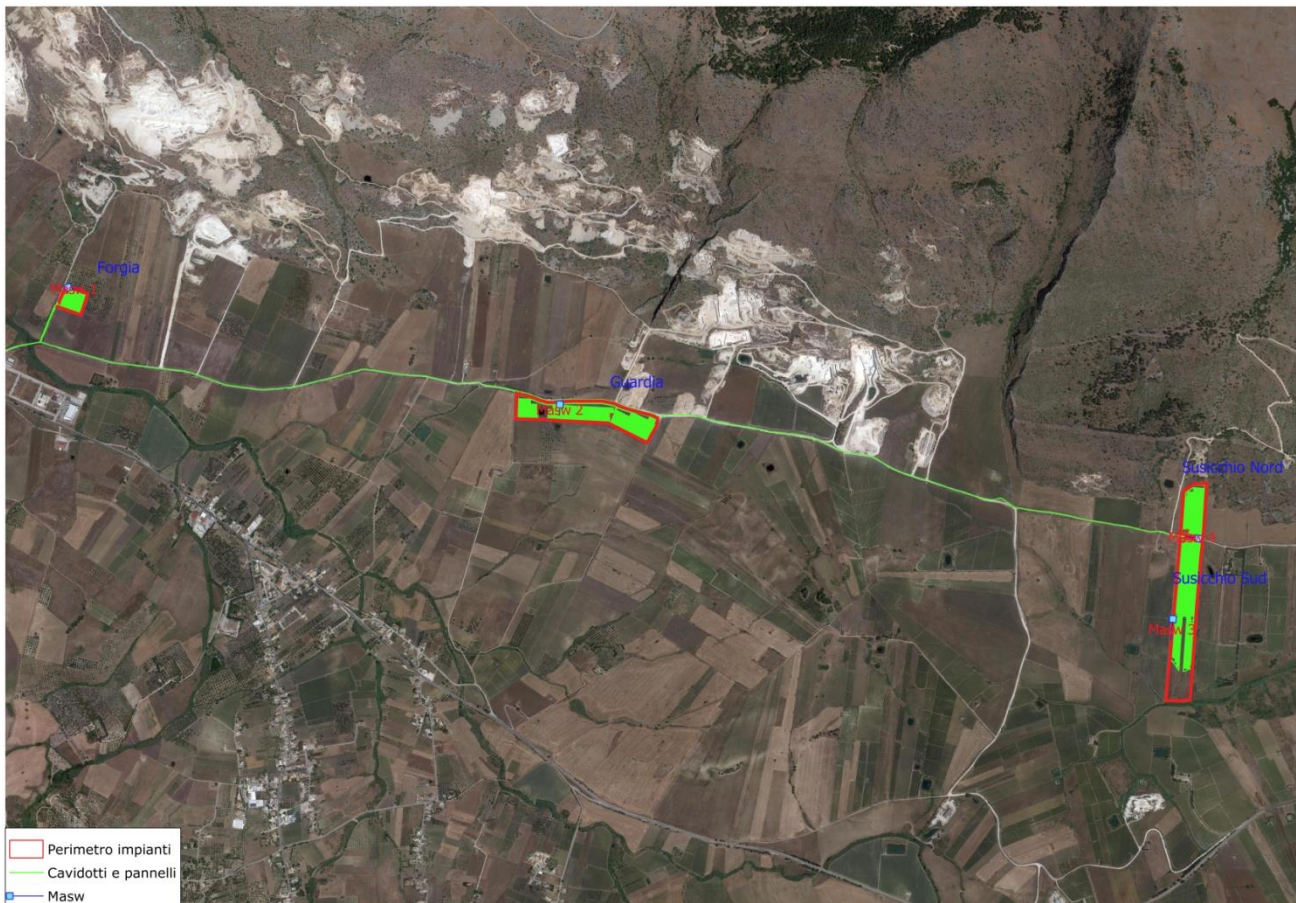


Figura 18 – Ubicazione Indagini sismiche masw

### INDAGINI GEOFISICHE "metodo d'indagine MASW"

Il metodo MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva) è una tecnica di indagine non invasiva per la definizione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs. Nel suo insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo con le norme tecniche per le costruzioni DM 17 gennaio 2018 (ex DM 14/01/2008 e sua circolare esplicativa 2 febbraio 2009, n. 617 - Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni").

L'analisi dei dati ha consentito di definire i valori del profilo verticale VS ed ottenere una stima del Vs equivalente alla quota del piano di campagna.

Tale metodica si basa sulla misurazione e interpretazione di tre tipi di onde:

1. onde superficiali
2. onde di Rayleigh



### 3. onde di Love

(nel dominio del tempo) in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo e la successiva analisi nel dominio della frequenza. Il metodo di indagine MASW si distingue in metodo attivo e metodo passivo (Zywicki, D.J.1999) o in una combinazione di entrambi. Nel metodo attivo, come nel caso in esame, le onde superficiali generate in un punto sulla superficie del suolo con mazza battente, sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Nel metodo passivo (REMI) lo stendimento dei sensori può essere sia lineare, sia circolare e si misura il rumore ambientale di fondo esistente.

#### PRINCIPI DEL METODO DI PROVA

Come sopra detto questa metodologia consente di determinare il profilo di velocità delle onde di taglio verticali VS basandosi sulla misura delle onde superficiali. In particolare, quelle con bassi valori di lunghezze d'onda (alte frequenze) interessano gli strati superficiali, mentre quelle a maggior lunghezza d'onda (minore frequenza) interessano anche gli strati più profondi. Le onde di Rayleigh in un semispazio omogeneo sono non dispersive, mentre in presenza di un mezzo stratificato, l'avanzamento di un fronte d'onda si deforma in rapporto alla velocità di propagazione (nel singolo strato) in funzione della frequenza, quindi differenti frequenze hanno velocità di propagazione diverse (comportamento dispersivo).

La velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) e delle onde i taglio ( $V_s$ ) sono dipendenti e sono legate dalla relazione (Richart et al. 1970):

$$V_r^6 - 8V_s^2 V_r^4 + (24 - 16V_s^2/V_p^2) V_s^4 V_r^2 + (16V_s^6/V_p^6 - 1) V_s^6 = 0$$

Pertanto, la velocità di propagazione delle onde di Rayleigh ( $V_r$ ) è leggermente inferiore alla velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ), ovvero secondo Achenbach (1999):

$$V_r = (0.862 + 1.14 \nu / (1 + \nu)) V_s$$

$$\nu = \text{modulo di poisson}$$

che significa che al variare di  $\nu$ , la  $V_r$  è inferiore rispetto alla  $V_s$  di un valore compreso tra 0.862 e 0.955 traducendosi nel fatto che misurando la  $V_r$  si ottiene la  $V_s$  con un errore di calcolo del tutto trascurabile potendosi così scrivere la relazione  $V_r = 0.91V_s \pm 0.046$ .

#### ANALISI DEI DATI

L'analisi dei dati è suddivisa in due stadi: la determinazione della "curva di dispersione" (calcolo della velocità di fase) e l'inversione della curva per ottenere un modello 1D velocità/profondità.

#### CURVA DI DISPERSIONE

La "Curva di dispersione" si ottiene da una analisi spettrale del sismogramma che trasforma il moto misurato, dal dominio "spazio-tempo" al dominio frequenza-numero d'onda" e parallelamente al dominio "velocità di fase-frequenza". Sul diagramma di fig. 18 bis bisogna ricostruire la curva di dispersione sperimentale interpretando l'andamento delle massime ampiezze del modo fondamentale delle onde di Rayleigh (Ivanov et al., 2001), discriminando le riflessioni indotte da orizzonti più rigidi, riflessioni multiple, onde d'aria e onde guidate (Baker, 1999) che possono provocare gravi errori interpretativi.

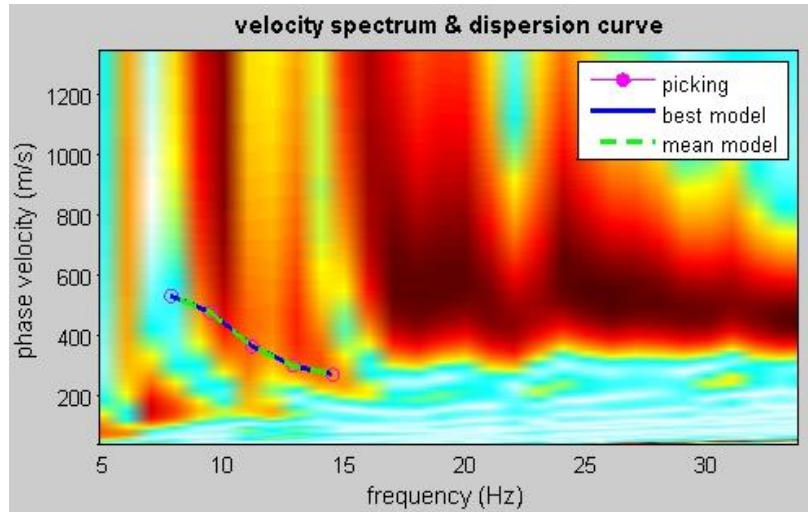


Fig. 18 bis

### INVERSIONE DELLA CURVA DI DISPERSIONE

Successivamente al riconoscimento ed al tracciamento della curva di dispersione, si passa alla ricostruzione della curva di dispersione teorica attraverso la formulazione del profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$ . Il modello di inversione verrà vincolato attraverso l'inserimento di un range di possibili spessori, di velocità delle onde  $V_S$  e di coefficienti di Poisson ( $\nu$ ). L'ultima fase consiste nella modifica della curva teorica fino a raggiungere una sovrapposizione ottimale tra la velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale e la velocità di fase (o curva di dispersione) numerica corrispondente al modello di suolo. Il prodotto ottenuto sarà un diagramma che esprimerà valori delle velocità delle onde di taglio ( $S$ ) associati a spessori e profondità di un mezzo stratificato reale. La profondità d'indagine è direttamente dipendente dalla minima frequenza riconoscibile nella curva di dispersione.

### STRUMENTAZIONE UTILIZZATA E GEOMETRIA DELLO STRUMENTO

Per eseguire la prova sono state utilizzate le seguenti attrezzature:

- Sismografo DOLANG modello DBS280 digitale, 24 canali, 24 bit ;
- 12 Trasduttori di velocità del moto del suolo a componente verticale con frequenza propria = 10 Hz (geofoni);
- Sistema di energizzazione costituito da massa battente di 8 kg dotata di starter piezoelettrico e piastra di battuta.

La configurazione spaziale in sito è equivalente ad un dispositivo geometrico punto di scoppio-geofoni "base distante in linea". In particolare è stato utilizzato il seguente set-up:

- 12 geofoni con interspazio ( $G_x$ ) di 2 metri;
- n. 1 energizzazioni ad offset ( $S_x$ ) -5 m;
- passo temporale di campionamento pari a 1,2 msec ;
- tempo di acquisizione 1,24 sec.

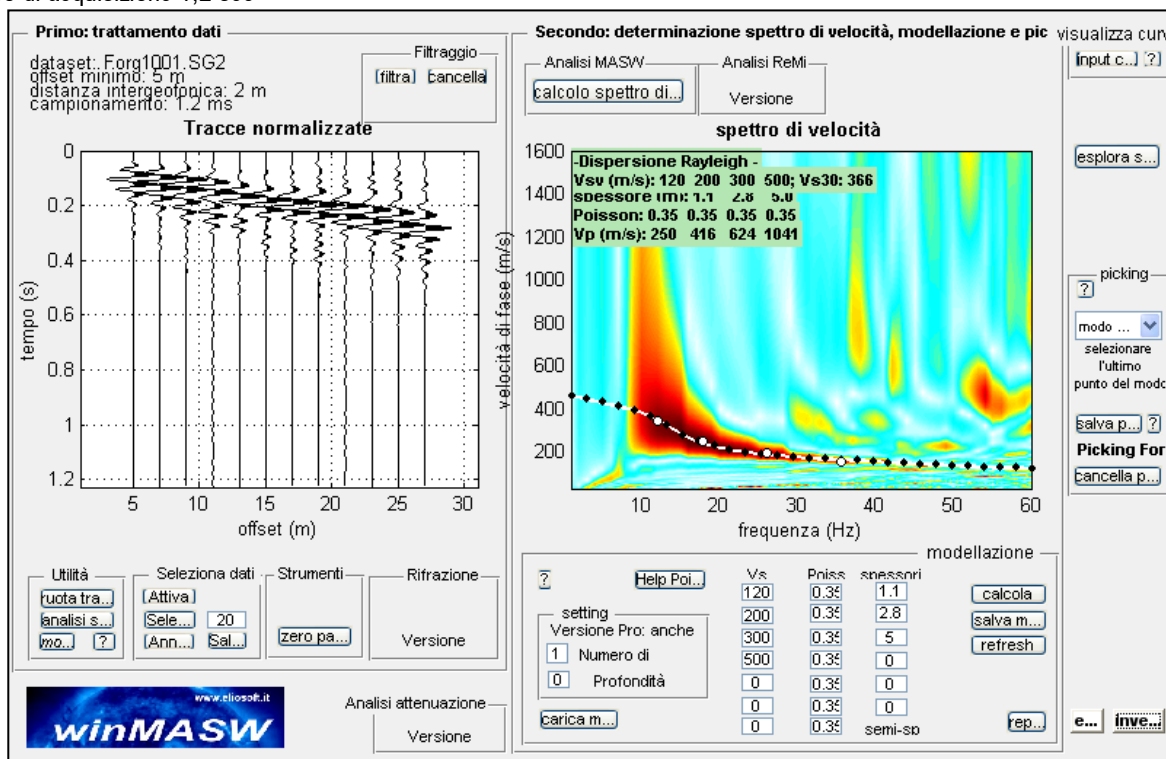
### ELABORAZIONE DATI

Per l'elaborazione della prova è stato utilizzato il software "WinMASW 4.1 Std" della EliaSoft. I dati MASW sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio ( $V_S$ ).

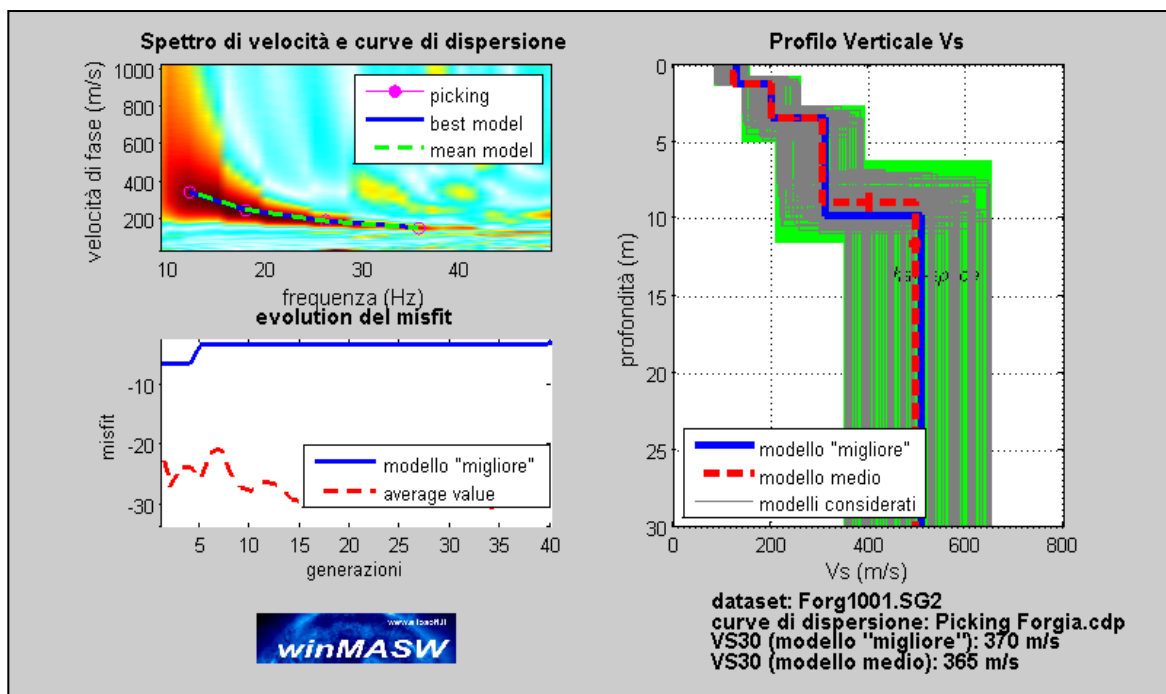
## 10.1. Indagine sismica Masw 1 (Forgia)

Lo stendimento masw è stato eseguito sull'area ove sarà realizzato l'omonimo campo con il seguente set-up:

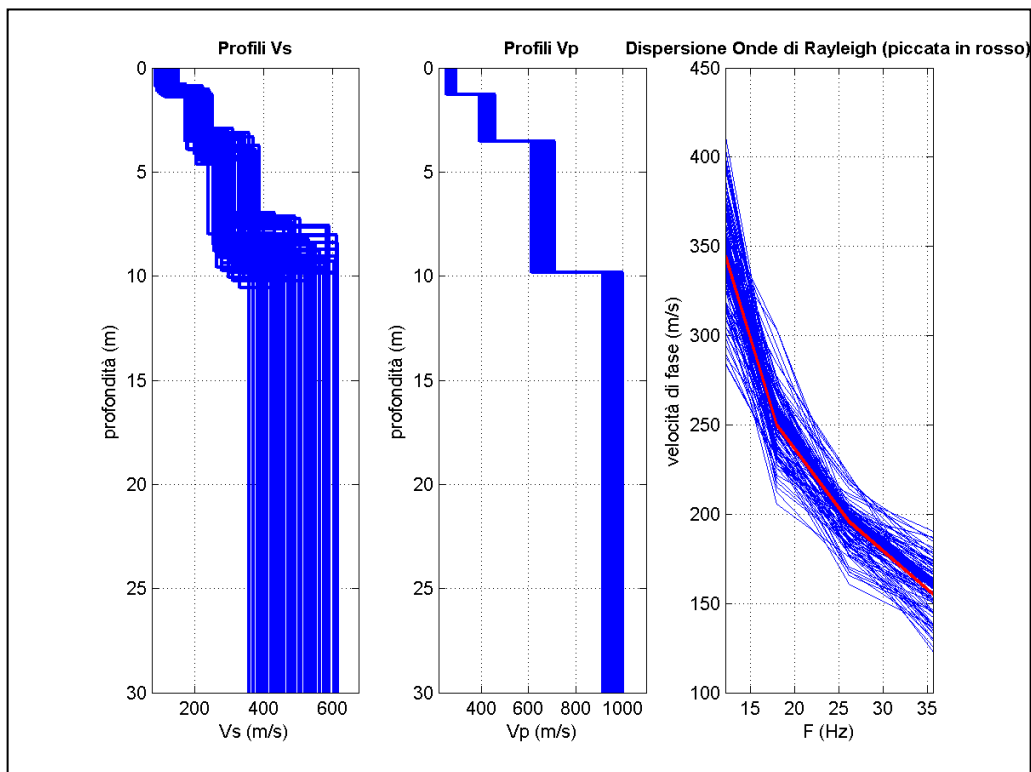
- 12 geofoni con interspazio (Gx) di 2 metri;
- n. 1 energizzazioni ad offset (Sx) -5 m;
- passo temporale di campionamento pari a 1,2 msec;
- tempo di acquisizione 1,2 sec



Sulla sinistra i dati di campagna e, sulla destra, lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

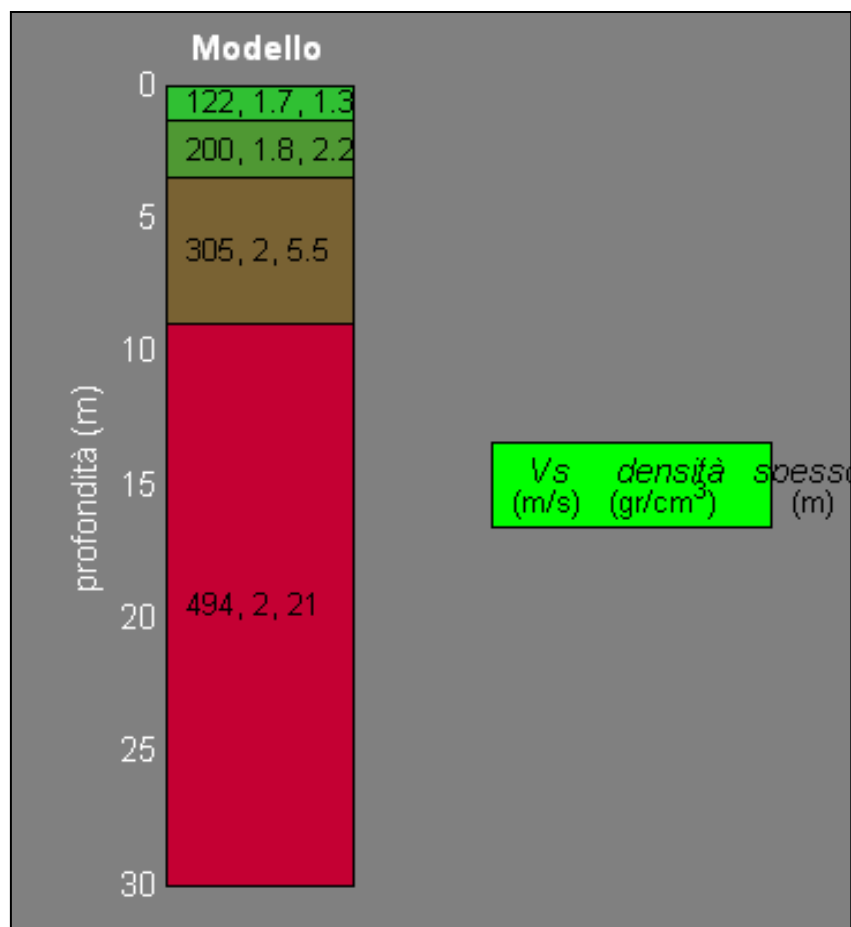


In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato



In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici).

### COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA



### TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI OTTENUTI

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
1	1,3	1,3	122
2	3,5	2,2	200
3	9,0	5,5	305
4	30,0	semispazio	494

Considerato che entri i primi 30 metri di profondità non è stato rinvenuto alcuno strato con velocità delle  $V_s > 800$  m/s allora il  $V_s$  equivalente =  $V_{s30}$  e pertanto

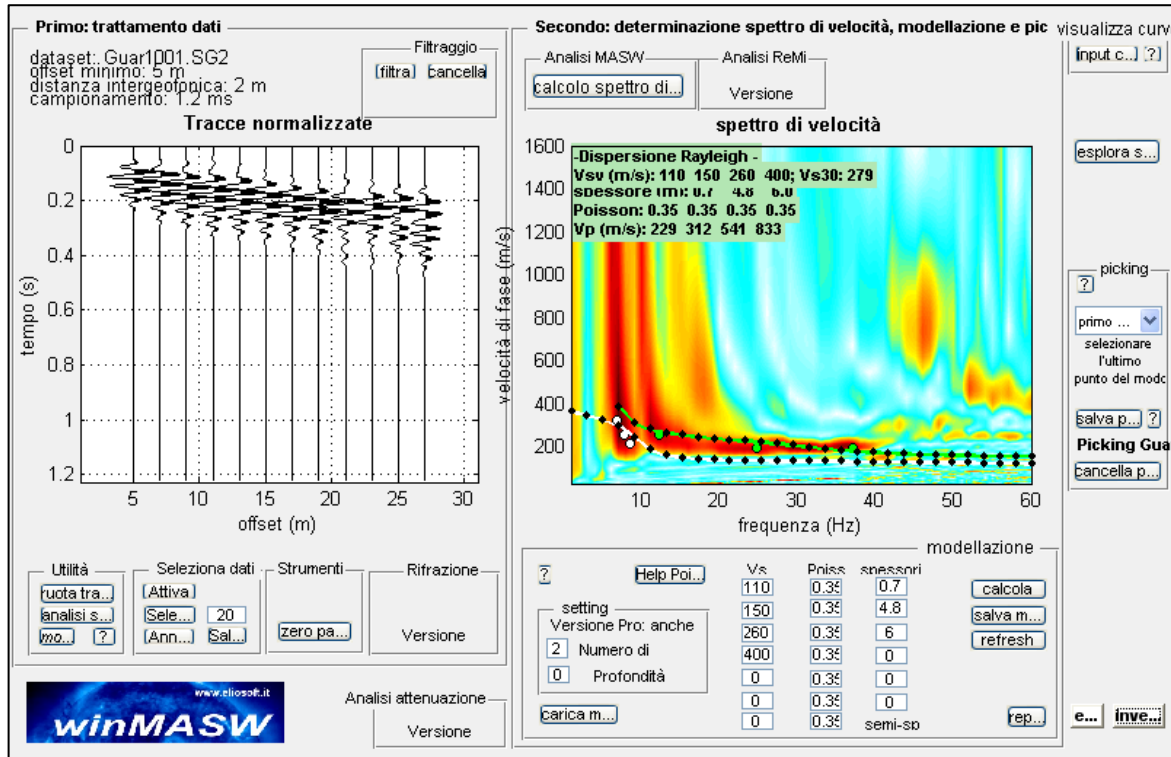
$V_{s30}$  al piano di campagna =  $V_s$  equivalente = **365 m/s**

Categoria di suolo di fondazione = **B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del  $V_s$  equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

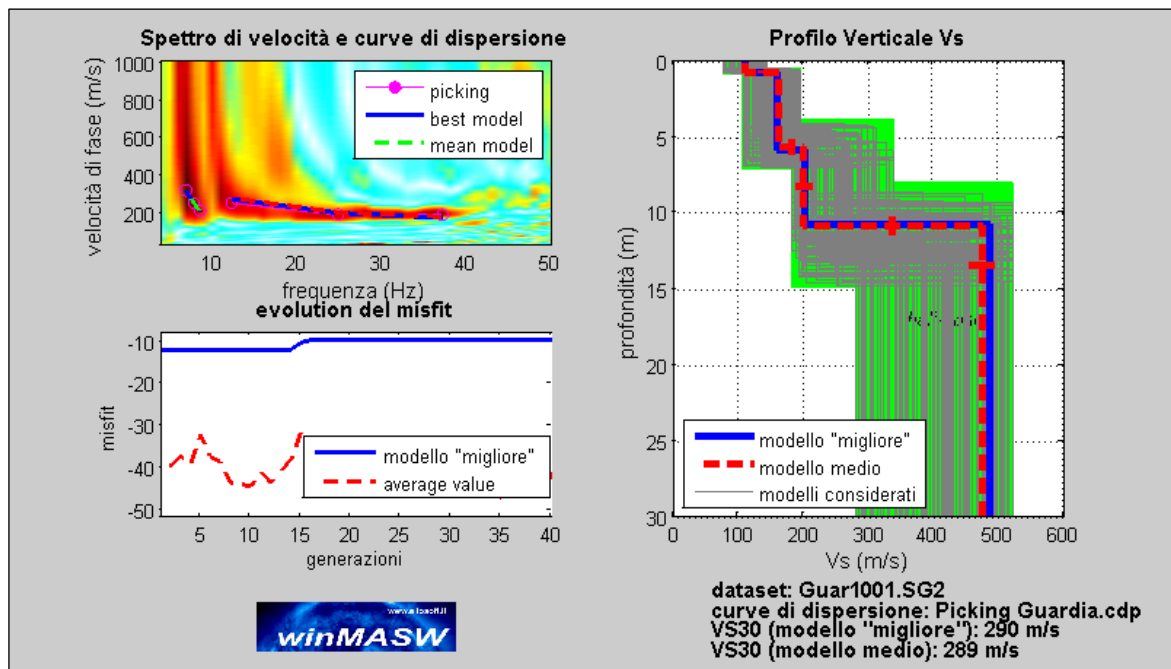
### Documentazione fotografica



## 10.2. Indagine sismica Masw 2 (Guardia)

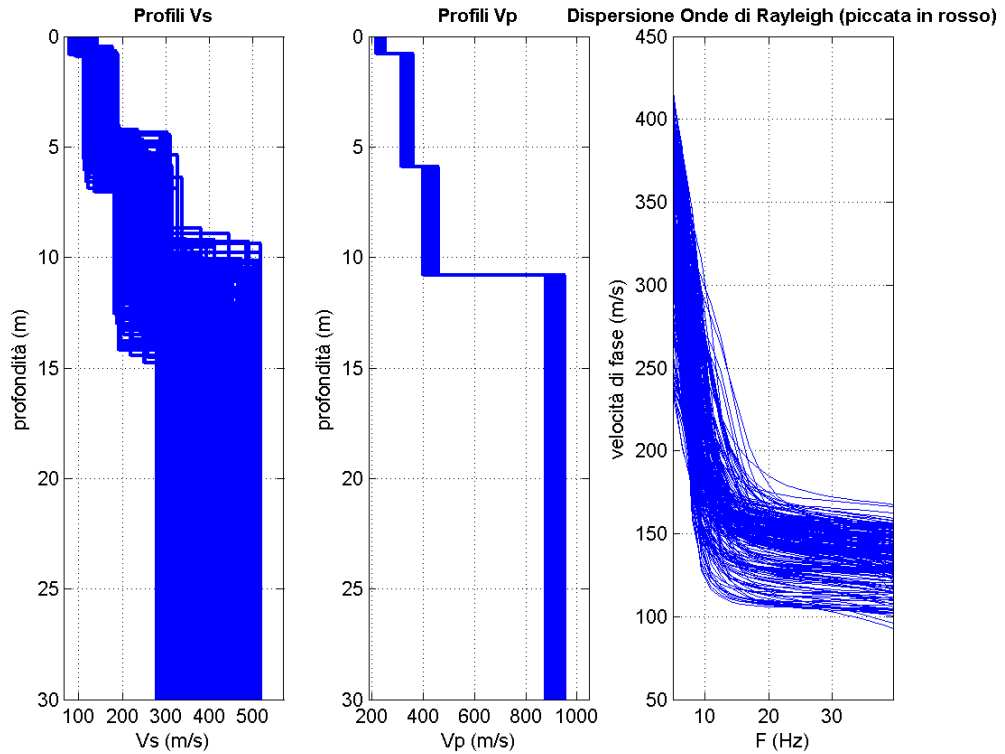


Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

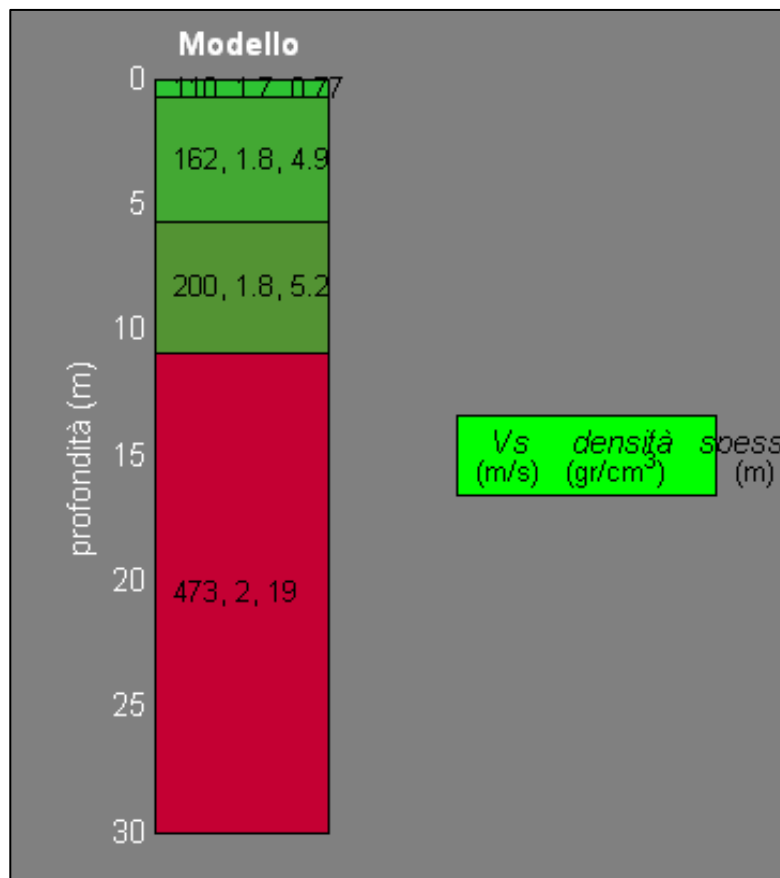


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella seguente).

In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici).



### COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA



### TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI OTTENUTI

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
1	0.8	0.8	110
2	5.7	4.9	162
3	10.9	5.2	200
4	30	semispazio	473

Considerato che entri i primi 30 metri di profondità non è stato rinvenuto alcuno strato con velocità delle  $V_s > 800$  m/s allora il  $V_s$  equivalente =  $V_{s30}$  e pertanto

**$V_s$  Equivalente =  $V_{s30} = 289$  m/s**

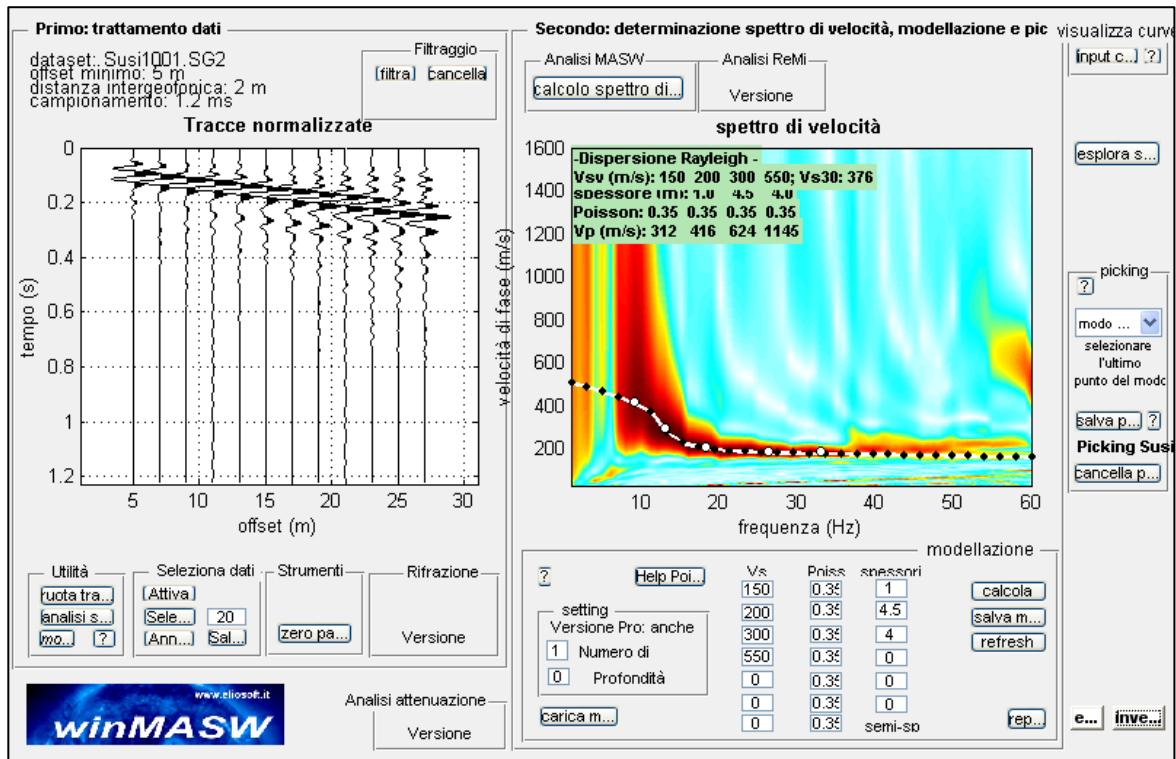
Categoria di suolo di fondazione = **C** - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del  $V_s$  equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s

### Documentazione fotografica

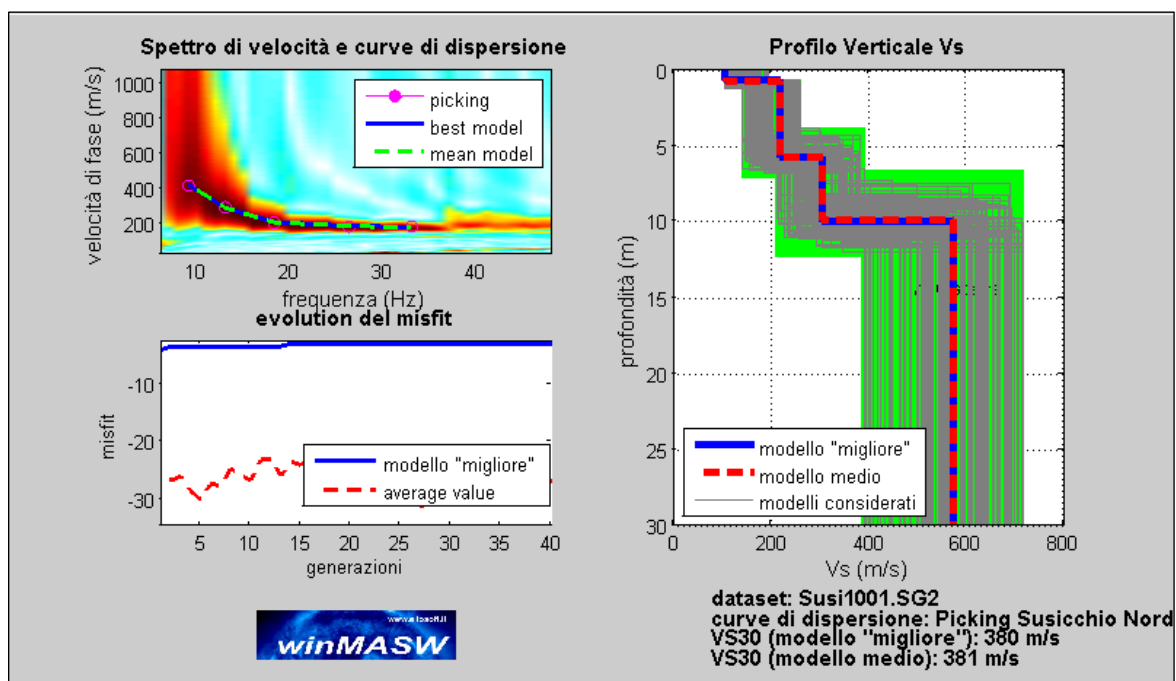




### 10.3. Indagine sismica Masw 3 BS1 (Susichio Nord)

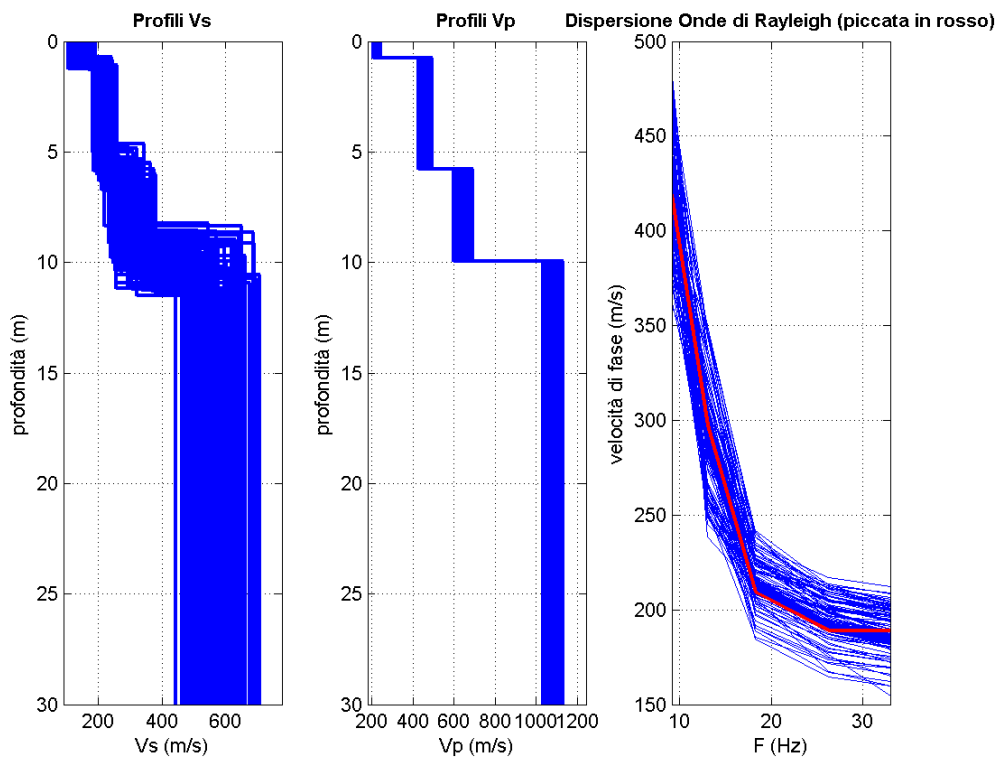


Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

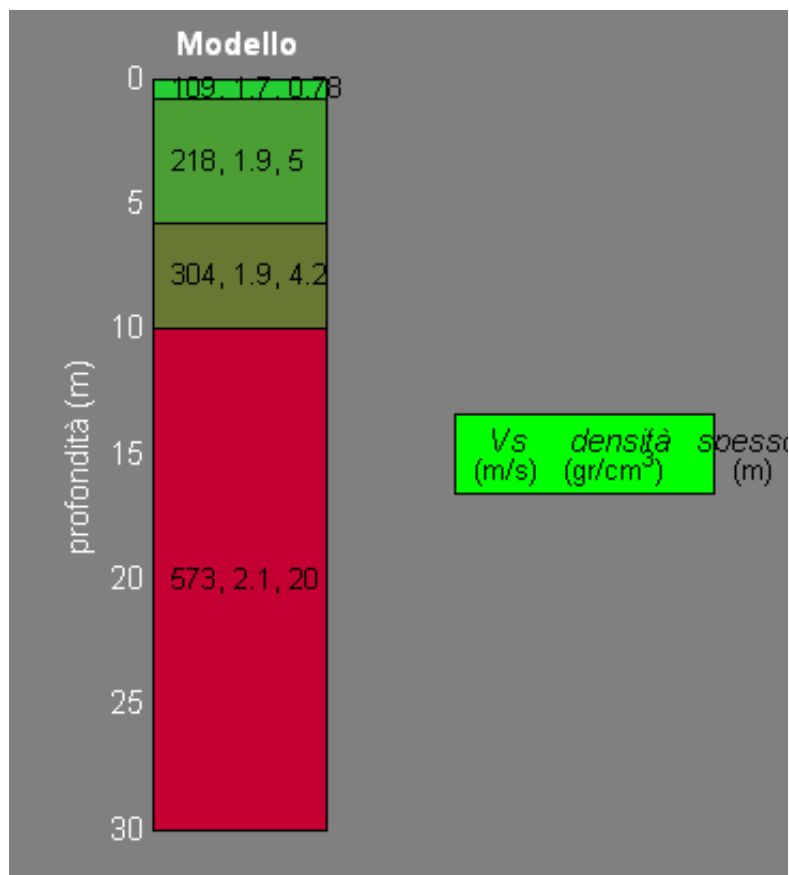


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella T3) (modello "migliore" e medio sono tipicamente assolutamente analoghi).

In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l'algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici).



### COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA



### TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI OTTENUTI

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)
1	0,8	0,8	109
2	5,8	5,0	218
3	10,0	4,2	304
4	30,0	semispazio	573

Considerato che entri i primi 30 metri di profondità non è stato rinvenuto alcuno strato con velocità delle  $V_s > 800$  m/s allora il  $V_s$  equivalente =  $V_{s30e}$  pertanto

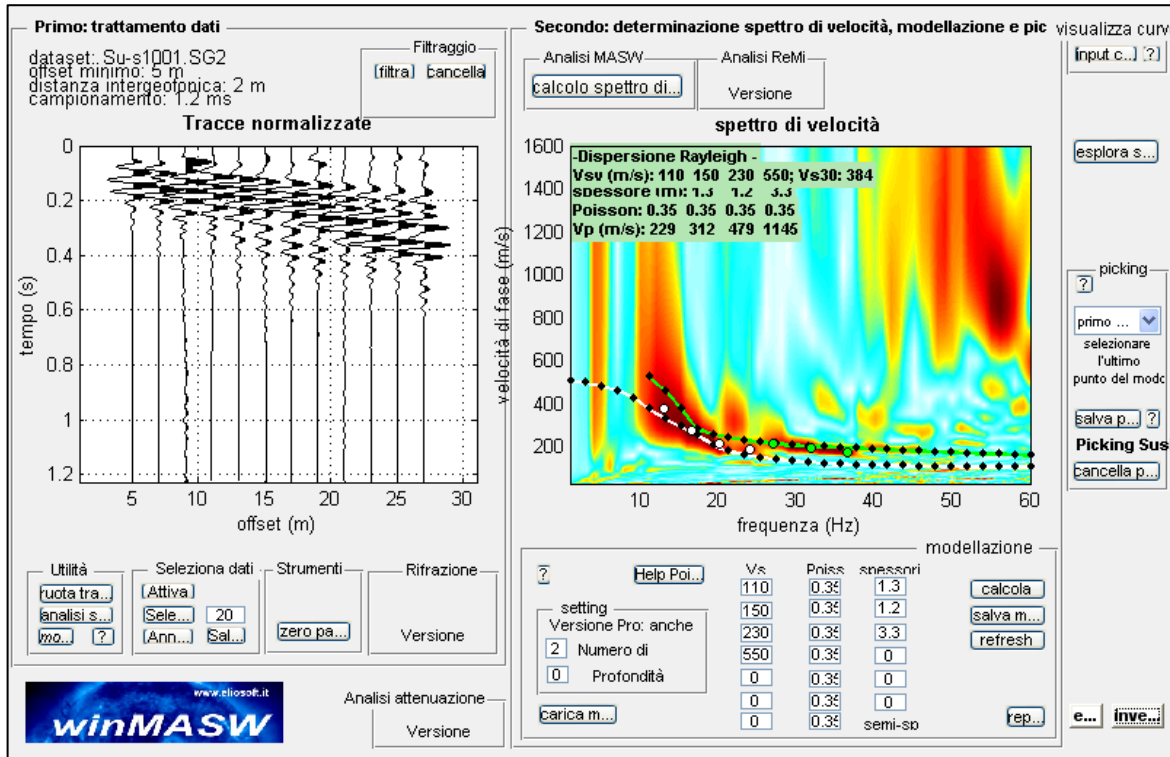
$V_{s30}$  al piano di campagna =  $V_s$  equivalente = **381 m/s**

Categoria di suolo di fondazione = **B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del VS equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

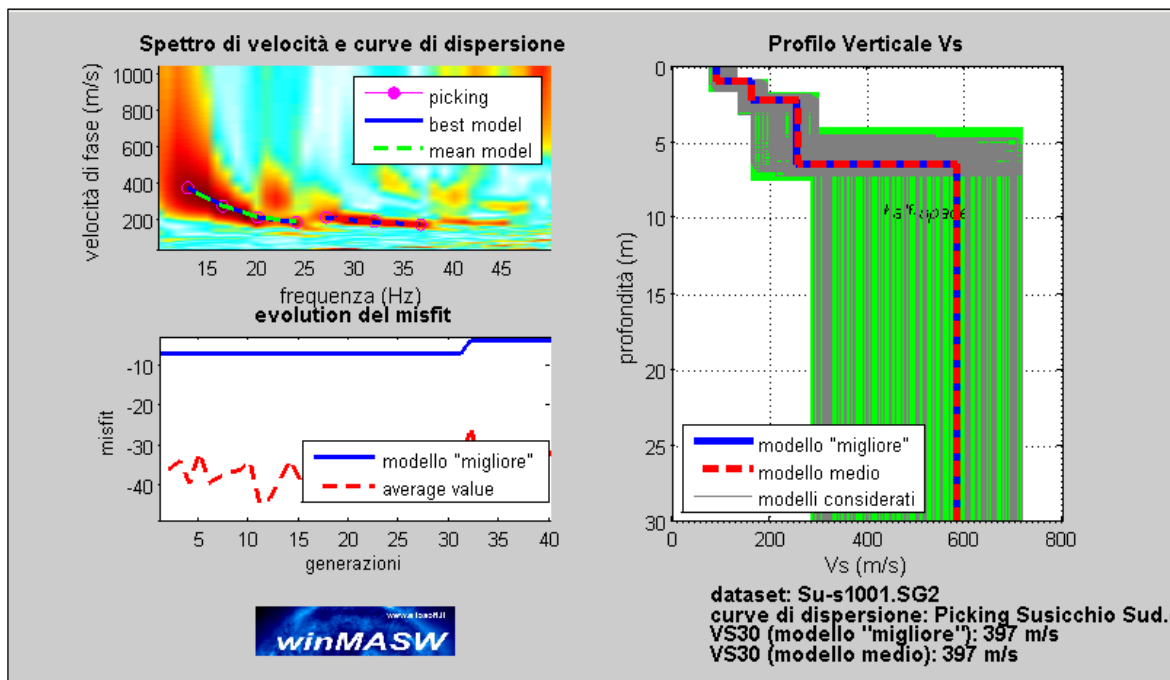
### Documentazione fotografica



### 10.4. Indagine sismica Masw 4 BS2 (Susichio sud)

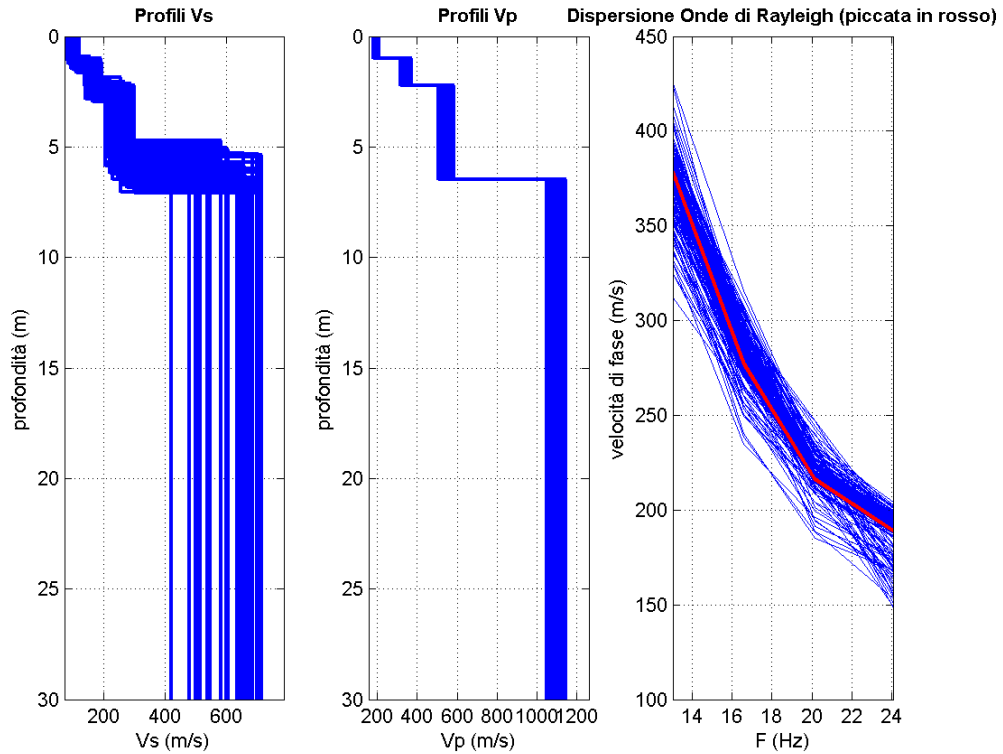


Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

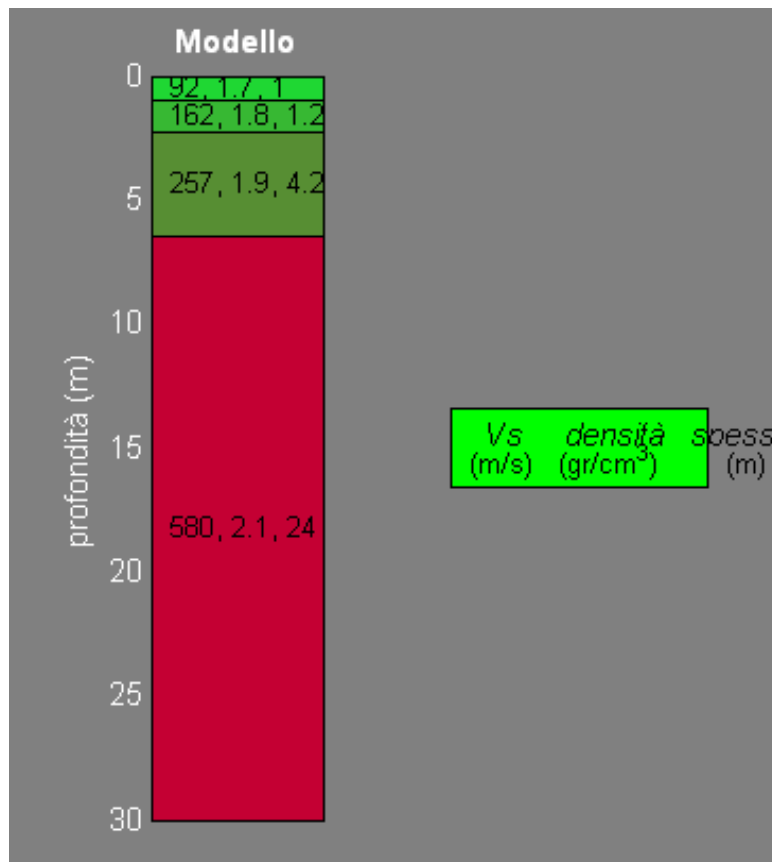


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella T3) (modello "migliore" e medio sono tipicamente assolutamente analoghi).

In basso a sinistra l'evolversi del modello al passare delle "generazioni" (l' algoritmo utilizzato per l'inversione delle curve di dispersione appartiene alla classe degli Algoritmi Genetici).



### COLONNA SISMOSTRATIGRAFICA



### TABELLA RIASSUNTIVA DEI RISULTATI OTTENUTI

Sismostrato (n°)	Profondità in metri dal p.c. (m)	Spessore (m)	Velocità onde S (m/s)	Modulo di taglio (Mpa)
1	1,0	1,0	92	15
2	2,2	1,2	162	66
3	6,4	4,2	257	118
4	30,0	semispazio	580	795

Considerato che entri i primi 30 metri di profondità non è stato rinvenuto alcuno strato con velocità delle  $V_s > 800$  m/s allora il  $V_s$  equivalente =  $V_{s30}$  e pertanto

$V_{s30}$  al piano di campagna =  $V_s$  equivalente = **397 m/s**

Categoria di suolo di fondazione = **B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e valori del  $V_s$  equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

### Documentazione fotografica



## 10.5. Conclusioni indagini sismiche

Le indagini sismiche eseguite nelle aree ove saranno realizzati i vari campi hanno evidenziato, nella maggior parte dei casi, delle successioni stratigrafiche caratterizzate da valori di velocità delle onde S che ascrivono i siti esaminati alla categoria "B". Solo il campo "Guardia" ha evidenziato una discrepanza con i dati rilevati negli altri siti ascrivendo il sito alla categoria di sottosuolo "C".

## 11. GEOTECNICA

Per la caratterizzazione dei luoghi costituenti l'area dell'impianto, in accordo con quanto previsto dalle NTC 2018 e Circolare Applicativa n° 7 del 21/01/2019, in prima istanza è stato eseguito un lavoro di ricerca e censimento dei dati di carattere geologico esistenti (sondaggi meccanici, prove di laboratorio e indagini penetrometriche).

E' stato elaborato un programma quali-quantitativo delle indagini necessarie a caratterizzare il substrato delle aree d'intervento. Sono state eseguite 5 prove penetrometriche dinamiche di tipo leggero (DL 030) che hanno consentito di caratterizzare stratigraficamente e geotecnicamente le aree d'intervento.

Nel dettaglio la prova Din 1 ha consentito di caratterizzare i terreni presenti nel campo "Forgia" le prove Din 2 e Din 3 hanno consentito di caratterizzare il campo "Susichio BS1 e BS2", e le prove Din 4 e Din 5 sono state eseguite sul campo "Guardia" (Figura 19).

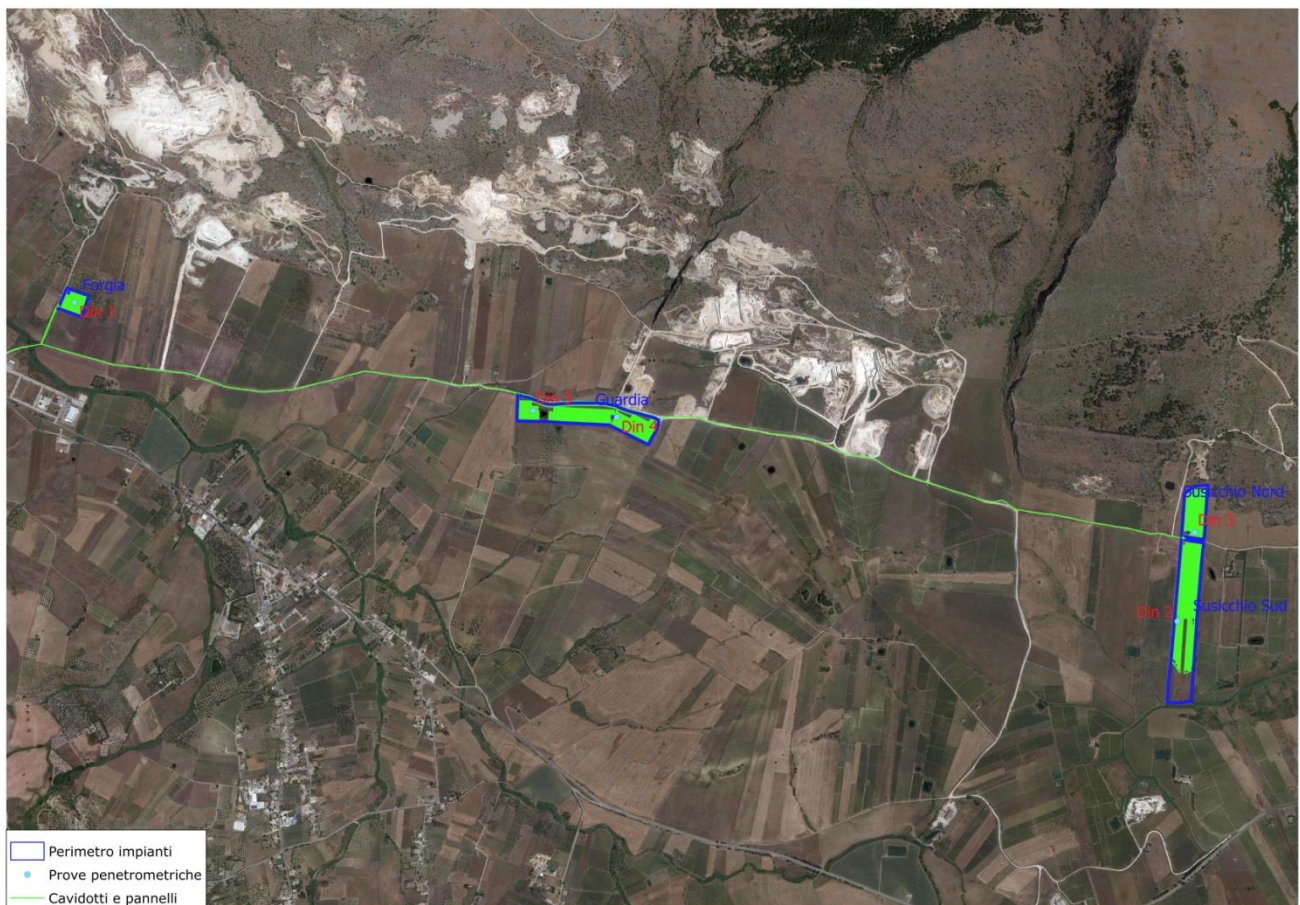


Figura 19 – Ubicazione prove penetrometriche

Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive dei parametri geotecnici da adottare nel dimensionamento delle fondazioni nelle varie aree.

**Campo Forgia**

Profondità (m.)	Peso di volume Secco ( $\gamma_d$ ) T/m <sup>3</sup>	Peso di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) T/m <sup>3</sup>	gamma naturale T/m <sup>3</sup>	Angolo di attrito ( $\phi$ )°	Coesione Drenata (C) Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 0,4	1.34	1.84	1.6	16.4	0.02	0.06
Da 0,4 a 1,4	1.45	1.9	1.64	18.8	0.15	0.44
Da 1,4 a 3,9	1.41	1.88	1.62	19	0.10	0.31
Da 3,9 in poi	1.51	1.94	1.72	20.3	0.23	0.69

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Suolo agrario	36	0.35	0.25	199	1
Limi con trovanti	264	0.36	0	245	1
Limi plastici	186	0.33	0	230	1
Limi argillosi	414	0.31	0	276	1

**Campo Susicchio BS2 -sud**

Profondità (m.)	Peso di volume Secco ( $\gamma_d$ ) T/m <sup>3</sup>	Peso di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) T/m <sup>3</sup>	gamma naturale T/m <sup>3</sup>	Angolo di attrito ( $\phi$ )°	Coesione Drenata (C) Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 0,3	1.36	1.85	1.6	16.8	0.04	0.13
Da 0,3 a 1,4	1.54	1.96	1.64	21.5	0.31	0.94
Da 1,4 a 2,5	1.43	1.89	1.62	18.4	0.13	0.38
Da 2,5 a 4,4	1.53	1.95	1.72	20.9	0.27	0.81
Da 4,4 in poi	1.61	2	2.08	21.6	0.42	1.38

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Suolo agrario	78	0.35	0.25	207	1
Limi con trovanti	564	0.36	0	307	1
Limi plastici	228	0.33	0	238	1
Limi argillosi	486	0.31	0	292	1
Argille limose	828	0.3	0	361	1

**Campo Susicchio BS1 -nord**

Profondità (m.)	Peso di volume Secco ( $\gamma_d$ ) T/m <sup>3</sup>	Peso di volume saturo ( $\gamma_{sat}$ ) T/m <sup>3</sup>	gamma naturale T/m <sup>3</sup>	Angolo di attrito ( $\phi$ )°	Coesione Drenata (C) Kg/cmq	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cmq
Da 0,0 a 1,2	1.36	1.85	1.6	16.8	0.04	0.13
Da 1,2 a 2,4	1.48	1.92	1.64	19.6	0.19	0.56
Da 2,4 a 3,3	1.45	1.9	1.62	18.8	0.15	0.44
Da 3,3 in poi	1.94	2.21	1.72	30.4	0.11	-



Descrizione	Modulo elastico Kg/cm <sup>2</sup>	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cm <sup>2</sup>	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
<b>Suolo agrario</b>	<b>78</b>	<b>0.35</b>	<b>0.25</b>	<b>207</b>	<b>1</b>
<b>Limi con trovanti</b>	<b>336</b>	<b>0.36</b>	<b>0</b>	<b>261</b>	<b>1</b>
<b>Limi plastici</b>	<b>264</b>	<b>0.33</b>	<b>0</b>	<b>245</b>	<b>1</b>
<b>Calcarei</b>	<b>501</b>	<b>0.31</b>	<b>0</b>	<b>785</b>	<b>1</b>

#### Campo Guardia Est

Profondità (m.)	Peso di volume Secco ( $\gamma_d$ ) T/m <sup>3</sup>	Peso di volume saturato ( $\gamma_{sat}$ ) T/m <sup>3</sup>	gamma naturale T/m <sup>3</sup>	Angolo di attrito ( $\phi$ )°	Coesione Drenata (C') Kg/cm <sup>2</sup>	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cm <sup>2</sup>
Da 0,0 a 1,4	1.36	1.85	1.6	16.8	0.04	0.13
Da 1,4 a 4,5	1.45	1.9	1.64	18.8	0.15	0.44
Da 4,5 in poi	1.56	1.97	1.62	22.1	0.35	1.06

Descrizione	Modulo elastico Kg/cm <sup>2</sup>	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cm <sup>2</sup>	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
<b>Suolo agrario</b>	<b>78</b>	<b>0.35</b>	<b>0.25</b>	<b>207</b>	<b>1</b>
<b>Limi plastici</b>	<b>264</b>	<b>0.34</b>	<b>0</b>	<b>245</b>	<b>1</b>
<b>Limi sabbiosi duri</b>	<b>636</b>	<b>0.37</b>	<b>0</b>	<b>322</b>	<b>1</b>

#### Campo Guardia Ovest

Profondità (m.)	Peso di volume Secco ( $\gamma_d$ ) T/m <sup>3</sup>	Peso di volume saturato ( $\gamma_{sat}$ ) T/m <sup>3</sup>	gamma naturale T/m <sup>3</sup>	Angolo di attrito ( $\phi$ )°	Coesione Drenata (C') Kg/cm <sup>2</sup>	Coesione Non drenata (Cu) Kg/cm <sup>2</sup>
Da 0,0 a 0,7	1.34	1.84	1.6	16.4	0.02	0.06
Da 0,7 a 1,2	1.54	1.96	1.64	21.5	0.31	0.94
Da 1,2 a 2,0	1.43	1.89	1.62	18.4	0.13	0.38
Da 2,0 a 3,8	1.54	1.96	1.72	21.5	0.11	0.94
Da 3,8 in poi	1.64	2.02	2.08	22.5	0.42	1.56

Descrizione	Modulo elastico Kg/cm <sup>2</sup>	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cm <sup>2</sup>	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Suolo agrario	36	0.35	0.25	199	1
Limi duri	564	0.34	0	307	1
Limi plastici	228	0.33	0	238	1
Limi sabbiosi duri	501	0.36	0	307	1
Limi sabbiosi molto duri	936	0.38	0	384	1

## 11.1. Report Indagini penetrometriche

### Dispositivo per l'esecuzione delle indagini e sue caratteristiche

Dal punto di vista tecnico, la strumentazione utilizzata per eseguire le prove è data dal penetrometro dinamico medio del tipo DL30IT. Si tratta di un penetrometro dinamico medio - classificazione ISSMFE 1988 - con elevata capacità di acquisizione dati in ogni condizione d'uso. È dotato di estrattore idraulico e permette l'uso campionamento mediante coclea da  $\varnothing$  38mm.

I comandi sono posizionati sulla torre di infissione lasciando le mani libere, per una più agevole registrazione dei numeri di colpi in avanzamento.

#### Caratteristiche strumento

**Gruppo motore:**

Centralina oleodinamica a doppia funzione, poco ingombrante, leggera e potente; dotata di motore a scoppio, 3,5 Hp di potenza.

**Sistema d'infissione:**

Maglio oleodinamico del peso di 30 Kg con frequenza di battuta di 50-40 colpi/min, con base in acciaio trattato, dotata di alloggiamento per l'infissione di aste ( $\varnothing$  22 mm). Altezza di caduta del maglio da 20 cm

**Colonna di guida ed estrattore idraulico:**

Struttura di guida per l'esecuzione della prova penetrometrica, per l'innalzamento automatico della massa battente, per l'estrazione idraulica delle aste, o del carotiere. Capacità estrazione circa 1500 kg.



### **Esecuzione ed interpretazione delle indagini**

Tale prova consiste nell'infiggere una punta conica avente angolo di 60° ed una superficie di 10 cm<sup>2</sup>, tramite una massa battente di 30 Kg. e volata 20 cm., contando il numero di colpi necessari per avanzare di 10 cm. L'utilizzo di più aste, giuntabili tra di loro, permette di raggiungere profondità di 10 metri e oltre misurando, durante l'avanzamento, la resistenza alla penetrazione.

Attraverso il conteggio del numero di colpi in avanzamento si riesce a desumere la resistenza alla penetrazione media per ogni strato. Durante la fase di interpretazione si procede all'individuazione dei vari strati discretizzando quelli accomunati dalla stessa resistenza alla penetrazione. Successivamente, tramite opportune formule, i valori di resistenza alla penetrazione sono trasformati in parametri fisici e meccanici caratterizzanti il terreno attraversato.

I parametri geotecnici riportati nelle tabelle riassuntive di seguito proposte sono stati ricavati da una elaborazione matematica dei dati di resistenza alla penetrazione registrati durante l'esecuzione della prova correlati ad un terreno con comportamento puramente coesivo o puramente granulare. Successivamente tali parametri dovranno essere opportunamente ridimensionati, attribuendo di volta in volta un fattore di ridimensionamento che tiene conto della natura coesiva, intermedia o granulare del terreno attraversato e del grado di consolidazione del deposito.

## PENETROMETRO DINAMICO IN USO : DM-30 (60°)

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla riferimento	Peso Massa Battente M (kg)
Leggero	DPL (Light)	$M \leq 10$
Medio	DPM (Medium)	$10 < M < 40$
Pesante	DPH (Heavy)	$40 \leq M < 60$
Super pesante	DPSH (Super Heavy)	$M \geq 60$

## CARATTERISTICHE TECNICHE : DM-30 (60°)

PESO MASSA BATTENTE	M = 30,00 kg
ALTEZZA CADUTA LIBERA	H = 0,20 m
PESO SISTEMA BATTUTA	Ms = 13,60 kg
DIAMETRO PUNTA CONICA	D = 35,70 mm
AREA BASE PUNTA CONICA	A = 10,00 cm <sup>2</sup>
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1 <sup>a</sup> ASTA	P1 = 0,80 m
AVANZAMENTO PUNTA	$\delta = 0,10$ m
NUMERO DI COLPI PUNTA	N = N(10) $\Rightarrow$ Relativo ad un avanzamento di 10 cm
RIVESTIMENTO / FANGHI	SI
ENERGIA SPECIFICA x COLPO	Q = (MH)/(A $\delta$ ) = 6,00 kg/cm <sup>2</sup> ( prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm <sup>2</sup> )
COEFF.TEORICO DI ENERGIA	$\beta_t = Q/Q_{spt} = 0,766$ ( teoricamente : Nspt = $\beta_t N$ )

Valutazione resistenza dinamica alla punta Rpd [funzione del numero di colpi N] (FORMULA OLANDESE) :

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

Rpd = resistenza dinamica punta [ area A]  
 e = infissione per colpo =  $\delta / N$

M = peso massa battente (altezza caduta H)  
 P = peso totale aste e sistema battuta

### UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm <sup>2</sup> = 0.098067 MPa $\approx$ 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m <sup>2</sup> = 10.197 kg/cm <sup>2</sup>
1 bar = 1.0197 kg/cm <sup>2</sup> = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 1**

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	1	2,40 - 2,50	7	24,8	3
0,10 - 0,20	1	3,9	1	2,50 - 2,60	7	24,8	3
0,20 - 0,30	1	3,9	1	2,60 - 2,70	7	24,8	3
0,30 - 0,40	2	7,8	1	2,70 - 2,80	8	28,3	3
0,40 - 0,50	7	27,4	1	2,80 - 2,90	7	23,7	4
0,50 - 0,60	10	39,1	1	2,90 - 3,00	7	23,7	4
0,60 - 0,70	11	43,0	1	3,00 - 3,10	8	27,1	4
0,70 - 0,80	9	35,2	1	3,10 - 3,20	7	23,7	4
0,80 - 0,90	8	29,8	2	3,20 - 3,30	8	27,1	4
0,90 - 1,00	10	37,2	2	3,30 - 3,40	9	30,5	4
1,00 - 1,10	11	40,9	2	3,40 - 3,50	8	27,1	4
1,10 - 1,20	9	33,5	2	3,50 - 3,60	8	27,1	4
1,20 - 1,30	8	29,8	2	3,60 - 3,70	8	27,1	4
1,30 - 1,40	7	26,0	2	3,70 - 3,80	9	30,5	4
1,40 - 1,50	5	18,6	2	3,80 - 3,90	9	29,1	5
1,50 - 1,60	5	18,6	2	3,90 - 4,00	11	35,6	5
1,60 - 1,70	6	22,3	2	4,00 - 4,10	10	32,4	5
1,70 - 1,80	6	22,3	2	4,10 - 4,20	12	38,8	5
1,80 - 1,90	6	21,3	3	4,20 - 4,30	13	42,1	5
1,90 - 2,00	6	21,3	3	4,30 - 4,40	15	48,6	5
2,00 - 2,10	7	24,8	3	4,40 - 4,50	16	51,8	5
2,10 - 2,20	8	28,3	3	4,50 - 4,60	18	58,3	5
2,20 - 2,30	7	24,8	3	4,60 - 4,70	20	64,7	5
2,30 - 2,40	7	24,8	3	4,70 - 4,80	22	71,2	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30,00** kg - H (altezza caduta)= **0,20** m - A (area punta)= **10,00** cm<sup>2</sup> - D(diam. punta)= **35,70** mm

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [ δ = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	1	2,70 - 2,80	13	46,1	3
0,10 - 0,20	1	3,9	1	2,80 - 2,90	13	44,0	4
0,20 - 0,30	3	11,7	1	2,90 - 3,00	14	47,4	4
0,30 - 0,40	30	117,4	1	3,00 - 3,10	14	47,4	4
0,40 - 0,50	11	43,0	1	3,10 - 3,20	18	60,9	4
0,50 - 0,60	7	27,4	1	3,20 - 3,30	19	64,3	4
0,60 - 0,70	30	117,4	1	3,30 - 3,40	20	67,7	4
0,70 - 0,80	23	90,0	1	3,40 - 3,50	20	67,7	4
0,80 - 0,90	16	59,5	2	3,50 - 3,60	19	64,3	4
0,90 - 1,00	41	152,5	2	3,60 - 3,70	22	74,4	4
1,00 - 1,10	27	100,4	2	3,70 - 3,80	21	71,1	4
1,10 - 1,20	10	37,2	2	3,80 - 3,90	16	51,8	5
1,20 - 1,30	14	52,1	2	3,90 - 4,00	18	58,3	5
1,30 - 1,40	11	40,9	2	4,00 - 4,10	18	58,3	5
1,40 - 1,50	9	33,5	2	4,10 - 4,20	16	51,8	5
1,50 - 1,60	9	33,5	2	4,20 - 4,30	15	48,6	5
1,60 - 1,70	8	29,8	2	4,30 - 4,40	18	58,3	5
1,70 - 1,80	7	26,0	2	4,40 - 4,50	21	68,0	5
1,80 - 1,90	5	17,7	3	4,50 - 4,60	23	74,5	5
1,90 - 2,00	5	17,7	3	4,60 - 4,70	25	80,9	5
2,00 - 2,10	6	21,3	3	4,70 - 4,80	27	87,4	5
2,10 - 2,20	9	31,9	3	4,80 - 4,90	29	90,0	6
2,20 - 2,30	9	31,9	3	4,90 - 5,00	28	86,9	6
2,30 - 2,40	9	31,9	3	5,00 - 5,10	32	99,3	6
2,40 - 2,50	11	39,0	3	5,10 - 5,20	33	102,4	6
2,50 - 2,60	13	46,1	3	5,20 - 5,30	34	105,5	6
2,60 - 2,70	13	46,1	3	5,30 - 5,40	38	117,9	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = **N(10)** [  $\delta = 10$  cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 3**

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	1	1,70 - 1,80	15	55,8	2
0,10 - 0,20	1	3,9	1	1,80 - 1,90	13	46,1	3
0,20 - 0,30	3	11,7	1	1,90 - 2,00	14	49,6	3
0,30 - 0,40	2	7,8	1	2,00 - 2,10	17	60,2	3
0,40 - 0,50	2	7,8	1	2,10 - 2,20	15	53,1	3
0,50 - 0,60	2	7,8	1	2,20 - 2,30	13	46,1	3
0,60 - 0,70	2	7,8	1	2,30 - 2,40	9	31,9	3
0,70 - 0,80	4	15,7	1	2,40 - 2,50	8	28,3	3
0,80 - 0,90	4	14,9	2	2,50 - 2,60	8	28,3	3
0,90 - 1,00	3	11,2	2	2,60 - 2,70	9	31,9	3
1,00 - 1,10	3	11,2	2	2,70 - 2,80	10	35,4	3
1,10 - 1,20	4	14,9	2	2,80 - 2,90	9	30,5	4
1,20 - 1,30	7	26,0	2	2,90 - 3,00	9	30,5	4
1,30 - 1,40	8	29,8	2	3,00 - 3,10	9	30,5	4
1,40 - 1,50	10	37,2	2	3,10 - 3,20	11	37,2	4
1,50 - 1,60	12	44,6	2	3,20 - 3,30	8	27,1	4
1,60 - 1,70	14	52,1	2	3,30 - 3,40	100	338,3	4

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	1	2,90 - 3,00	9	30,5	4
0,10 - 0,20	1	3,9	1	3,00 - 3,10	13	44,0	4
0,20 - 0,30	1	3,9	1	3,10 - 3,20	10	33,8	4
0,30 - 0,40	2	7,8	1	3,20 - 3,30	9	30,5	4
0,40 - 0,50	3	11,7	1	3,30 - 3,40	10	33,8	4
0,50 - 0,60	2	7,8	1	3,40 - 3,50	18	60,9	4
0,60 - 0,70	1	3,9	1	3,50 - 3,60	10	33,8	4
0,70 - 0,80	4	15,7	1	3,60 - 3,70	8	27,1	4
0,80 - 0,90	4	14,9	2	3,70 - 3,80	8	27,1	4
0,90 - 1,00	3	11,2	2	3,80 - 3,90	9	29,1	5
1,00 - 1,10	3	11,2	2	3,90 - 4,00	6	19,4	5
1,10 - 1,20	2	7,4	2	4,00 - 4,10	7	22,7	5
1,20 - 1,30	2	7,4	2	4,10 - 4,20	7	22,7	5
1,30 - 1,40	2	7,4	2	4,20 - 4,30	8	25,9	5
1,40 - 1,50	5	18,6	2	4,30 - 4,40	8	25,9	5
1,50 - 1,60	5	18,6	2	4,40 - 4,50	9	29,1	5
1,60 - 1,70	7	26,0	2	4,50 - 4,60	21	68,0	5
1,70 - 1,80	8	29,8	2	4,60 - 4,70	17	55,0	5
1,80 - 1,90	8	28,3	3	4,70 - 4,80	13	42,1	5
1,90 - 2,00	4	14,2	3	4,80 - 4,90	12	37,2	6
2,00 - 2,10	5	17,7	3	4,90 - 5,00	14	43,4	6
2,10 - 2,20	15	53,1	3	5,00 - 5,10	18	55,9	6
2,20 - 2,30	11	39,0	3	5,10 - 5,20	23	71,4	6
2,30 - 2,40	10	35,4	3	5,20 - 5,30	24	74,5	6
2,40 - 2,50	11	39,0	3	5,30 - 5,40	25	77,6	6
2,50 - 2,60	12	42,5	3	5,40 - 5,50	27	83,8	6
2,60 - 2,70	11	39,0	3	5,50 - 5,60	29	90,0	6
2,70 - 2,80	11	39,0	3	5,60 - 5,70	31	96,2	6
2,80 - 2,90	8	27,1	4	5,70 - 5,80	33	102,4	6

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta = 10 \text{ cm}$  ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 5**

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm <sup>2</sup> )	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	1	2,40 - 2,50	17	60,2	3
0,10 - 0,20	1	3,9	1	2,50 - 2,60	17	60,2	3
0,20 - 0,30	1	3,9	1	2,60 - 2,70	16	56,7	3
0,30 - 0,40	2	7,8	1	2,70 - 2,80	18	63,8	3
0,40 - 0,50	1	3,9	1	2,80 - 2,90	20	67,7	4
0,50 - 0,60	1	3,9	1	2,90 - 3,00	18	60,9	4
0,60 - 0,70	2	7,8	1	3,00 - 3,10	19	64,3	4
0,70 - 0,80	11	43,0	1	3,10 - 3,20	20	67,7	4
0,80 - 0,90	16	59,5	2	3,20 - 3,30	21	71,1	4
0,90 - 1,00	27	100,4	2	3,30 - 3,40	22	74,4	4
1,00 - 1,10	25	93,0	2	3,40 - 3,50	23	77,8	4
1,10 - 1,20	22	81,8	2	3,50 - 3,60	24	81,2	4
1,20 - 1,30	7	26,0	2	3,60 - 3,70	26	88,0	4
1,30 - 1,40	7	26,0	2	3,70 - 3,80	28	94,7	4
1,40 - 1,50	8	29,8	2	3,80 - 3,90	32	103,6	5
1,50 - 1,60	8	29,8	2	3,90 - 4,00	36	116,5	5
1,60 - 1,70	8	29,8	2	4,00 - 4,10	30	97,1	5
1,70 - 1,80	9	33,5	2	4,10 - 4,20	32	103,6	5
1,80 - 1,90	8	28,3	3	4,20 - 4,30	28	90,6	5
1,90 - 2,00	10	35,4	3	4,30 - 4,40	30	97,1	5
2,00 - 2,10	14	49,6	3	4,40 - 4,50	32	103,6	5
2,10 - 2,20	16	56,7	3	4,50 - 4,60	30	97,1	5
2,20 - 2,30	18	63,8	3	4,60 - 4,70	34	110,1	5
2,30 - 2,40	16	56,7	3	4,70 - 4,80	35	113,3	5

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [  $\delta$  = 10 cm ]

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **NO**

**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

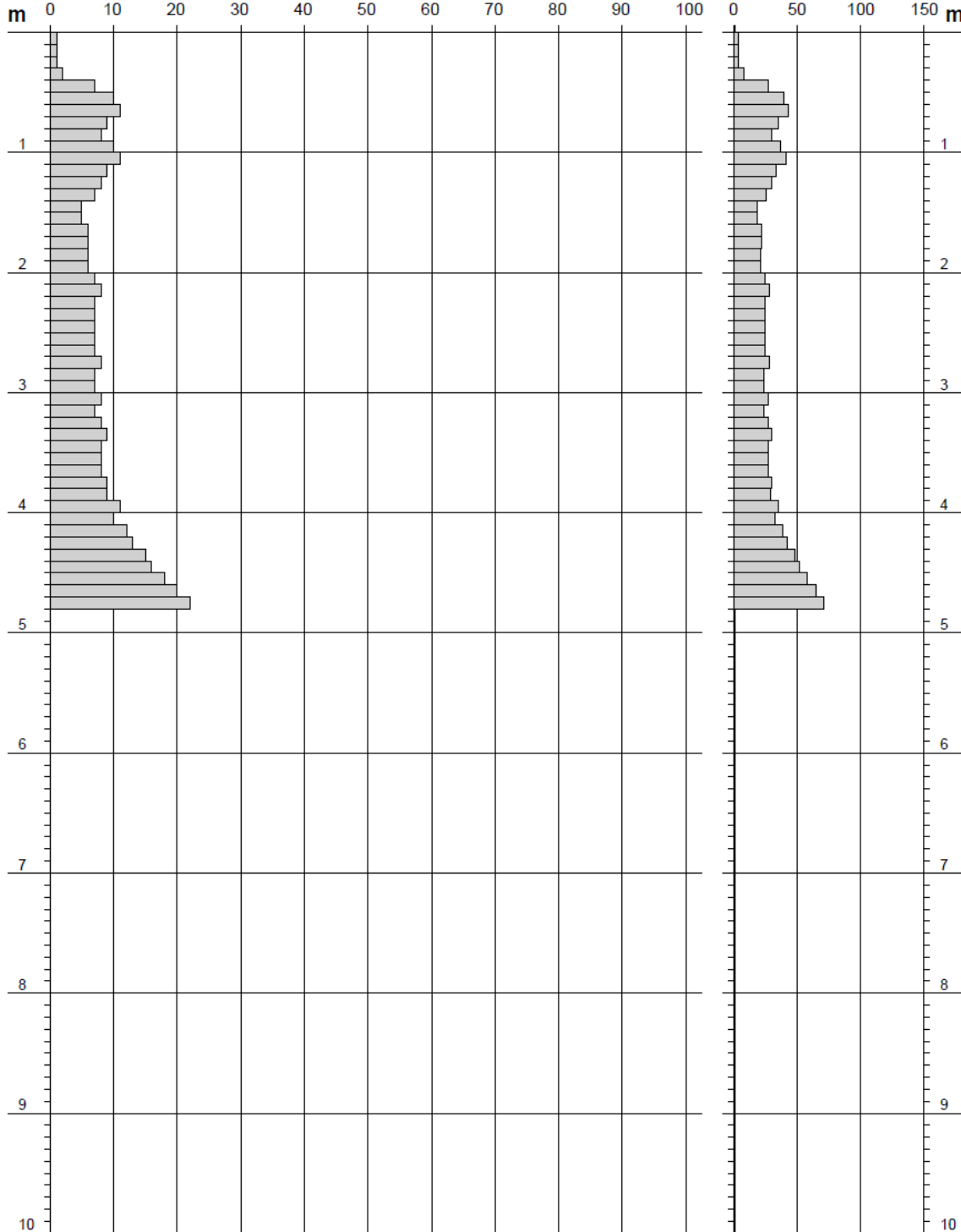
**DIN 1**

Scala 1: 50

- |                 |  |                  |                    |
|-----------------|--|------------------|--------------------|
| - committente : | Laap Architects                          | - data :         | 10/06/2023         |
| - lavoro :      | Realizzazione impianto FV Bellanova      | - quota inizio : | Piano di campagna  |
| - località :    | Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp) | - prof. falda :  | Falda non rilevata |
| - note :        |  | - pagina :       | 1                  |

**N = N(10) numero di colpi penetrazione punta - avanzamento  $\delta = 10$  cm**

**Rpd (kg/cm<sup>2</sup>)**



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

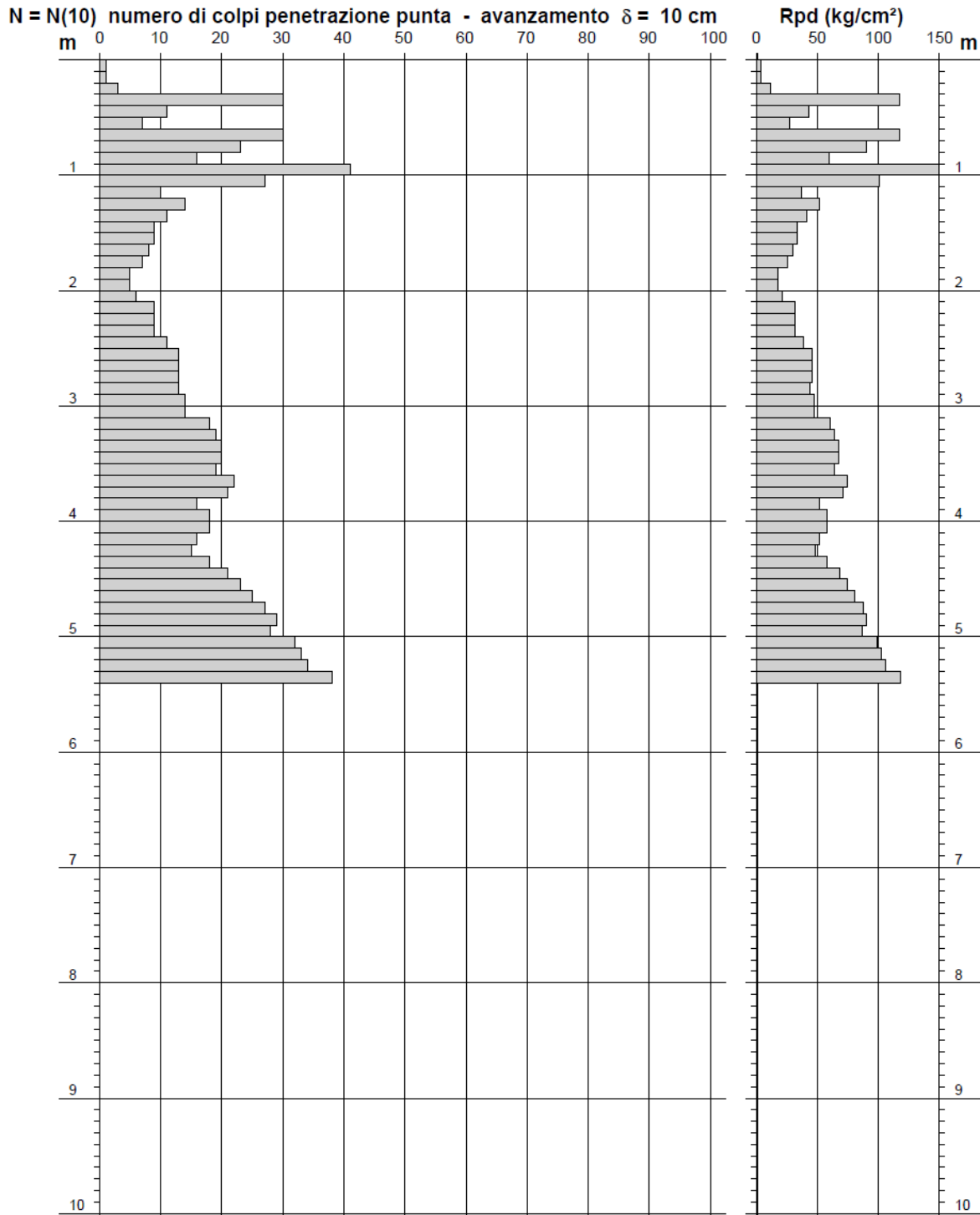
Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 2**

Scala 1: 50

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

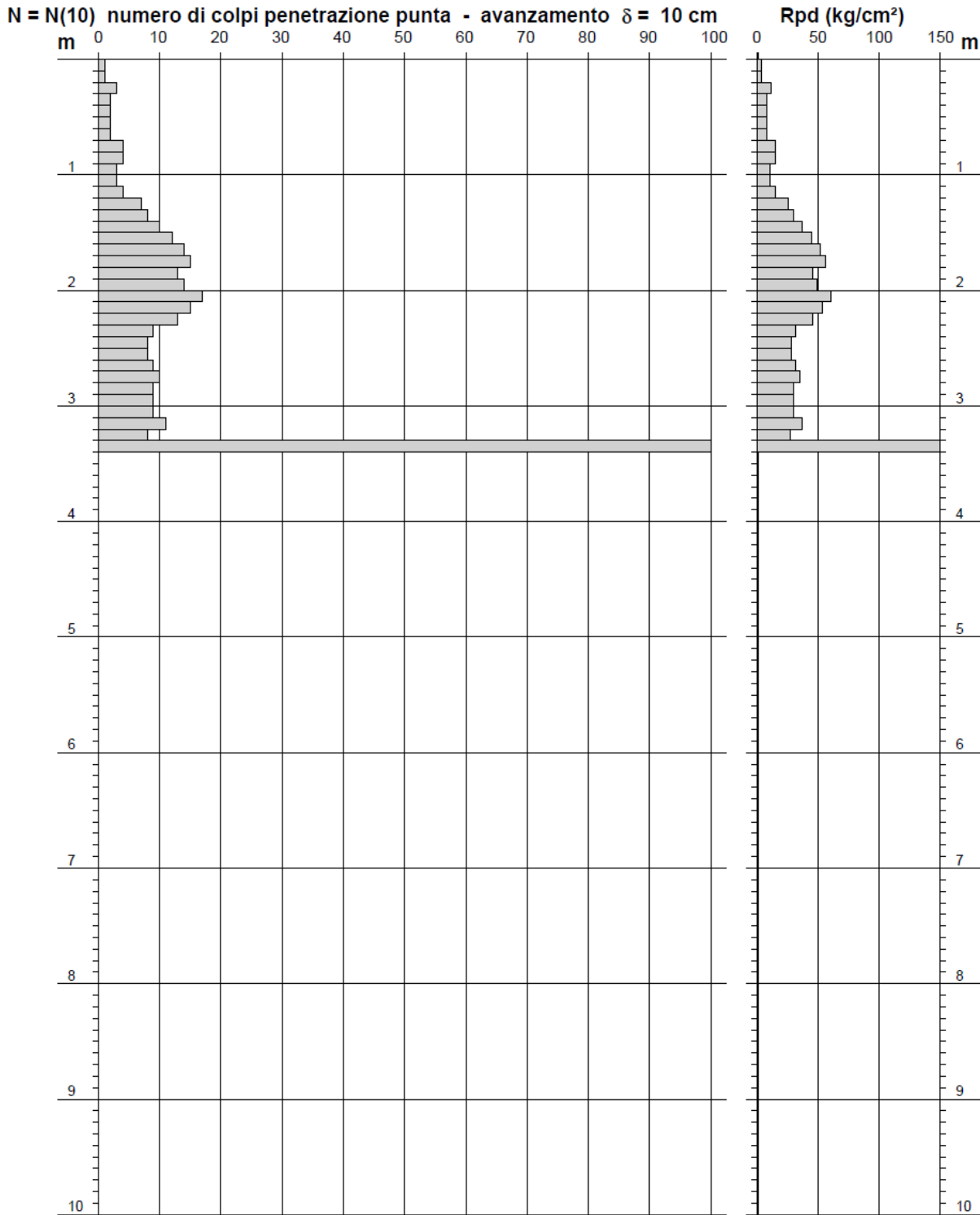
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DIN 3**

**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

Scala 1: 50

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

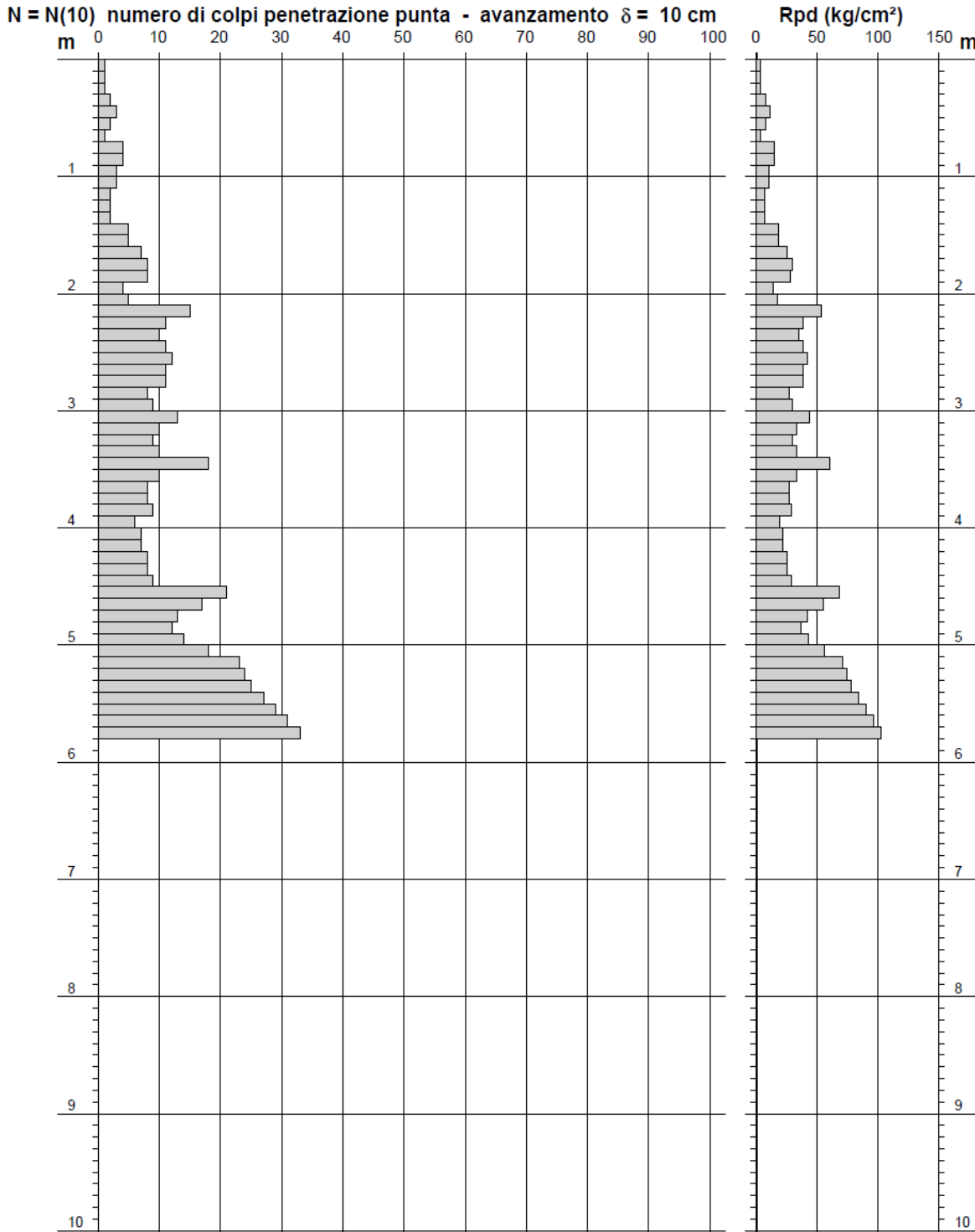
Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 4**

Scala 1: 50

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

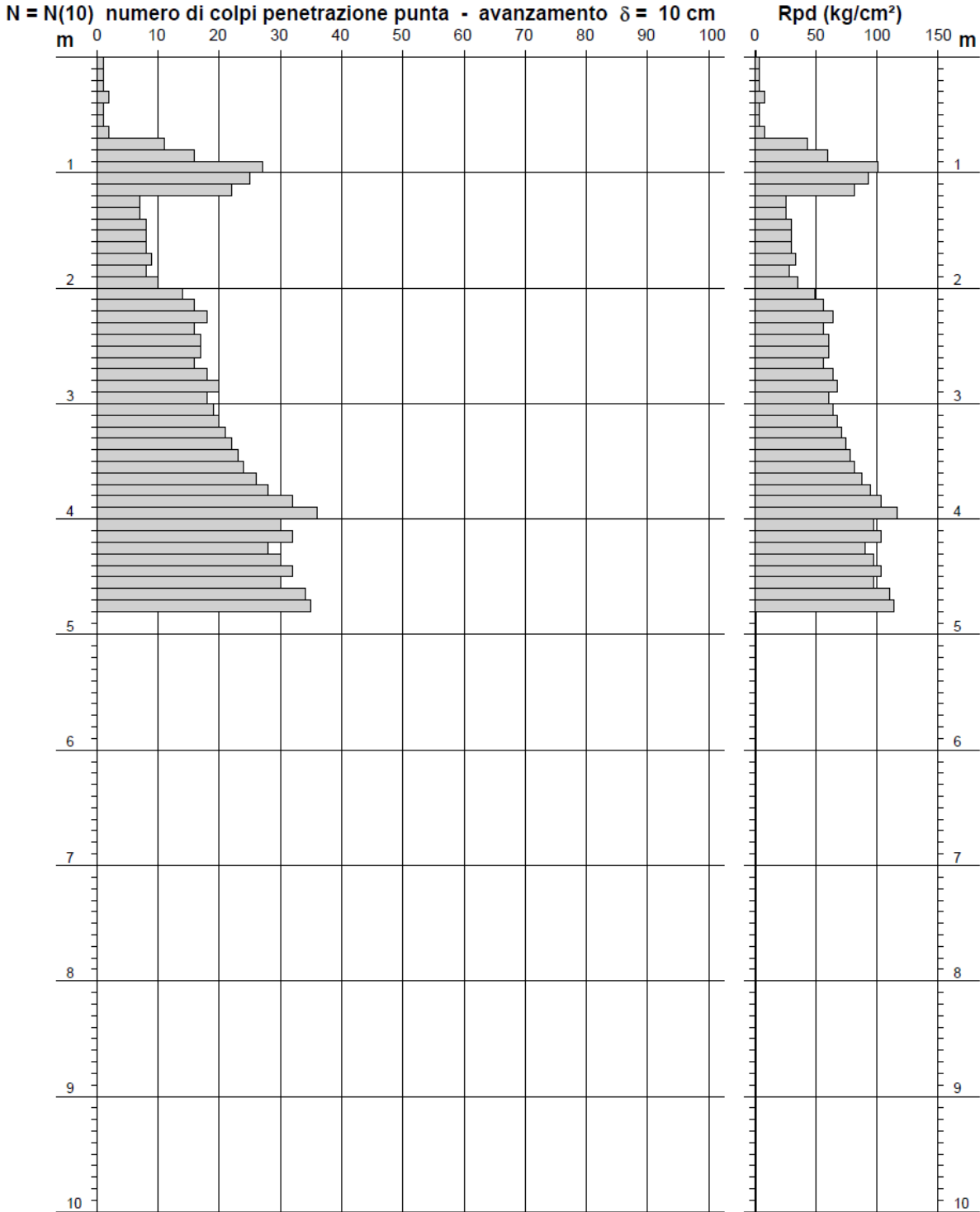
Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 5**

Scala 1: 50

- |                 |  |                  |                    |
|-----------------|--|------------------|--------------------|
| - committente : | Laap Architects                          | - data :         | 10/06/2023         |
| - lavoro :      | Realizzazione impianto FV Bellanova      | - quota inizio : | Piano di campagna  |
| - località :    | Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp) | - prof. falda :  | Falda non rilevata |
| - note :        |  | - pagina :       | 1                  |



## Studio di Geologia Applicata

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,40	N	1,3	1	2	1,1	---	---	---	1	0,77	1
		Rpd	4,9	4	8	4,4	---	---	---			
2	0,40 1,40	N	9,0	7	11	8,0	1,5	7,5	10,5	9	0,77	7
		Rpd	34,2	26	43	30,1	5,9	28,3	40,1			
3	1,40 3,90	N	7,2	5	9	6,1	1,1	6,1	8,3	7	0,77	5
		Rpd	25,1	19	31	21,8	3,2	21,8	28,3			
4	3,90 4,80	N	15,2	10	22	12,6	4,1	11,1	19,4	15	0,77	11
		Rpd	49,3	32	71	40,8	13,4	35,9	62,7			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

### Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 1

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\sigma'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.40		1	3.8	16.4	199	1.84	1.34	0.06	1.68	56	1.519
2	0.40 1.40		7	25.0	18.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
3	1.40 3.90		5	18.3	19.0	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
4	3.90 4.80		11	36.5	20.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\sigma'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme  
 Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 2**

- committente : Laap Architects - data : 10/06/2023  
 - lavoro : Realizzazione impianto FV Bellanova - quota inizio : Piano di campagna  
 - località : Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp) - prof. falda : Falda non rilevata  
 - note : - pagina : 1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA								VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s				
1	0,00 0,30	N	1,7	1	3	1,3	---	---	---	2	0,77	2	
		Rpd	6,5	4	12	5,2	---	---	---				
2	0,30 1,40	N	20,0	7	41	13,5	10,9	9,1	30,9	20	0,77	15	
		Rpd	76,2	27	153	51,8	41,4	34,8	117,5				
3	1,40 2,50	N	7,9	5	11	6,5	1,9	6,0	9,8	8	0,77	6	
		Rpd	28,6	18	39	23,1	7,0	21,6	35,5				
4	2,50 4,40	N	16,8	13	22	14,9	3,0	13,9	19,8	17	0,77	13	
		Rpd	56,5	44	74	50,3	9,7	46,8	66,2				
5	4,40 5,40	N	29,0	21	38	25,0	5,3	23,7	34,3	29	0,77	22	
		Rpd	91,3	68	118	79,6	15,2	76,1	106,5				

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 2**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.30		2	7.5	16.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.30 1.40		15	42.5	21.5	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773
3	1.40 2.50		6	21.7	18.4	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
4	2.50 4.40		13	39.5	20.9	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
5	4.40 5.40		22	53.0	21.6	361	2.00	1.61	1.38	2.04	23	0.628

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno





**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 3**

- committente : Laap Architects  
 - lavoro : Realizzazione impianto FV Bellanova  
 - località : Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)  
 - note :  
 - data : 10/06/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,20	N	2,6	1	4	1,8	1,1	1,5	3,7	3	0,77	2
			Rpd	9,9	4	16	6,9	4,0	5,9	13,9			
2	1,20	2,40	N	12,3	7	17	9,6	3,1	9,1	15,4	12	0,77	9
			Rpd	44,4	26	60	35,2	10,9	33,5	55,3			
3	2,40	3,30	N	9,0	8	11	8,5	1,0	8,0	10,0	9	0,77	7
			Rpd	31,1	27	37	29,1	3,3	27,7	34,4			
4	3,30	3,40	N	100,0	100	100	100,0	----	----	----	100	0,77	77
			Rpd	338,3	338	338	338,3	----	----	----			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 3**

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00	1,20		2	7,5	16,8	207	1,85	1,36	0,13	1,75	47	1,267
2	1,20	2,40		9	31,7	19,6	261	1,92	1,48	0,56	1,89	34	0,918
3	2,40	3,30		7	25,0	18,8	245	1,90	1,45	0,44	1,86	36	0,972
4	3,30	3,40		77	95,1	30,4	785	2,21	1,94	4,81	2,71	----	-0,006

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 4**

- committente :	Laap Architects	- data :	10/06/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Bellanova	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)	- prof. falda :	Falda non rilevata
- note :		- pagina :	1

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	$\beta$	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,40	N	2,2	1	4	1,6	1,1	1,2	3,3	2	0,77	2
		Rpd	8,4	4	16	6,2	4,0	4,5	12,4			
2	1,40 4,50	N	9,0	4	18	6,5	3,0	6,1	12,0	9	0,77	7
		Rpd	31,1	14	61	22,6	10,3	20,8	41,4			
3	4,50 5,80	N	22,1	12	33	17,0	6,9	15,1	29,0	22	0,77	17
		Rpd	69,0	37	102	53,1	21,2	47,9	90,2			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 4**

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00 1,40		2	7,5	16,8	207	1,85	1,36	0,13	1,75	47	1,267
2	1,40 4,50		7	25,0	18,8	245	1,90	1,45	0,44	1,86	36	0,972
3	4,50 5,80		17	45,5	22,1	322	1,97	1,56	1,06	1,98	27	0,729

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



**Studio di Geologia Applicata**  
 Dott. Salvatore Lo Verme  
 Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-68

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 5**

- committente : Laap Architects  
 - lavoro : Realizzazione impianto FV Bellanova  
 - località : Custonaci - Castellammare del Golfo (Tp)  
 - note :  
 - data : 10/06/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	$\beta$	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,70	N	1,3	1	2	1,1	---	---	1,8	1	0,77	1
			Rpd	5,0	4	8	4,5	1,9	3,1	6,9			
2	0,70	1,20	N	20,2	11	27	15,6	---	---	---	20	0,77	15
			Rpd	75,6	43	100	59,3	---	---	---			
3	1,20	2,00	N	8,1	7	10	7,6	1,0	7,1	9,1	8	0,77	6
			Rpd	29,8	26	35	27,9	3,3	26,5	33,1			
4	2,00	3,80	N	19,6	14	28	16,8	3,8	15,8	23,4	20	0,77	15
			Rpd	67,5	50	95	58,6	11,8	55,7	79,3			
5	3,80	4,80	N	31,9	28	36	30,0	2,5	29,4	34,4	32	0,77	25
			Rpd	103,3	91	117	97,0	8,1	95,1	111,4			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto  
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento  $\delta = 10$  cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm<sup>2</sup>)  
 $\beta$ : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico  $\beta_t = 0,77$ ) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

**Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI**

**DIN 5**

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0,00	0,70		1	3,8	16,4	199	1,84	1,34	0,06	1,68	56	1,519
2	0,70	1,20		15	42,5	21,5	307	1,96	1,54	0,94	1,96	29	0,773
3	1,20	2,00		6	21,7	18,4	238	1,89	1,43	0,38	1,85	37	1,000
4	2,00	3,80		15	42,5	21,5	307	1,96	1,54	0,94	1,96	29	0,773
5	3,80	4,80		25	57,5	22,5	384	2,02	1,64	1,56	2,08	21	0,574

Nspt: numero di colpi prova SPT (avanzamento  $\delta = 30$  cm)

DR % = densità relativa  $\phi'$  (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm<sup>2</sup>) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua  
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm<sup>2</sup>) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m<sup>3</sup>) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno



## 12. CONCLUSIONI

L'impianto in progetto ricade all'interno dei territori comunali di Custonaci e Castellammare del Golfo (TP). L'area dell'impianto di produzione è posizionata su un'area caratterizzata per lo più da litotipi coesivi e incoerenti con discrete caratteristiche geotecniche che per la conformazione morfologica dei luoghi non destano problemi di stabilità.

Non si rilevano dissesti interferenti con le strutture in progetto né tanto meno evidenze che lascino presagire dei dissesti potenziali. Si ritiene che i siti d'intervento siano geomorfologicamente idonei ad accogliere le strutture progettate e che le stesse non interferiscano negativamente con l'assetto geomorfologico del territorio.

Anche le opere di connessione saranno realizzate in un'area priva di dissesti in cui le condizioni morfologiche sub-pianeggianti sono ostative all'insorgere di fenomenologie morfo-degradanti.

Tutto ciò permette di dedurre che nelle sedi d'intervento vi siano condizioni geomorfologicamente favorevoli alla realizzazione delle strutture dell'impianto fotovoltaico e che le stesse non pregiudichino l'assetto geomorfologico del territorio.

Dal punto di vista sismico viste le considerazioni fatte ai precedenti paragrafi, l'assenza di faglie attive nelle vicinanze, la mancanza di elementi che possano indurre fenomeni di liquefazione, nonché di condizioni che possano indurre fenomeni di amplificazione sismica ai siti d'intervento, si ritiene che non ci siano condizioni pregiudizievoli o limitanti nei confronti delle strutture in progetto.

Dal punto di vista geotecnico e sismico si è cercato di analizzare i contesti sito-specifici per fornire gli elementi numerici utili alla progettazione di livello definitivo. Le indagini eseguite hanno consentito di appurare che le strutture dell'impianto ricadono su terreni a comportamento coesivo e incoerenti (argille e depositi colluviali). Tutti i siti sono caratterizzati da parametri geotecnici e sismici discreti, con spessori delle coperture modeste e profondità del substrato compreso tra 0,3 metri ed 1,4 metri.

Anche dal punto di vista sismico sono stati forniti i dati di input per calcolare le sollecitazioni attese desunte dallo studio della morfologia dei luoghi e dalla tipologia di categoria di suolo di fondazione. Quest'ultima calcolata attraverso l'ausilio di indagini specifiche (Masw) ha consentito di ricavare la categoria di suolo di fondazione per tutte le varie aree interessate dalle strutture.

Tanto doveva il sottoscritto a seguito dell'incarico ricevuto ed espletato.