

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

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

PROGETTAZIONE E COORDINAMENTO

**LAAP ARCHITECTS®**  
urban quality consultants

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

Numero di commessa laap: 351

Architetto e Dottore Agrotecnico Antonino Palazzolo



CONSULENTE  
Dott. Geologo Salvatore Lo Verme

N° COMMESSA

**1541**

**PARCO AGRIVOLTAICO "PALASTANGA"  
POTENZA FOTOVOLTAICA 38 MW + 20 MW ACCUMULO E OPERE DI CONNESSIONE  
CITTA' METROPOLITANA DI PALERMO  
COMUNI DI CORLEONE, MONREALE, PIANA DEGLI ALBANESI,  
SANTA CRISTINA GELA E BELMONTE MEZZAGNO**

PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA

CODICE ELABORATO

**PD.07**

NOME FILE: 351\_CARTIGLIO\_r00.dwg

REV.	DATA	DESCRIZIONE REVISIONE	REDAITTO	VERIFICA	APPROVAZIONE
00	12/05/2023	PRIMA EMISSIONE	Dott. 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>5</b>
<b>3. DATI GENERALI IMPIANTO .....</b>	<b>6</b>
3.1. Inquadramento impianto .....	7
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO .....</b>	<b>15</b>
4.1. Inquadramento geologico regionale .....	15
4.2. Tettonica.....	17
<b>5. DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO.....</b>	<b>21</b>
5.1. Sismicità storica della Sicilia centro occidentale .....	21
5.1.1. Terremoti storici .....	21
5.2. Storia sismica .....	24
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
9.3. Indagine sismica Masw PAL 1 (Torre dei Fiori) .....	43
9.4. Indagine sismica Masw PAL 2 (Croci) .....	47
9.5. Indagine sismica Masw PAL 3 (Patria).....	51
9.6. Indagine sismica Masw PAL4 (Celso).....	55
9.7. Conclusioni indagini sismiche.....	59
<b>10. GEOTECNICA.....</b>	<b>60</b>
10.1. Report Indagini penetrometriche .....	62
<b>11. CONCLUSIONI.....</b>	<b>84</b>

## 1. PREMESSA

La società LAAP Architects Srl è stata incaricata di redigere il progetto definitivo del parco agrivoltaico denominato "Palastanga" di potenza **38 MW** e integrato da un sistema di accumulo da **20 MW**, per una potenza totale richiesta in immissione di 58 MW, ubicato nei Comuni di Monreale (PA), Corleone (PA), Piana degli Albanesi (PA), Santa Cristina Gela (PA) e Belmonte Mezzagno (PA) in Provincia di Palermo e proposto dalla società Repower Renewable s.p.a. con sede legale in Venezia 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 69 ettari sita nel territorio comunale di Monreale (PA) e Corleone (PA), costituito da **tracker ad inseguimento monoassiale**, di altezza minima variabile tra 1,30 m per le aree ad attività zootecnica e di 2,10 m per le aree ad attività colturale, composti da 30 o 15 moduli fotovoltaici da 640 W disposti su una singola fila.

Il Parco agrivoltaico sarà suddiviso in **6 sottocampi**, così nominati:

- **Area impianto "Celso"** ulteriormente suddiviso in due sottocampi nominati **PC1** e **PC2**;
- **Area impianto "Tagliavia"**;
- **Area impianto "Crocì"**;
- **Area impianto "Torre dei Fiori"**;
- **Area impianto "Pietralunga"**;
- **Area impianto "Patria"**;

Al loro interno sono previste:

- mantenimento e ampliamento dell'attività colturale 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 36/0.8 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). Tutti le cabine di campo saranno collegate ad una cabina principale di raccolta utente (CR) dalla quale partiranno i cavidotti a 36 kV verso la sottostazione utente SSEU.

2. **Cavidotti interrati interni al sito 36 kV** per collegare le cabine di campo alla cabina di raccolta CR verranno utilizzati cavi unipolari in formazione a trifoglio adatti alla posa direttamente interrata. All'interno dei campi le cabine sono collegate fra loro in entra-esce ed alla cabina di raccolta;

3. **Cavidotti interrati esterni al sito 36 kV** per il collegamento tra la cabina di raccolta CR sita all'interno del campo agrivoltaico e l'edificio utente sito all'interno della sottostazione utente SSEU;
4. **Sottostazione Utente SSEU** ubicata nel comune di Santa Cristina Gela, contenente l'edificio utente per la raccolta dei cavidotti a 36 kV provenienti dalla cabina di raccolta del parco agrivoltaico dalla quale partirà un successivo cavidotto che verrà collegato alla stazione RTN tramite inserimento in antenna a 36 kV con la sezione a 36 kV di una nuova stazione elettrica di trasformazione Terna a 220/36 kV. All'interno della sottostazione utente sarà ubicato inoltre un **sistema di accumulo elettrochimico BESS** avente una potenza nominale di 20 MW.
5. Una nuova **stazione elettrica Terna di trasformazione a 220/36 kV**, ubicata nel comune di Santa Cristina Gela, da inserire in doppio entra-esce alla linea RTN 220 kV "Bellolampo-Caracoli-Ciminna"
6. Una nuova **linea elettrica AT di raccordo**, ubicata nel comune di Santa Cristina Gela e Belmonte Mezzagno, da inserire in doppio entra-esce alla linea RTN 220 kV "Bellolampo-Caracoli-Ciminna"

La connessione alla RTN è basata sulla soluzione tecnica minima generale per la connessione STMG, con codice pratica 202203750, ricevuta per l'impianto in oggetto da Terna - Rete Elettrica Nazionale S.p.A.

## 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 la collaudazione 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 IMPIANTO

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: Comune di Monreale (PA), Comune di Corleone (PA), Comune di Piana degli Albanesi (PA), Comune di Santa Cristina Gela (PA) e Comune di Belmonte Mezzagno (PA)
<b>Denominazione impianto:</b>	Parco Agrivoltaico Palastanga
<b>Dati area di progetto:</b>	Impianto agrivoltaico: Comune di Monreale (PA) e Corleone (PA) SSE Utente: Santa Cristina Gela (PA)
<b>Informazioni generali del sito:</b>	Zona prevalentemente rurale a basso tasso di inurbamento.
<b>Potenza (MW):</b>	Impianto fotovoltaico: 38 MW      BESS: 20 MW
<b>Superficie totale (STotale)</b>	69 ha
<b>Superficie Agricola (SAgricola)</b>	58,3 ha
<b>Superficie dei moduli (SModuli)</b>	17,2 ha
<b>SAgricola/STotale &gt; 70%</b>	84,5%
<b>LAOR (Smoduli/STotale) &lt; 40%</b>	25%
<b>Producibilità elettrica minima (FVagri ≥ 0,6 x FVstandard)</b>	88,5%
<b>Tipo strutture di sostegno:</b>	Strutture in materiale metallico ad inseguimento solare mono-assiali
<b>Caratterizzazione urbanistico/vincolistica:</b>	Piano Regolatore di Monreale; Piano Regolatore di Corleone; Piano Regolatore di Piana degli Albanesi; Piano Regolatore di Santa Cristina Gela. Beni Paesaggistici D.Lgs. 42/04;
<b>Connessione:</b>	Connessione ad uno stallo a 36 kV della nuova stazione TERNA nel Comune di S. Cristina Gela
<b>Rete di collegamento:</b>	Linea area di raccordo AT a elettrodotto 220 kV "Bellolampo – Caracoli - Ciminna" nei comuni di Santa Cristina Gela (PA) e Belmonte Mezzagno (PA)
<b>Coordinate Parco Agrivoltaico</b>	Punto baricentrico al parco: 37°53'18.94"N, 13°14'51.60"E SSE Utente: 37°58'20.72"N, 13°20'29.09"E

### 3.1. Inquadramento impianto

L'intervento in oggetto riguarda la realizzazione del Parco agrivoltaico e delle opere di rete da realizzarsi in zona agricola in località Contrada Palastanga nei comuni di Monreale (PA), Corleone (PA) e opere di rete nei comuni di Piana degli Albanesi (PA), Santa Cristina Gela (PA) e Belmonte Mezzagno (PA).

Nel dettaglio si ricordi che:

- il Comune di Monreale è interessato da parte dell'impianto "Celso" (sottocampo nominato PC2), dall'area impianto "Tagliavia", dall'area impianto "Croci", dall'area impianto "Torre dei Fiori", dall'area impianto "Pietralunga", dall'area impianto "Patria" e da alcuni tratti del cavidotto interrato di connessione alla RTN;
- il Comune di Corleone è interessato dalla restante parte dell'impianto "Celso" (sottocampo nominato PC1), dai restanti tratti del cavidotto interrato kV su viabilità asfaltata di connessione alla RTN;
- il Comune di Piana degli Albanesi è interessato da una porzione di nuovo cavidotto interrato 36 kV su viabilità asfaltata di connessione alla RTN;
- Il Comune di Santa Cristina Gela è interessato dalla SE RTN Terna di progetto, dalla Sottostazione Utente, dalla restante porzione di nuovo cavidotto interrato 36 kV su viabilità asfaltata di connessione alla RTN e da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento alla "Bellolampo - Caracoli - Ciminna";
- Il Comune di Belmonte Mezzagno è interessato da una porzione di nuovo elettrodotto RTN a 220 kV di collegamento alla "Bellolampo - Caracoli - Ciminna"

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. I diritti reali sulle aree selezionate per l'installazione dei tracker fotovoltaici previsti nel progetto, sono stati acquisiti mediante accordo contrattuale stipulato con i relativi proprietari.

Di seguito le coordinate di un punto baricentrico del campo fotovoltaico:

**37°53'18.94"N,**

**13°14'51.60"E**

Il parco agrivoltaico e relativa sottostazione si trovano all'interno delle seguenti cartografie e fogli di mappa catastali:

– Fogli IGM in scala 1:25.000 di cui alle seguenti codifiche: 258-I-SO-Rocche di Rao, 258-I-NO-Piana degli Albanesi e 258-I-NE-Marineo.

– CTR in scala 1:10.000, di cui alle seguenti codifiche: 607040, 607080, 607110, 607120, 608010

– Fogli di mappa nn. 128, 146, 149, 150, 151, 152, 168, 169 nel Comune di Monreale (PA), n. 4 nel Comune di Corleone (PA), nn. 16, 19, 22 nel Comune di Piana degli Albanesi (PA) e nn. 13, 14 nel Comune di Santa Cristina Gela

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

Tabella 2. Particelle catastali interessate dalla realizzazione dell'impianto

AREA IMPIANTO	COMUNE	FOGLIO	PARTICELLE
<b>Impianto Celso</b>	Corleone (PC1)	4	401, 590, 160, 161, 162, 163, 3
	Monreale (PC2)	169	351, 352, 353, 354, 355, 356, 357, 54, 71
<b>Impianto Tagliavia</b>	Monreale	169	107, 108, 209, 221
<b>Impianto Croci</b>	Monreale	151	82, 83, 84, 85, 86, 87, 88, 89
<b>Impianto Torre dei Fiori</b>	Monreale	149	30, 140, 37, 38, 48, 17, 16, 41
<b>Impianto Pietralunga</b>	Monreale	146	67, 409
<b>Impianto Patria</b>	Monreale	168	306
<b>Impianto SSE Utente</b>	Santa Cristina Gela	14	397, 398, 399, 400, 403

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").

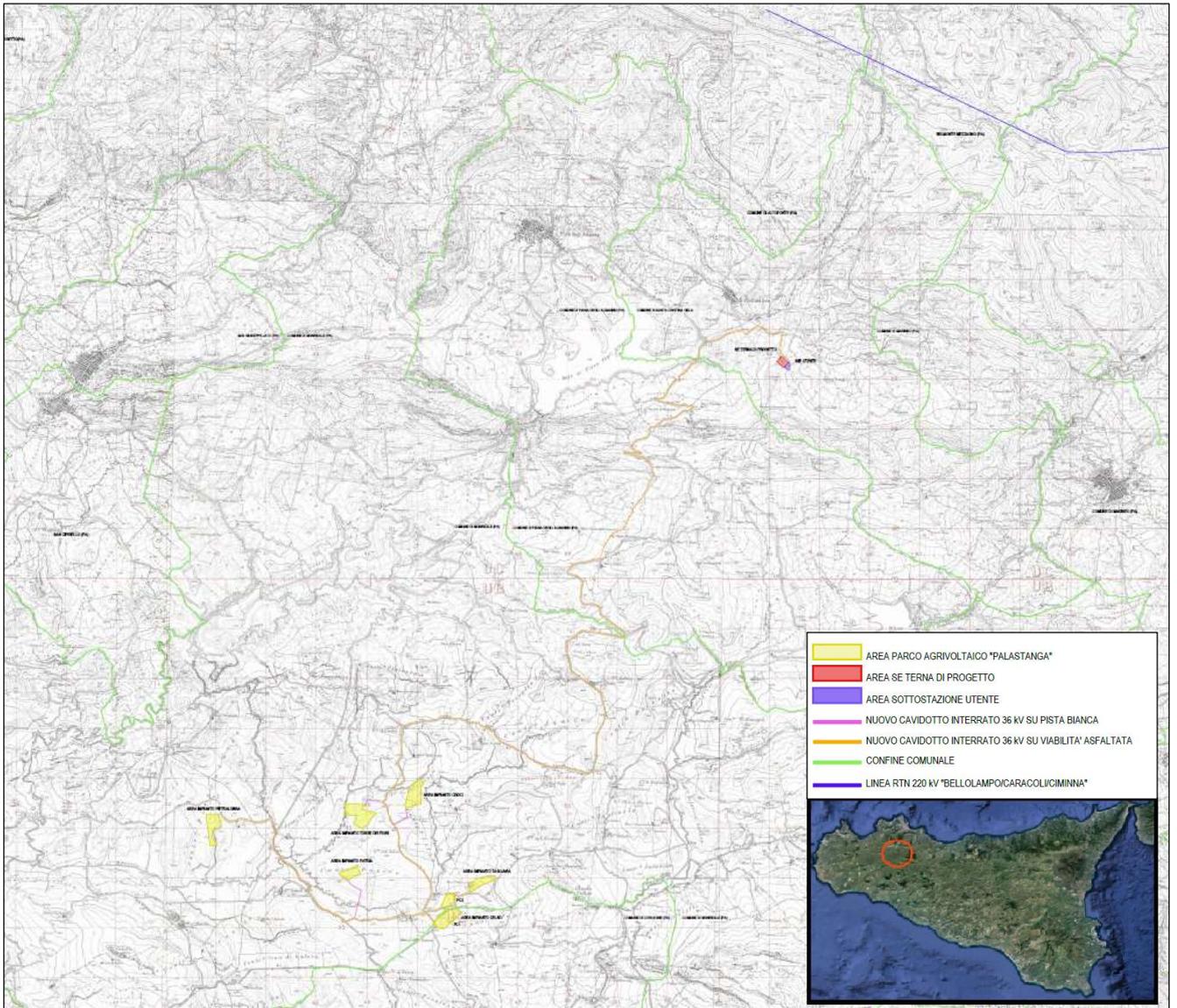


Figura 1. Localizzazione del sito e Inquadramento IGM (Scala 1:25000) delle opere in progetto

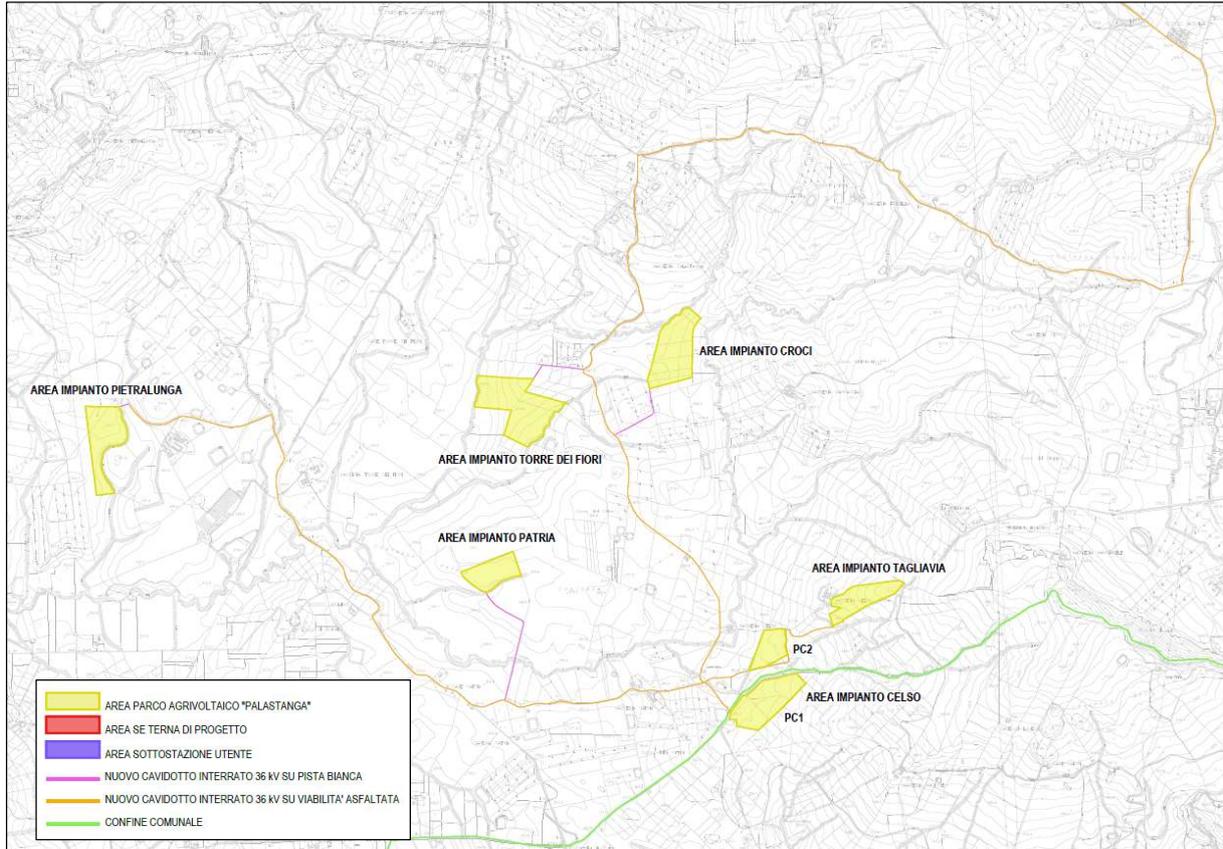


Figura 2. Inquadramento opere in progetto (impianto) su CTR (Scala 1:10000)

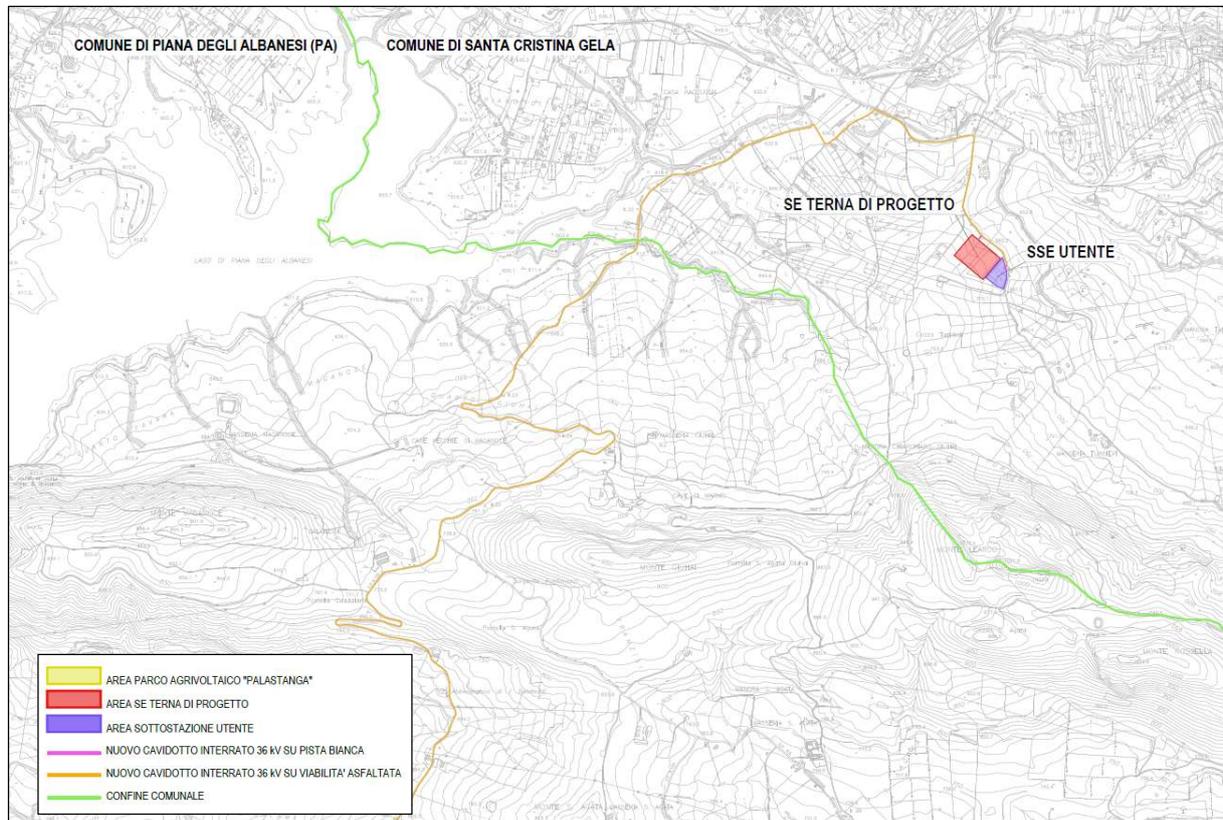


Figura 3. Inquadramento opere in progetto (area stazioni) su CTR (Scala 1:10000)



Figura 4. Inquadramento opere in progetto (area impianto) su Ortofoto (Scala 1:10000)

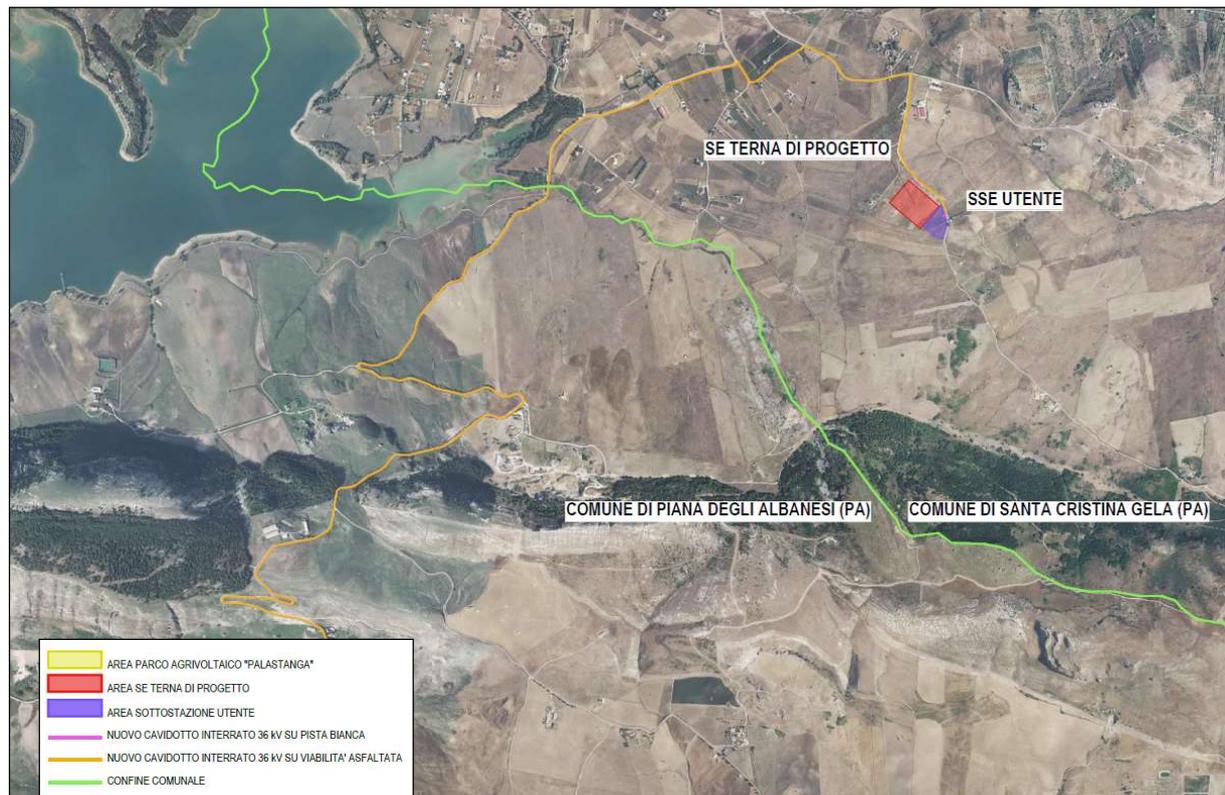


Figura 5. Inquadramento opere in progetto (area stazioni) su Ortofoto (Scala 1:10000)

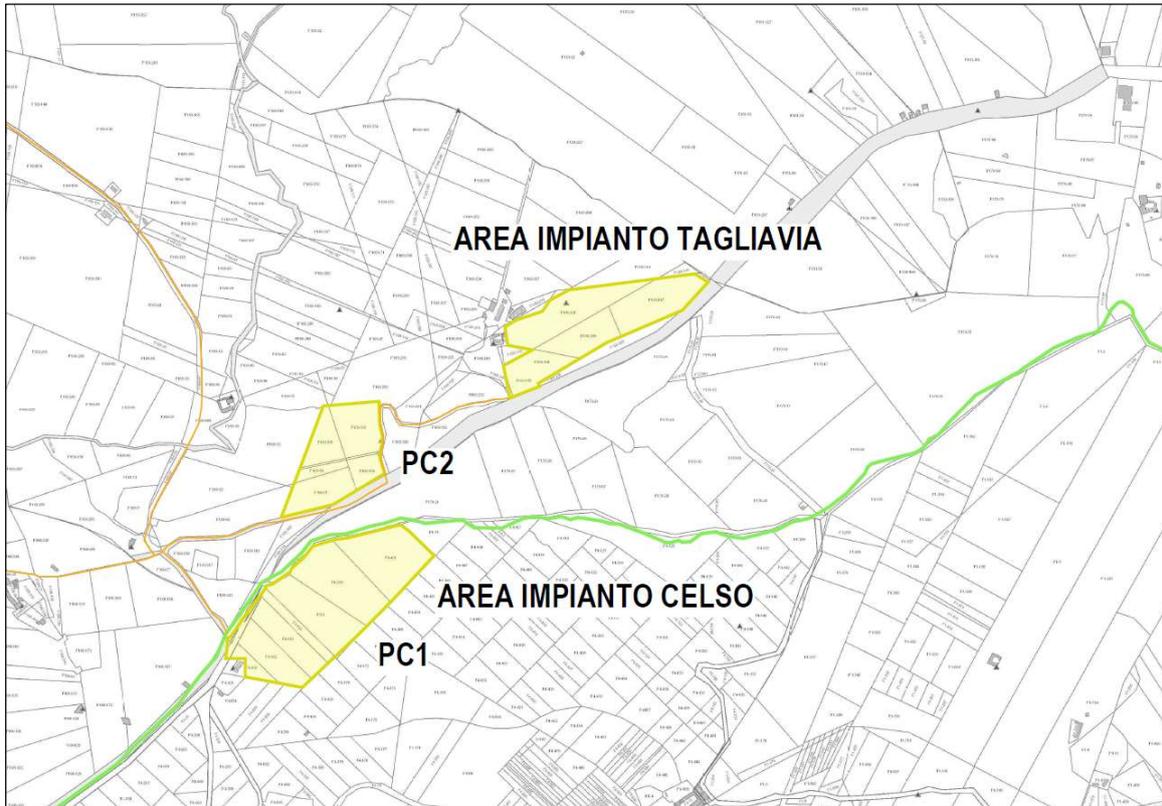


Figura 6. Inquadramento opere in progetto (area Celso e Tagliavia) su Mappa Catastale (Scala 1:10000)

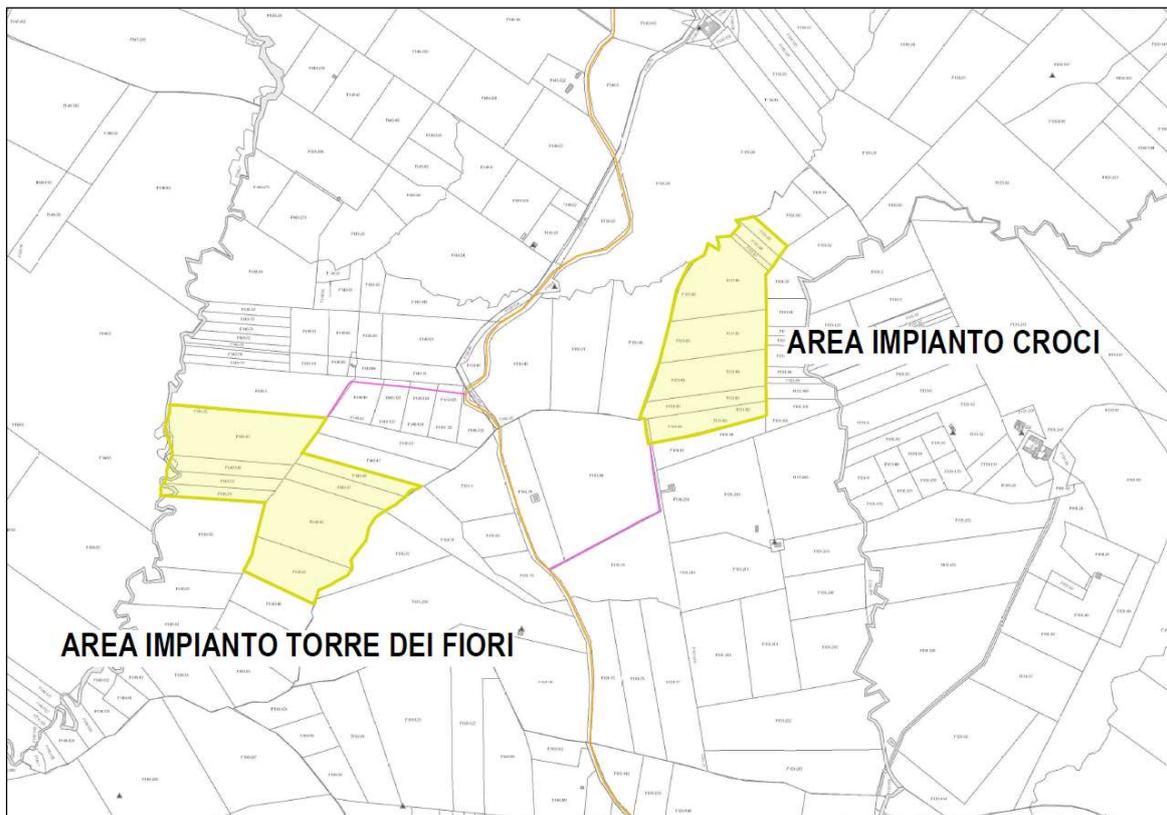


Figura 7. Inquadramento opere in progetto (area Torre dei Fiori e Croci) su Mappa Catastale (Scala 1:10000)

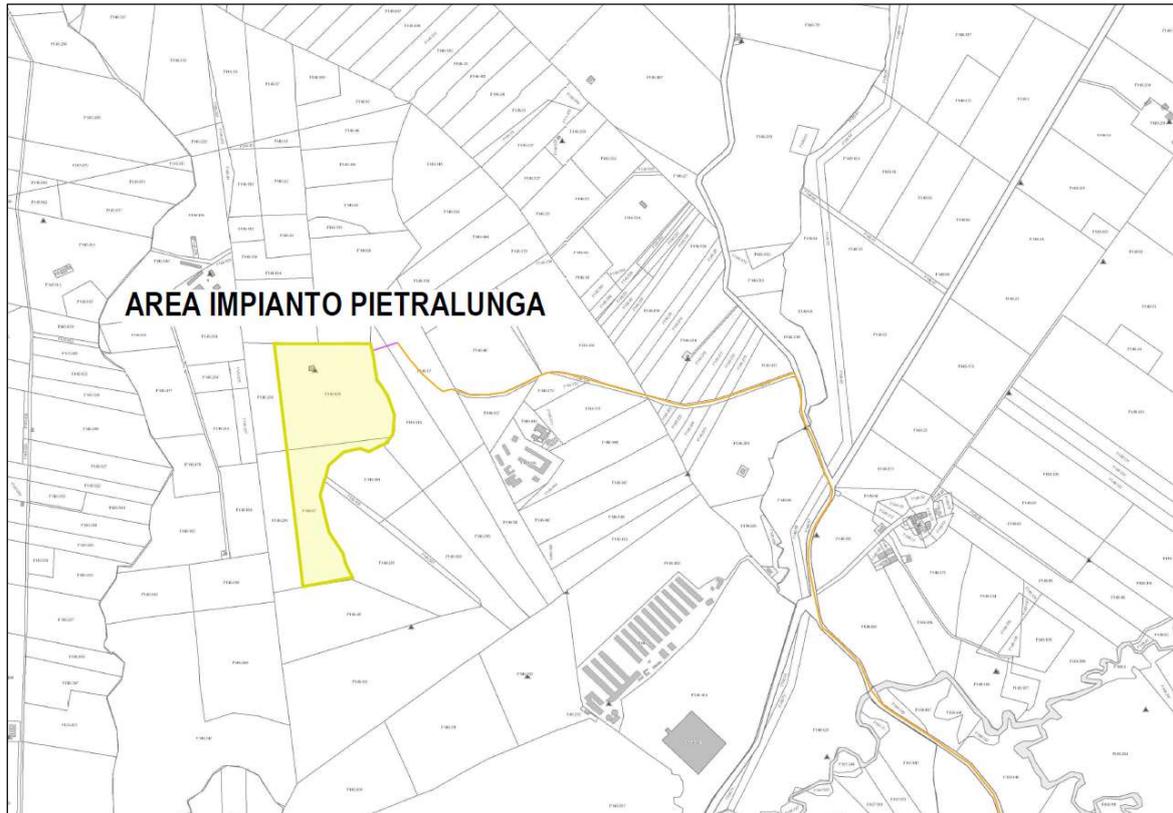


Figura 8. Inquadramento opere in progetto (area Pietralunga) su Mappa Catastale (Scala 1:10000)

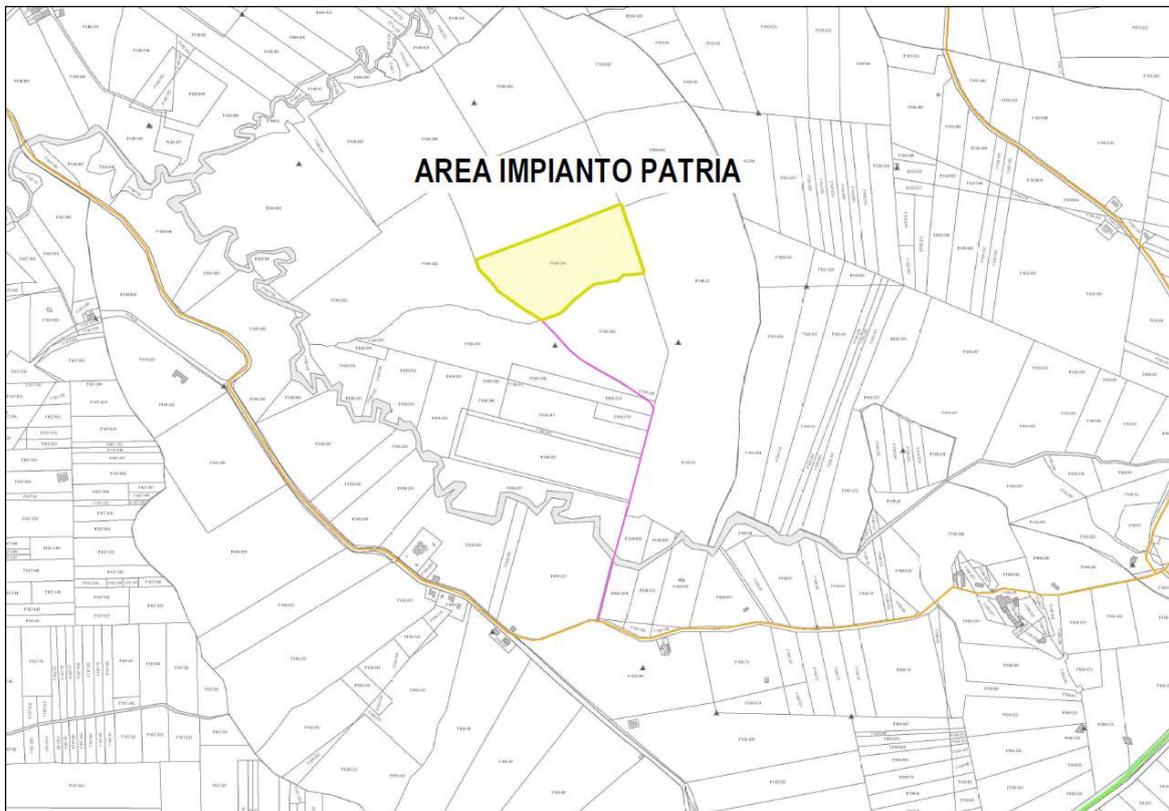


Figura 9. Inquadramento opere in progetto (area Patria) su Mappa Catastale (Scala 1:10000)



Figura 10. Inquadramento opere in progetto (area stazioni a) su Mappa Catastale (Scala 1:10000)

## 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO E TETTONICO

### 4.1. Inquadramento geologico regionale

I territori comunali interessati dal progetto agrivoltaico fanno parte del versante occidentale della Sicilia. 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.

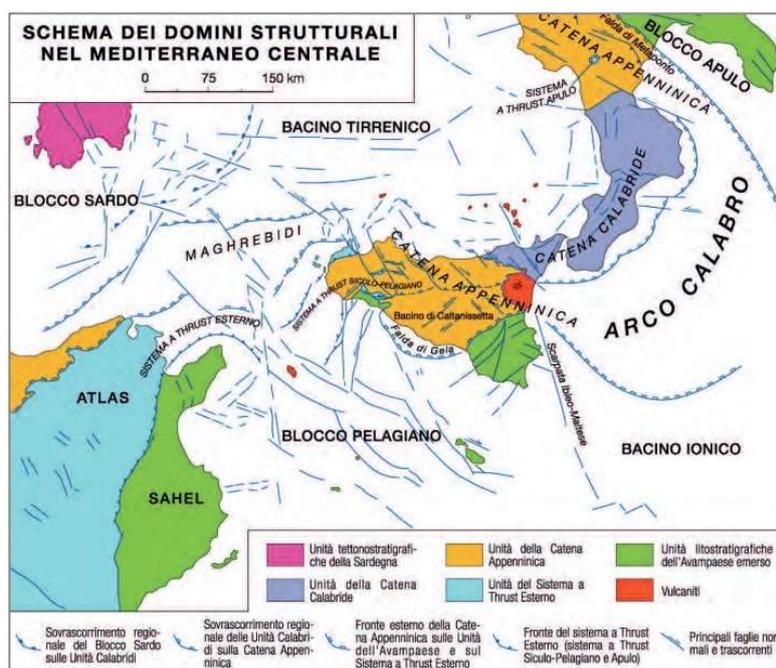


Figura 11. Domini strutturali del Mediterraneo Centrale (da Lentini et al., 1994 modificato)

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 607 Corleone, Carta Geologica d'Italia scala 1:50000), in cui si nota la presenza in zona sostanzialmente della successione di piattaforma

carbonatica pelagico-trapanese data dalle Marne di San Cipirello e dal Membro Portella Colla del Flysch Numidico della successione dell'omonimo bacino.

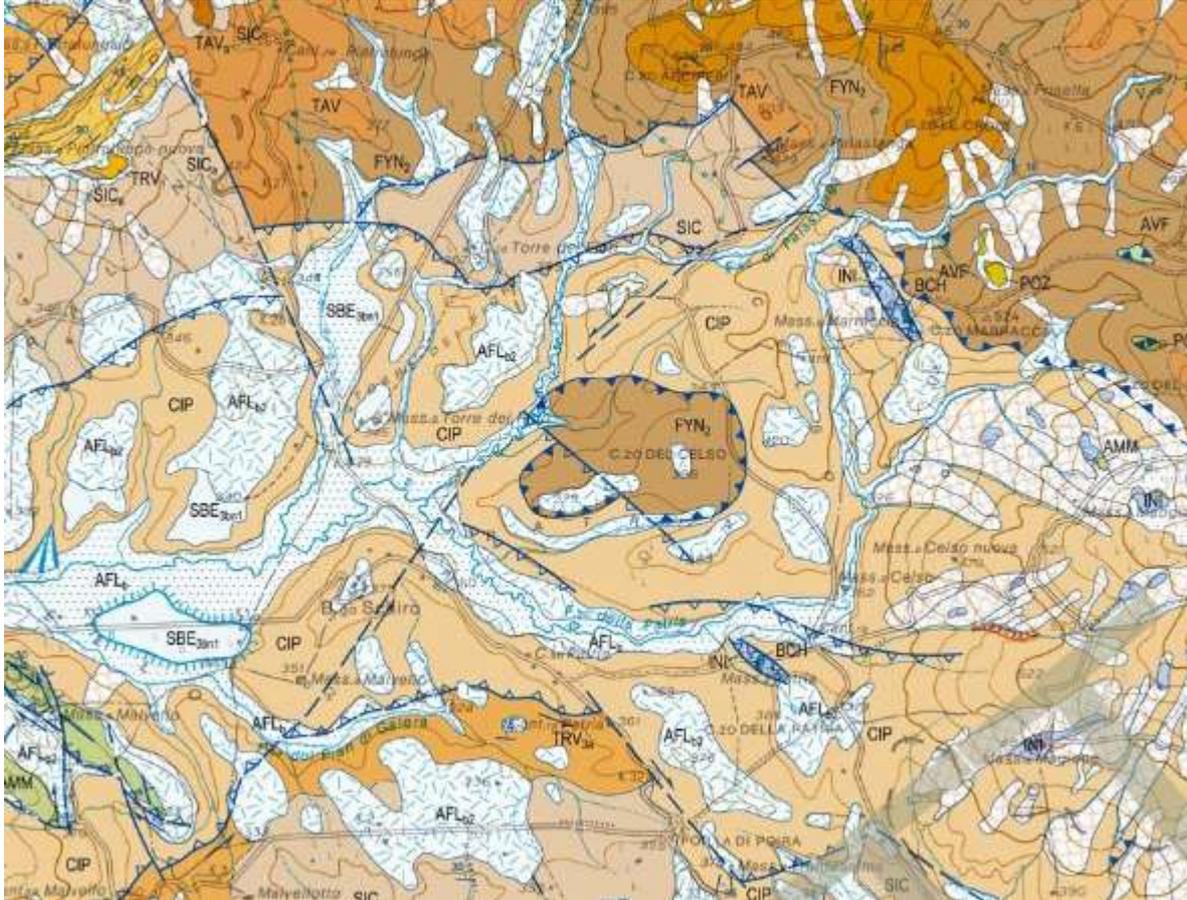
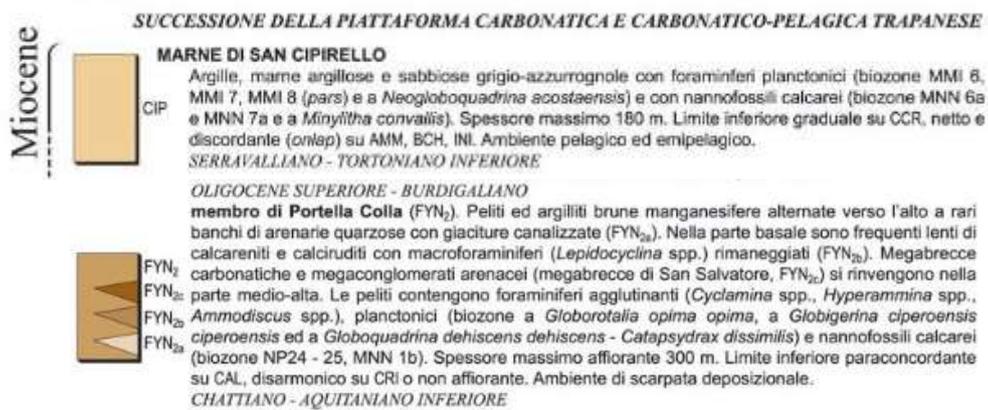


Figura 12. Schema di inquadramento regionale (foglio 607 Corleone, Carta Geologica d'Italia scala 1:50.000)



## 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.

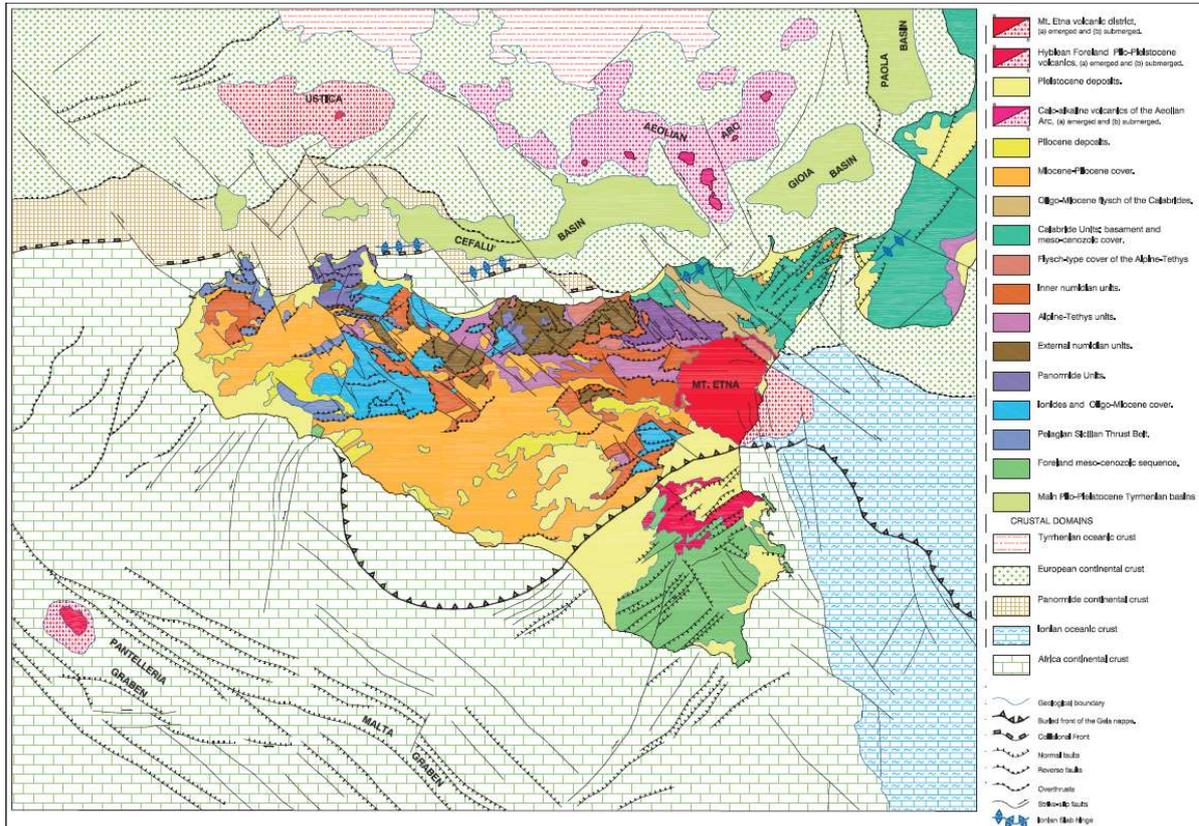


Figura 13. Schema strutturale Sicilia (Lentini et al., 2004)

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 Sud e Sud Est 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)".

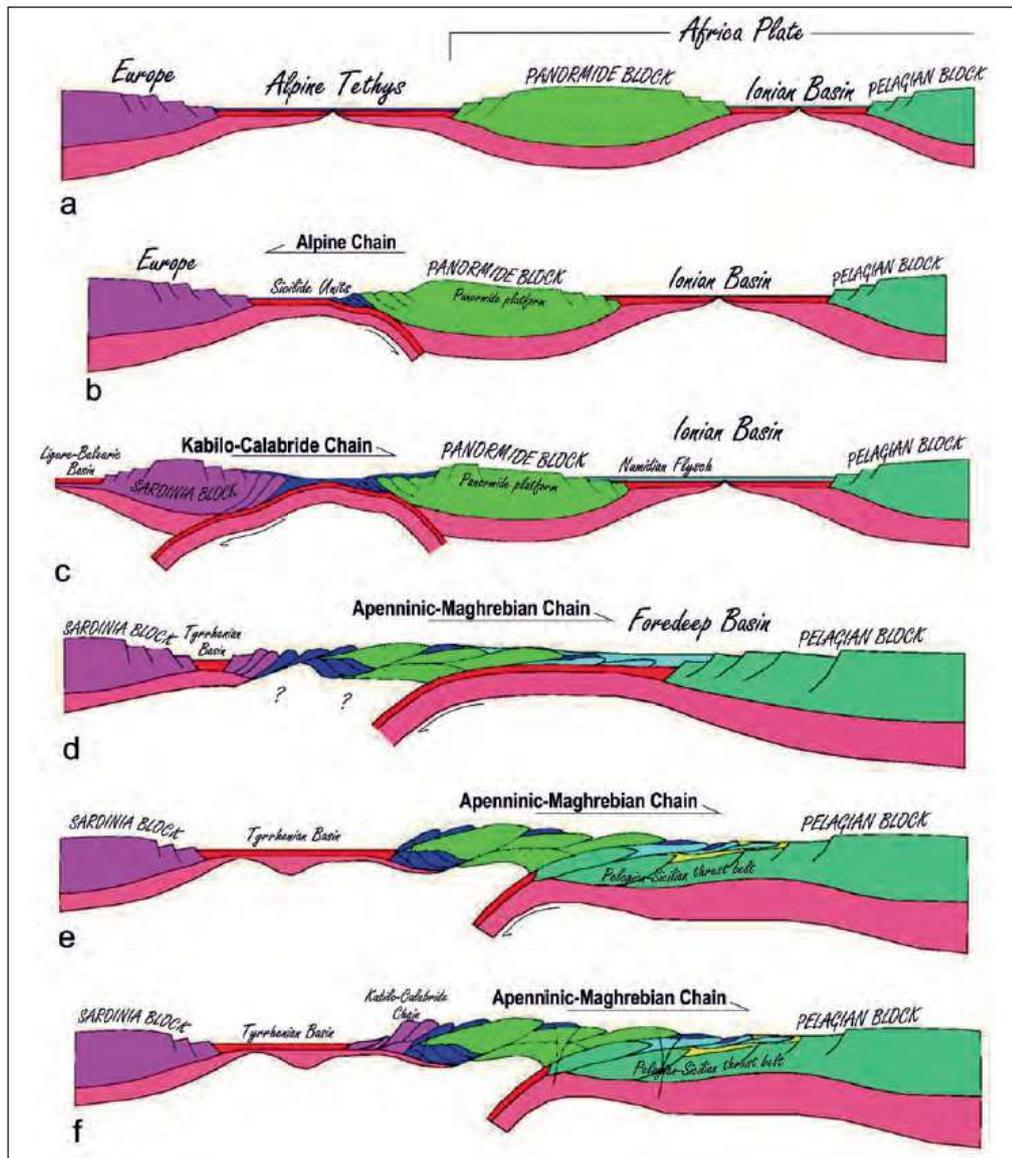


Figura 14. Ricostruzioni paleogeografiche, transetto N-S Sardegna-Canale di Sicilia (Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia – Geologia della Sicilia)

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 Cretacico-Eocene;
- A partire dall'Oligocene si attiva una subduzione verso nord che coinvolge ciò che rimane della crosta Alpino-Tetidea;

- d. La prima evidenza dell'inizio dell'apertura tirrenica si trova nei sedimenti del Miocene medio-superiore;
- e. Oceanizzazione del bacino del Vavilov a partire dal Pliocene;
- f. 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, 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 Palermo, 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.

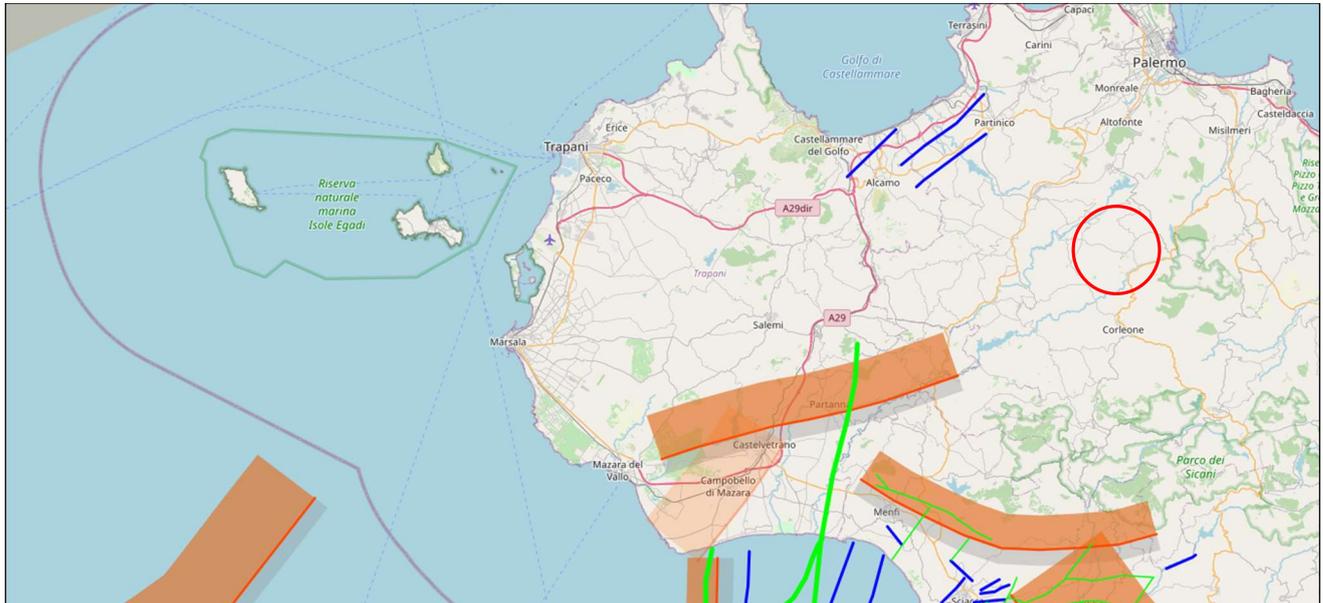


Figura 15. Faglie capaci (Progetto ITHACA)

## LEGENDA:

Interoperabilità ITHACA - DISS	
<a href="#">disclaimer</a> - <a href="#">metodo</a> - <a href="#">bibliografia</a>	
<b>Guasti attivi e capaci ( ITHACA )</b>	
ACF connesso	<input checked="" type="checkbox"/> ACF non connesso
<input checked="" type="checkbox"/> primario	
<input checked="" type="checkbox"/> secondario	
<input checked="" type="checkbox"/> sconosciuto	
<b>Fonti Sismogene ( DISS )</b>	
<input checked="" type="checkbox"/> CSS connesso	
<input checked="" type="checkbox"/> CSS non connesso	



Area d'intervento

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-ovest 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.

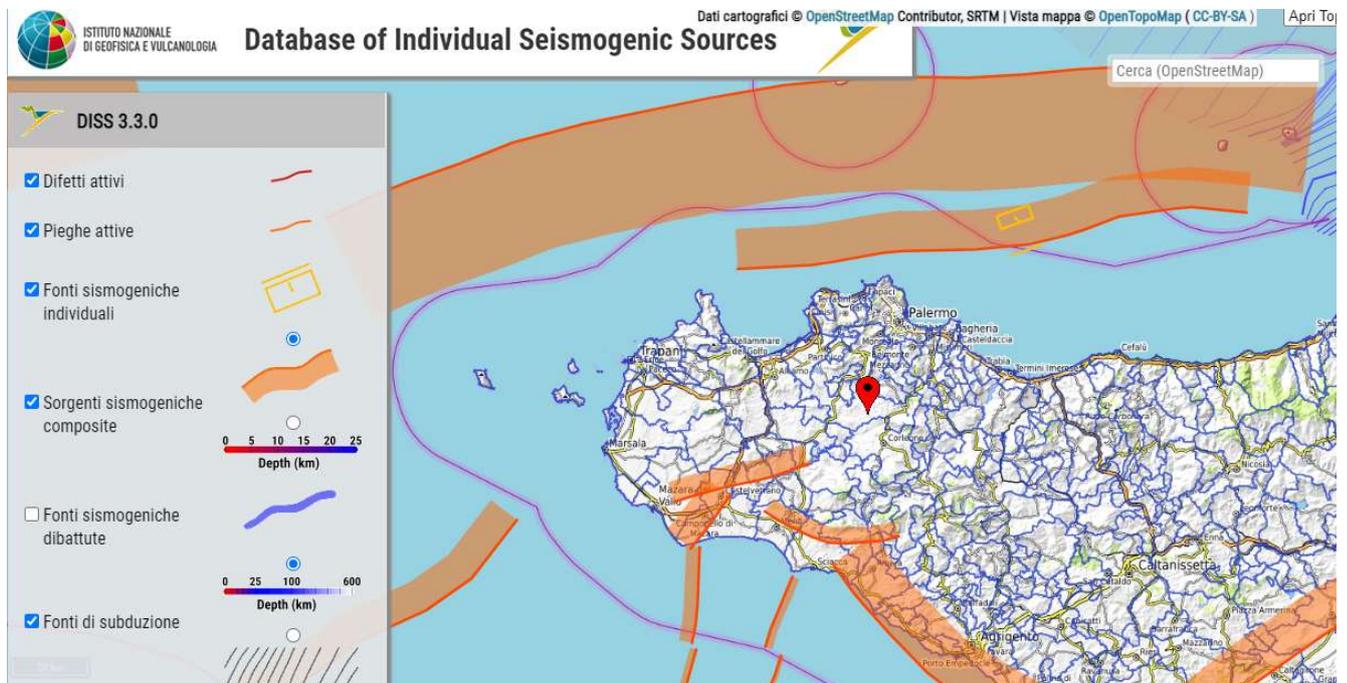


Figura 16. Sorgenti Sismogenetiche (DISS Working Group)

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

### 5.1. Sismicità storica della Sicilia centro occidentale

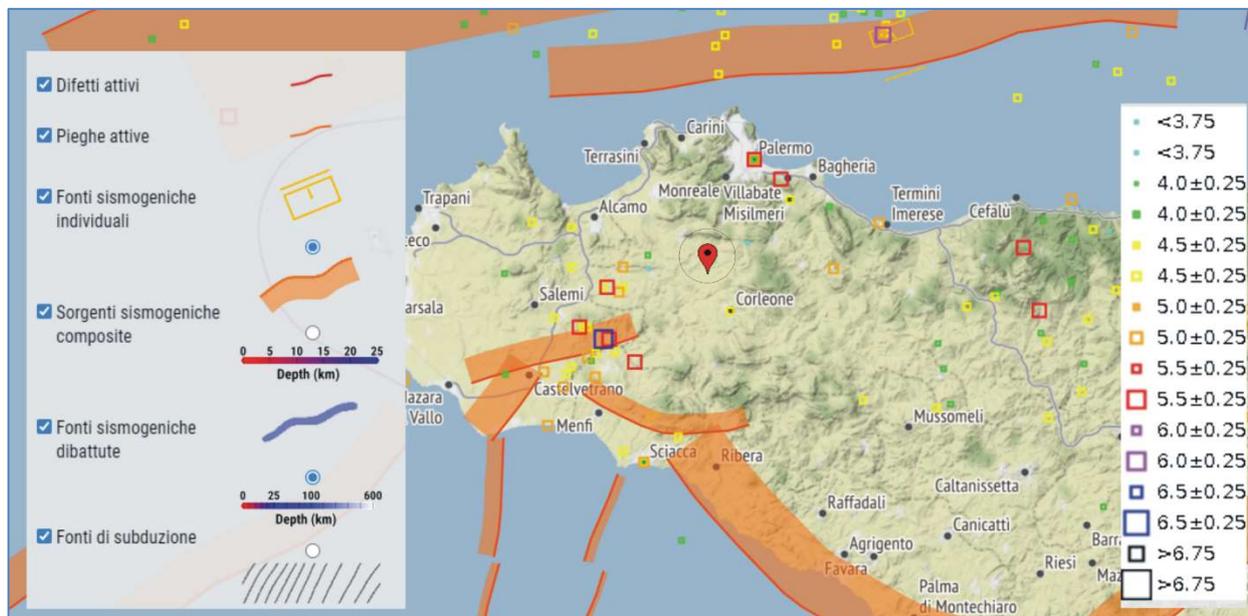


Figura 17. Terremoti dal 1000 al 2014 (dati strumentali e storici) Rovida A. Locati M. Carmassi R. Lolli B. Gasparini P. Antonucci A. (2021). Catalogo Parametrico dei terremoti italiano (CPTI15). Versione 3.0. Istituto Nazionale di geofisica e Vulcanologia (INGV)

Vengono di seguito descritti i principali terremoti storici che hanno avuto effetti macrosismici significativi nella Sicilia centro 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.

#### 5.1.1. Terremoti storici

- Valle del Belice (TP)

**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 km<sup>2</sup>) 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 km<sup>2</sup> 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.

Altrettanto accadde nella provincia di Palermo.

- *Corleone (PA)* - Intensità MCS: **VII**

La scossa delle ore 1.33.02 fu violentissima. La scossa delle ore 2.01.09 distrusse lo 0,12% delle unità immobiliari, danneggiò gravemente il 2,42% e lesionò lievemente il 28,71%, su un totale di 4179 edifici. Lesioni estese a tutto l'edificio si aprirono nella chiesa Madre; furono gravemente danneggiati anche la chiesa della Madonna delle Grazie e il vicino convento dove crollò il tetto di un locale; lesioni notevoli si aprirono nelle chiese del Collegio e di San Leoluca, che divennero pericolanti. I dati pubblicati dalla stampa prima della replica del 25 gennaio segnalavano il crollo completo di 7 case, 30 edifici pericolanti e 1000 lesionati.

- *Roccamena (PA)* - Intensità MCS: **VII**

La scossa principale e le successive repliche distrussero, secondo le stime ufficiali, lo 0,25% delle unità immobiliari danneggiandone gravemente il 17,02% e lesionando lievemente il 31,53% delle unità su di un totale che, prima del periodo

sismico, assommava a 793. Dopo la replica del 25 gennaio la Prefettura di Palermo rese noto che erano crollate due case. Il 29 gennaio il sindaco dichiarò alla stampa che l'80% dell'abitato aveva subito danni e lesioni.

- *Camporeale (PA)* - Intensità MCS: **VIII**

La scossa principale ebbe effetti rovinosi e distrusse l'1,09% delle unità immobiliari, danneggiandone gravemente il 23,69% e lesionandone lievemente il 33,35% su di un totale di 1562. Secondo alcune notizie comparse sulla stampa nazionale le case crollate completamente furono una dozzina, mentre dopo la replica del 25 gennaio i dati provvisori resi noti dalla Prefettura di Palermo recarono la cifra di 15 edifici crollati.

- *San Cipirello (PA)* - Intensità MCS: **VII**

Le scosse succedutesi nel corso del periodo sismico e soprattutto quella principale del 15 gennaio danneggiarono gravemente il 2,27% delle unità immobiliari e ne lesionarono lievemente il 18,94% su di un totale di 1320. Dopo la replica del 25 gennaio fu comunicato dalle autorità che il numero totale delle case lesionate era di 250 e furono emesse dal Sindaco 30 ordinanze di sgombero per altrettanti edifici.

- *San Giuseppe Jato (PA)* - Intensità MCS: **V**

Il terremoto non causò danni.

## 5.2. Storia sismica

Il "Catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 1997" dell'INGV permette di individuare più di 20 forti terremoti con epicentro in Sicilia centro occidentale che, ipotizzando normali leggi di attenuazione dell'Intensità macrosismica, dovrebbero avere avuto nell'area di studio effetti macrosismici di notevole intensità ( $I > 7$  MCS) (Fig. 14)

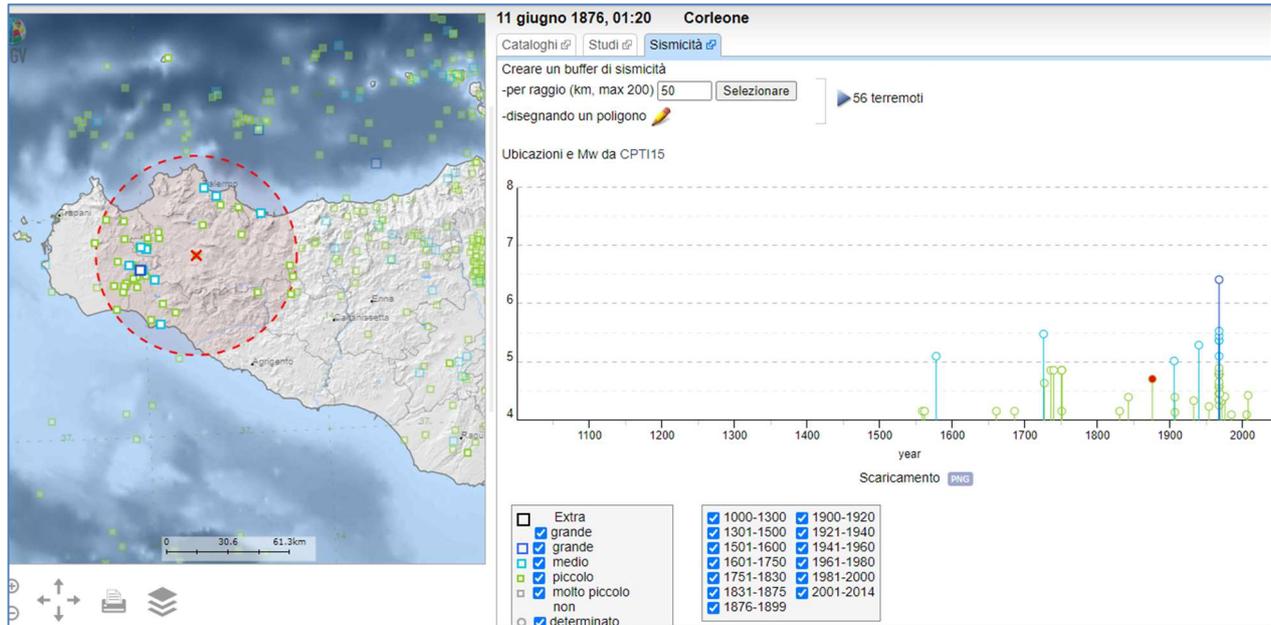


Figura 18. Catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 1997 dell'INGV

Il "Catalogo dei forti terremoti dal 461 a.C. al 1997" dell'INGV permette di individuare più di venti forti terremoti con epicentro in Sicilia che, ipotizzando normali leggi di attenuazione dell'Intensità macrosismica, dovrebbero avere avuto nell'area di studio effetti macrosismici di notevole intensità ( $I > 6$  MCS) (Fig.12 ) Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Sgattoni G., Valensise G. (2018) – CFTI5Med, Catalogo dei Forti Terremoti in Italia (461 a.C.-1997) e nell'area Mediterranea (760 a.C.-1500). Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). Doi: <https://doi.org/10.6092/ingv.it-cfti5>

Guidoboni E., Ferrari G., Tarabusi G., Sgattoni G., Comastri A., Mariotti D., Ciuccarelli C., Bianchi M.G., Valensise G. (2019), CFTI5Med, 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 Figura 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 4.71; terremoto del 11/06/1876 ore 00:01:20 Corleone (Sicilia Centro occidentale).

### 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  $I_s = VI^\circ$  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 ( $V_s \cdot eq > 800 \text{ m/sec} - \text{Cat A}$ ).

---

<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>

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

La mappa riportata in *Figura 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.

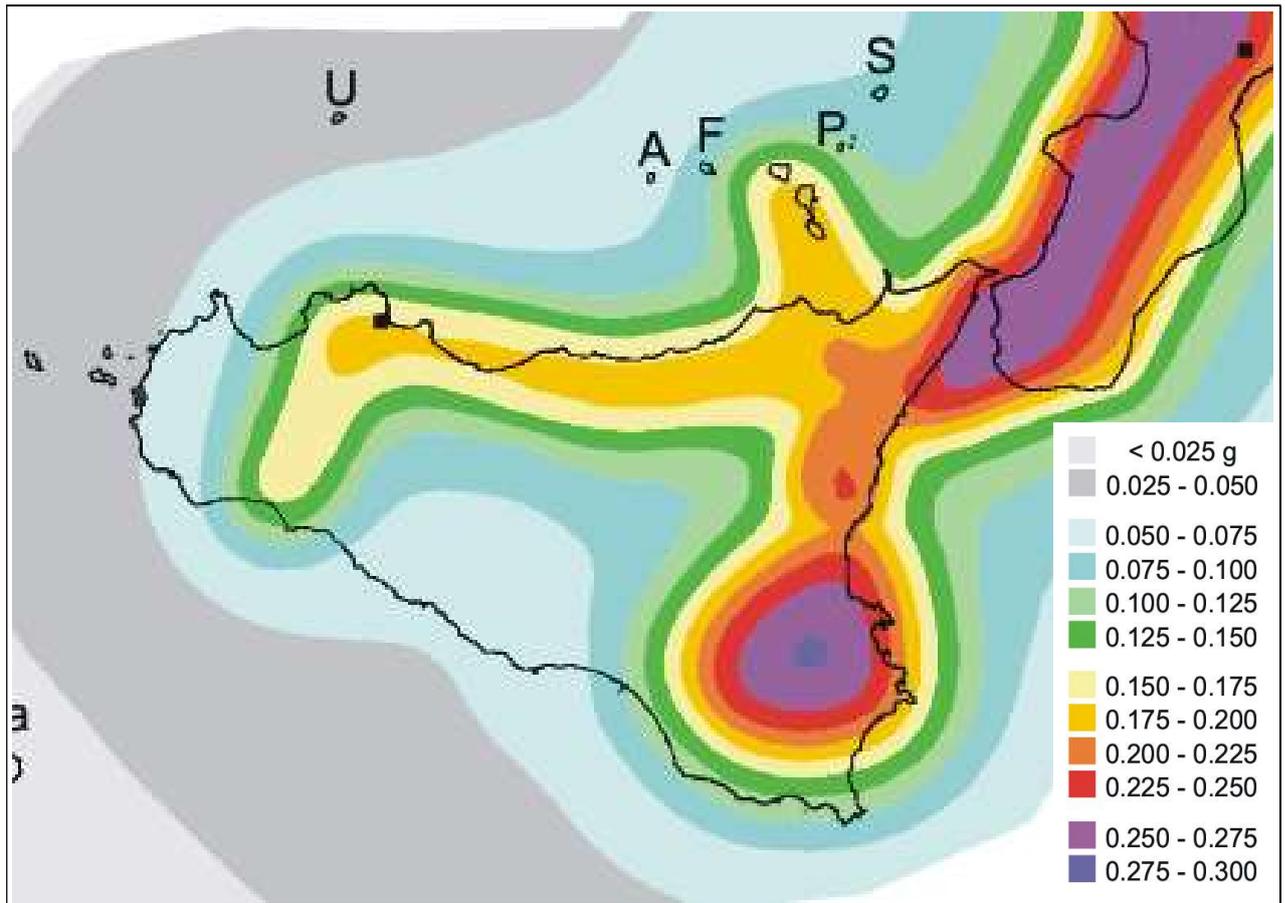


Figura 19. Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ( $V_S > 800$  m/s), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All. 1b; estratta da: <http://zonesismi>

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 ( $a_g$ )** su suolo rigido o pianeggiante, che ha una probabilità del 10% di essere superata in 50 anni.

Tabella 3. Zone Sismiche

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.	$0,25 < a_g \leq 0,35 \text{ g}$	0,35 g	740
2	Zona dove possono verificarsi forti terremoti.	$0,15 < a_g \leq 0,25 \text{ g}$	0,25 g	2.367
3	Zona che può essere soggetta a forti terremoti ma rari.	$0,05 < a_g \leq 0,15 \text{ g}$	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.	$a_g \leq 0,05 \text{ g}$	0,05 g	1.791

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 Morreale e Corleone, il sito in esame ricade in Zona Sismica 2 (*Figura 16*).



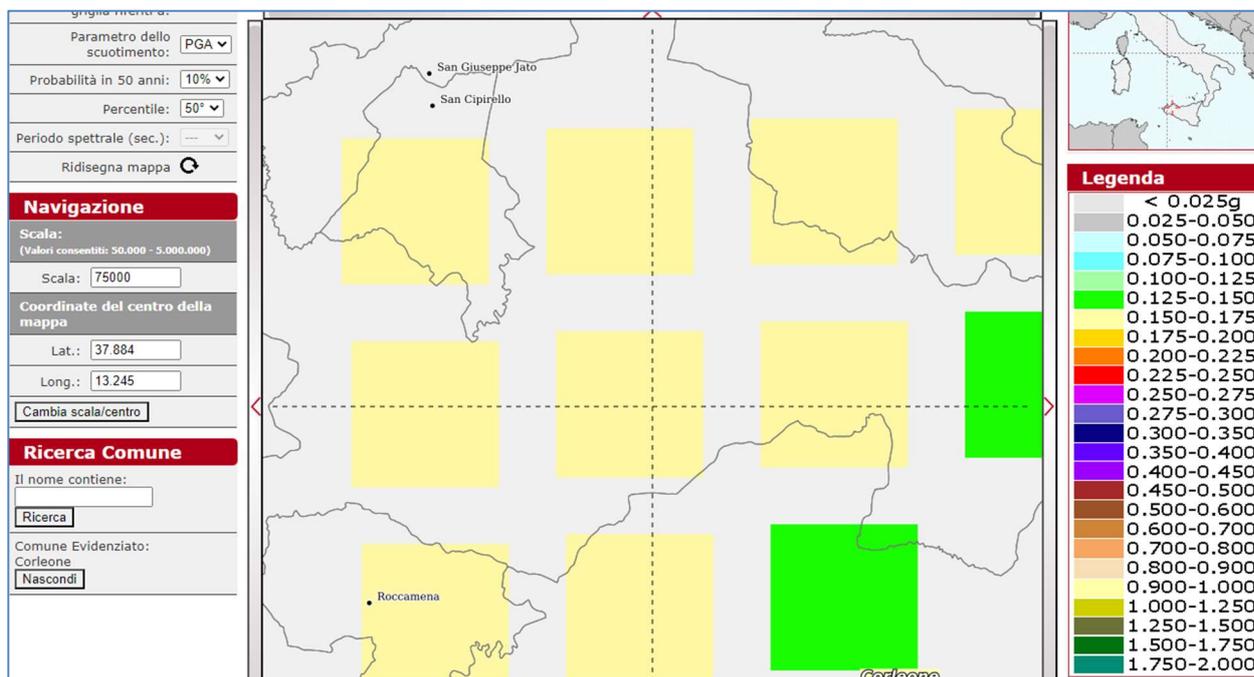


Figura 21. Es. griglia di pericolosità sismica per il sito (Lat. 38.014-Long. 12.674) con probabilità in 50 anni al 5% e 50° percentile

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.

Tabella 3. Valori pericolosità sismica

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.884 lon. 13.175 - id 46282)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2702	0.3219	0.3901
0.0010	0.1952	0.2265	0.2582
0.0021	0.1471	0.1695	0.1925
0.0050	0.0989	0.1164	0.1304
0.0071	0.0813	0.0980	0.1083
0.0099	0.0671	0.0831	0.0902
0.0139	0.0538	0.0694	0.0743
0.0199	0.0408	0.0563	0.0592
0.0332	0.0266	0.0403	0.0422

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.885 lon. 13.301 - id 46284)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2342	0.2776	0.3275
0.0010	0.1685	0.1993	0.2218
0.0021	0.1263	0.1518	0.1648
0.0050	0.0849	0.1062	0.1142
0.0071	0.0704	0.0902	0.0964
0.0099	0.0584	0.0770	0.0820
0.0139	0.0480	0.0650	0.0692
0.0199	0.0377	0.0540	0.0567
0.0332	0.0259	0.0399	0.0419

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.835 lon. 13.302 - id 46506)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2095	0.2533	0.2971
0.0010	0.1489	0.1813	0.2011
0.0021	0.1106	0.1377	0.1518
0.0050	0.0740	0.0963	0.1053
0.0071	0.0610	0.0818	0.0892
0.0099	0.0515	0.0706	0.0761
0.0139	0.0419	0.0595	0.0641
0.0199	0.0338	0.0502	0.0533
0.0332	0.0230	0.0376	0.0394

Valori di accelerazione per frequenze annuali di eccedenza (Coordinate del punto: lat. 37.834 lon. 13.175 - id 46504)			
Frequenza annuale di eccedenza	PGA (g)		
	16° percentile	50° percentile	84° percentile
0.0004	0.2659	0.3168	0.3847
0.0010	0.1914	0.2221	0.2551
0.0021	0.1434	0.1657	0.1904
0.0050	0.0957	0.1133	0.1285
0.0071	0.0782	0.0950	0.1053
0.0099	0.0641	0.0800	0.0877
0.0139	0.0512	0.0668	0.0721
0.0199	0.0386	0.0543	0.0575
0.0332	0.0249	0.0389	0.0406

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°.

Tabella 4. 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 Monreale ed il territorio di Corleone 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
Aree impianti Celso, Tagliavia, Patria, Pietralunga, Torre dei Fiori e Croce e porzione di cavidotto	Palermo	Monreale	2	2
Area impianto Celso	Palermo	Corleone	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:

- Aree impianti Torre dei fiori, Patria, Celso e Tagliavia

**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

- Area impianto Croci

**Categoria di sottosuolo di tipo C** - 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.

## 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 0,135 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  $qc_{1N} > 180$  dove  $(N1)_{60}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e  $qc_{1N}$  è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa.

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 (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 geologico - 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.

Tabella 5. Categorie di sottosuolo

<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.

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

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.

*Tabella 6. Categorie siti di costruzione*

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 $i > 30^\circ$

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 3.2.V di riferimento delle NTC 2018.

*Tabella 7. Categorie topografiche*

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°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

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 *PD.06\_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*: B
- *Categoria topografica*: T1

Per il Sito (*Figura 18*) di coordinate medie (ED50) lat. 37.882131°, long. 13.252852° si ricavano i seguenti parametri sismici.

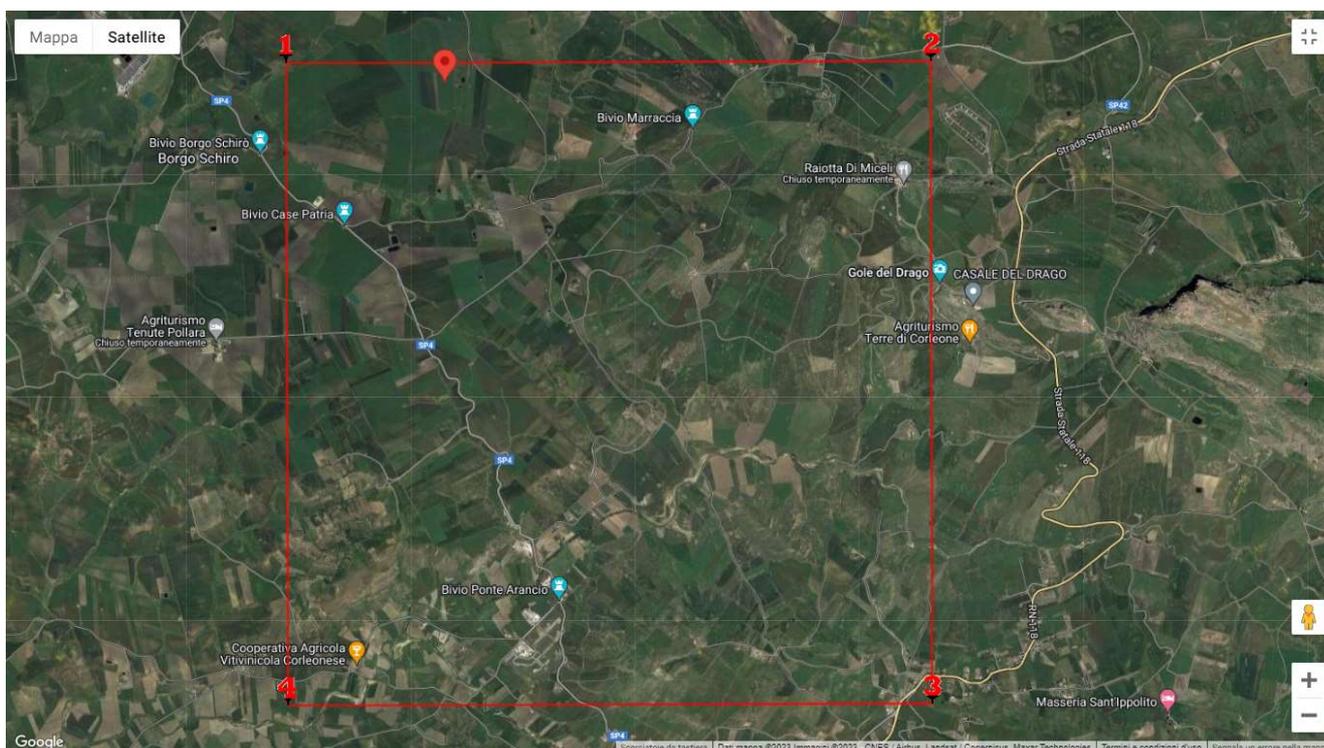


Figura 22. Rilevamento parametri sismici

<b>Sito 1</b>	ID: 46283 Lat: 37,8847	Lon: 13,2382	Distanza: 1373,361
<b>Sito 2</b>	ID: 46284 Lat: 37,8848	Lon: 13,3014	Distanza: 4184,653
<b>Sito 3</b>	ID: 46506 Lat: 37,8348	Lon: 13,3015	Distanza: 6826,255
<b>Sito 4</b>	ID: 46505 Lat: 37,8346	Lon: 13,2384	Distanza: 5564,602

- Operatività (SLO):

Probabilità di superamento:	81	%
Tr:	60	[anni]
ag:	0,060	g
Fo:	2,351	
Tc*:	0,257	[s]

- Danno (SLD):

Probabilità di superamento:	63	%
Tr:	101	[anni]
ag:	0,078	g
Fo:	2,352	
Tc*:	0,271	[s]

- Salvaguardia della vita (SLV):

Probabilità di superamento:	10	%
Tr:	949	[anni]
ag:	0,206	g
Fo:	2,474	
Tc*:	0,315	[s]

- Prevenzione dal collasso (SLC):

Probabilità di superamento:	5	%
Tr:	1950	[anni]
ag:	0,268	g
Fo:	2,519	
Tc*:	0,329	[s]

Utilizzando i suddetti parametri si ottengono, ai fini dei calcoli per le fondazioni, i coefficienti sismici riportati di seguito.

- SLO:

Ss: 1,200

Cc: 1,440

St: 1,000

Kh: 0,014

Kv: 0,007

Amax: 0,702

Beta: 0,200

- SLD:

Ss: 1,200

Cc: 1,430

St: 1,000

Kh: 0,019

Kv: 0,009

Amax: 0,919

Beta: 0,200

- SLV:

Ss: 1,200

Cc: 1,390

St: 1,000

Kh: 0,069

Kv: 0,035

Amax: 2,421

Beta: 0,280

- SLC:

Ss: 1,130

Cc: 1,370

St: 1,000

Kh: 0,085

Kv: 0,042

Amax: 2,973

Beta: 0,280

Le coordinate espresse in questo file sono in ED50

#### Coordinate WGS84

latitudine: 37.882131

longitudine: 13.252852

- 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 dell'area impianto Torre dei Fiori (PAL 1), una in prossimità dell'area impianto Croci (PAL 2), una in prossimità dell'area impianto Patria (PAL 3) ed una in prossimità dell'area impianto Magione (PAL 4). (vedi Figura 19)

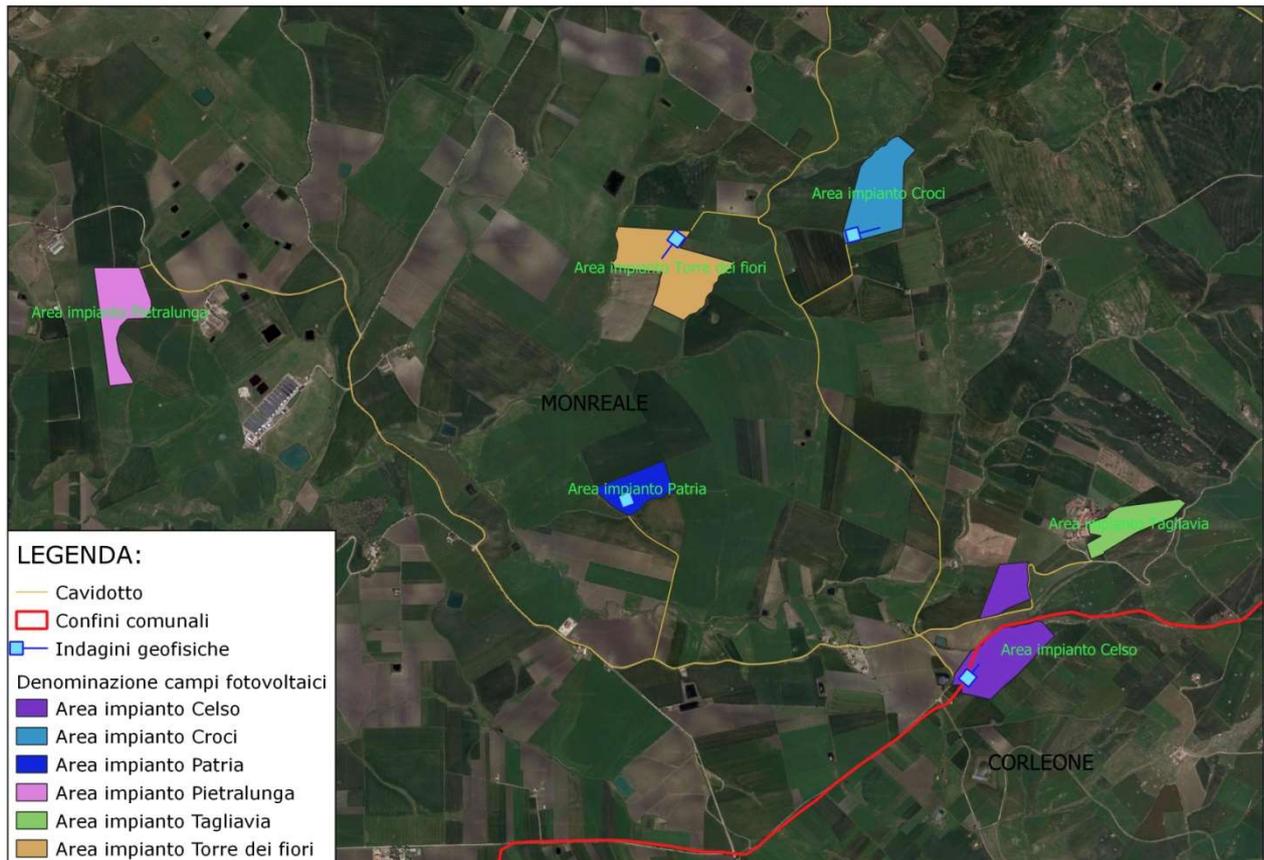


Figura 23. Ubicazione Indagini sismiche MASW

- 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):

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

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):

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

$\nu$  = 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 bisogna ricostruire la curva di dispersione sperimentale interpretando l'andamento delle massime ampiezze del mo-

do 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.

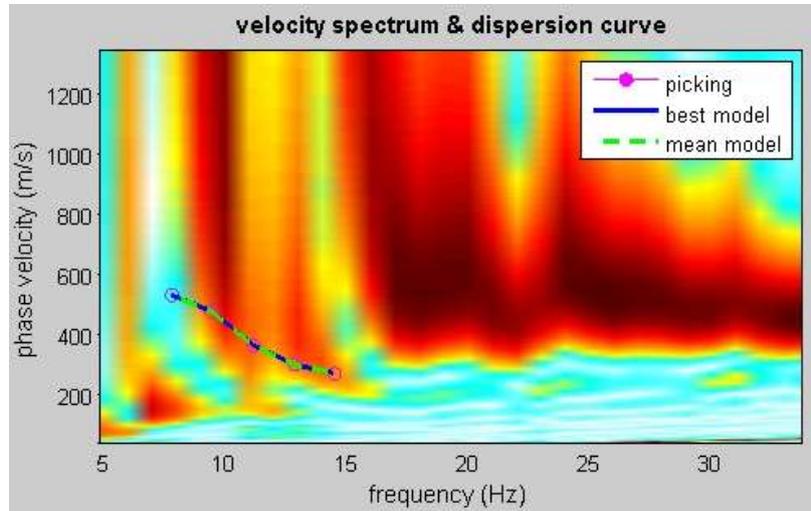


Figura 24. Diagramma curva di dispersione

- 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.

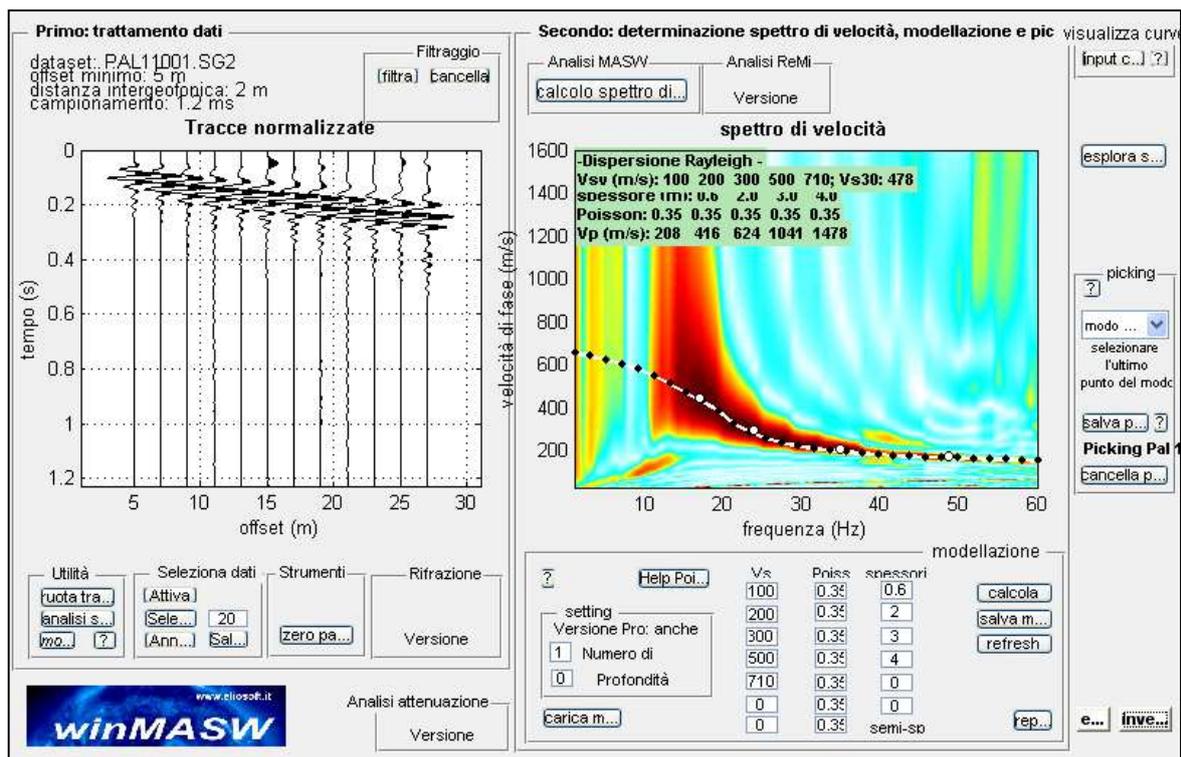
- Elaborazione dati

Per l'elaborazione della prova e stato utilizzato il software "WinMASW 4.1 Std" della Eliosoft. 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 (VS).

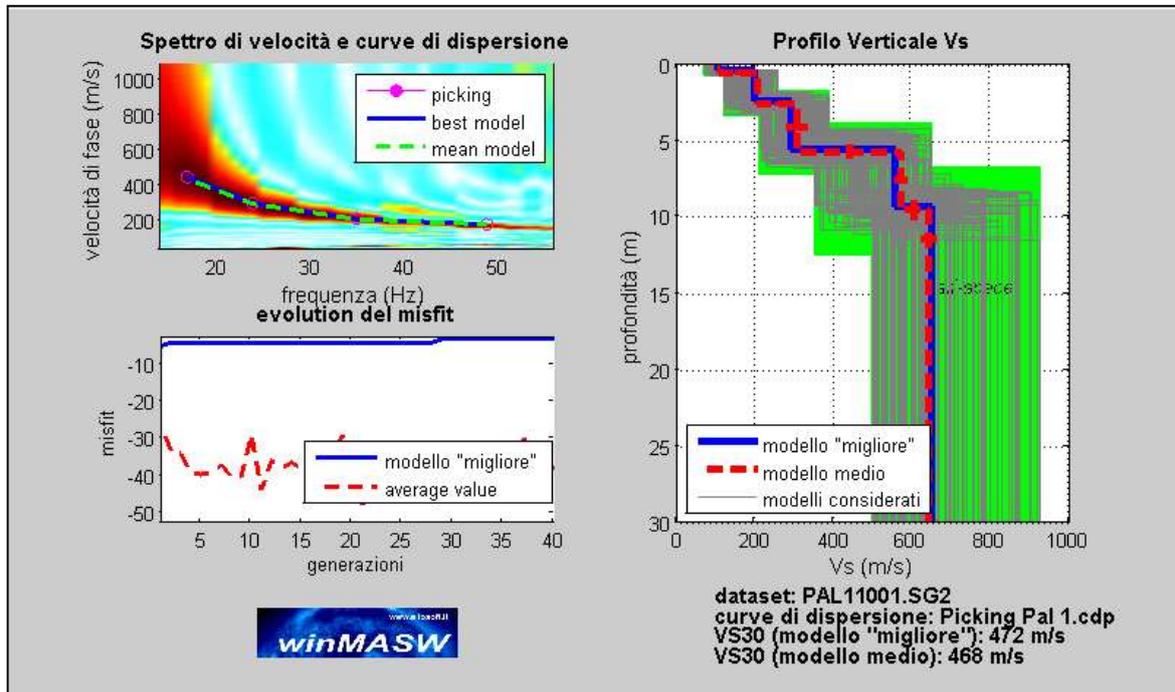
### 9.3. Indagine sismica Masw PAL 1 (Torre dei Fiori)

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

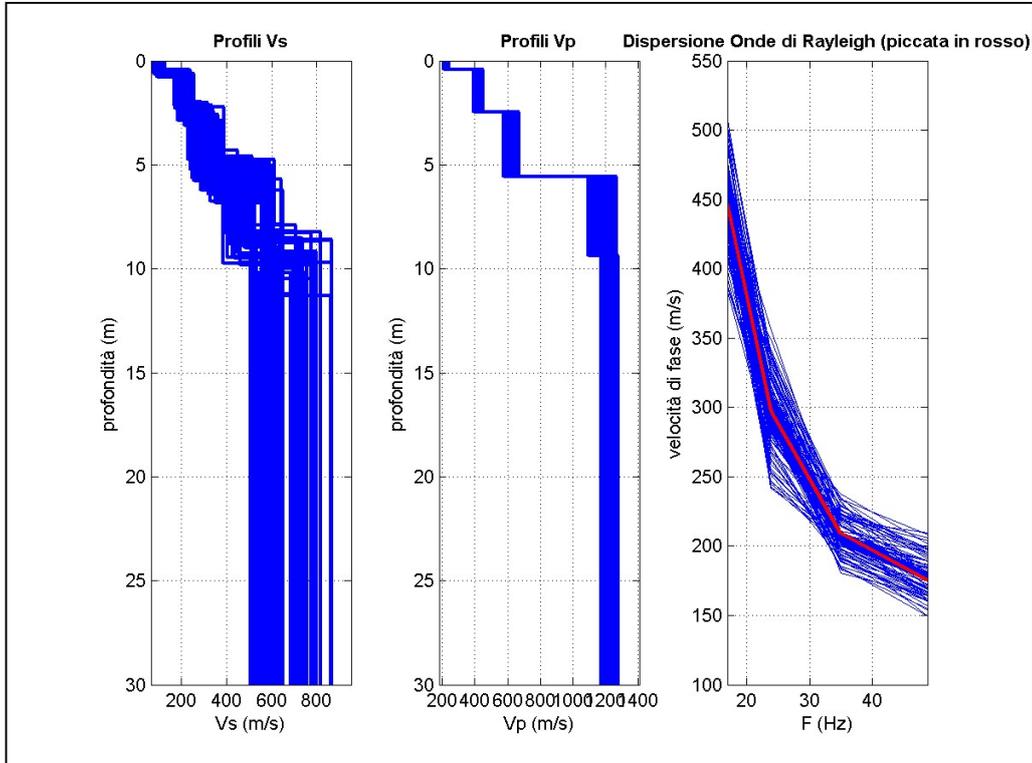
- 12 geofoni con interspazio (Gx) di 2 metri;
- n. 1 energizzazioni ad offset (Sx) -5 m;
- passo temporale di campionamento pari a 1,2 msec;
- tempo di acquisizione 1,2 sec



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

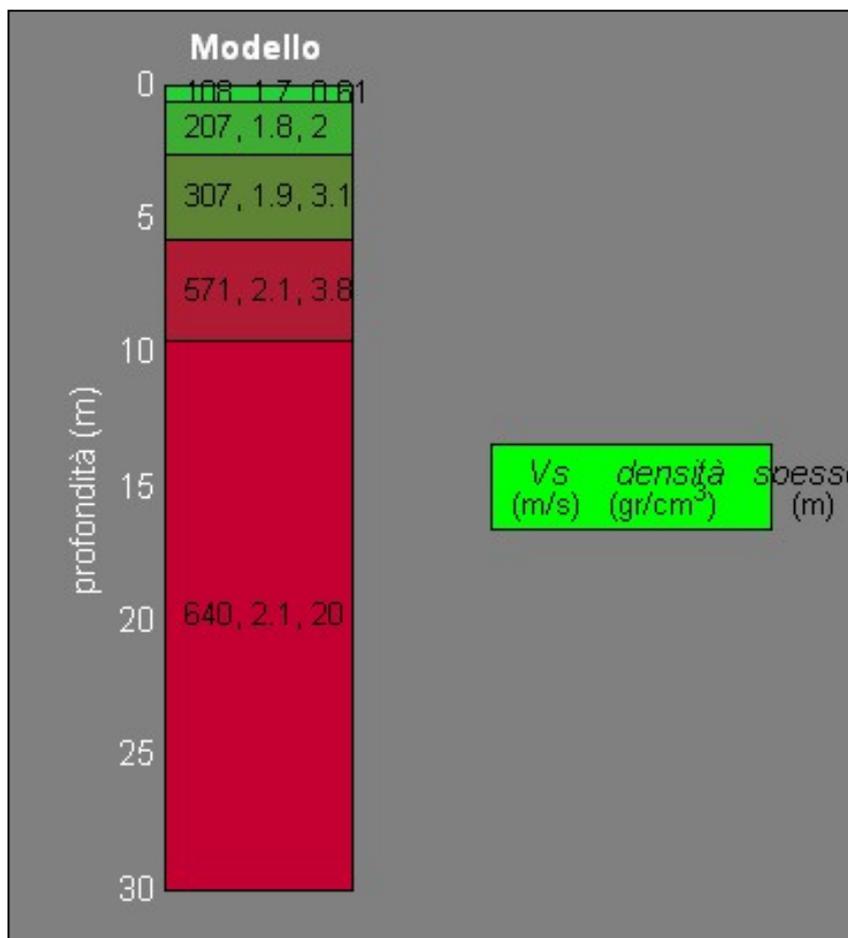


In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato.



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)	Modulo di taglio (Mpa)
1	0,6	0,6	108	20
2	2,6	2,0	207	79
3	5,7	3,1	307	183
4	9,5	3,8	571	682
5	30,0	semispazio	640	862

Considerato che entri i primi 30 metri di profondità non è stato rinvenuto alcuno strato con velocità delle Vs > 800 m/s allora il VS equivalente = VS30e pertanto

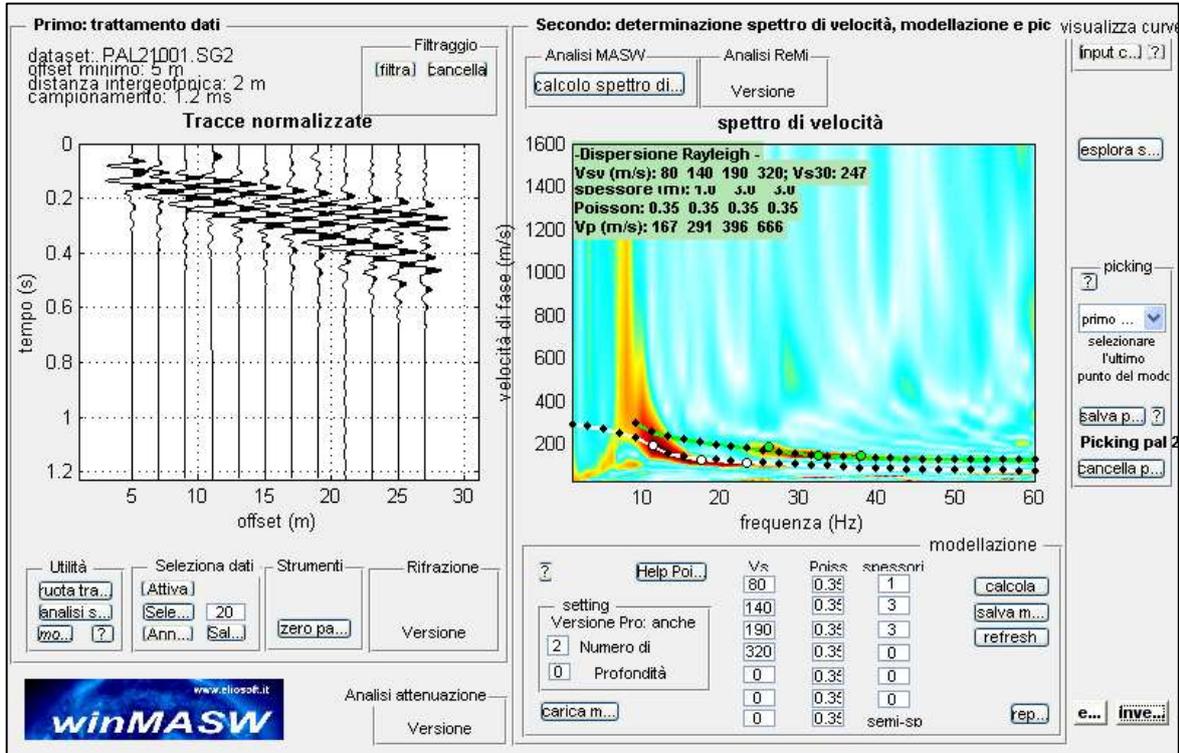
VS30 al piano di campagna = VS equivalente = 468 m/s

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

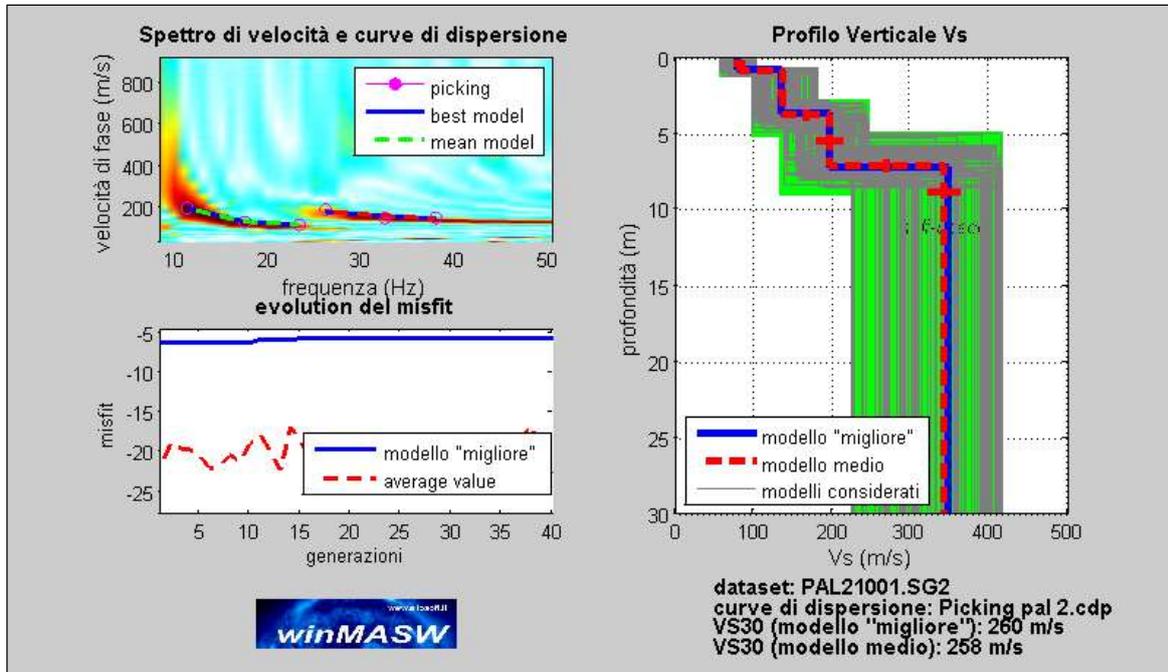
### Documentazione fotografica



## 9.4. Indagine sismica Masw PAL 2 (Croci)

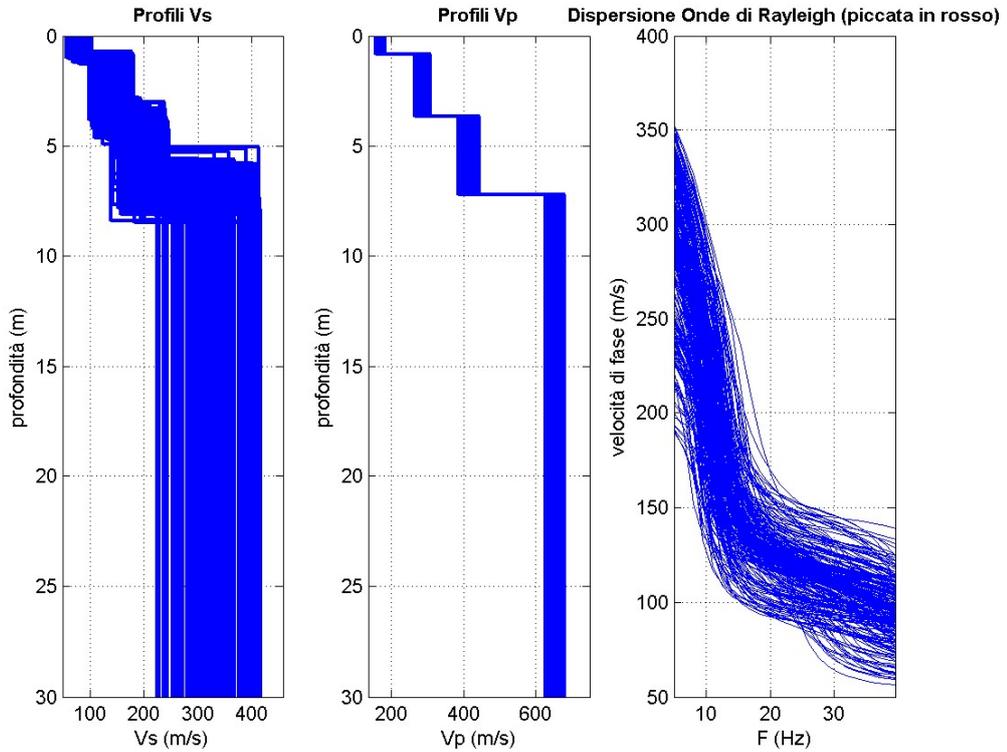


Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

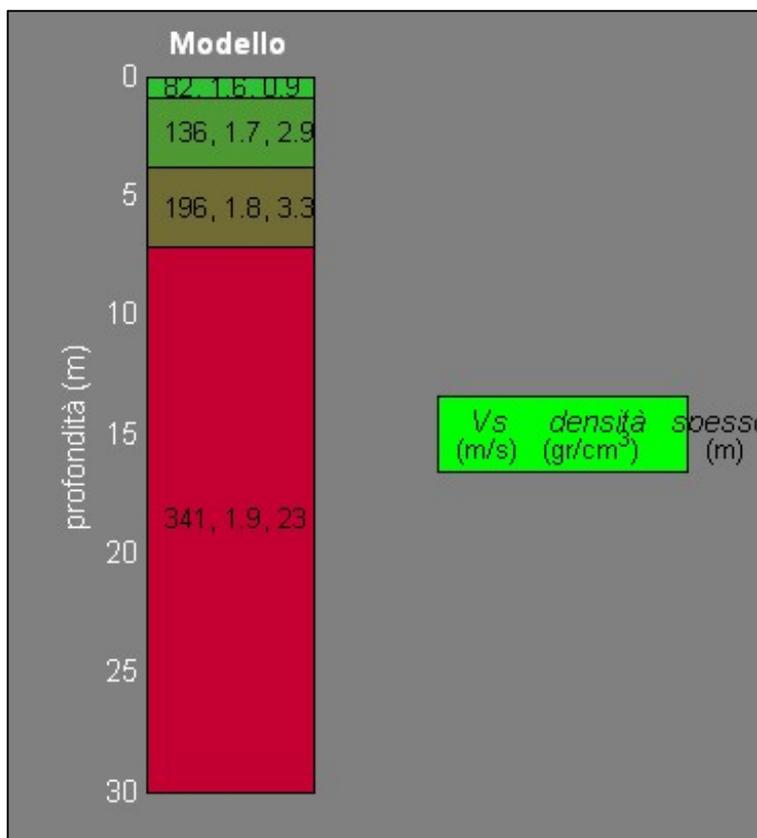


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella seguente).

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	0.9	0.9	82
2	3.8	2.9	136
3	7.1	3.3	196
4	30	semispazio	341

Considerato che entro i primi 30 metri di profondità non è stato rinvenuto alcuno strato con velocità delle Vs > 800 m/s allora il  $V_{S30}$  equivalente =  $V_{S30}$  e pertanto

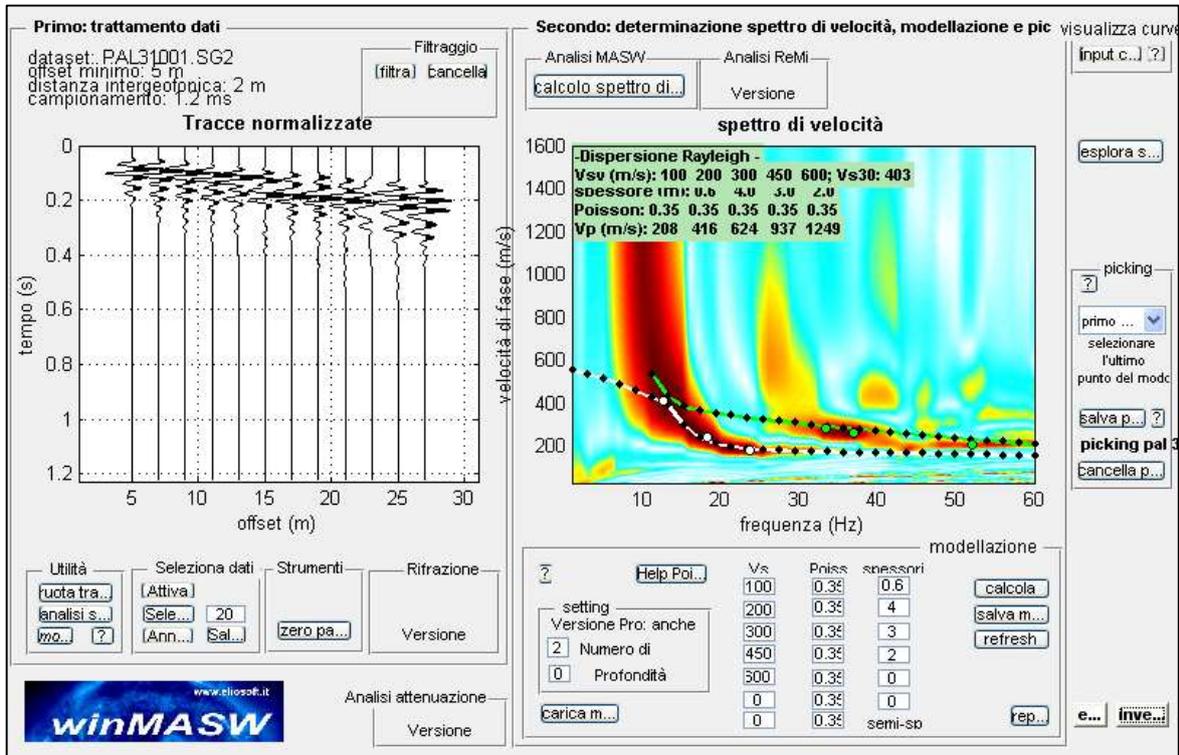
**$V_S$  Equivalente =  $V_{S30} = 258$  m/s**

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

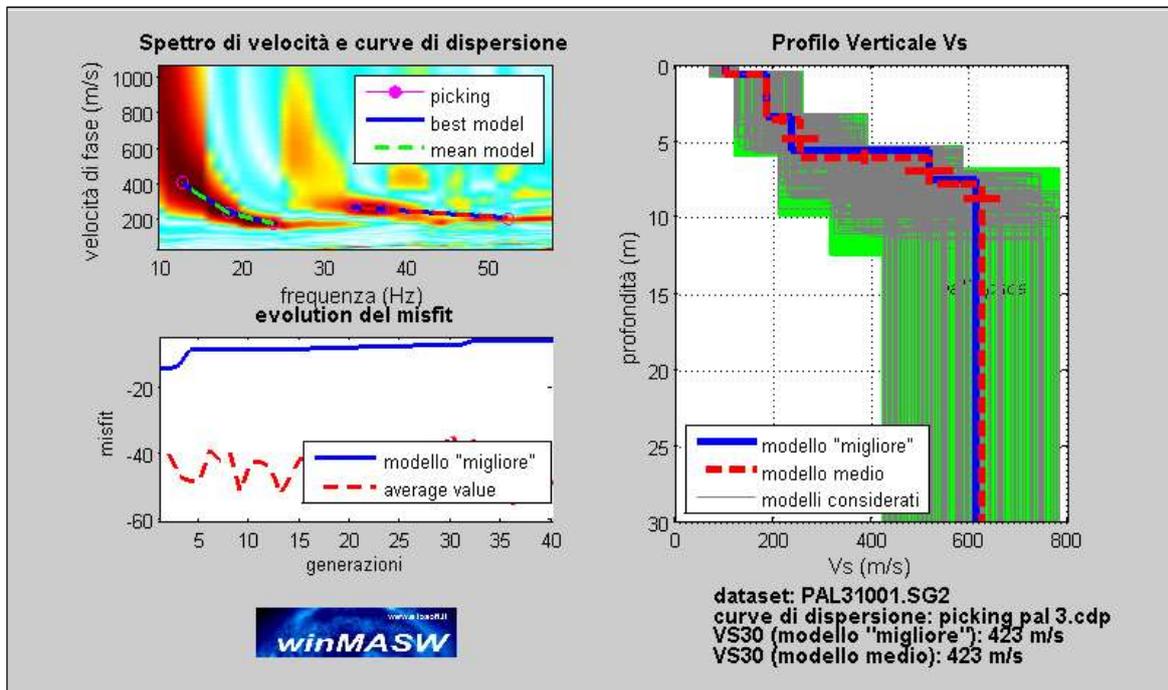
### Documentazione fotografica



## 9.5. Indagine sismica Masw PAL 3 (Patria)

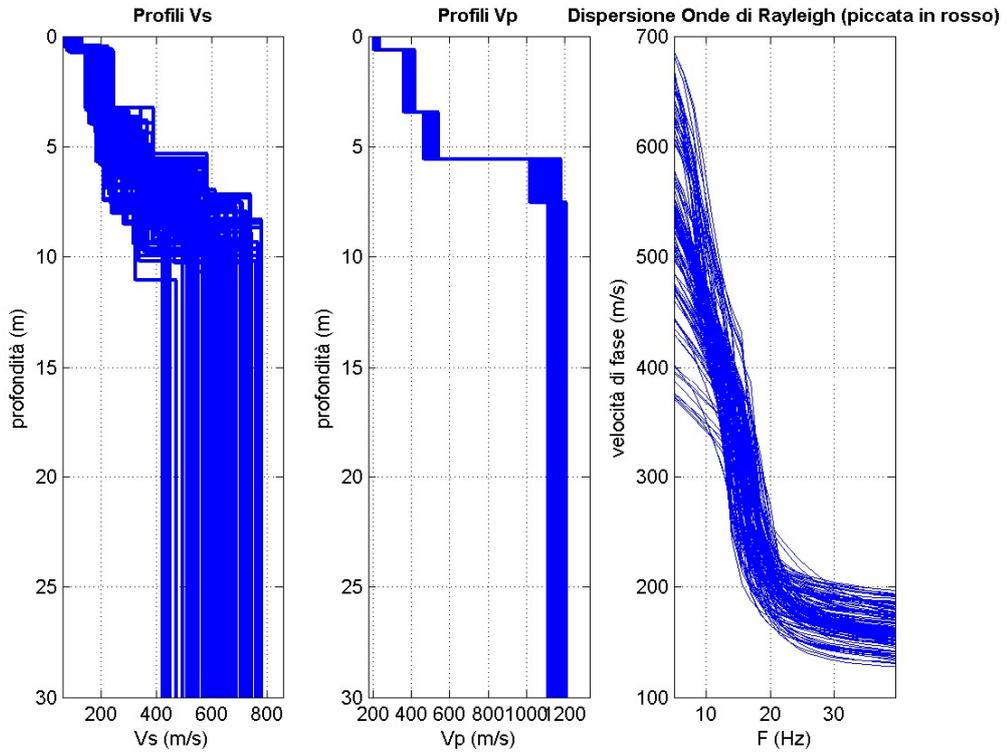


Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

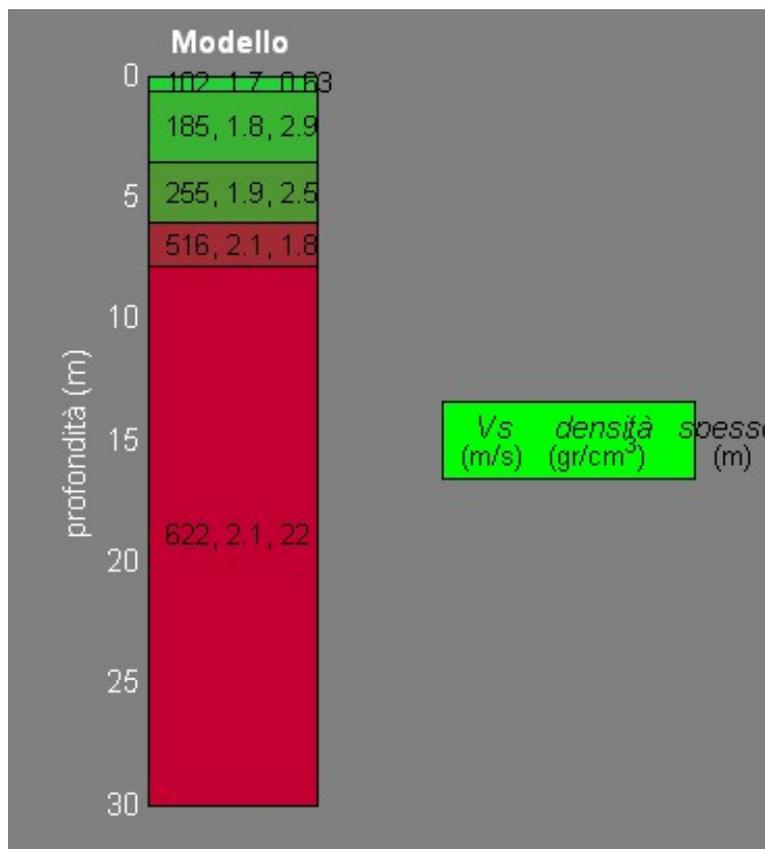


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella T3) (modello "migliore" 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	0,6	0,6	102	18
2	3,5	2,9	185	62
3	6,0	2,5	255	122
4	7,8	1,8	516	552
5	30,0	semispazio	622	809

Considerato che entro 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

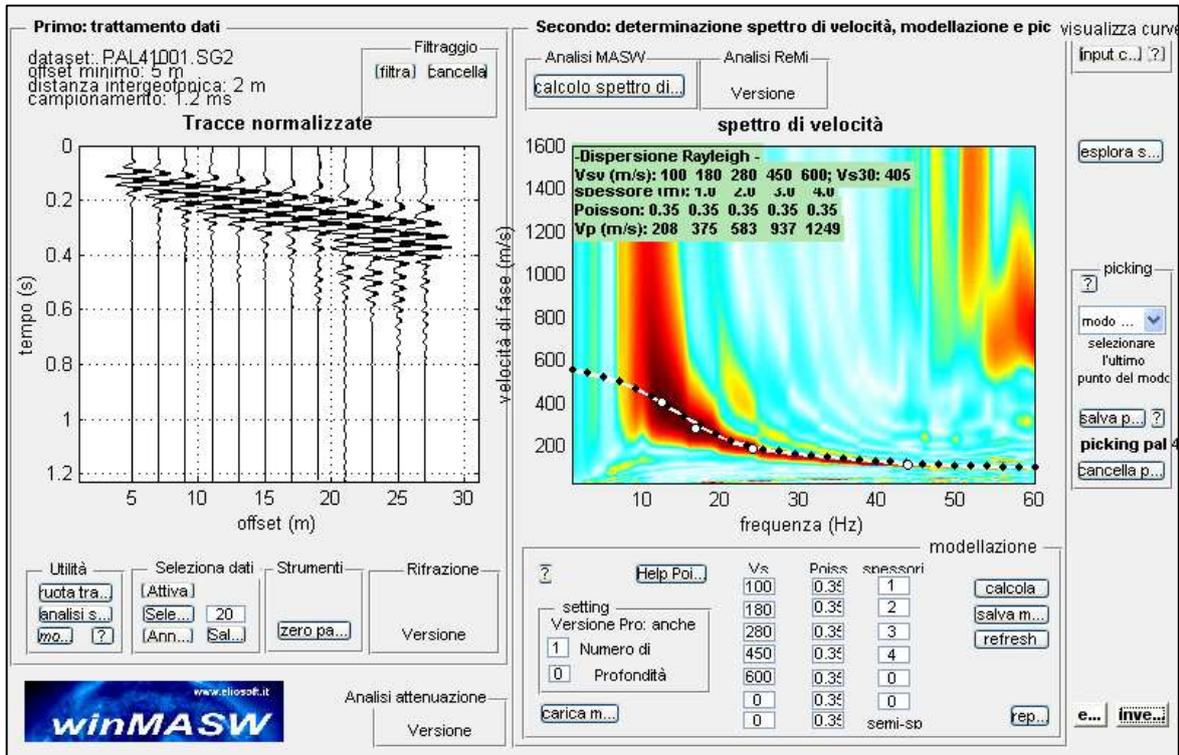
$V_{s30}$  al piano di campagna =  $V_s$  equivalente = **423 m/s**

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

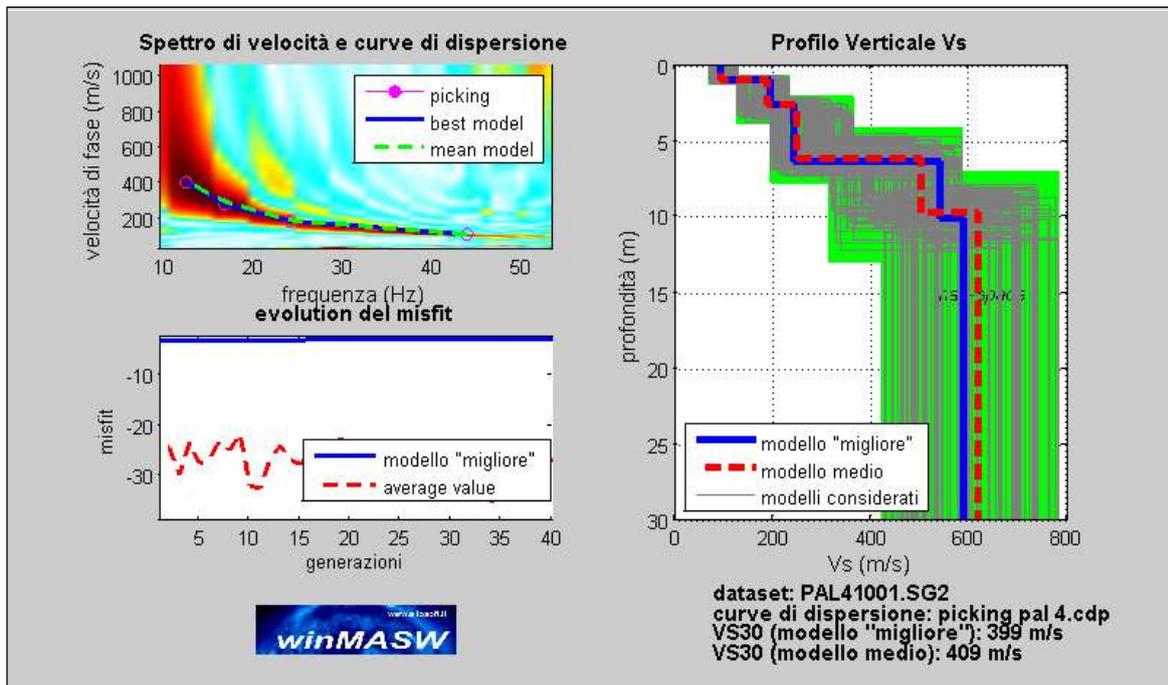
### Documentazione fotografica



## 9.6. Indagine sismica Masw PAL4 (Celso)

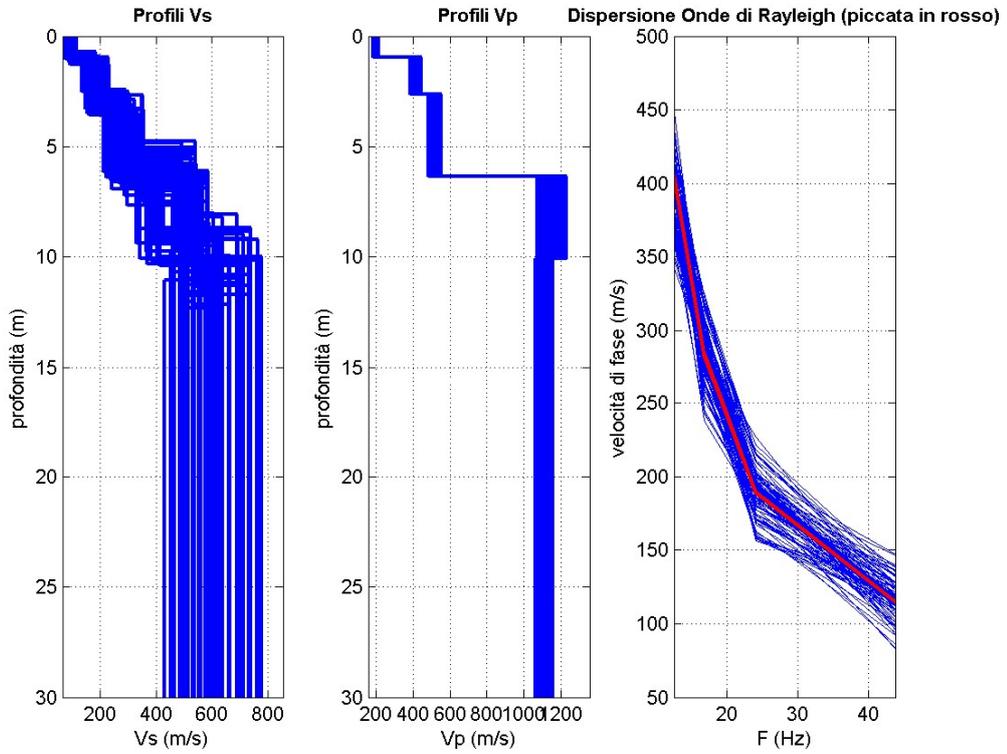


Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra lo spettro di velocità con la curva di dispersione identificata.

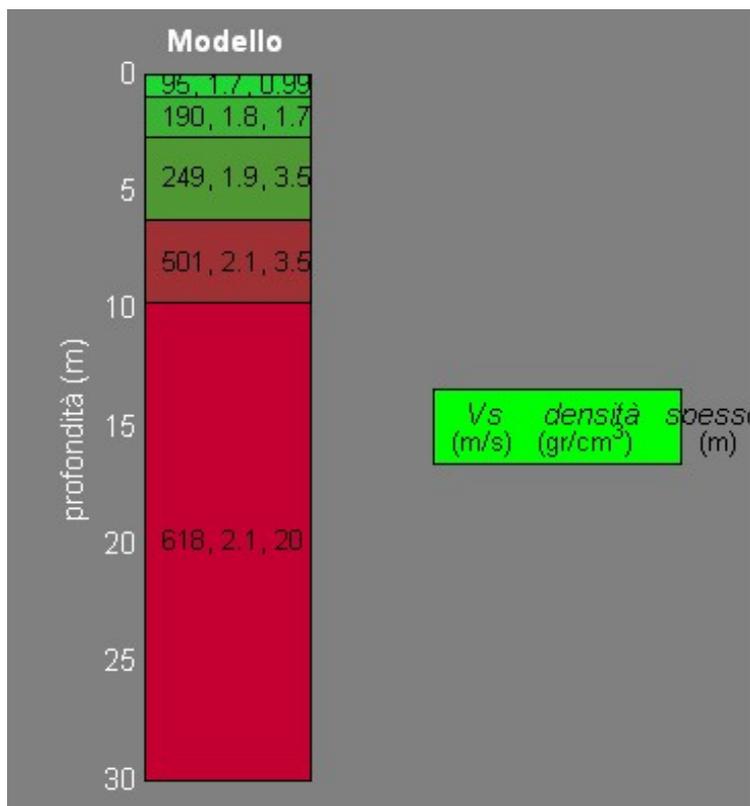


Risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW. In alto a sinistra: spettro osservato, curve di dispersione piccate e curve del modello individuato dall'inversione. Sulla destra il profilo verticale VS identificato (vedi anche Tabella T3) (modello "migliore" 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	95	15
2	2,7	1,7	190	66
3	6,2	3,5	249	118
4	9,7	3,5	501	524
5	30,0	semispazio	618	795

Considerato che entro 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 = **409 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



## 9.7. Conclusioni indagini sismiche

Le indagini sismiche eseguite nelle aree ove saranno realizzati le aree di impianto 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 "Crocì" ha evidenziato una netta discrepanza con i dati rilevati negli altri siti, ascrivendo il sito alla categoria di sottosuolo **C** in quanto la **MASW** è stata eseguita nella parte bassa ove è presente uno strato di limi soffici.

## 10. 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).

È stato elaborato un programma quali-quantitativo delle indagini necessarie a caratterizzare il substrato delle aree d'intervento. Sono state eseguite 6 prove penetrometriche dinamiche di tipo leggero (DL 030) che hanno consentito di caratterizzare stratigraficamente e geotecnicamente le aree d'intervento.

Nel dettaglio le prove Din 1 e Din 2 hanno consentito di caratterizzare i terreni presenti nell'area impianto Torre dei Fiori le prove Din 3 e Din 4 hanno consentito di caratterizzare l'area impianto Croci, la prova Din 5 è stata eseguita sull'area impianto Patria e la prova Din 6 è stata eseguita sull'area impianto Magione (Figura 17).

I risultati delle indagini eseguite hanno consentito di appurare che, ad eccezione della porzione bassa dell'area impianto Torre dei Fiori, tutte le altre aree di impianto sono caratterizzate dalla presenza di un substrato resistente a pochi metri dal piano di campagna. Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive dei parametri geotecnici da adottare nel dimensionamento delle fondazioni nelle varie aree.

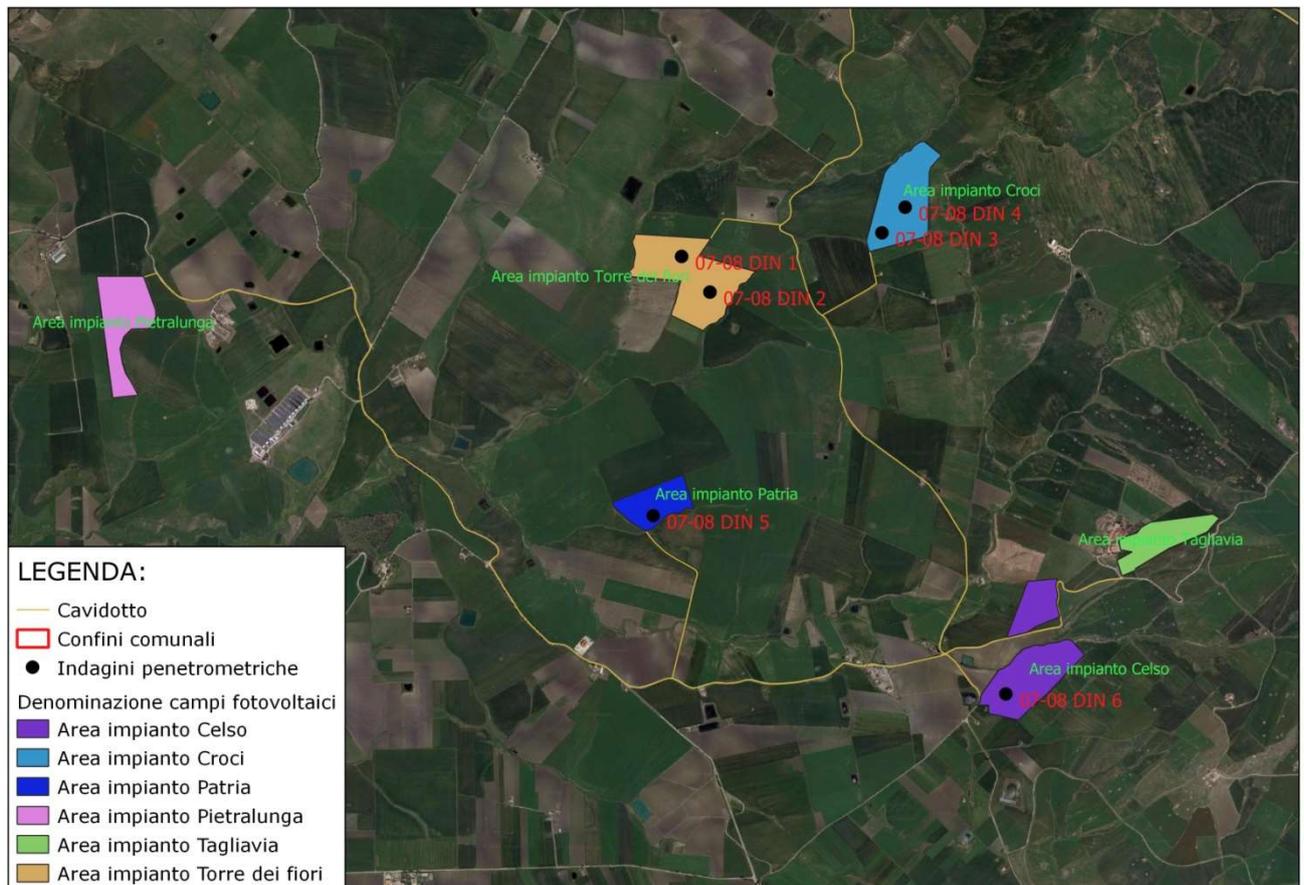


Figura 25. Ubicazione prove penetrometriche

I risultati delle indagini eseguite hanno consentito di appurare che ad eccezione della porzione bassa dell'area impianto Torre dei Fiori, tutti gli altri campi sono caratterizzati dalla presenza di un substrato resistente a pochi metri dal piano di campagna. Si riportano di seguito delle tabelle riassuntive dei parametri geotecnici da adottare nel dimensionamento delle fondazioni nelle varie aree.

#### Area impianto Torre dei Fiori

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 0,7	1.34	1.68	1.6	16.4	0.02	0.06
Da 0,7 a 2,5	1.51	1.91	1.64	20.3	0.23	0.69
Da 2,5 in poi	1.7	2.15	1.62	21.3	0.65	1.94

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Suolo agrario	36	0.39	0.25	199	1
Limi duri	414	0.36	0	276	1
Marne argillose molto dure	1164	0.33	0	430	1

#### Area impianto Croci

##### **Impianto parte bassa**

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 1,1	1.36	1.75	1.6	16.8	0.04	0.13
Da 1,1 a 4,8	1.38	1.78	1.64	17.2	0.06	0.19
Da 4,8 in poi	1.61	2.04	1.62	22.6	0.46	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	0.3	0.25	207	1
Limi soffici	114	0.31	0	214	1
Marne argillose dure	828	0.33	0	361	1

##### **Impianto parte medio-alta**

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 1,4	1.36	1.75	1.56	16.8	0.04	0.13
Da 1,4 a 2,7	1.57	2	1.79	21.4	0.38	1.13
Da 2,7 in poi	1.74	2.23	1.99	22.8	0.44	1.31

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Suolo agrario	78	0.3	0.25	207	1
Limi duri	678	0.34	0	330	1
Marne argillose molto dure	786	0.38	0	477	1

#### Area impianto Patria

Profondità (m.)	Peso di volume Secco ( $\gamma_d$ ) T/m <sup>3</sup>	Peso di volume satturo ( $\gamma_{sat}$ ) 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 1,0	1.36	1.85	1.61	16.8	0.04	0.13
Da 1,0 in poi	1.72	2.07	1.90	24	0.33	0.98

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Suolo agrario	78	0.3	0.25	207	1
Limi sabbiosi con ciottoli	588	0.38	0	453	1

#### Area impianto Celso

Profondità (m.)	Peso di volume Secco ( $\gamma_d$ ) T/m <sup>3</sup>	Peso di volume satturo ( $\gamma_{sat}$ ) 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 1,1	1.36	1.75	1.56	16.8	0.04	0.13
Da 1,1 a 2,3	1.45	1.86	1.66	18.8	0.15	0.44
Da 2,3 in poi	1.7	2.15	1.93	21.3	0.38	1.14

Descrizione	Modulo elastico Kg/cmq	coeff. di Poisson (Adimensionale)	Coeff. di lambe (Adimensionale)	Modulo Edometrico Kg/cmq	Grado Sovraconsolidamento (Adimensionale)
Suolo agrario	78	0.26	0.25	207	1
Limi plastici	264	0.3	0	245	1
Marne argillose molto dure	684	0.33	0	430	1

## 10.1. 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 ( $\emptyset$  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 la 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: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 1**

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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	1,90 - 2,00	18	63,8	3
0,10 - 0,20	2	7,8	1	2,00 - 2,10	20	70,9	3
0,20 - 0,30	2	7,8	1	2,10 - 2,20	20	70,9	3
0,30 - 0,40	2	7,8	1	2,20 - 2,30	20	70,9	3
0,40 - 0,50	1	3,9	1	2,30 - 2,40	19	67,3	3
0,50 - 0,60	1	3,9	1	2,40 - 2,50	18	63,8	3
0,60 - 0,70	1	3,9	1	2,50 - 2,60	24	85,0	3
0,70 - 0,80	3	11,7	1	2,60 - 2,70	25	88,6	3
0,80 - 0,90	6	22,3	2	2,70 - 2,80	29	102,8	3
0,90 - 1,00	8	29,8	2	2,80 - 2,90	36	121,8	4
1,00 - 1,10	10	37,2	2	2,90 - 3,00	45	152,3	4
1,10 - 1,20	13	48,3	2	3,00 - 3,10	33	111,7	4
1,20 - 1,30	15	55,8	2	3,10 - 3,20	42	142,1	4
1,30 - 1,40	17	63,2	2	3,20 - 3,30	46	155,6	4
1,40 - 1,50	19	70,7	2	3,30 - 3,40	45	152,3	4
1,50 - 1,60	16	59,5	2	3,40 - 3,50	52	175,9	4
1,60 - 1,70	21	78,1	2	3,50 - 3,60	58	196,2	4
1,70 - 1,80	18	66,9	2	3,60 - 3,70	61	206,4	4
1,80 - 1,90	16	56,7	3				

- 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: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 2**

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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	1,10 - 1,20	4	14,9	2
0,10 - 0,20	1	3,9	1	1,20 - 1,30	5	18,6	2
0,20 - 0,30	2	7,8	1	1,30 - 1,40	7	26,0	2
0,30 - 0,40	3	11,7	1	1,40 - 1,50	9	33,5	2
0,40 - 0,50	3	11,7	1	1,50 - 1,60	11	40,9	2
0,50 - 0,60	3	11,7	1	1,60 - 1,70	12	44,6	2
0,60 - 0,70	4	15,7	1	1,70 - 1,80	14	52,1	2
0,70 - 0,80	4	15,7	1	1,80 - 1,90	11	39,0	3
0,80 - 0,90	3	11,2	2	1,90 - 2,00	13	46,1	3
0,90 - 1,00	4	14,9	2	2,00 - 2,10	15	53,1	3
1,00 - 1,10	4	14,9	2	2,10 - 2,20	70	248,0	3

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

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m**

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

- A (area punta)= **10,00 cm<sup>2</sup>** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

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

**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 3**

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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	2	7,8	1	3,40 - 3,50	4	13,5	4
0,10 - 0,20	3	11,7	1	3,50 - 3,60	4	13,5	4
0,20 - 0,30	4	15,7	1	3,60 - 3,70	4	13,5	4
0,30 - 0,40	3	11,7	1	3,70 - 3,80	5	16,9	4
0,40 - 0,50	2	7,8	1	3,80 - 3,90	6	19,4	5
0,50 - 0,60	1	3,9	1	3,90 - 4,00	6	19,4	5
0,60 - 0,70	1	3,9	1	4,00 - 4,10	6	19,4	5
0,70 - 0,80	1	3,9	1	4,10 - 4,20	5	16,2	5
0,80 - 0,90	1	3,7	2	4,20 - 4,30	4	12,9	5
0,90 - 1,00	1	3,7	2	4,30 - 4,40	6	19,4	5
1,00 - 1,10	1	3,7	2	4,40 - 4,50	5	16,2	5
1,10 - 1,20	2	7,4	2	4,50 - 4,60	6	19,4	5
1,20 - 1,30	2	7,4	2	4,60 - 4,70	5	16,2	5
1,30 - 1,40	3	11,2	2	4,70 - 4,80	6	19,4	5
1,40 - 1,50	3	11,2	2	4,80 - 4,90	8	24,8	6
1,50 - 1,60	4	14,9	2	4,90 - 5,00	11	34,1	6
1,60 - 1,70	4	14,9	2	5,00 - 5,10	11	34,1	6
1,70 - 1,80	4	14,9	2	5,10 - 5,20	14	43,4	6
1,80 - 1,90	3	10,6	3	5,20 - 5,30	22	68,3	6
1,90 - 2,00	4	14,2	3	5,30 - 5,40	29	90,0	6
2,00 - 2,10	4	14,2	3	5,40 - 5,50	28	86,9	6
2,10 - 2,20	3	10,6	3	5,50 - 5,60	28	86,9	6
2,20 - 2,30	4	14,2	3	5,60 - 5,70	22	68,3	6
2,30 - 2,40	4	14,2	3	5,70 - 5,80	28	86,9	6
2,40 - 2,50	4	14,2	3	5,80 - 5,90	30	89,4	7
2,50 - 2,60	4	14,2	3	5,90 - 6,00	32	95,4	7
2,60 - 2,70	4	14,2	3	6,00 - 6,10	32	95,4	7
2,70 - 2,80	5	17,7	3	6,10 - 6,20	34	101,3	7
2,80 - 2,90	5	16,9	4	6,20 - 6,30	36	107,3	7
2,90 - 3,00	3	10,2	4	6,30 - 6,40	39	116,2	7
3,00 - 3,10	4	13,5	4	6,40 - 6,50	40	119,2	7
3,10 - 3,20	4	13,5	4	6,50 - 6,60	41	122,2	7
3,20 - 3,30	4	13,5	4	6,60 - 6,70	42	125,2	7
3,30 - 3,40	3	10,2	4	6,70 - 6,80	45	134,1	7

- 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: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 4**

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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	1,60 - 1,70	16	59,5	2
0,10 - 0,20	4	15,7	1	1,70 - 1,80	21	78,1	2
0,20 - 0,30	5	19,6	1	1,80 - 1,90	25	88,6	3
0,30 - 0,40	5	19,6	1	1,90 - 2,00	28	99,2	3
0,40 - 0,50	4	15,7	1	2,00 - 2,10	29	102,8	3
0,50 - 0,60	4	15,7	1	2,10 - 2,20	21	74,4	3
0,60 - 0,70	2	7,8	1	2,20 - 2,30	17	60,2	3
0,70 - 0,80	2	7,8	1	2,30 - 2,40	31	109,8	3
0,80 - 0,90	1	3,7	2	2,40 - 2,50	32	113,4	3
0,90 - 1,00	1	3,7	2	2,50 - 2,60	31	109,8	3
1,00 - 1,10	2	7,4	2	2,60 - 2,70	29	102,8	3
1,10 - 1,20	2	7,4	2	2,70 - 2,80	42	148,8	3
1,20 - 1,30	3	11,2	2	2,80 - 2,90	44	148,9	4
1,30 - 1,40	4	14,9	2	2,90 - 3,00	48	162,4	4
1,40 - 1,50	7	26,0	2	3,00 - 3,10	50	169,2	4
1,50 - 1,60	10	37,2	2	3,10 - 3,20	56	189,5	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: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 5**

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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	0,70 - 0,80	3	11,7	1
0,10 - 0,20	2	7,8	1	0,80 - 0,90	2	7,4	2
0,20 - 0,30	3	11,7	1	0,90 - 1,00	3	11,2	2
0,30 - 0,40	3	11,7	1	1,00 - 1,10	12	44,6	2
0,40 - 0,50	3	11,7	1	1,10 - 1,20	36	133,9	2
0,50 - 0,60	3	11,7	1	1,20 - 1,30	50	186,0	2
0,60 - 0,70	3	11,7	1	1,30 - 1,40	80	297,5	2

- 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: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 TABELLE VALORI DI RESISTENZA**

**DIN 6**

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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	9	33,5	2
0,10 - 0,20	3	11,7	1	1,80 - 1,90	9	31,9	3
0,20 - 0,30	4	15,7	1	1,90 - 2,00	10	35,4	3
0,30 - 0,40	3	11,7	1	2,00 - 2,10	12	42,5	3
0,40 - 0,50	2	7,8	1	2,10 - 2,20	11	39,0	3
0,50 - 0,60	2	7,8	1	2,20 - 2,30	11	39,0	3
0,60 - 0,70	2	7,8	1	2,30 - 2,40	18	63,8	3
0,70 - 0,80	2	7,8	1	2,40 - 2,50	32	113,4	3
0,80 - 0,90	1	3,7	2	2,50 - 2,60	42	148,8	3
0,90 - 1,00	3	11,2	2	2,60 - 2,70	40	141,7	3
1,00 - 1,10	4	14,9	2	2,70 - 2,80	44	155,9	3
1,10 - 1,20	8	29,8	2	2,80 - 2,90	43	145,5	4
1,20 - 1,30	8	29,8	2	2,90 - 3,00	45	152,3	4
1,30 - 1,40	9	33,5	2	3,00 - 3,10	40	135,3	4
1,40 - 1,50	9	33,5	2	3,10 - 3,20	50	169,2	4
1,50 - 1,60	8	29,8	2	3,20 - 3,30	52	175,9	4
1,60 - 1,70	9	33,5	2				

- 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: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DIN 1**

**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

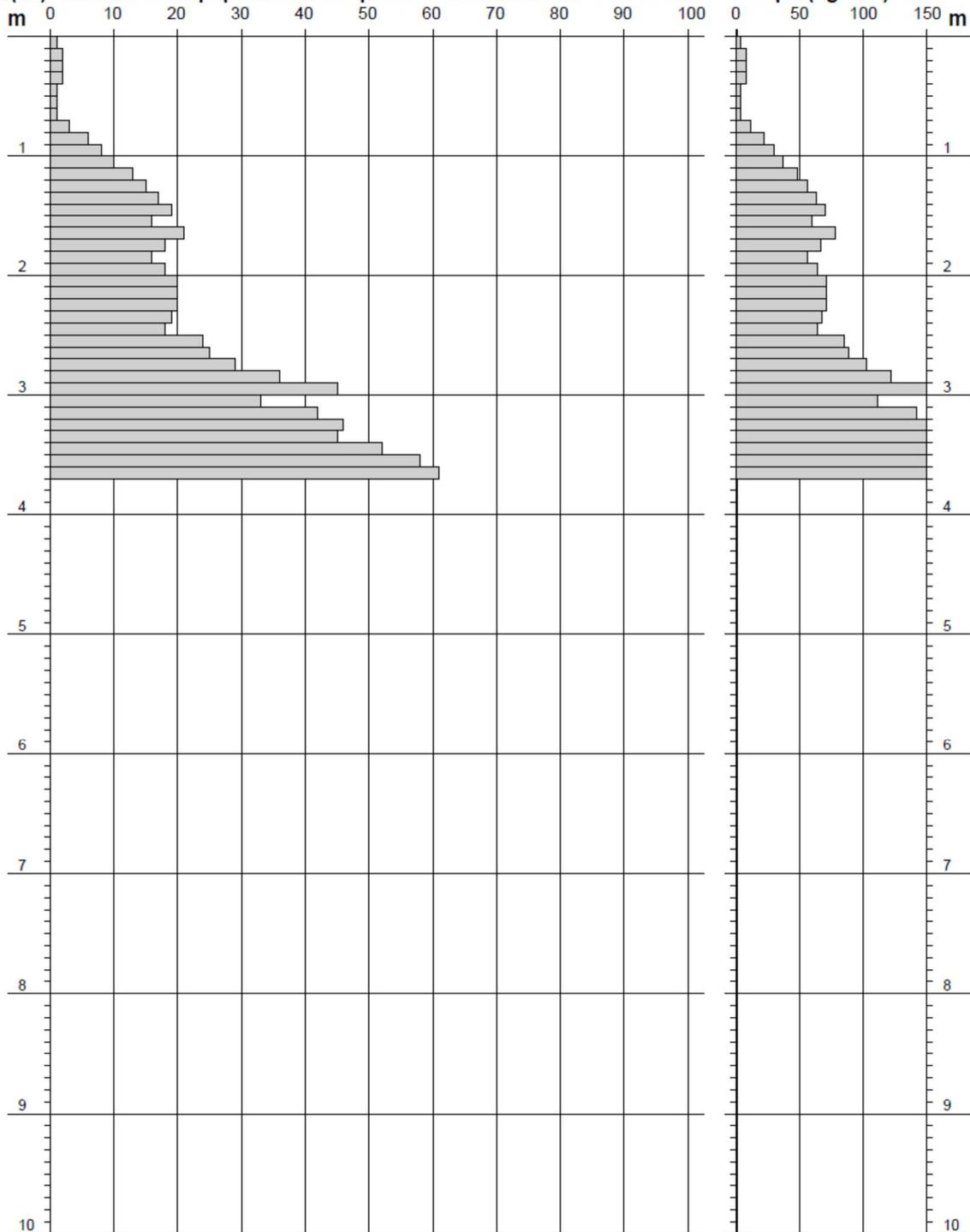
Scala 1: 50

- committente : Laap  
 - lavoro : Realizzazione impianto FV Palastanga  
 - località : Palastanga nei territori di Monreale e Corleone  
 - note :

- data : 18/04/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - 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: 07-08

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

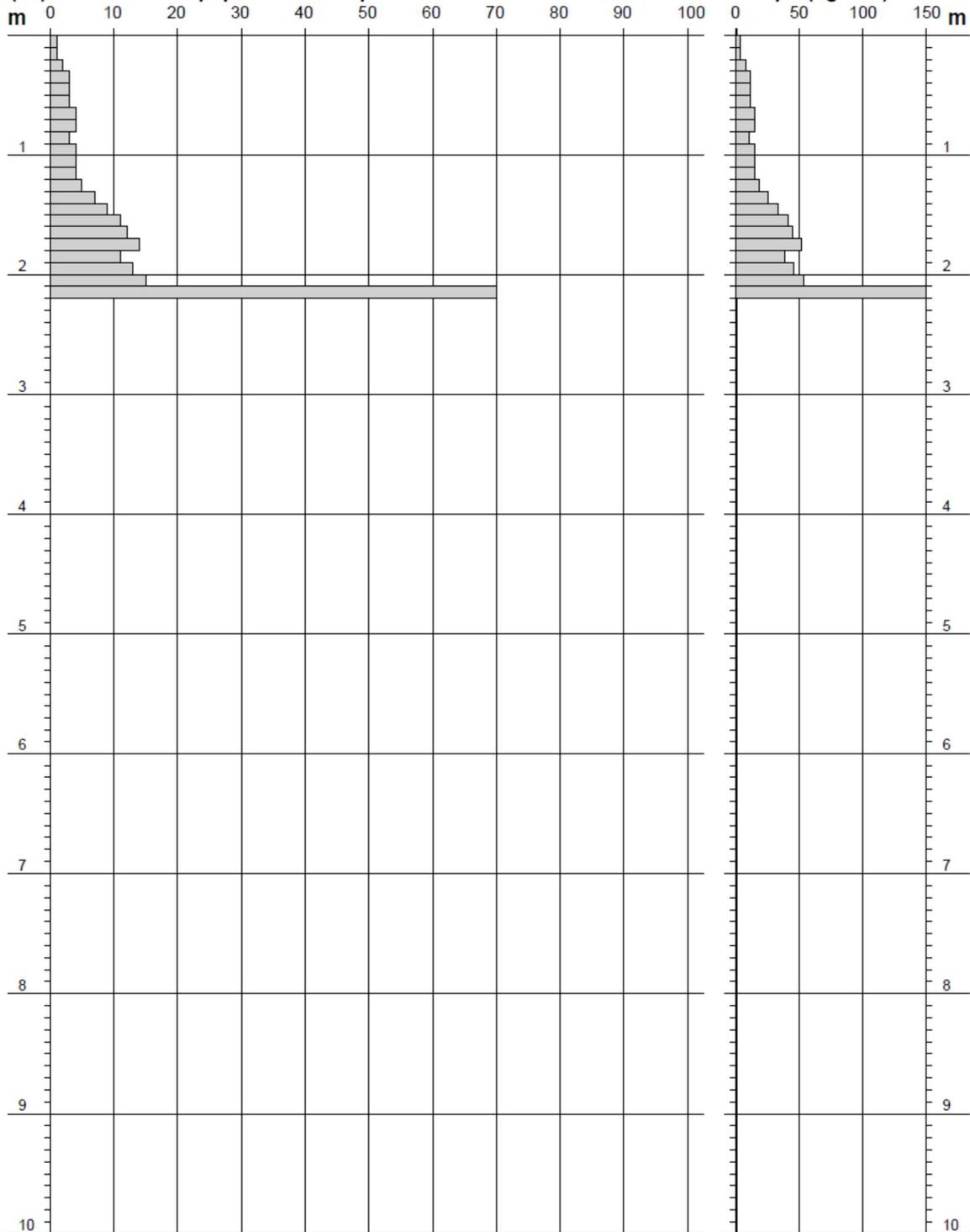
**DIN 2**

Scala 1: 50

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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: 07-08

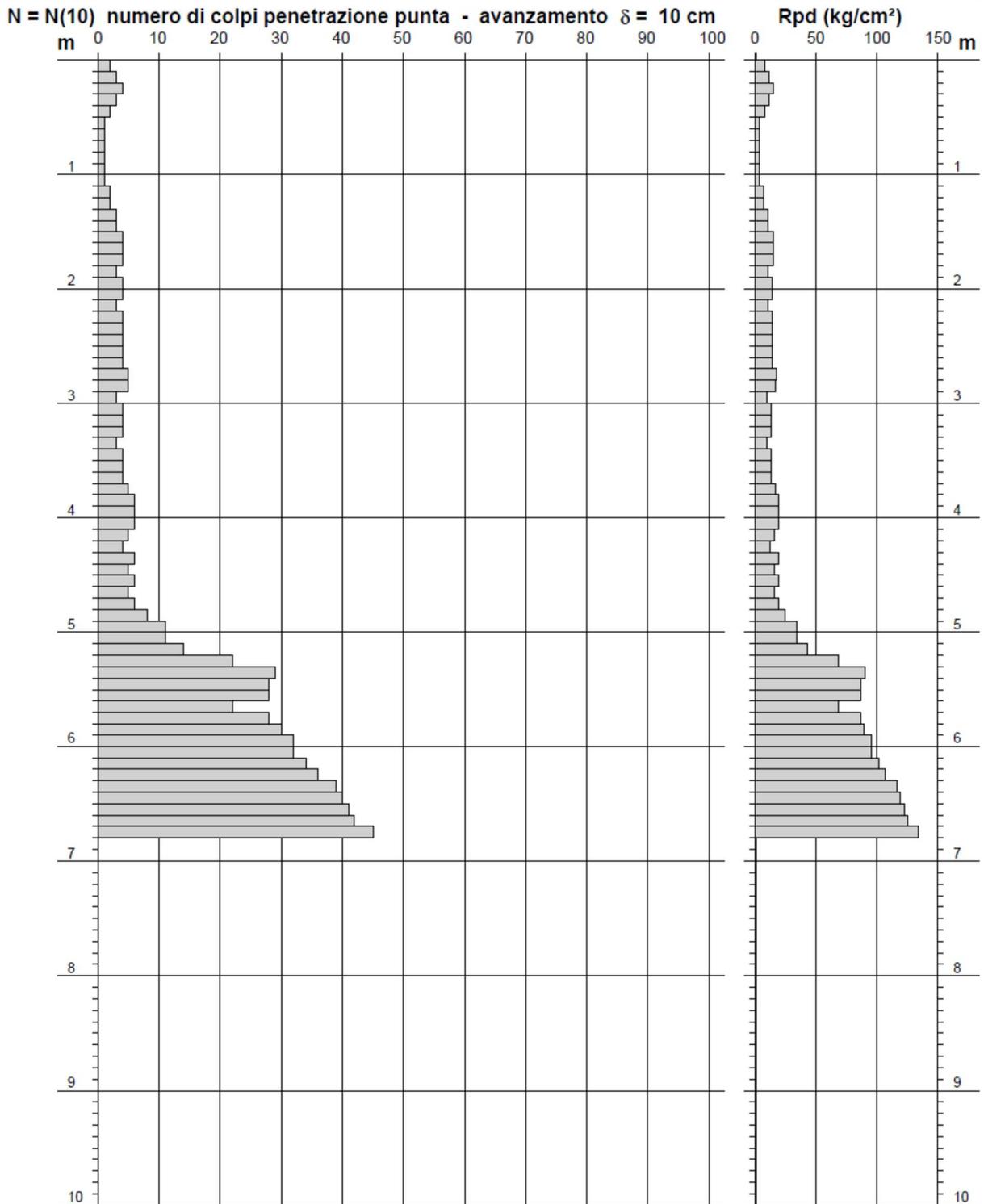
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 3**

Scala 1: 50

- committente : Laap  
 - lavoro : Realizzazione impianto FV Palastanga  
 - località : Palastanga nei territori di Monreale e Corleone  
 - note :

- data : 18/04/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme

Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA**

**DIN 4**

**DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

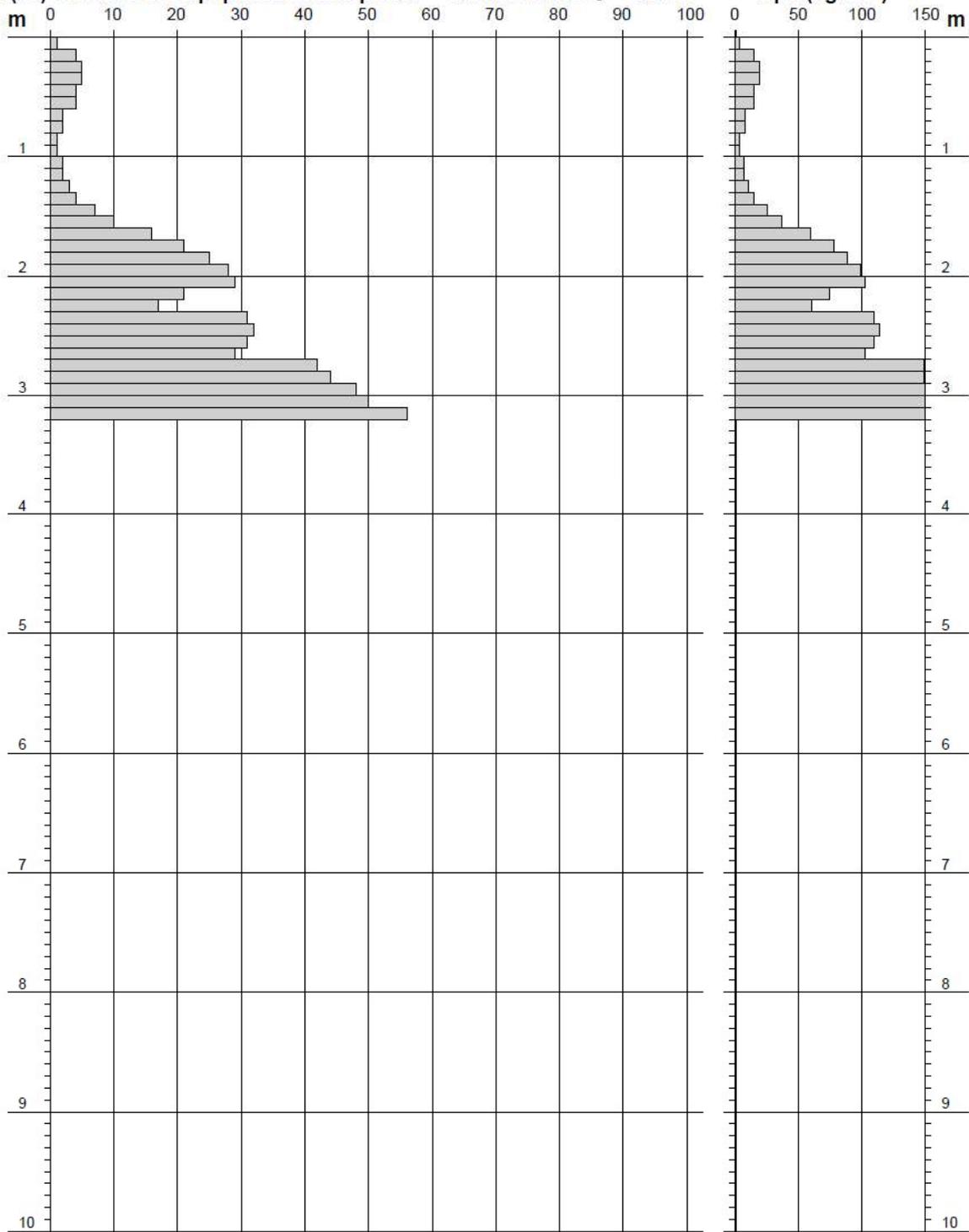
Scala 1: 50

- committente : Laap  
 - lavoro : Realizzazione impianto FV Palastanga  
 - località : Palastanga nei territori di Monreale e Corleone  
 - note :

- data : 18/04/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - 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: 07-08

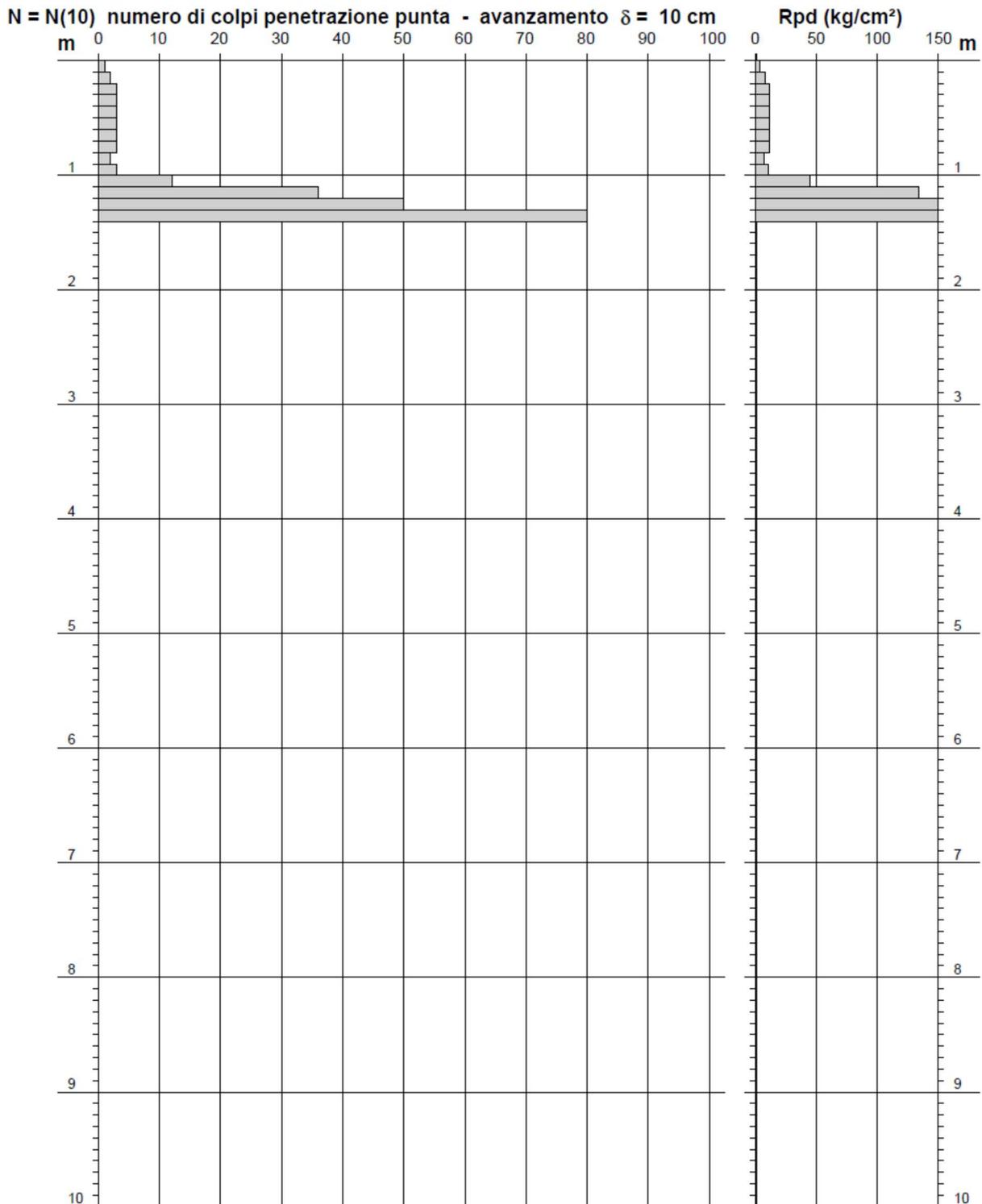
**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd**

**DIN 5**

Scala 1: 50

- committente : Laap  
 - lavoro : Realizzazione impianto FV Palastanga  
 - località : Palastanga nei territori di Monreale e Corleone  
 - note :

- data : 18/04/2023  
 - quota inizio : Piano di campagna  
 - prof. falda : Falda non rilevata  
 - pagina : 1



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme  
 Indagini Geofisiche e Geotecniche

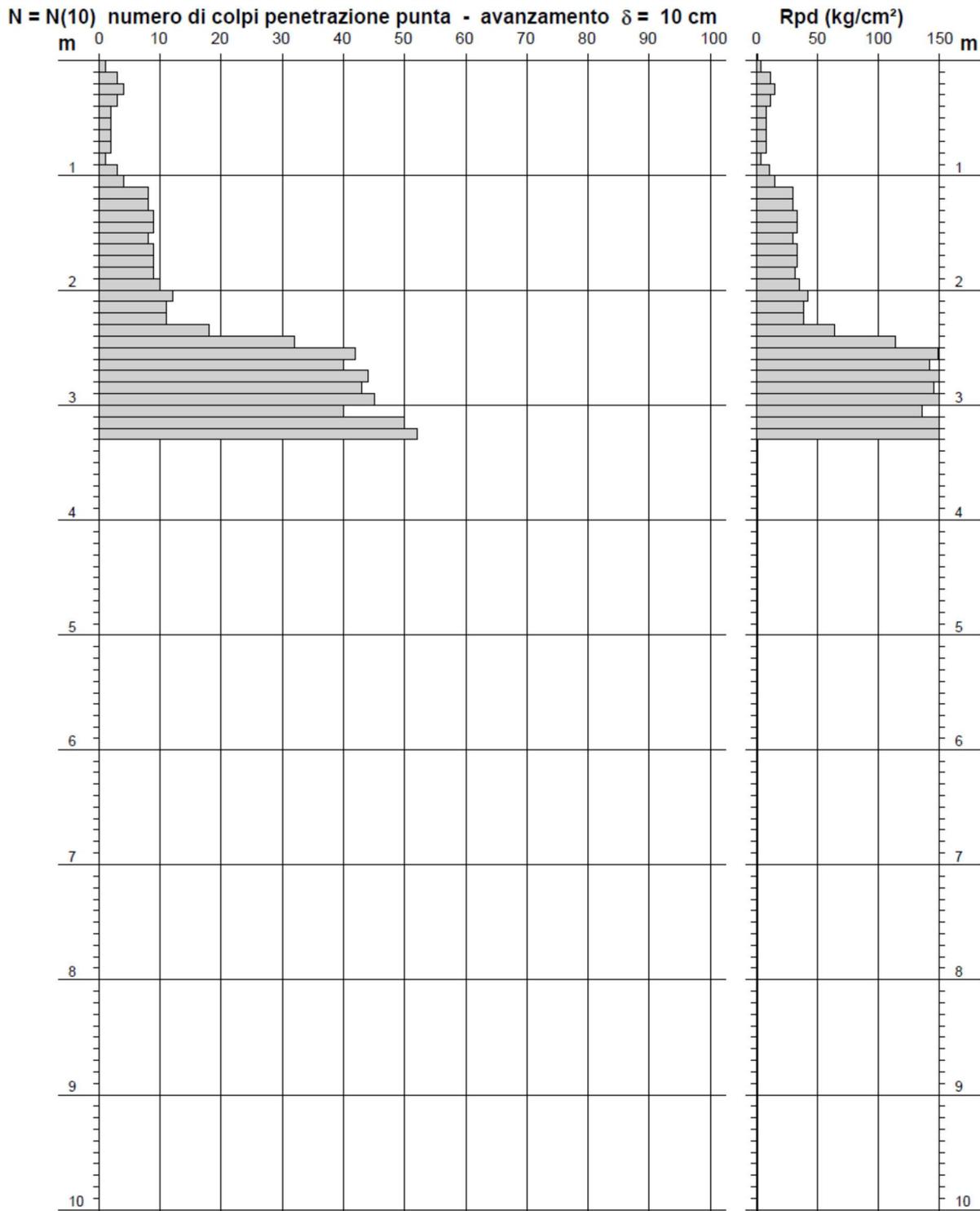
Riferimento: 07-08

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

**DIN 6**

Scala 1: 50

- |                 |   |                  |                    |
|-----------------|---|------------------|--------------------|
| - committente : | Laap  | - data :         | 18/04/2023         |
| - lavoro :      | Realizzazione impianto FV Palastanga            | - quota inizio : | Piano di campagna  |
| - localit  :    | Palastanga nei territori di Monreale e Corleone | - prof. falda :  | Falda non rilevata |
| - note :        |   | - pagina :       | 1                  |



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme  
 Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 1**

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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 0,70	N	1,4	1	2	1,2	---	---	2,0	1	0,77	1
		Rpd	5,6	4	8	4,8	2,1	3,5	7,7			
2	0,70 2,50	N	15,4	3	21	9,2	5,3	10,1	20,7	15	0,77	11
		Rpd	56,0	12	78	33,9	18,8	37,2	74,8			
3	2,50 3,70	N	41,3	24	61	32,7	12,2	29,1	53,6	41	0,77	31
		Rpd	140,9	85	206	113,0	40,0	100,9	180,9			

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	$\phi'$	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 2.50		11	36.5	20.3	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867
3	2.50 3.70		31	66.0	26.3	430	2.06	1.70	1.94	2.15	18	0.474

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: 07-08

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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 1,20	N	3,0	1	4	2,0	1,1	1,9	4,1	3	0,77	2	
		Rpd	11,5	4	16	7,7	4,2	7,3	15,7	12			
2	1,20 2,10	N	10,8	5	15	7,9	3,3	7,5	14,0	11	0,77	8	
		Rpd	39,3	19	53	29,0	11,6	27,8	50,9	40			
3	2,10 2,20	N	70,0	70	70	70,0	---	---	---	70	0,77	54	
		Rpd	248,0	248	248	248,0	---	---	---	248			

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 ( $kg/cm^2$ )  
 $\beta$ : 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	$\sigma'$	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 2.10		8	28.3	19.2	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
3	2.10 2.20		54	86.5	21.6	608	2.16	1.86	3.38	2.43	07	0.187

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

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



**Studio di Geologia Applicata**

Dott. Salvatore Lo Verme  
 Indagini Geofisiche e Geotecniche

Riferimento: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 3**

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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 1,10	N	1,8	1	4	1,4	1,1	---	2,9	2	0,77	2
		Rpd	7,1	4	16	5,4	4,3	2,8	11,3			
2	1,10 4,80	N	4,2	2	6	3,1	1,1	3,1	5,3	4	0,77	3
		Rpd	14,4	7	19	10,9	3,2	11,2	17,6			
3	4,80 6,80	N	28,6	8	45	18,3	11,0	17,6	39,6	29	0,77	22
		Rpd	86,5	25	134	55,6	32,1	54,3	118,6			

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 1.10		2	7.5	16.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	1.10 4.80		3	11.3	17.2	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
3	4.80 6.80		22	53.0	23.6	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: 07-08

## PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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	2,9	1	5	1,9	1,5	1,4	4,3	3	0,77	2
			Rpd	11,0	4	20	7,4	5,7	5,3	16,7			
2	1,40	2,70	N	22,8	7	32	14,9	8,3	14,5	31,2	23	0,77	18
			Rpd	81,7	26	113	53,9	28,8	52,9	110,4			
3	2,70	3,20	N	48,0	42	56	45,0	---	---	---	48	0,77	37
			Rpd	163,7	149	190	156,3	---	---	---			

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 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	2.70		18	47.0	22.4	330	1.98	1.57	1.13	2.00	26	0.708
3	2.70	3.20		37	72.0	27.8	477	2.09	1.74	2.31	2.23	14	0.387

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: 07-08

**PROVA PENETROMETRICA DINAMICA  
 ELABORAZIONE STATISTICA**

**DIN 5**

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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 1,00	N	2,6	1	3	1,8	---	1,9	3,3	3	0,77	2	
		Rpd	10,1	4	12	7,0	2,7	7,3	12,8				
2	1,00 1,40	N	44,5	12	80	28,3	---	---	---	44	0,77	34	
		Rpd	165,5	45	298	105,1	---	---	---				164

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  $\beta = 0,77$ ) 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 1.00		2	7.5	16.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	1.00 1.40		34	69.0	27.0	453	2.07	1.72	2.13	2.19	16	0.429

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: 07-08

### PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 6

- committente :	Laap	- data :	18/04/2023
- lavoro :	Realizzazione impianto FV Palastanga	- quota inizio :	Piano di campagna
- località :	Palastanga nei territori di Monreale e Corleone	- 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	1,10	N	2,5	1	4	1,7	1,0	1,4	3,5	2	0,77	2
			Rpd	9,5	4	16	6,6	3,9	5,5	13,4			
2	1,10	2,30	N	9,4	8	12	8,7	1,3	8,1	10,7	9	0,77	7
			Rpd	34,2	30	43	32,0	4,1	30,2	38,3			
3	2,30	3,30	N	40,6	18	52	29,3	9,7	30,9	50,3	41	0,77	31
			Rpd	140,2	64	176	102,0	32,0	108,2	172,1			

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 6

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	$\phi'$	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.10		2	7.5	16.8	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
				7	25.0	18.8	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
3	2.30	3.30		31	66.0	26.3	430	2.06	1.70	1.94	2.15	18	0.474

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



## 11. CONCLUSIONI

Le aree di impianto in progetto ricadono all'interno dei territori Comunali di Monreale (PA) e Corleone (PA). L'area dell'impianto di produzione è posizionata su un'area caratterizzata per lo più da litotipi coesivi e pseudo-coesivi con discrete caratteristiche geotecniche che per la conformazione morfologica dei luoghi non destano problemi di stabilità.

All'interno del perimetro delle aree contrattualizzate ai fini della realizzazione dell'impianto sono stati censiti un paio di dissesti attivi, molto superficiali. Tali aree saranno soggette a mitigazione mediante opere di salvaguardia.

Nelle restanti aree interessate dall'impianto non si rilevano dissesti interferenti con le strutture in progetto né tanto meno evidenze che lascino presagire dissesti potenziali. Pertanto si ritiene che i siti d'intervento siano geomorfologicamente idonei ad accogliere le strutture progettate e che le stesse non interferiscano con l'assetto geomorfologico del territorio.

Tutto ciò permette di dedurre che nelle sedi d'intervento vi siano condizioni geomorfologicamente favorevoli alla realizzazione delle strutture del parco agrivoltaico e che le stesse non pregiudichino l'assetto geomorfologico dei luoghi.

Dal punto di vista sismico viste le considerazioni riportate nei 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/pseudocoerenti (argille/marne). Tutti i siti sono caratterizzati da parametri geotecnici e sismici discreti, con spessori delle coperture modeste e profondità del substrato compreso tra i 1,0 metro e 2,8 metri. In un solo caso, nella parte bassa dell'area impianto Croci, è stata individuata una copertura limosa soffice di limitata estensione. Per questa porzione si prescrive che nella fase esecutiva vengano eseguite ulteriori indagini (prove penetrometriche e prove pull-out) per delimitarne i confini e dimensionare correttamente le strutture di fondazione.

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.