

Regione Siciliana



Comune di Ramacca
Città Metropolitana di Catania

PROGETTO DEFINITIVO

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DI TIPO ELETTROCHIMICO DA COLLEGARE ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC 35.635,60 kWp (FV) + DC 26.040 kW (BESS) E POTENZA NOMINALE AC 56.440 kW DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI RAMACCA (CT) - C/DA MARGHERITO SOPRANO



Elaborato:	RELAZIONE GEOLOGICA		
Relazione:	Redatto:	Approvato:	Rilasciato:
REL_03	F. Giampapa	AP ENGINEERING	AP ENGINEERING
		Foglio A4	Prima Emissione
Progetto: IMPIANTO MARGHERITO	Data: 26/04/2023	Committente: SORGENIA RENEWABLES S.R.L. Via Alessandro Algardi, 4 - 20148 Milano (MI)	
Cantiere: IMPIANTO MARGHERITO C/DA MARGHERITO SOPRANO	Progettista: 		



INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	DESCRIZIONE DEL PROGETTO	5
3.	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, CARTOGRAFICO E CATASTALE	7
3.1.	Ubicazione ed accessibilità	7
3.2	Inquadramento cartografico.....	8
3.3	Inquadramento catastale.....	11
4.	INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE	12
4.1	Geologia aree impianto agrivoltaico.....	16
5.	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	19
5.1	Studio plano-altimetrico dell'area impianto.....	19
5.2	Caratteri geomorfologici dell'area impianto	23
5.3	P.A.I. e Vincolo Idrogeologico	26
6.	CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA	29
6.1	Litostratigrafia e modello geotecnico dell'area impianto.....	33
6.1.1	<i>Considerazioni sui modelli litotecnici</i>	39
7.	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO	40
8.	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	43
9.	INQUADRAMENTO SISMICO	46
9.1	Storia sismica area di progetto	49
9.2	Caratteristiche sismiche.....	51
9.2.1	<i>Vita nominale e classi d'uso delle opere</i>	51
9.2.2	<i>Stati limiti e relative probabilità di superamento</i>	53
9.2.3	<i>Pericolosità sismica di base</i>	54
9.3	Pericolosità sismica dell'area in studio	55
9.3.1	<i>Categoria Sottosuolo</i>	55
9.3.2	<i>Categoria Topografica</i>	56

9.3.3	<i>Azioni sismiche di progetto</i>	56
10.	CONCLUSIONI	58

1. PREMESSA

La Società Sorgenia Renewables S.R.L. (“SR” o “la Società”) intende realizzare nel Comune di Ramacca (CT), in C/da Margherito Soprano, un impianto per la produzione di energia elettrica con tecnologia fotovoltaica integrato da un sistema di accumulo Battery Energy Storage System (BESS), combinato con l’attività di coltivazione agricola. L’impianto agrivoltaico, diviso in due macro blocchi (*Blocco A* e *Blocco B*), avrà una potenza DC complessiva installata di 35.635,60 kWp che andrà a sommarsi al sistema di accumulo (BESS) con potenza DC complessiva di 26.040,00 kW.

Nella presente relazione geologica saranno descritte le caratteristiche geografiche, geologiche, geomorfologiche, litotecniche, idrogeologiche e sismiche generali e del sito in oggetto specifiche del settore di territorio in cui si trova il lotto d’interesse, utili alla valutazione della stabilità d’insieme, finalizzata a fornire i dati necessari per la progettazione delle opere relative alla realizzazione dell’impianto agrivoltaico. Le suddette caratteristiche ed i dati tematici riportati sono stati ricavati da fonti bibliografiche, rilevati direttamente da portali cartografici, nonché ricavati dall’esecuzione di una campagna di rilevamento e di indagini effettuate in situ.

La caratterizzazione litostratigrafica e litotecnica dei terreni di fondazione è stata ottenuta mediante lo studio e l’interpretazione dei dati ricavati dalle indagini geofisiche e penetrometriche eseguite dalla ditta UNIGEOS all’interno delle aree di progetto le cui relazioni, a firma del Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza e del Dott. Geol. Matteo Costantino, sono allegate al presente documento e ne costituiscono parte integrante.

Per la redazione del presente lavoro si fa riferimento al seguente quadro normativo:

- D.M. 11.03.1988 e successive modifiche ed integrazioni.
- D.M. LL.PP. del 23/09/1981 sostituito dall’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri nr 3274 del 20/03/2003 “primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni di zone sismiche”; modificata e integrata con l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri nr 3316 del 02/10/2003, modificata e integrata con l’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri nr 3431 del 03/05/2005.
- D.M. LL.PP. del 14/01/2008 (G.U. nr 29 del 4/02/2008) “Norme tecniche per le costruzioni” e la circolare del 02/02/2009 nr 617 istruzioni per l’applicazione delle “nuove norme tecniche per le costruzioni”
- D.M. del 17/01/2018 “Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” e Circolare n. 7 del 21/01/2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni di cui al Decreto Ministeriale 17/01/2018”.
- Sono stati consultati i documenti del P.A.I. (Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico) della Regione Sicilia per lo studio dell’area di progetto in relazione a quanto censito e previsto da tale strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo.

Per i riferimenti topografici ci si è avvalsi della cartografia esistente:

- Cartografia I.G.M. scala 1:50.000, fogli n°632 Valguarnera Caropepe e n.639 Caltagirone;
- Cartografia I.G.M. scala 1:25.000, tavolette n°632-II Raddusa e n.639-I Borgo Pietro Lupo;
- Carta tecnica regionale CTR, scala 1:10.000, n°632120-632150-632160-639030-639040.

Allegati alla presente relazione:

- Relazione indagini geofisiche
- Relazione indagini penetrometriche

2. DESCRIZIONE DEL PROGETTO

L'impianto agrivoltaico, diviso in due macro blocchi (Blocco A e Blocco B), avrà una potenza DC complessiva installata di 35.635,60 kWp che andrà a sommarsi al sistema di accumulo (BESS) con potenza DC complessiva di 26.040,00 kW. L'energia prodotta sarà in parte immessa nella Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) o in alternativa può essere utilizzata per la ricarica del BESS ed essere immessa nelle ore notturne o quando la rete lo richiede.

La superficie opzionata dalla società ai fini della costruzione del campo agrivoltaico ha un'estensione di circa 94 Ha, di cui circa 77 Ha ricadono nel *Blocco A* e circa 17 Ha ricadono nel *Blocco B*. Si ritiene utile evidenziare che oltre alle aree di cui sopra, l'impresa agricola che si prenderà cura della coltivazione e conduzione dei terreni oggetto del campo agrivoltaico, avrà possibilità, se voluta, di estendere le coltivazioni sui terreni contigui al campo stesso, per ulteriore superficie agricola pari a circa 39,60 Ha, messi a disposizione dalla proprietà successivamente alla stipula di nuovi accordi.

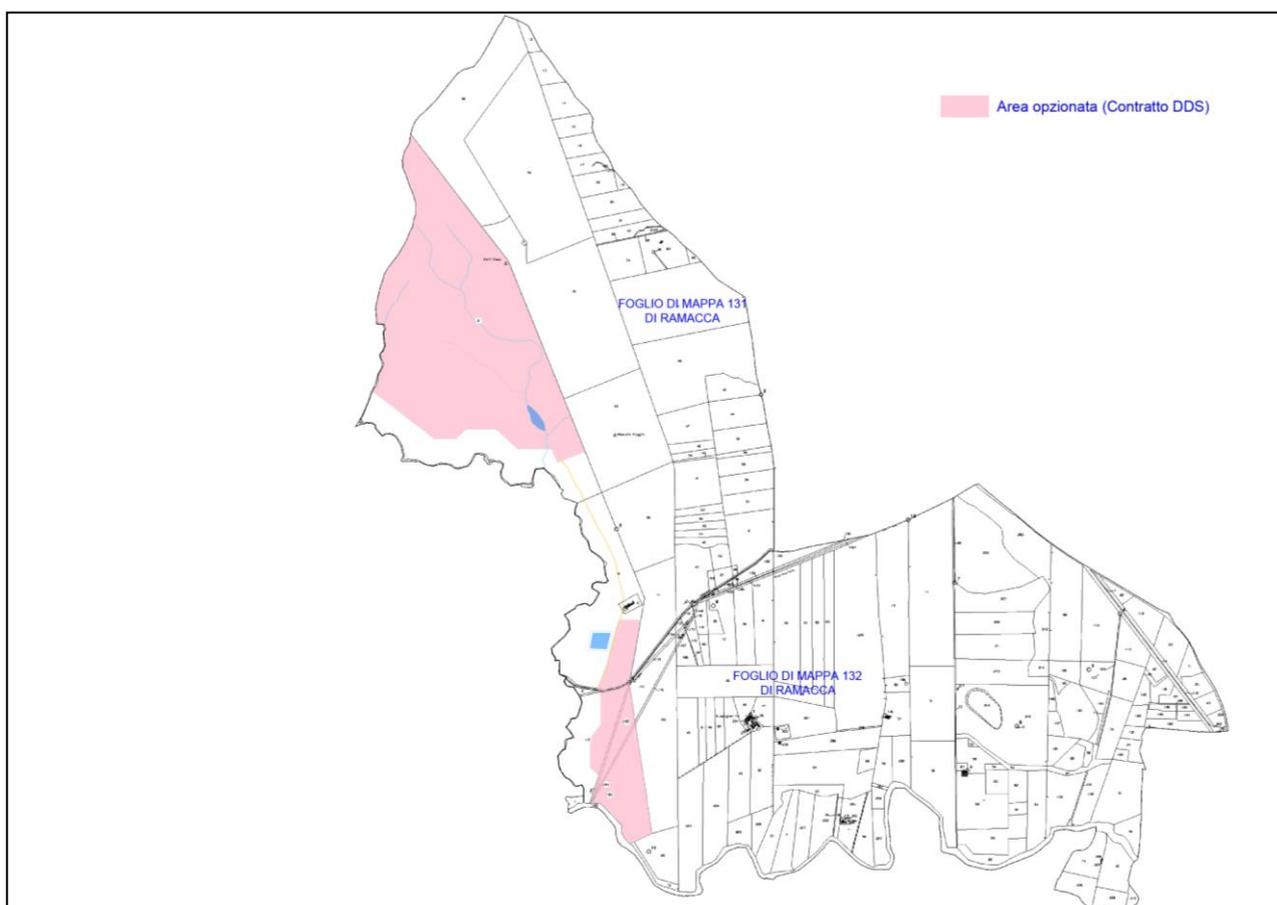


Figura 2.1 – Stralcio planimetrico aree impianto

Il *Blocco B*, come risulta visibile dallo stralcio di cui sopra, è suddiviso in ulteriori due *sotto-blocchi*, attraversati dalla S.P.103, che per convenienza chiameremo *Blocco B1* (circa 3,5 Ha) e *Blocco B2* (circa 13,5 Ha). Dal punto di vista agricolo, i terreni sono attualmente utilizzati come seminativi.

La Società, nell'ottica di riqualificare le aree da un punto di vista agronomico e di produttività dei suoli, ha scelto di adottare la soluzione impiantistica con *tracker monoassiale*, in quanto permette di mantenere una distanza significativa tra le strutture di supporto dei moduli fotovoltaici (area libera

minima 5 m), consentendo la coltivazione tra le strutture di colture ortive e da erbaio, con l'impiego di mezzi meccanici agricoli tradizionali.

Con la soluzione proposta, si tenga presente che:

- su circa **94 ha** (*superficie opzionata*), quella effettivamente occupata dai moduli è pari a 17,32 ha (*circa il 18,09% della superficie totale*), il rapporto è dato dal prodotto dell'area del singolo tracker ($69,64 \text{ m}^2$) determinata come la proiezione al suolo dei moduli FV – tilt pari a 0° per il numero di tracker che compongono l'impianto (2.492);
- la superficie occupata da altre opere di progetto (strade interne all'impianto, cabine di trasformazione e sala controllo) è di circa **3,75 ha**;
- invasi e corsi d'acqua **1,9 ha**;
- la superficie occupata dal sistema di accumulo (BESS) è di circa **5.300 m²**;
- l'impianto sarà circondato da una fascia di vegetazione (produttiva) avente una larghezza minima di 10 mt;
 - fascia arborea perimetrale destinata alla produzione di olive da olio (Blocco A) circa **5 ha**;
 - fascia arborea perimetrale destinata alla produzione di arance (Blocco B) circa **4,1 ha**;
- coltivazione tra i moduli del carciofo, in rotazione con ortive da pieno campo (Blocco B) circa **8,2 ha**;
- coltivazione di graminacee e leguminose da foraggio (Blocco A) circa **31,3 ha**;
- rimboschimento di eucalipto (Blocco A) circa **15,4 ha**;
- impianto di pistacchieto (Blocco A) circa **6,5 ha**.

L'area di impianto è stata opzionata dalla Società, che ha stipulato un contratto preliminare di cessione del diritto di superficie con l'attuale proprietaria dei fondi oggetto dell'iniziativa.

Il Cavidotto in cavo interrato a 30 kV di collegamento tra il *Blocco A* e il *Blocco B*, sarà posato lungo la stradella privata attualmente utilizzata dalla proprietà del fondo per la normale conduzione dei terreni, mentre il cavidotto interrato a 36 kV di collegamento tra il Quadro Generale di Alta Tensione del campo agrivoltaico e la Sezione a 36 kV della *Stazione Elettrica (SE RADDUSA 380)*, sarà posato lungo le seguenti strade provinciali:

- SP 103 (Provincia di Catania);
- SP 182 (Provincia di Catania);
- SP 73 (Provincia di Enna).

per poi finire la sua corsa nella SE Terna denominata RADDUSA 380, ubicata sempre nel Comune di Ramacca (CT), (Foglio di mappa 76, part. 48-47-90-46-153-149-148-104-152-122-84-49-91).

Le informazioni contenute in questo capitolo fanno riferimento a quanto contenuto nella Relazione Tecnica Generale di progetto (Rel. 01) alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

3. INQUADRAMENTO GEOGRAFICO, CARTOGRAFICO E CATASTALE

3.1. Ubicazione ed accessibilità

L'area in cui è prevista la realizzazione dell'impianto agrivoltaico è ubicata interamente nel Comune di Ramacca (*Città metropolitana di Catania*), in Contrada Margherito Soprano, a circa 9 km ad ovest dal centro abitato di Ramacca. L'impianto, come già descritto in premessa, si svilupperà su un'area estesa di circa **94 Ha** (*superficie opzionata*).

Morfologicamente, le superfici delle aree di impianto risultano essere come di seguito specificate:

- Il *Blocco A* ha una quota media di progetto di 215 mt s.l.m. ed è caratterizzata da una superficie con immersione circa verso SSE. I valori di pendenza medi del sono compresi tra il 0% e 10%.
- Il *Blocco B* ha una quota media di progetto di 165 mt s.l.m. ed è caratterizzata da una superficie con immersione circa verso SE. I valori di pendenza medi del blocco sono compresi tra il 0% e 10%.

Per quanto riguarda l'accessibilità al *Blocco A* nonché al *Blocco B1* si individua la una strada privata ad uso del fondo agricolo che confluisce nella S.P.103. La stessa Strada Provinciale consente anche l'accesso al *Blocco B2* ubicato a sud della stessa strada provinciale e sulla quale è posizionato un passo carraio.

Il baricentro dei due macro-blocchi che costituiscono l'impianto è individuato dalle seguenti coordinate:

	Latitudine	Longitudine	H media (s.l.m.)
Parco Agrivoltaico Blocco A	37° 23' 32.23" N	14° 35' 4.77" E	215 mt
Parco Agrivoltaico Blocco B	37° 22' 38.84" N	14° 35' 32.04" E	165 mt
Area SE Raddusa 380	37° 28' 9.53" N	14° 35' 15.33" E	229 mt

Tabella 1 – Coordinate assolute



Figura 3.1.1 – Ubicazione area di impianto dal satellite

3.2 Inquadramento cartografico

Il progetto ricade all'interno delle seguenti cartografie e Fogli di Mappa:

- Cartografia I.G.M. scala 1:50.000, fogli n°632 Valguarnera Caropepe e n.639 Caltagirone;
- Cartografia I.G.M. scala 1:25.000, tavolette n°632-II Raddusa e n.639-I Borgo Pietro Lupo;
- Carta tecnica regionale CTR, scala 1:10.000, n°632120-632150-632160-639030-639040.

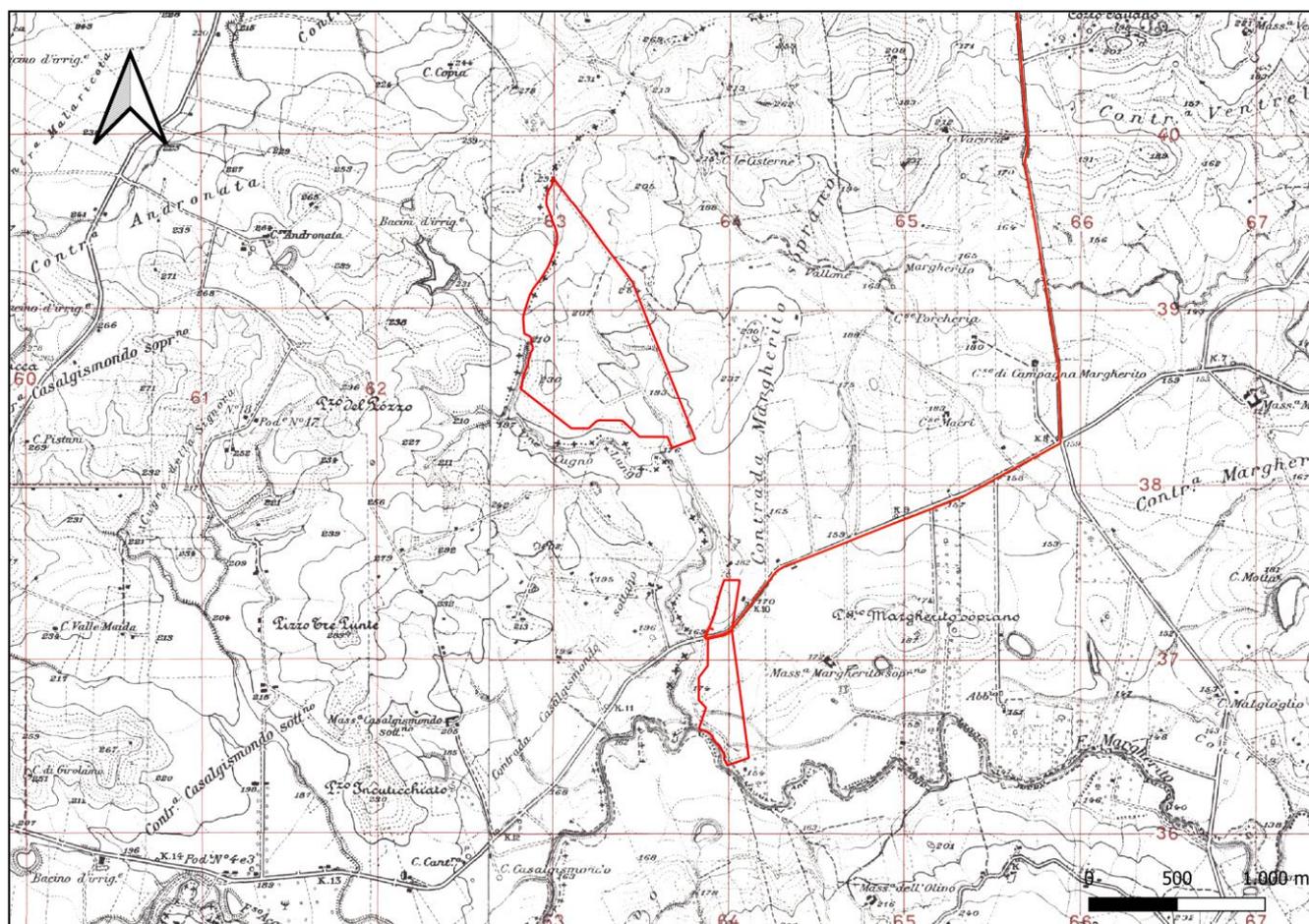


Figura 3.2.1 – Inquadramento del sito. IGM scala 1:25.000

Committente:

SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Progettista:



Pag. 8 | 62

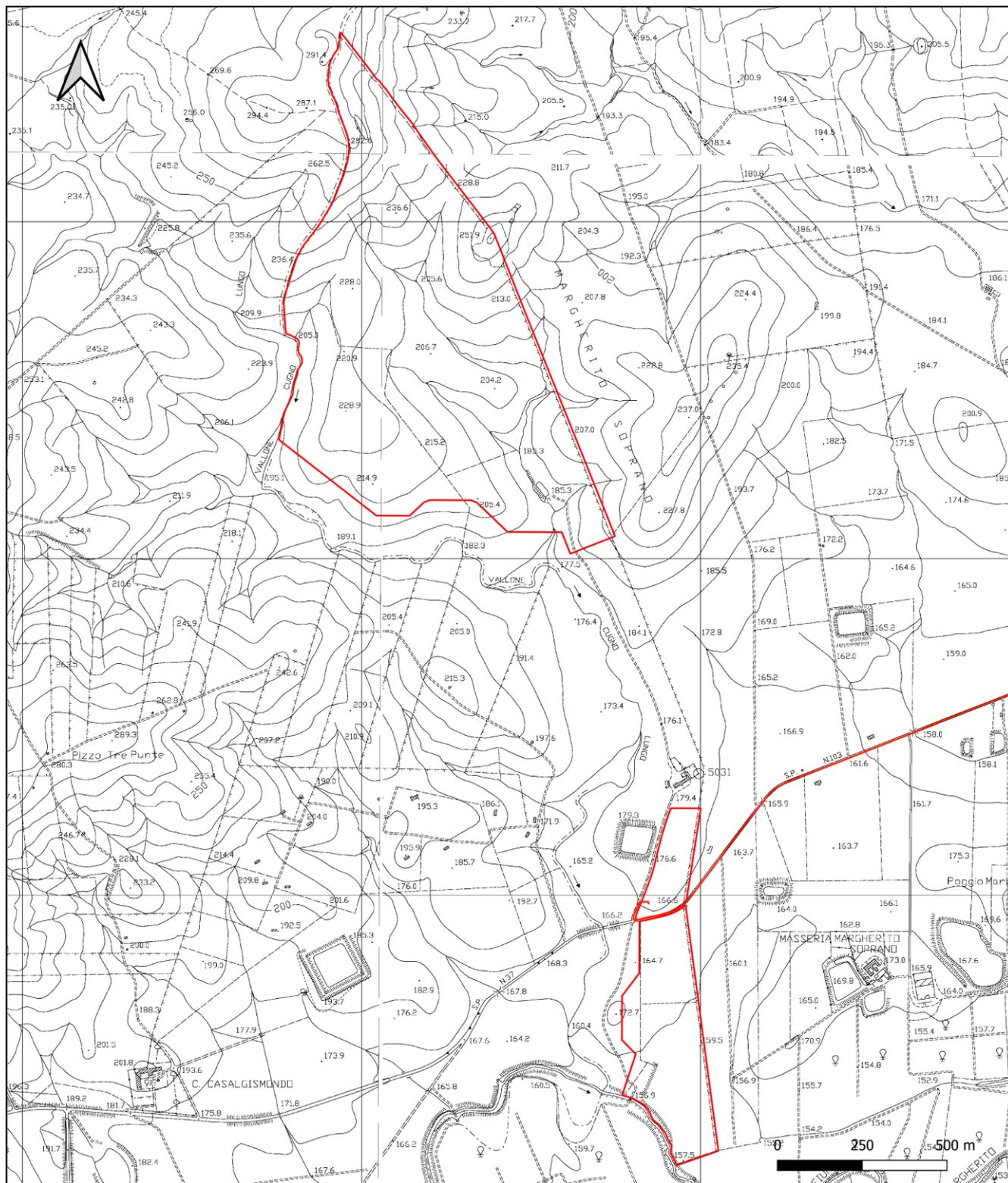


Figura 3.2.2 – Inquadramento del sito. Carta Tecnica Regionale scala 1:10.000

Committente:

SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Progettista:



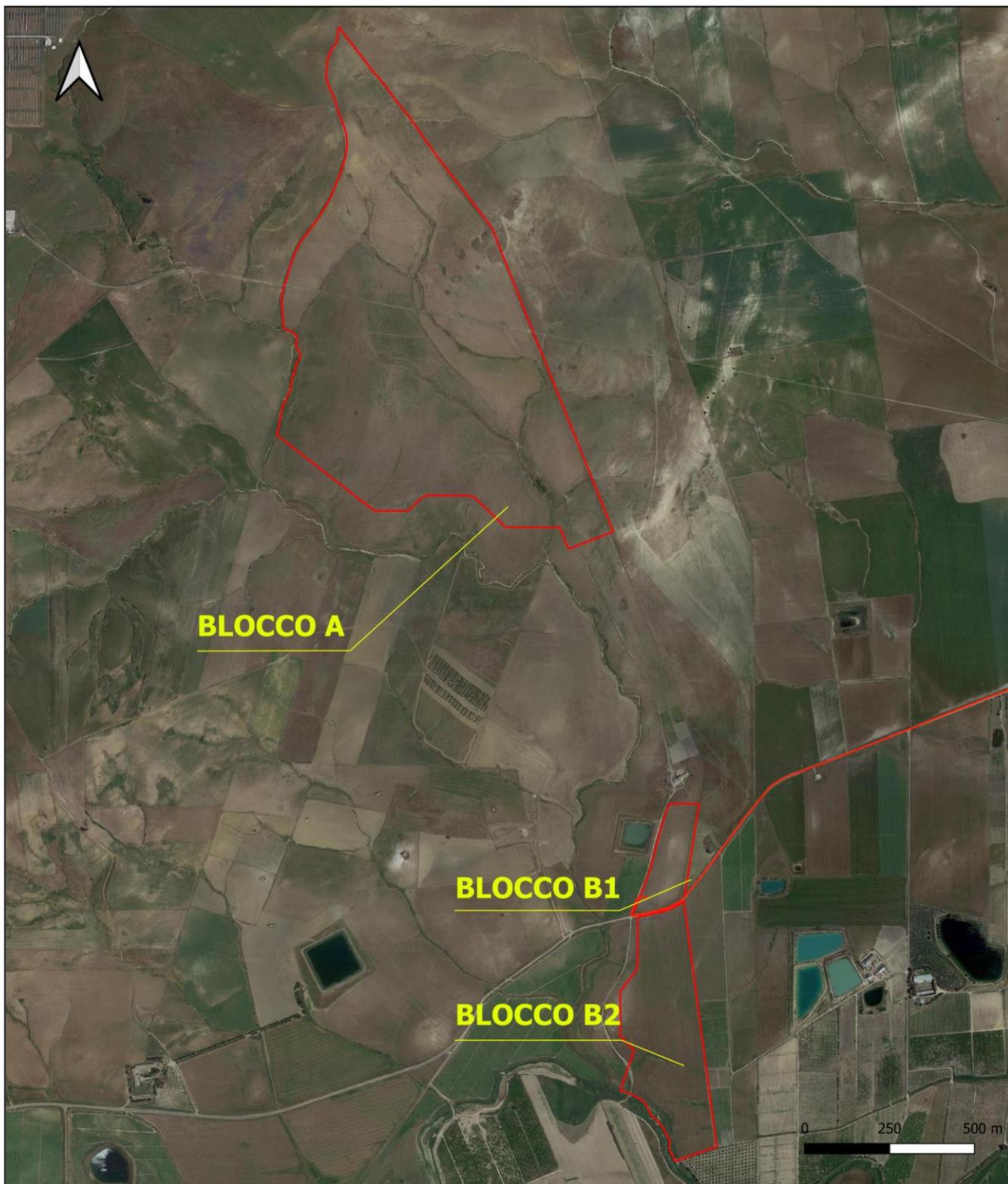


Figura 3.2.3 – Inquadramento su ortofoto

Committente:

SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Progettista:



Pag. 10 | 62

3.3 Inquadramento catastale

La Società Sorgenia Renewables S.R.L. ha stipulato un *contratto preliminare di cessione del diritto di superficie* con l'attuale proprietaria dei fondi oggetto dell'iniziativa. Gli estremi catastali del terreno oggetto del suddetto contratto sono riassunti nella tabella successiva e ricadono interamente nel Comune di Ramacca (CT).

Comune	Foglio	Particella	Superficie totale <i>ha are ca</i>	Superficie opzionata <i>ha are ca</i>	Tipo di contratto
Ramacca	131	2	93.35.80	76.88.74	Diritto di superficie
Ramacca	131	8	20.59.37	03.63.90	Diritto di superficie
Ramacca	132	131	08.96.19	03.28.32	Diritto di superficie
Ramacca	132	161	00.55.38	00.55.38	Diritto di superficie
Ramacca	132	162	00.01.93	00.01.93	Diritto di superficie
Ramacca	132	163	07.70.63	07.70.63	Diritto di superficie
Ramacca	132	164	00.31.77	00.31.77	Diritto di superficie
Ramacca	132	165	01.75.20	01.75.20	Diritto di superficie

Tabella 2 – *Dati catastali*

Pertanto, la superficie utilizzata per la realizzazione del campo agrivoltaico è pari a Ha 94.15.87. Le informazioni contenute in questo capitolo fanno riferimento a quanto contenuto nella Relazione Tecnica Generale di progetto (Rel. 01) alla quale si rimanda per ulteriori approfondimenti.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO GENERALE

Nel Mediterraneo centro-occidentale, la Sicilia costituisce un segmento di catena che si sviluppa lungo il limite tra la placca africana e quella europea, collega le Maghrebidi africane con la Calabria e gli Appennini e si estende dalla Sardegna fino alla piattaforma pelagiana.

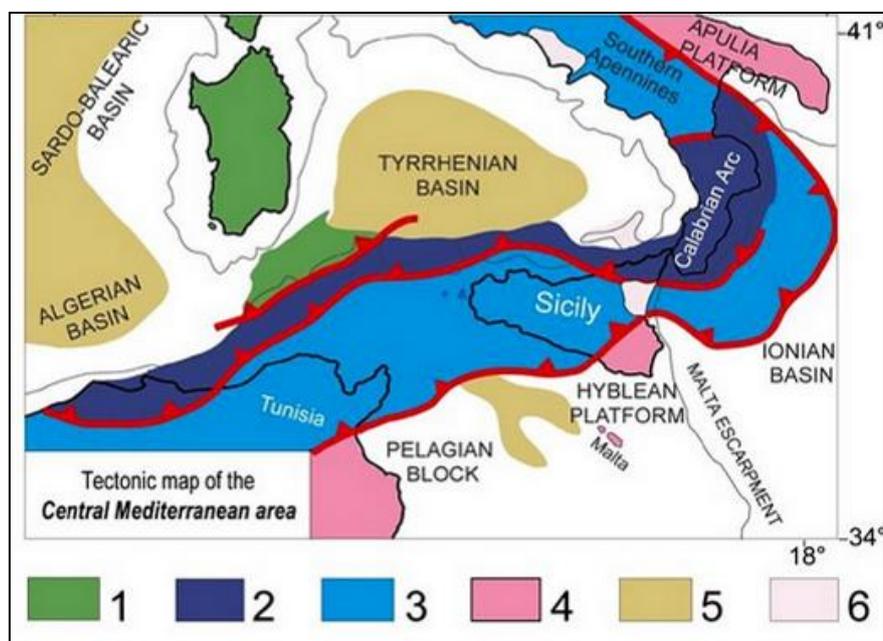


Figura 4.1 - Schema tettonico del Mediterraneo centrale 1) Corsica-Sardegna; 2) Arco Kabilo-Peloritano-Calabro; 3) Unità Appenninico-Maghrebidi e dell'avampaese deformato; 4) avampaese ed avampaese poco deformato; 5) aree in estensione; 6) vulcaniti plio-quadernarie

Dopo la fase orogenica alpina paleogenica, i movimenti compressivi più importanti di questo settore del Mediterraneo sono dovuti alla subduzione della crosta adriatico-ionica. In questo quadro la collisione del blocco sardo-corso con il margine continentale africano (Bellon et alii, 1977; Channell et alii, 1979; Dercourt et alii, 1986) è considerata comunemente come la causa primaria per la gran parte della deformazione compressiva nella catena sudappenninica-siciliana (Catalano et alii, 1996). Dal Miocene superiore, con la fine della rotazione del blocco sardo-corso, parte dell'orogene alpinoappenninico venne interessato da processi distensivi, associati con il progressivo arretramento del piano di subduzione, immergente verso NO, della placca adriatico-ionica al di sotto della Calabria, responsabili della formazione ed evoluzione del bacino tirrenico meridionale (Rehault et alii, 1987; Malinverno & Ryan, 1986; Faccenna et alii, 1996; Gueguen et alii, 1998).

Il complesso collisionale della Sicilia e del suo prolungamento offshore è caratterizzato da tre elementi tettonici principali:

a) un'area di avampaese, affiorante nella Sicilia sud-orientale e nel Canale di Sicilia a sud di Sciacca. La successione sedimentaria autoctona ricopre un basamento cristallino africano ed è costituita da circa 7 km di carbonati di piattaforma e di scarpata-bacino del Triassico, di carbonati pelagici del Giurassico-Eocene e di depositi clastici di piattaforma aperta del Terziario (Patacca et alii, 1979; Catalano & D'Argenio, 1982; Bianchi et alii, 1989; Antonelli et alii, 1991);

b) un'avanfossa recente, localizzata nell'offshore meridionale della Sicilia (Bacino di Gela) e nella regione iblea lungo il margine settentrionale dell'avampese dove è in parte sepolta dal fronte della catena;

c) una catena complessa, vergente verso SSE, spessa a luoghi più di 15 km, costituita (dall'interno verso l'esterno) da un elemento "europeo" (Unità Peloritane), un elemento "tetideo" (Unità Sicilidi) ed un elemento "africano" (Unità Appenninico-Maghrebidi). Le unità più interne disposte nell'offshore settentrionale dell'Isola sono generalmente collassate verso nord in relazione all'apertura del Tirreno centro-meridionale (Rehault et alii, 1987).

Recenti lavori, supportati da numerosi profili sismici a riflessione (Catalano et alii, 1998 c, 2000 a; Bello et alii, 2000), descrivono la catena siciliana come il risultato della sovrapposizione, da occidente ad oriente, di unità tettoniche pellicolari (risultanti dalla deformazione degli originari domini mesozoici sicilide, imerese e sicano) su un cuneo, spesso 6-7 km, di thrusts derivanti dalla deformazione di un originario dominio di piattaforma carbonatica (trapanese, saccense, panormide). L'insieme così strutturato poggia, a sua volta, sull'avampese non deformato che affiora nel Plateau ibleo e si continua nel Canale di Sicilia (ibleo-pelagiano).

Geologia area vasta di progetto

Il settore in studio ed un suo ampio intorno ricadono nel dominio di avanfossa noto come Bacino di Caltanissetta (Catalano & D'Argenio, 1982). Attivamente subsidente durante il Neogene ed il Quaternario, tale bacino, impostato su unità alloctone del Complesso Sicilide (Ogniben, 1960), è colmato da terreni post-orogeni mio-pliocenici e pleistocenici (Roda, 1971). In realtà, esso rappresenta un sistema di bacini sedimentari contigui, sintettonici, migranti in concomitanza con gli eventi di traslazione e raccorciamento che hanno interessato la catena Appenninico-maghrebide (Lentini et al., 1991).

I terreni affioranti nell'area, di età compresa tra il Cretaceo superiore ed il Quaternario, sono rappresentati da complessi alloctoni, quali argille scagliose del Cretaceo sup.-Eocene inf., lembi di argille marnoso - siltose e di calcari marnosi bianchi dell'Eocene (Formazione Polizzi), argille brune in alternanza con quarzareniti dell'Oligocene sup.-Miocene inf. (Flysch Numidico), argille varicolori con intercalazioni di siltiti e calcareniti dell'Oligocene-Miocene inferiore. Su questi complessi, poggiano in discordanza, termini terrigeni ed evaporitici, quali una successione argilloso-sabbioso-conglomeratica di età tortoniana (Formazione Terravecchia), delle Argille Brecciate di età variabile dal Tortoniano al Pliocene, in relazione alla posizione stratigrafica, da diatomiti bianche fogliettate del Messiniano (Tripoli), una sequenza di rocce evaporitiche di età Messiniana (Serie Gessoso Solfifera), costituita da Calcare di base e da Gessi, dei calcari marnosi biancastri del Pliocene inferiore (Trubi Auct.), marne e argille marnose grigio-azzurre del Pliocene.

Segue un complesso di calcareniti, sabbie e siltiti, di età compresa tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore. Esso è costituito da calcareniti giallastre, ben stratificate, in livelli di spessore variabile da pochi centimetri a qualche metro, con frequenti orizzonti fossiliferi, contenenti faune oligotipiche ad ostreidi e pettinidi, e da sabbie e limi argillosi, in livelli di vario spessore.

Sono inoltre presenti depositi lacustri limoso-sabbiosi di colore bruno nerastro del Pleistocene continentale e depositi alluvionali sabbioso-limosi con ciottoli che ricoprono i fondovalle dei corsi d'acqua principali.

Di seguito verrà descritta nel dettaglio la sequenza litostratigrafica delle formazioni riscontrate dai termini più recente a quelli più antichi affioranti nell'area oggetto di studio.

ALLUVIONI RECENTI ED ATTUALI (OLOCENE)

Si riscontrano all'interno degli alvei fluviali e all'interno dei solchi torrentizi di maggiore entità e sono caratterizzati da eterogeneità litologica e granulometrica.

Si tratta di rocce prevalentemente sciolte costituite da ghiaie, sabbie, sabbie limose, limi sabbiosi e limi palustri. Generalmente si presentano scarsamente addensate e dove prevalgono i limi sabbiosi e torbosi sono compressibili e molto plastici.

DEPOSITI EVAPORITICI (MESSINIANO)

Comprendenti i litotipi della Formazione Gessoso-Solfifera del Miocene superiore costituita da una successione di sedimenti prevalentemente evaporitici depositatisi nel Messiniano in seguito all'evaporazione dell'acqua di mare all'interno di ampi bacini.

Tale formazione è costituita da: Marne silicee (Tripoli), Calcare di Base, Gessi, argille, marne e depositi di Salgemma e Sali potassici. Nell'intorno dell'area di progetto sono presenti a luoghi sulla sommità degli alti strutturali il Tripoli e blocchi isolati di Calcare di base.

- *Tripoli*: Trattasi di un deposito pre-evaporitico originatosi in bacini a circolazione ristretta (bacini euxinici), come dimostra ad esempio la sottilissima laminazione ritmica. È dato da un'alternanza di diatomiti varvate di colore bianco crema, laminati calcaree da grigio ocracee a verdi a rosse per la presenza di ossidi, e marne tripolacee a grana siltitica o debolmente sabbiosa, in strati medio-sottili, a geometria lenticolare e poco estesi, di modesto spessore (qualche metro).

FORMAZIONE TERRAVECCHIA (TORTONIANO - MESSINIANO INF.)

I depositi sono costituiti in basso da una sequenza conglomeratica più o meno potente, passante verso l'alto a sabbie, arenarie, molasse calcaree, molasse dolomitiche, quindi ad argille ed argille marnose, spesso siltose, ricche di livelli sabbiosi di potenza variabile, talora anche con lenti conglomeratiche. Tale Formazione è costituita da due litofacies:

- *Litofacies sabbioso arenacea conglomeratica*: comprende le sequenze prevalentemente sabbiose, arenacee, ghiaiose e conglomeratiche presenti nella formazione. I conglomerati sono costituiti da conglomerati poligenici e ghiaie con elementi a spigoli arrotondati di natura arenacea e quarzarenitica. La sequenza continua con le sabbie e/o arenarie in cui si distinguono sabbie, sabbie limose ed arenarie, di colore da giallastro al tabacco e sabbie limose.
- *Litofacies argilloso marnosa*:
Si tratta di limi, limi sabbiosi, argille sabbiose ed argille, di colore variabile dal beige al grigio,

con intercalati sottili livelli sabbiosi che ne marcano la stratificazione. La tessitura è brecciata e talora a scaglie; la stratificazione è marcata dai sottili livelli sabbiosi intercalati. Le argille spesso si presentano piuttosto tettonizzate con giunti variamente orientati con superfici lucide.

ARGILLE VARICOLORI (CRETACEO INF. – MIOCENE INF.)

sequenze prevalentemente argillose delle successioni “Sicilidi”, che presentano caratteristiche di elevato scompaginamento tettonico e, quindi, di particolare vulnerabilità geomorfologica. Sono costituite da argilliti rosse e verdi intensamente tettonizzate con lenti di calcilutiti silicee, di calcari marnosi, di arenarie e di siltiti mangesifere. Solitamente i livelli calcilutitici e calcarenitici si infittiscono verso l'alto. Le argille sono spesso scagliettate e caotiche, in seguito a fenomeni di intensa tettonizzazione. Presentano inclusi blocchi di varia litologia (calcari con rudiste, blocchi basaltici, calcari con foraminiferi, ecc.) di grandi dimensioni.

FLYSCH NUMIDICO (OLIGOCENE SUP. - MIOCENE)

Il Flysch Numidico rappresenta un deposito oligo-miocenico depositatosi originariamente al tetto di successioni appartenenti a vari domini paleogeografici, scollatosi successivamente dal suo substrato mesozoico e ritrovandosi attualmente in scaglie sovrapposte tettonicamente a terreni diversi; esso, difatti, sembra costituire la copertura terrigena, con spessore massimo di circa 1500m, delle successioni appartenenti ai diversi bacini del Sistema Appenninico-Maghrebide.

In generale, questa formazione geologica è data, in tutta la sua estensione verticale da un’alternanza di argille e di quarzareniti gradate di colore grigio giallastre o rossastre. In generale nella parte bassa della formazione predominano le argille brune, nella parte mediana le quarzareniti mentre la parte superiore è caratterizzata da argille siltose o marnose grigio azzurre con intercalazioni di livelli sabbiosi e quarzarenitici.



Figura 4.1.2 – Carta litologica area bacino idrografico P.A.I. – Scala 1:50.000

4.1 Geologia aree impianto agrivoltaico

L'area oggetto di studio rientra nella Carta Geologica d'Italia "Paternò - F. 269" L. Mazzetti e R. Travaglia – Servizio Geologico Italiano anno 1878 in scala 1:100.000. Tale supporto cartografico è stato utilizzato come punto base per il rilevamento di dettaglio sul campo. Il rilevamento geologico è stato esteso ad una zona di ampiezza idonea ad individuare il contesto geologico e litostratigrafico dell'area di progetto.

Geologia BLOCCO A: Il substrato dell'area del blocco A è costituito prevalentemente dai litotipi afferenti alla Formazione del Flysch Numidico costituito da argille ed argilliti a struttura scagliettata consistenti e fortemente tettonizzate alternate a livelli di quarzarenite. Tale litotipo è ricoperto dalla frazione alterata del Flysch Numidico con comportamento di tipo pseudo plastico costituita da argille, argille limose e limi sabbiosi con inclusi elementi litici di natura quarzarenitica di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Nella zona NE, in prossimità del confine orientale del blocco, si delinea un alto strutturale dove affiorano rocce competenti di natura quarzarenitica e conglomeratica appartenenti sempre alla Formazione del Flysch Numidico. Nella zona Est, prevalentemente all'esterno del blocco A, si ritrovano litotipi afferenti alla Formazione Tripoli (Messiniano inf.) data dall'alternanza di diatomiti varvate di colore bianco crema, laminiti calcaree e marne tripolacee a grana debolmente sabbiosa in stati medio-sottili. Depositi alluvionali attuali e recenti interessano le aree dei principali corsi d'acqua e delle linee di impluvio presenti all'interno del blocco A, in particolare si ritrovano nella zona Sud e SE in prossimità del Vallone Cugno e nelle aree delle linee impluvio interne al blocco. Si tratta depositi costituiti da banchi di ciottoli, blocchi quarzarenitici di diverse dimensioni e livelli ghiaioso e/o sabbioso di estensione limitata.

Geologia BLOCCO B: Il blocco B1 insiste prevalentemente sulle litologie afferenti alle del Flysch Numidico come il blocco A mentre il Blocco B2 è caratterizzato dal passaggio a litotipi costituiti da materiale eluvio-colluviale afferenti ai depositi alluvionali sciolti e poco consistenti. Nella zona Ovest, in prossimità del confine del blocco B2, affiorano litotipi afferenti alle le marne tripolacee della Formazione Tripoli con presenza di blocchi litici di dimensioni da centimetriche a decimetriche di natura verosimilmente marnosa e marnosa-argillosa. Una superficiale alterata di terreno vegetale ricopre i litotipi del substrato del blocco B.

Geologia percorso dorsale interrata: La dorsale di collegamento interrata, per il vettoriamento dell'energia elettrica, collegherà l'area dell'impianto con la Sottostazione Elettrica e si svilupperà per una lunghezza complessiva di circa 13,2 Km attraversando diverse litologie a grandi linee di seguito descritte (*dati geologici riferiti alla Carta Geologica 1:100.000 della SGI – ISPRA*).

Nel tratto iniziale all'uscita del blocco B attraverserà i depositi alluvionali recenti per poi attraversare le argille scagliose variegata dell'eocene medio costituite da litotipi argillosi con inclusi blocchi di diversa litologia e dimensioni. A seguire, in prossimità del Fiume Gorganalunga per una lunghezza di circa 1,6 Km, si ritrovano i depositi alluvionali recenti per poi continuare nuovamente sulle argille scagliose variegata fino alla SE la quale insisterà sui depositi argillosi del Flysch Numidico (Oligocene sup – Langhiano inf).

Si rimanda alla tavola di progetto TAV. B.1.18 "Carta Geologica" per ulteriori approfondimenti.

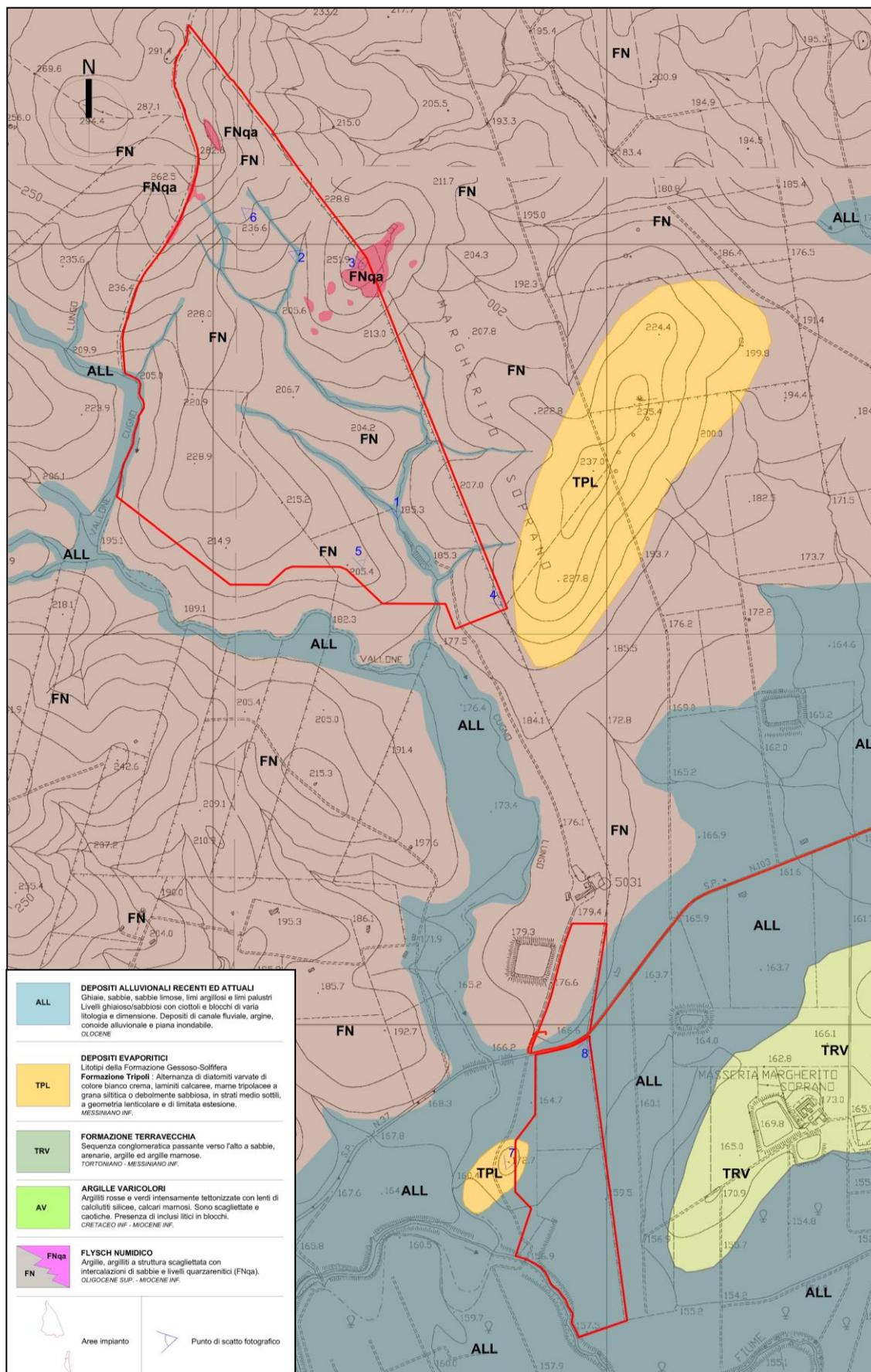


Figura 4.1.1 – Stralcio Carta Geologica blocchi di progetto – scala 1:10.000

Committente:

SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Progettista:



Pag. 17 | 62

Le aree dell'impianto agrivoltaico, sulla base di quanto riportato dalla mappa estratta dalla banca dati del progetto Ithaca (ITaly HAZard from Capable faults) sviluppato dal Servizio Geologico d'Italia - ISPRA, non risultano essere attraversate da faglie attive e capaci "faglie in grado di produrre una significativa deformazione tettonica permanente in superficie".

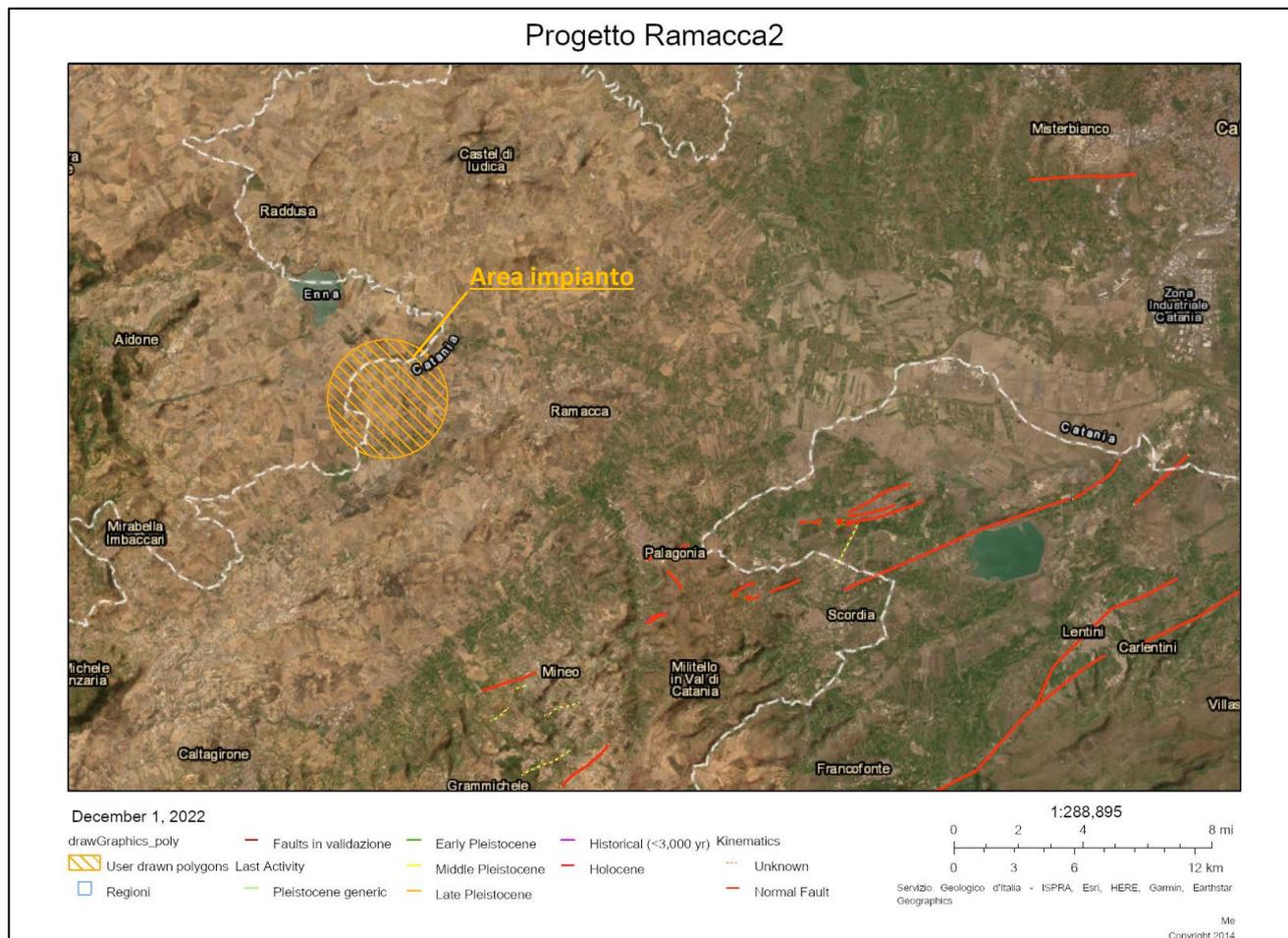


Figura 4.1.2 – Stralcio Carta ITHACA

5. INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'area vasta di progetto è caratterizzata dall'alternanza di forme pianeggianti e collinari con affioramenti sui rilievi più alti di depositi rocciosi coerenti di natura prevalentemente evaporitica e quarzarenitica. Le morfologie meno acclivi e maggiormente arrotondate sono interessate da affioramenti di terreni di natura argillosa ed argilloso-marnosa con comportamento di tipo plastico i quali, essendo facilmente erodibili e dunque modellabili ad opera degli agenti esogeni, conferiscono al paesaggio una morfologia blanda, con versanti da poco a mediamente acclivi e solcati da una serie di impluvi e valloni ramificati, più o meno incisi. Il territorio nell'intorno dell'area di progetto è interessato da un elevato numero di dissesti di diversa tipologia, stato e grado di attività. Fenomeni erosivi e dissesti di tipo colamenti superficiali lenti caratterizzano i litotipi argillosi mentre fenomeni di crollo, seppur limitati, interessano i litotipi calcarei e gessosi della serie evaporitica. In generale, sotto il profilo della dinamica geomorfologica nell'area in esame i principali processi geomorfologici sono rappresentati da locali limitati fenomeni di crollo e ribaltamento nell'intorno dei litotipi lapidei caratterizzati da versanti acclivi ed aggettanti. Nelle porzioni di versante costituiti invece da depositi prevalentemente plastici, caratterizzati da un assetto morfologico collinare molto blando e arrotondato, il principale processo morfodinamico che influenza e caratterizza questa porzione del territorio è quello legato ai fenomeni di soliflusso e di colamento lento dovuto alle acque meteoriche, e più raramente a fenomeni di tipo scorrimento o frane complesse.

L'evoluzione geomorfologica maggiore è causata dall'azione dell'erosione idrica dovuta allo scorrimento delle acque libere e delle acque incanalate nelle linee di impluvio.

5.1 Studio plano-altimetrico dell'area impianto

L'analisi geomorfologica di dettaglio dell'area, oltre che al rilevamento in situ, è stata effettuata tramite la realizzazione di uno studio plano-altimetrico (vedi tavole di progetto B.2.1 e B.2.2) sviluppato grazie all'uso di software che analizzano gli aspetti topografici del territorio basandosi su rilievi satellitari. In particolare sono state ricavate le seguenti carte relative all'area dell'impianto:

- ✓ **Carta delle curve di livello**
- ✓ **Carta delle analisi quote altimetriche**
- ✓ **Carta delle analisi pendenze**

Carta delle curve di livello (equidistanza 2,00 mt)

BLOCCO A: La superficie topografica del blocco A risulta immergere a grandi linee verso SSE con andamento morfologico non costate in quanto la superficie topografica risulta essere interrotta da linee d'impluvio più o meno importanti le quali, creano aree con immersioni topografiche convergenti verso gli impluvi stessi. Le quote altimetriche maggiori si ritrovano nella parte Nord del blocco (quota max 288 mt s.l.m.) mentre le quote minori nella parte Sud (quota min 184 mt s.l.m.). Il settore più a Nord del blocco A mostra una superficie immergente verso ESE con andamento circa omogeneo. Nella zona NE, in prossimità del confine orientale del blocco, si delinea un alto strutturale

con quota max 248 mt, dove affiorano rocce competenti di natura quarzarenitica, alla base del quale si delinea in impluvio con direzione circa NNW-SSE. Nella zona centro meridionale la superficie orografica assume la forma collinare con direzione di sviluppo planimetrico circa NW-SE e con quota altimetrica maggiore di circa 226 mt slm. Tale area è confinata lato orientale da una linea d'impluvio con direzione circa NW-SE e nel lato occidentale dal Vallone Cugno Lungo. In generale quindi la superficie topografica del blocco A è di tipo misto da sub-pianeggiante a sub-collinare.

BLOCCO B: Le aree del blocco B sono caratterizzate da superfici topografiche immergenti verso SE con andamento omogeneo e costante. Le quote altimetriche maggiori si ritrovano nella parte NW del blocco settentrionale (quota max 178 mt s.l.m.) mentre le quote minori nella parte Sud del blocco meridionale (quota min 158 mt s.l.m.). La parte occidentale di quest'ultimo blocco è caratterizzata da un lieve rialzo topografico fino a quota 170 mt con immersione topografica verso Est in direzione del blocco di progetto. In generale quindi la superficie topografica del gruppo B è di tipo sub-pianeggiante.

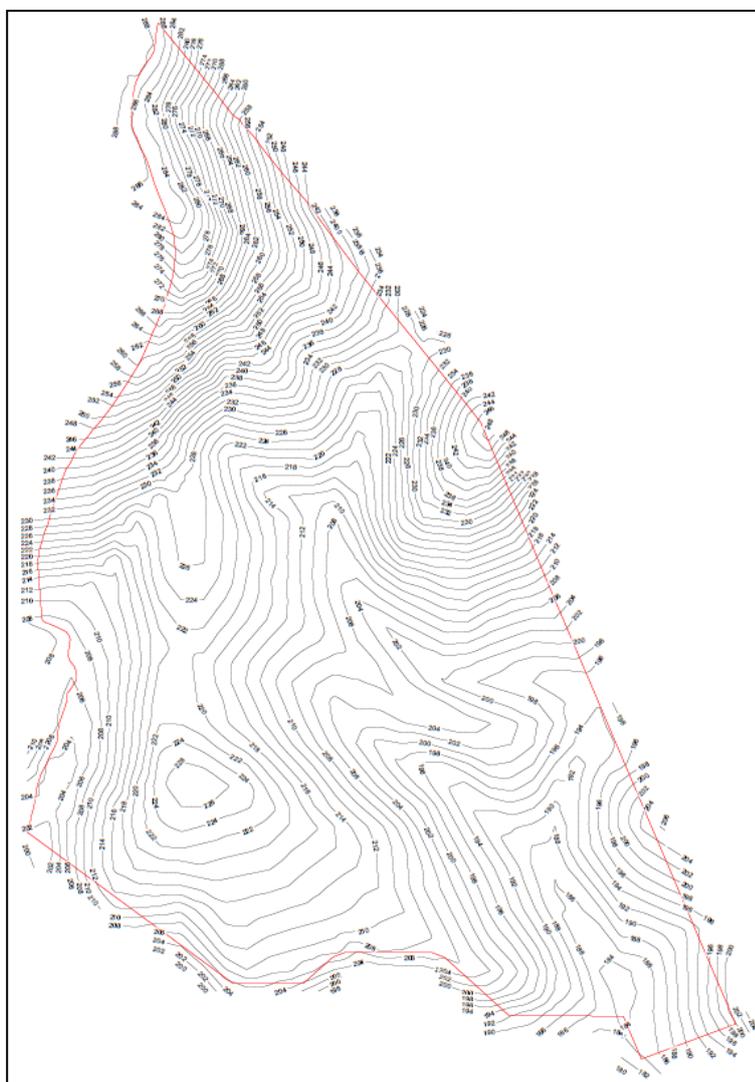


Figura 5.1.1 – Carta curve di livello Blocco A

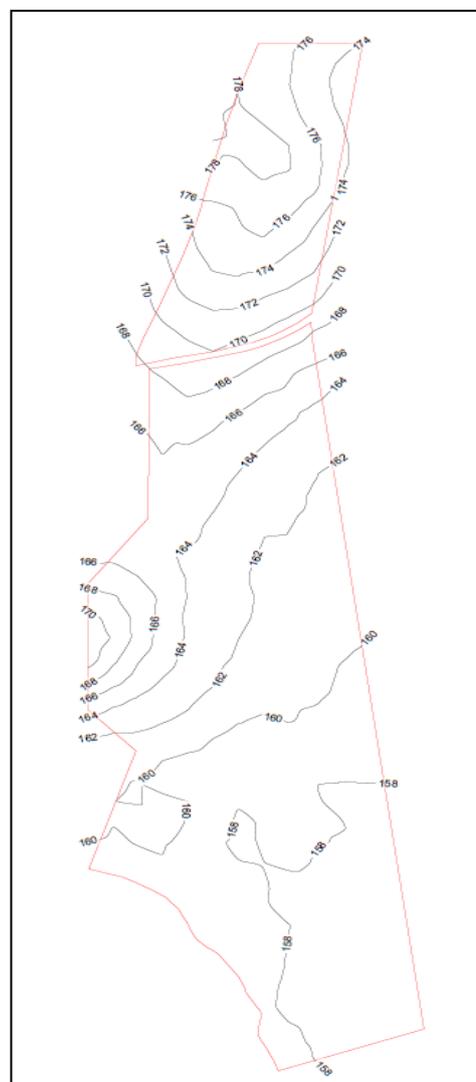


Figura 5.1.2 – Carta curve di livello Blocco B

Carta delle analisi quote altimetriche

La carta delle analisi quote altimetriche ci restituisce la superficie del lotto in esame settorializzata sulla base dei valori delle quote altimetriche riscontrate. L'area viene suddivisa in settori caratterizzati da range di quota di 10 mt.

BLOCCO A

Le classi di quota altimetrica che rappresentano maggiormente il blocco A sono quelle tra 210,00 e 220,00 mt con una percentuale del 21,65% quindi, si attribuisce come valore medio della quota altimetrica di progetto del blocco A il valore di 215,00 mt s.l.m.

BLOCCO B

Le classi di quota altimetrica che rappresentano maggiormente il blocco B sono quelle tra 160,00 e 170,00 mt quindi, si attribuisce come valore medio della quota altimetrica di progetto il valore di 165,00 mt s.l.m.

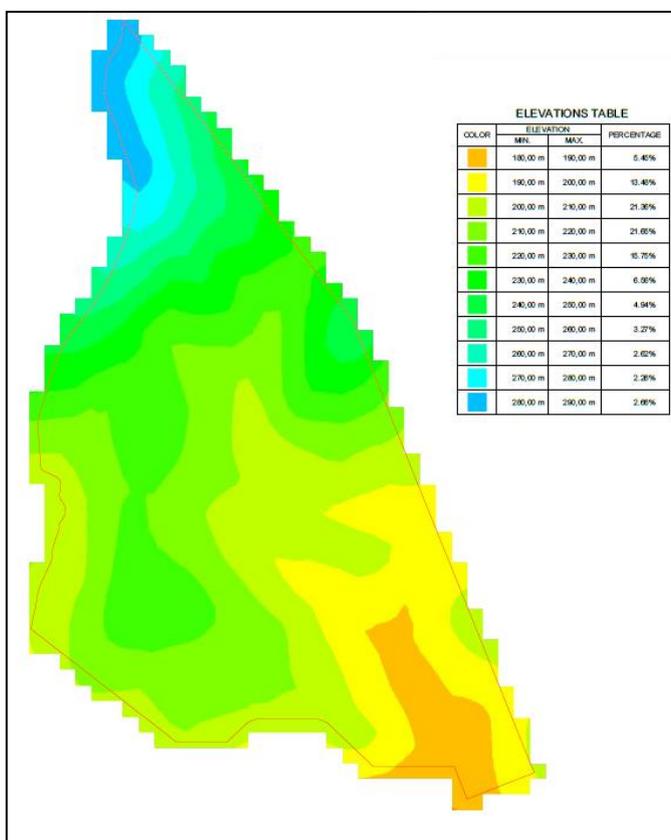


Figura 5.1.3 – Carta analisi quote altimetriche Blocco A

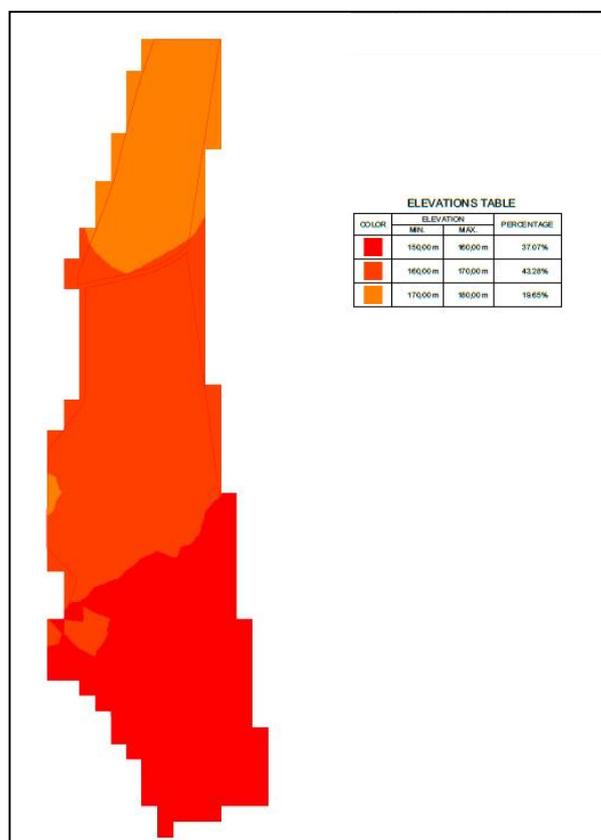


Figura 5.1.4 – Carta analisi quote altimetriche Blocco B

Carta delle analisi pendenze

La carta delle analisi delle pendenze ci descrive invece la distribuzione in percentuale delle pendenze del terreno riscontrate nei lotti in esame.

BLOCCO A: Valori di pendenza tra 0 e 10% rappresentano maggiormente il blocco A con un'incidenza di circa il 38,00% dell'intera superficie; tali aree si ritrovano prevalentemente nella parte centrale e meridionale del blocco.

A seguire il range di pendenza tra 10 e 15% caratterizza circa il 36,00% dell'intera superficie e si individuano in quelle superfici disposte per la maggior parte in prossimità delle linee di impluvio.

Sono presenti anche superfici con valori di pendenza maggiori del 15% rappresentativi di circa il 26% della superficie del blocco e si ritrovano prevalentemente nella zona N ed in prossimità dell'alto strutturale a NE del blocco.

BLOCCO B: Tale blocco è sub-pianeggiante con valori di pendenza che rientrano nel range 0 – 10% per quasi tutta l'estensione. Solamente nella zona occidentale del blocco B2 si ritrova un piccolo lembo con valore del range 10-15%.

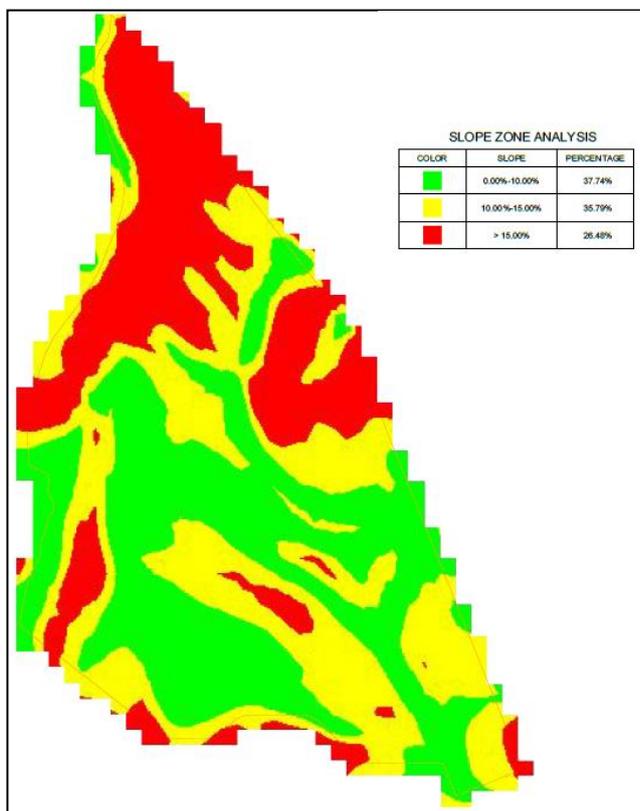


Figura 5.1.5 – Carta analisi pendenze Blocco A

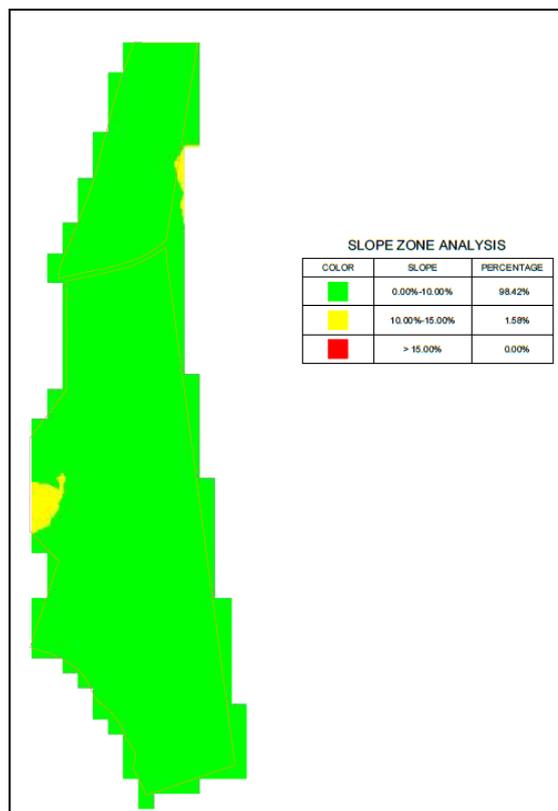


Figura 5.1.6 – Carta analisi pendenze Blocco B

Per tutto quanto sopra descritto in merito allo studio plano-altimetrico delle aree blocchi analizzati, si rimanda ai progettisti incaricati la valutazione relativa allo sviluppo del layout di progetto per l'ubicazione dei pannelli fotovoltaici e delle relative opere accessorie (tipologie fondazioni ed opere idrauliche) in quanto risulta fondamentale tenere in considerazione lo stato di fatto morfologico e topografico delle aree. Particolare attenzione deve essere posta alle aree con pendenza maggiore del 15%.

5.2 Caratteri geomorfologici dell'area impianto

L'evoluzione geomorfologica dell'area di progetto è subordinata prevalentemente ai processi di dilavamento del suolo legati alle acque piovane il cui scorrimento superficiale innesca azioni erosive sulla coltre vegetale.

L'area del blocco A è interessata da linee di impluvio e valloni anche importanti che fungono da collettori principali di raccolta delle acque meteoriche e sono interessate quindi dallo scorrimento delle stesse solamente in caso di fenomeni piovosi intensi, restando quasi sempre in condizioni di asciutto.

Le aree prossime ai corsi d'acqua e/o linee di impluvio sono soggette all'azione erosiva delle acque di precipitazione che, in concomitanza alla bassa resistenza all'erosione dei litotipi argillosi, erodono e trasportano materiale detritico e fangoso, creando condizioni favorevoli all'innescamento di fenomeni franosi in prossimità delle sponde degli impluvi con relativo scalzamento al piede dei versanti adiacenti.

Considerando le condizioni litologiche e morfologiche del blocco A è possibile l'instaurarsi di fenomeni di scivolamenti poco profondi della coltre superficiale in prossimità di pendenze elevate. Tale fenomeno potrebbe avvenire a causa delle acque meteoriche che andrebbero a sovra saturare lo spessore di coltre agraria superficiale che quindi, a causa dell'aumento delle pressioni interstiziali e della pendenza del versante, potrebbero scivolare per effetto della gravità dando luogo principalmente a movimenti del terreno quali soliflusso, reptazione e colamenti lenti che rappresentano comunque la normale dinamica morfo-evolutiva di tali litotipi.

All'interno delle aree di progetto (blocchi A e B) allo stato di fatto comunque non si hanno evidenze di fenomeni gravitativi attivi o quiescenti.

Fenomeni di ristagno idrico potrebbero verificarsi invece in aree caratterizzate da superfici sub-orizzontali specialmente nel blocco B nel quale, a causa delle litologie poco permeabili ed in concomitanza ad eventi di pioggia intensi, potrebbe essere possibile riscontrare tale problematica.

Quindi, le maggiori criticità geomorfologiche rilevate all'interno dei blocchi di progetto ed in particolare nel blocco A sono di tipo erosivo in quanto i litotipi argillosi, facilmente erodibili, mostrano evidenze di rapide evoluzioni morfologiche con alvei in approfondimento a seguito precipitazioni di forte intensità e lunga durata.

Per quanto descritto quindi è necessario evitare il posizionamento delle strutture portanti dei pannelli e delle opere accessorie in prossimità delle linee di impluvio e dei solchi erosivi, inoltre è fondamentale prevedere un sistema adeguato di regimazione delle acque meteoriche, tramite ad esempio la realizzazione di fossi di guardia, col fine regimentare il flusso evitando il ruscellamento diffuso e quindi mitigando l'azione erosiva sulle coltri superficiali onde salvaguardare le opere di progetto.



Figura 5.2.1 – Panoramica area blocco A con presenza di solchi erosivi effimeri (sheet erosion)

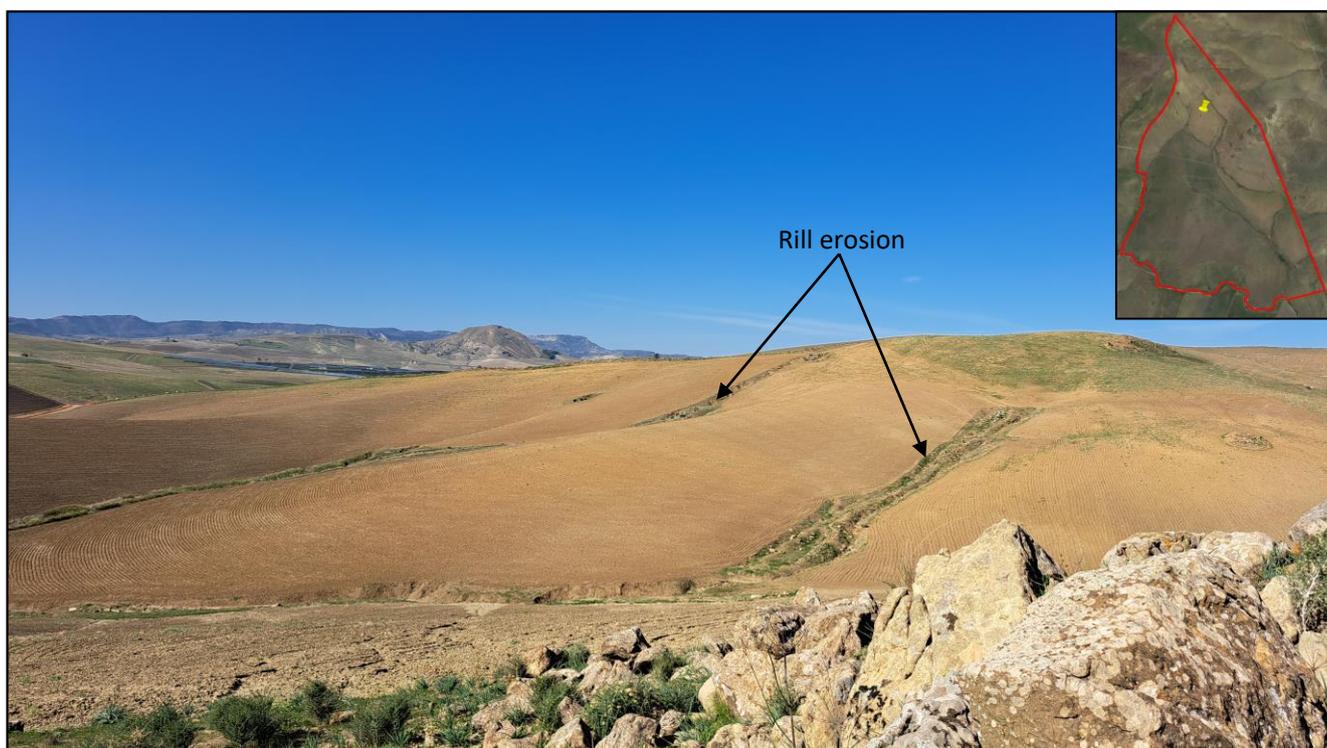


Figura 5.2.2 – Panoramica area blocco A con presenza di solchi erosivi stabilizzati (rill erosion)

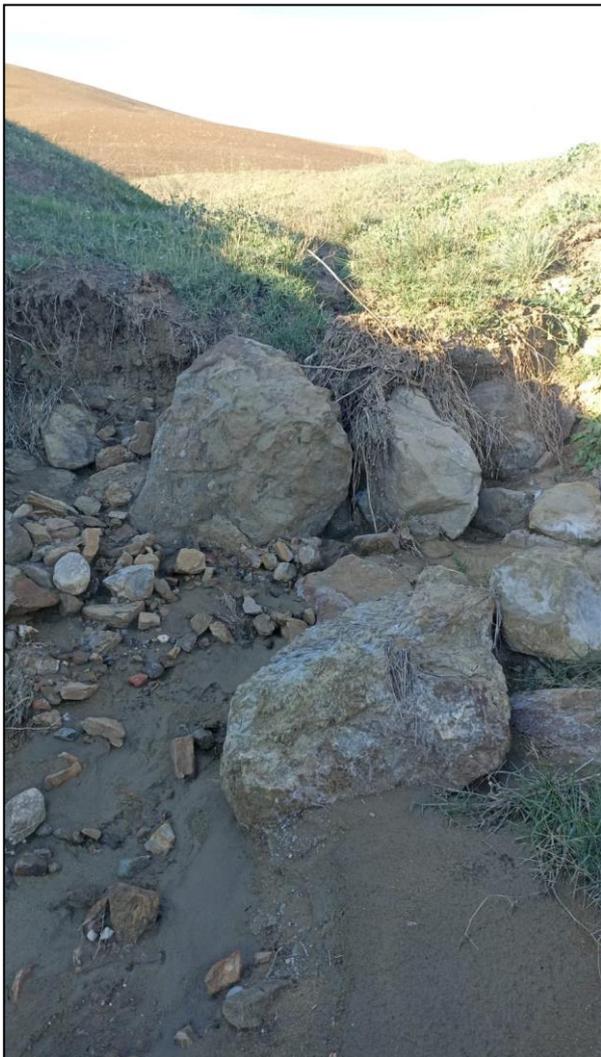


Figura 5.2.3 – Particolare linea impluvio con grandi blocchi quarzarenitici trasportati e depositati



Figura 5.2.4 – Particolare solco erosivo su coltre superficiale



Figura 5.2.5 – Sistemazione con gabbionata lungo la linea di impluvio principale

5.3 P.A.I. e Vincolo Idrogeologico

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

Il sito oggetto di studio ricade nell'area territoriale del Bacino idrografico del Fiume Simeto (Bacino n.094) del PAI con il quale, dallo studio della relativa cartografia di dettaglio, è stato possibile confermare l'assenza all'interno delle aree di progetto dei blocchi A e B di fenomeni gravitativi in atto. Si evidenzia l'interferenza nel tratto finale della dorsale di collegamento a 36 kV (a circa 1 Km in linea d'aria dall'area dedicata alla SE Raddusa 380) con un dissesto censito dal PAI come di seguito specificato:

- Sigla dissesto 094-3RM-093
- Bacino idrografico Bacino idrografico del F. Simeto (094)
- Comune Ramacca
- Località Vallone Sette Sarme
- CTR 632120
- Tipologia Dissesti dovuti a processi erosivi intensi
- Stato di attività Attivo
- Pericolosità 2 (Media)
- Rischio 2 (Medio)

L'area identificata con il dissesto sopra citato è ubicata in prossimità della S.P. 182, nella quale sarà realizzato lo scavo per la posa della dorsale di collegamento che trasferirà l'energia dall'area dell'impianto fino all'area SE Raddusa 380. Nell'intorno dell'area censita a dissesto P2, allo stato di fatto, non si notano evidenze di evoluzione geomorfologica tale da compromettere la funzionalità della dorsale né la realizzazione della stessa potrà aggravare le condizioni dell'area ad oggi in essere. Le problematiche dell'area censita a dissesto sono attribuibili all'erosione da parte delle acque meteoriche sulle linee di impluvio in prossimità dell'infrastruttura viaria le quali, potrebbero erodere soprattutto la zona di sottoscarpa stradale. La dorsale di collegamento sarà realizzata sulla S.P. 182 e non interferirà in alcun modo sui corsi d'acque e/o linee di impluvio in prossimità dell'area censita a dissesto sopra citato.

Lo scavo in trincea necessario per la posa del cavidotto sarà effettuato con una sezione di scavo ridotta prevedendo il rinterro completo dello scavo a lavoro ultimato e si dovrà procedere, durante le fasi di scavo, a brevi tratti avendo cura di ricoprire il prima possibile lo scavo dopo la posa del cavidotto, per passare al tratto immediatamente successivo.

Quindi, per l'interferenza del dissesto censito dal PAI con l'attraversamento nella parte terminale della dorsale di collegamento, non si evidenziano future condizioni di instabilità dell'area a seguito la realizzazione di quanto previsto.



Figura 5.3.1 – Interferenza dorsale con area censita a P2 cod. 094-3RM-093 – vista su ortofoto

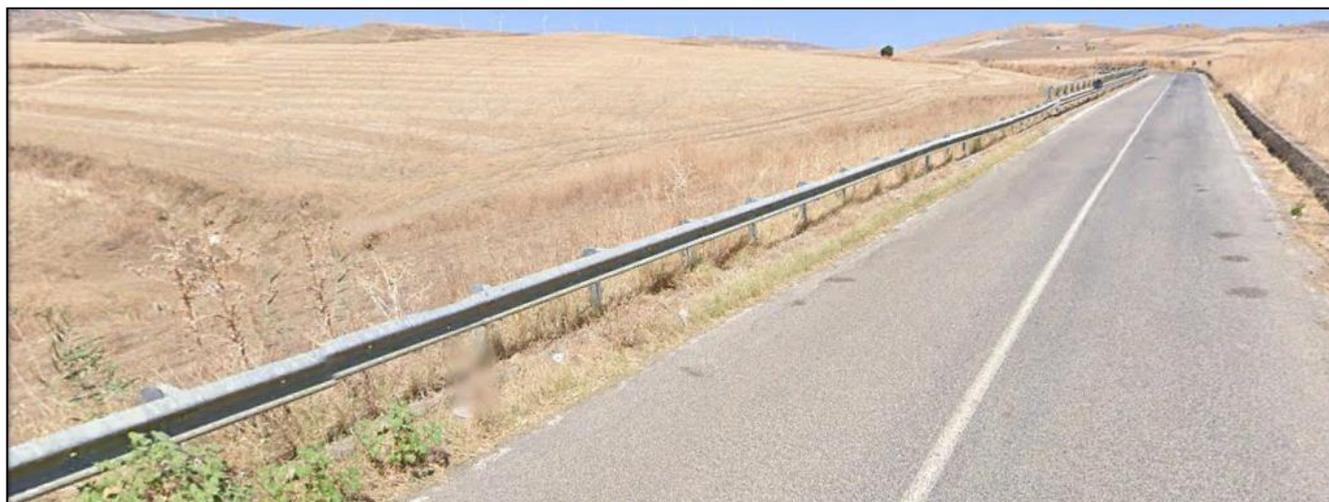


Figura 5.3.2 – Immagine tratto SP 182 censita a R2 cod. 094-3RM-093

Per quanto riguarda i fenomeni di dissesto idraulico risulta che le aree di progetto (blocchi A e B) non sono interessate da situazioni di pericolosità e/o rischio di questo tipo.

Dal punto di vista idraulico è altresì presente l'interferenza della dorsale MT nel tratto dove la S.P. 73 attraversa il Fiume Gornalunga. Tale area ricade in zona con pericolosità alta P3 e rischio idraulico medio R2 ragion per cui si consiglia di realizzare l'attraversamento tramite T.O.C. (trivellazione orizzontale controllata).

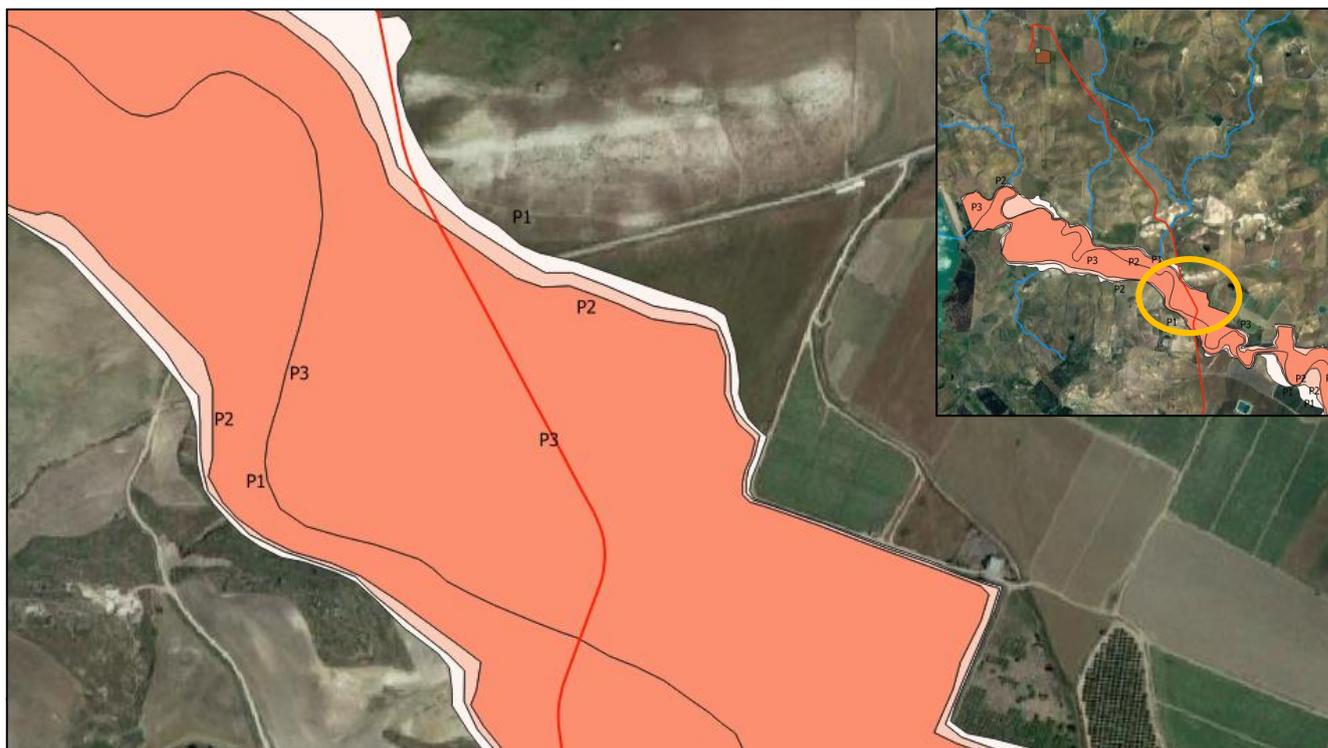


Figura 5.3.3 – Interferenza dorsale con area censita a pericolosità idraulica – vista su ortofoto

Si evidenzia inoltre che i blocchi di progetto e la dorsale di collegamento ricadono in aree non soggette a Vincolo Idrogeologico ai sensi del R.D. n. 3267/1923 ed al relativo regolamento n. 1126/1926.

Per ulteriori dettagli sull'analisi vincolistica, si rimanda alle relative tavole e relazioni allegate al progetto.

6. CARATTERIZZAZIONE LITOLOGICA E GEOTECNICA

In questo capitolo vengono analizzate e descritte le caratteristiche fisico-meccaniche delle lito-facies che caratterizzano il sedime di fondazione dell'area oggetto di studio ricavate grazie ad una opportuna campagna di indagine programmata come di seguito specificata:

BLOCCO A

- Nr. 7 prove penetrometriche (P)
- Nr. 4 Tomografie sismiche superficiali 2D (T)
- Nr. 1 indagini sismiche di tipo MASW in accordo con il D.M. 17.01.2018

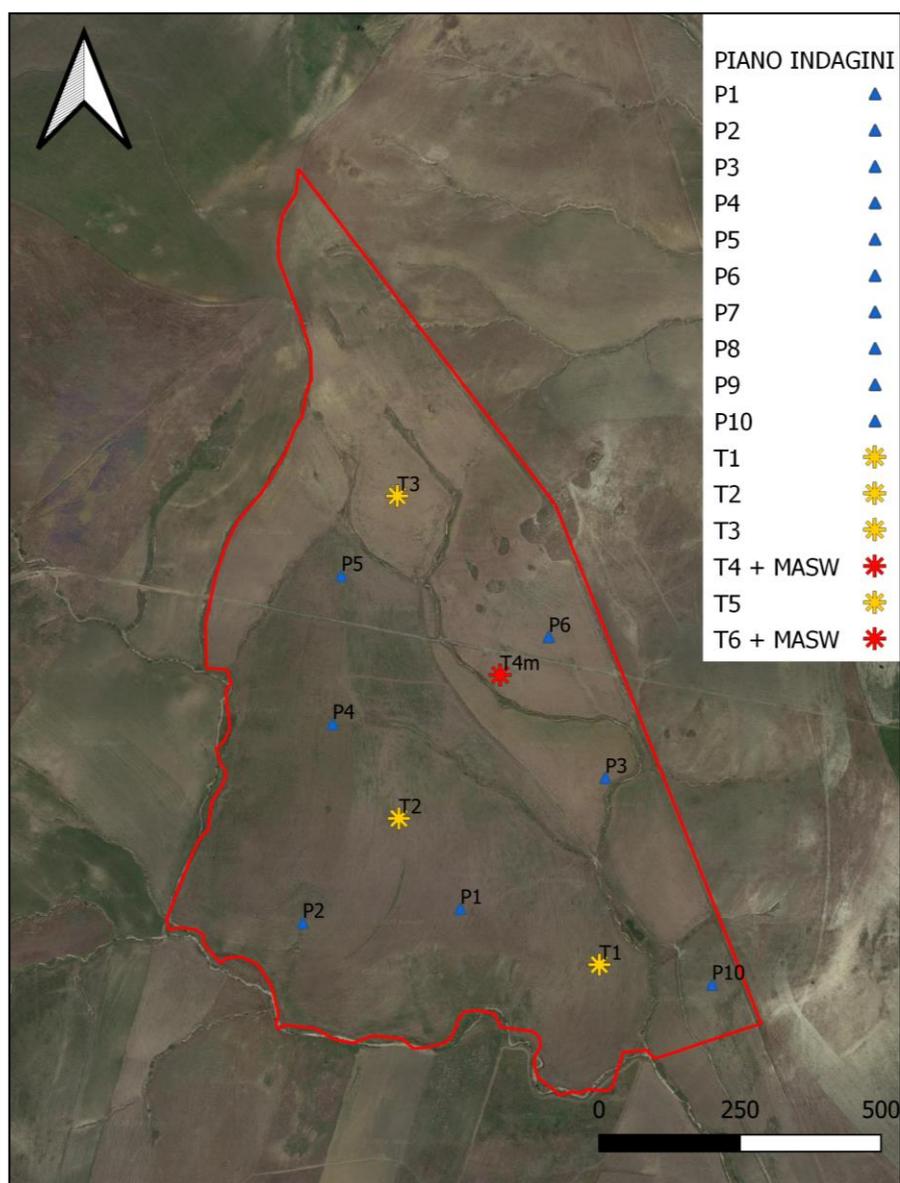


Figura 6.1 – Ubicazione indagini geologiche effettuate – Blocco A

BLOCCO B

- Nr. 3 prove penetrometriche
- Nr. 2 Tomografie sismiche superficiali 2D
- Nr. 1 indagini sismiche di tipo MASW in accordo con il D.M. 17.01.2018

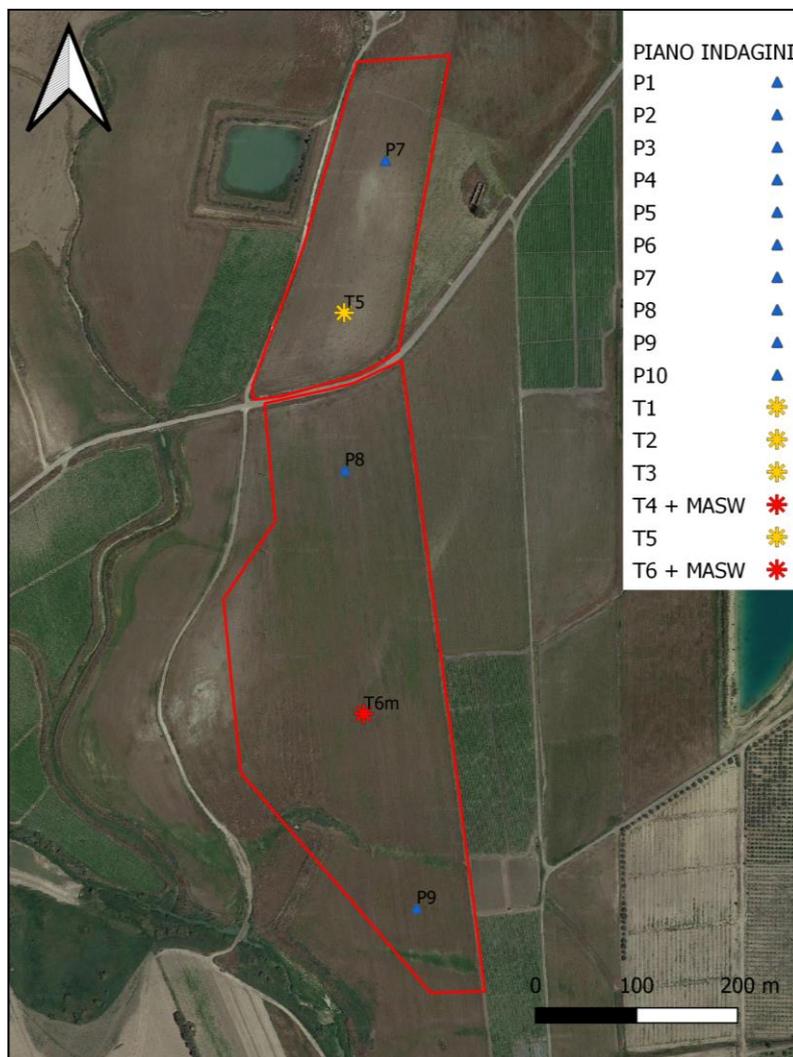


Figura 6.2 – Ubicazione indagini geologiche effettuate – Blocco B

Indagini geofisiche

Le indagini geofisiche sono delle indagini di tipo “indiretto” (a differenza dei sondaggi geognostici), poiché misurano la variazione di determinate proprietà fisiche dei terreni da cui poter elaborare dei modelli geologici del sottosuolo. Più nel dettaglio, la misura delle variazioni di tali parametri geofisici e la loro successiva elaborazione consente di definire la geometria e le caratteristiche dei corpi geologici sepolti. I principali utilizzi nel settore geo-ingegneristico corrispondono alla definizione del profilo litostratigrafico, la localizzazione della profondità del substrato o del basamento roccioso, l’individuazione di cavità sotterranee, individuazione di strutture o elementi artificiali sepolti e l’individuazione della superficie della falda freatica o di corpi idrici sotterranei.

Metodo MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali Vs, basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo.

Per quanto concerne i risultati delle MASW effettuate nell’area di progetto sono stati ricavati grazie alle prove effettuate, i modelli stratigrafici rappresentanti i relativi sismostrati le cui caratteristiche fisico-meccaniche risultano migliorare con la profondità d’indagine.

Da quanto sopra esposto, sono stati calcolati i seguenti valori di Vs30 (m/s) e quindi le relative categorie di sottosuolo ai sensi della NTC 2018:

	MASW	Valore Vs 30 (m/s)	Categoria sottosuolo
BLOCCO A	04	421,00	B
BLOCCO B	06	351,00	C

Per i valori dei moduli elastici caratteristici dei sismostrati ed altri dettagli si rimanda alla Relazione Geofisica allegata.

Tomografia sismica superficiale

Il metodo della sismica consiste nel caratterizzare dinamicamente, tramite la misura delle velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) o delle onde di taglio (Onde S), le unità litologiche presenti nell’area di indagine e determinarne così, la geometria, gli spessori e i contatti delle unità litotecniche riscontrate.

In particolare, il metodo della tomografia sismica superficiale, consente di individuare apprezzabili variazioni delle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo, permettendo di ottenere un modello di distribuzione delle velocità mediante la restituzione di una mappa di tipo “profondità-velocità”, dove è possibile ricostruire con buona approssimazione, la geometria dei materiali di copertura e anche, tramite la variazione progressiva della velocità nel sottosuolo, individuare quelle

aree in cui i materiali risultano avere maggior grado di costipazione e quindi migliori caratteristiche fisico-meccaniche.

Prove penetrometriche

La prova di resistenza meccanica di tipo dinamica (SPT), consiste nel lasciar cadere un maglio di 30 Kg da un'altezza standard di 20 cm su delle aste di acciaio con diametro di 22 mm, infisse nella parte terminale ad una punta conica, e di registrare i numeri di colpi necessari per ogni 10 cm di avanzamento della suddetta punta nel terreno.

Attraverso delle correlazioni empiriche è possibile risalire con buona approssimazione al profilo stratigrafico e alle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

Nello specifico è possibile quantificare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, durante l'avanzamento della punta conica nel sottosuolo, fornendo altresì, i valori stimati dei parametri geotecnici considerando ogni strato a comportamento coesivo e granulare.

6.1 Litostratigrafia e modello geotecnico dell'area impianto

Dall'analisi dei risultati delle indagini sopra descritte vengono restituiti due modelli litostratigrafici rappresentativi delle aree dell'impianto agrivoltaico (Blocco A e Blocco B).

I modelli litostratigrafici e geotecnici sono utili ai fini progettuali per la valutazione ed il dimensionamento delle opere di fondazione e riguardano il volume di terreno significativo influenzato direttamente o indirettamente dalla costruzione di quanto previsto a progetto.

Considerando l'importante estensione dell'area di progetto, nei modelli lito-tecnici proposti, si riportano i range dei parametri geotecnici minimi riscontrati dalle indagini effettuate, i quali sono stati ricavati da correlazioni empiriche/statistiche e che quindi dovranno essere integrate e/o confermate con prove più dettagliate in fase esecutiva. Per quanto concerne invece lo spessore degli strati riportati nei modelli lito-tecnici, essi sono rappresentativi dei valori medi degli spessori ricavati dai risultati delle indagini effettuate in situ.

I modelli di seguito riportati vogliono essere un indirizzo per il progettista all'utilizzo dei parametri geotecnici minimi riscontrati nelle indagini eseguite al fine di adottare un approccio cautelativo per il calcolo ed il dimensionamento delle opere previste.

MODELLO LITO-TECNICO A (BLOCCO A)

Nel dettaglio si ricostruisce il seguente modello geotecnico costituito da 3 strati:

➤ **STRATO 1 (Profondità p.c. 0,00 ÷ 1,10 mt)**

Costituito da una coltre alterata che rappresenta l'areato superficiale. Litologicamente lo strato 1 è composto da terreni a grana medio fine sciolti, con scarse caratteristiche fisico-meccaniche, formata prevalentemente da materiali alterati verosimilmente di natura argillosa, argillo-limosa e limi debolmente sabbiosi. Presenza di elementi lapidei di dimensioni da centimetriche a decimetriche di natura quarzarenitica.

- Range spessore strato rilevato da indagine penetrometrica:
Min. 0,50 mt – Max. 1,40 mt (Valore medio 0,95 mt)
- Range spessore strato rilevato da indagine sismica MASW:
1,10 mt
- Range spessore strato rilevato da tomografia sismica 2D:
Min. 0,80 mt – Max. 1,90 mt (Valore medio 1,35 mt)

Spessore medio strato 1 per modello geotecnico: 1,10 mt circa

Elaborazione statistica dati prove penetrometriche:

- ✓ Range valori medi colpi punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento d = 10 cm)
Tra 5 e 17
- ✓ Valori di N_{spt} (valori correlati) -> tra 4 e 13
- ✓ Range medio resistenza dinamica alla punta R_{pd} (Kg/cm²) -> tra 19 e 67

Parametri geotecnici riscontrati dalle prove penetrometriche effettuate:

- Angolo attrito efficace ϕ' tra 22,70 e 29,00
- Coesione non drenata C_u (Kg/cmq) tra 0,25 e 0,81
- Peso di volume saturo γ_{sat} (t/mc) tra 1,90 e 1,95
- Peso di volume secco γ_d (t/mc) tra 1,39 e 1,53

➤ **STRATO 2 (Profondità p.c. 1,10 ÷ 3,30 mt)**

Costituito da terreni a grana medio fine sciolti, da poco consistenti a mediamente consistenti, afferenti verosimilmente a litologie argille limo sabbiose moderatamente addensate. Presenza a luoghi di litologie più competenti di tipo arenitico-sabbioso.

- Range spessore strato rilevato da indagine penetrometrica:
Min. 1,40 mt – Max. 2,90 mt (Valore medio 2,15 mt)
- Range spessore strato rilevato da indagine sismica MASW:
2,50 mt
- Range spessore strato rilevato da tomografia sismica 2D:
Min. 1,40 mt – Max. 2,70 mt (Valore medio 2,05 mt)

Spessore medio strato 2 per modello geotecnico: 2,20 mt circa

Elaborazione statistica dati prove penetrometriche:

- ✓ Range valori medi colpi punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $d = 10$ cm)
Tra 6 e 18
- ✓ Valori di N_{spt} (valori correlati) -> tra 5 e 14
- ✓ Range medio resistenza dinamica alla punta R_{pd} (Kg/cmq) -> tra 21 e 67

Parametri geotecnici riscontrati dalle prove penetrometriche effettuate:

- Angolo attrito efficace ϕ' tra 23,70 e 29,50
- Coesione non drenata C_u (Kg/cmq) tra 0,31 e 1,95
- Peso di volume saturo γ_{sat} (t/mc) tra 1,88 e 1,96
- Peso di volume secco γ_d (t/mc) tra 1,41 e 1,53

➤ **STRATO 3 (Profondità p.c. > 3,30 mt)**

Tale livello risulta essere la continuazione verso il basso dello strato 2 in quanto costituito dalla stessa natura litologica. I terreni di questo livello risultano avere buone caratteristiche fisico-meccaniche. Presenza a luoghi di litologie più competenti di tipo arenitico-sabbioso.

Spessore livello stimato per modello geotecnico: indefinito.

Elaborazione statistica dati prove penetrometriche:

- ✓ Range valori medi colpi punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento d = 10 cm)
Tra 10 e 29
- ✓ Valori di N_{spt} (valori correlati) -> tra 8 e 22
- ✓ Range medio resistenza dinamica alla punta R_{pd} (Kg/cmq) -> tra 6 e 96

Parametri geotecnici riscontrati dalle prove penetrometriche effettuate:

- Angolo attrito efficace ϕ' tra 26,00 e 33,20
- Coesione non drenata Cu (Kg/cmq) tra 0,44 e 1,25
- Peso di volume saturo Y_{sat} (t/mc) tra 1,86 e 2,02
- Peso di volume secco Y_d (t/mc) tra 1,45 e 1,59

Categoria di sottosuolo B per l'intera area del Blocco A.

Categoria topografica T1

Di seguito si riporta la tabella dei parametri geotecnici minimi riscontrati nelle prove penetrometriche effettuate proposte per il modello lito-tecnico A.

Modello lito-tecnico A (Area impianto blocco A)						
Strato	Profondità		ϕ'	Cu (Kg/cmq)	Y _{sat} (t/mc)	Y _d (t/mc)
1	-	1,10	22,70	0,25	1,90	1,39
2	1,10	3,30	23,70	0,31	1,88	1,41
3	3,30	indefinito	26,00	0,44	1,86	1,45
Categoria sottosuolo B						

Tabella 6.1.1 – Riepilogo parametri geotecnici del modello lito-tecnico A

MODELLO LITO-TECNICO B (BLOCCHI B)

Nel dettaglio si ricostruisce il seguente modello geotecnico costituito da 3 strati:

➤ **STRATO 1 (Profondità p.c. 0,00 ÷ 1,20 mt)**

Costituito prevalentemente da una coltre alterata di terreno vegetale a grana medio fine sciolto, con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Presenza di materiali eluvio-colluviali, con matrice variabile prevalentemente argillo-limosa ed argillo limo-sabbiosa, con inclusi litici di dimensioni centimetriche arrotondati e/o spigolosi.

- Range spessore strato rilevato da indagine penetrometrica:
Min. 0,70 mt – Max. 1,30 mt (Valore medio 1,00 mt)
- Range spessore strato rilevato da indagine sismica MASW:
0,90 mt
- Range spessore strato rilevato da tomografia sismica 2D:
Min. 1,00 mt – Max. 2,40 mt (Valore medio 1,70 mt)

Spessore medio strato 1 per modello geotecnico: 1,20 mt circa

Elaborazione statistica dati prove penetrometriche:

- ✓ Range valori medi colpi punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento d = 10 cm)
Tra 3 e 21
- ✓ Valori di N_{spt} (valori correlati) -> tra 2 e 16
- ✓ Range medio resistenza dinamica alla punta R_{pd} (Kg/cmq) -> tra 12 e 81

Parametri geotecnici riscontrati dalle prove penetrometriche effettuate:

- Angolo attrito efficace ϕ' tra 20,50 e 30,50
- Coesione non drenata C_u (Kg/cmq) tra 0,13 e 1,00
- Peso di volume saturo γ_{sat} (t/mc) tra 1,85 e 1,97
- Peso di volume secco γ_d (t/mc) tra 1,36 e 1,55

➤ **STRATO 2 (Profondità p.c. 1,20 ÷ 3,50 mt)**

Costituito da terreni a grana medio fine sciolti, da poco consistenti a mediamente consistenti, afferenti verosimilmente ad argille limose, argille limo-sabbiose moderatamente addensate oltre che a materiali di natura eluvio-colluviale presumibilmente di tipo limo-sabbioso, sabbie-argillose e possibili livelli ghiaiosi. Presenza a luoghi di litologie più competenti di tipo arenitico-sabbioso.

- Range spessore strato rilevato da indagine penetrometrica:
Min. 2,00 mt – Max. 3,80 mt (Valore medio 2,90 mt)
- Range spessore strato rilevato da indagine sismica MASW:
2,20 mt

- Range spessore strato rilevato da tomografia sismica 2D:
Min. 1,20 mt – Max. 2,30 mt (Valore medio 1,75 mt)
Spessore medio strato 2 per modello geotecnico: 2,30 mt circa

Elaborazione statistica dati prove penetrometriche:

- ✓ Range valori medi colpi punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento d = 10 cm)
Tra 6 e 8
- ✓ Valori di N_{spt} (valori correlati) -> tra 4 e 6
- ✓ Range medio resistenza dinamica alla punta R_{pd} (Kg/cmq) -> tra 18 e 22

Parametri geotecnici riscontrati dalle prove penetrometriche effettuate:

- Angolo attrito efficace ϕ' tra 22,70 e 24,50
- Coesione non drenata Cu (Kg/cmq) tra 0,25 e 0,38
- Peso di volume saturo Y_{sat} (t/mc) tra 1,87 e 1,89
- Peso di volume secco Y_d (t/mc) tra 1,39 e 1,43

➤ **STRATO 3 (Profondità p.c. > 3,50 mt)**

Tale livello risulta essere la continuazione verso il basso dello strato 2 in quanto costituito dalla stessa natura litologica. I terreni di questo livello risultano avere buone caratteristiche fisico-meccaniche. Presenza a luoghi di litologie più competenti di tipo arenitico-sabbioso.

Spessore livello stimato per modello geotecnico: indefinito.

Elaborazione statistica dati prove penetrometriche:

- ✓ Range valori medi colpi punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento d = 10 cm)
Tra 13 e 19
- ✓ Valori di N_{spt} (valori correlati) -> tra 10 e 15
- ✓ Range medio resistenza dinamica alla punta R_{pd} (Kg/cmq) -> tra 41 e 59

Parametri geotecnici riscontrati dalle prove penetrometriche effettuate:

- Angolo attrito efficace ϕ' tra 27,20 e 30,00
- Coesione non drenata Cu (Kg/cmq) tra 0,63 e 0,94
- Peso di volume saturo Y_{sat} (t/mc) tra 1,93 e 1,96
- Peso di volume secco Y_d (t/mc) tra 1,50 e 1,54

Categoria di sottosuolo C per le aree dei blocchi B.

Categoria topografica T1

Di seguito si riporta la tabella dei parametri geotecnici minimi riscontrati nelle prove penetrometriche effettuate proposte per il modello lito-tecnico B.

Committente:

SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Progettista:



Pag. 37 | 62

Modello lito-tecnico B (Area impianto blocchi B)						
Strato	Profondità		ϕ'	Cu (Kg/cmq)	Ysat (t/mc)	Yd (t/mc)
1	-	1,20	20,50	0,13	1,85	1,36
2	1,20	3,50	22,70	0,25	1,87	1,39
3	3,50	indefinito	27,20	0,63	1,93	1,50
Categoria sottosuolo C						

Tabella 6.1.2 – Riepilogo parametri geotecnici del modello lito-tecnico B

Nella successiva fase di progettazione esecutiva i modelli lito-tecnici proposti dovranno essere confermati e/o adattati ai risultati di ulteriori indagini di approfondimento che saranno effettuate per identificare con esattezza i parametri geotecnici dei vari livelli litostratigrafici nonché i relativi spessori. Tali indagini dovranno essere programmate per ogni singolo sottocampo dell'impianto fotovoltaico così da poterne definire i modelli lito-tecnici di dettaglio.

Si rimanda comunque ai progettisti incaricati la valutazione delle tipologie e delle lunghezze di infissione delle fondazioni per le opere relative al progetto dell'impianto.

Per altri dettagli vedi la Relazione Geofisica e Penetrometrica allegata.

6.1.1 Considerazioni sui modelli litotecnici

A valle dell'interpretazione delle indagini effettuate in situ e dal rilevamento geologico, sono stati proposti i modelli litotecnici A e B i quali descrivono le caratteristiche litotecniche dei litotipi affioranti nelle aree di progetto.

Riferimento al modello litotecnico A:

Il modello litotecnico A descrive prevalentemente le caratteristiche geotecniche dei depositi del Flysch Numidico i quali, sono costituiti da materiali con comportamento geomeccanico variabile soprattutto in funzione del contenuto d'acqua infatti, tali litotipi, rientrano nella categoria delle rocce pseudocoerenti in quanto se asciutti e senza acqua si comportano come materiali coerenti mentre se imbibiti d'acqua si comportano come materiali incoerenti con indice di plasticità elevato.

Il substrato delle argille del Flysch Numidico inoltre risulta essere sovraconsolidato con giacitura caotica per stress tettonico e costituito da frammenti o scaglie di dimensioni variabili.

Il ciclo di carico e scarico idrico sulle argille del Flysch Numidico, in particolare nella parte alterata superficiale, nonché la struttura frammentata a scaglie del substrato, sono fattori che influenzano la risposta geomeccanica del litotipo in maniera non uniforme e con notevoli differenze areali sia in senso orizzontale che verticale ragion per cui, il modello litotecnico A deve essere confermato e/o integrato con apposite indagini dirette e prove di laboratorio accurate da predisporre nella fase di progettazione esecutiva.

Riferimento al modello litotecnico B:

Tale modello fa riferimento prevalentemente alle caratteristiche geotecniche dei terreni affioranti nel blocco B, nei quali rientrano sia i depositi del Flysch Numidico per la zona Nord del blocco B1 che i depositi alluvionali recenti del blocco B2. Dal punto di vista geomeccanico, i depositi alluvionali, vengono classificate come rocce incoerenti e sciolte essendo sono costituiti da limi, sabbie limose e/o argillose ed argille sabbiose con una bassa percentuale di ghiaia. La presenza di argilla e/o sabbia influenza i valori di coesione del litotipo ovvero alta se prevale l'argilla e bassa o nulla se domina la componente sabbiosa.

Per quanto concerne il fenomeno della liquefazione dei terreni, alla luce delle indagini preliminari effettuate in situ, è possibile affermare che la frazione argillosa del Flysch Numidico è esente da tale fenomeno mentre non possono essere del tutto esclusi fenomeni localizzati in corrispondenza delle aree dove affiorano i depositi alluvionali. Le verifiche del coefficiente di liquefazione dipendono dalle caratteristiche granulometriche dei terreni ed in particolare, data la natura eterogenea dei depositi alluvionali, risultano essere variabili in senso orizzontale e verticale anche a minima distanza.

Da quanto emerso dalle indagini effettuate e dalle evidenze litologiche e geomorfologiche del sito (non si notano vulcanetti di fango, sprofondamenti ecc...) allo stato di fatto, si ritiene di poter escludere in via preliminare il verificarsi di fenomeni di liquefazione.

Si rimanda comunque alla fase esecutiva la verifica del calcolo del coefficiente di liquefazione dei terreni in situ per le quali è necessario eseguire a priori delle prove granulometriche in laboratorio per ricavare la relativa curva granulometrica del sedime di fondazione.

7. INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

In questo capitolo si rappresentano le principali caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti nell'area ove ricade l'impianto oggetto di studio. Tali litotipi sono caratterizzati da un diverso grado di permeabilità ovvero l'attitudine che hanno le rocce nel lasciarsi attraversare dalle acque di infiltrazione efficace. Sulla base di tale proprietà possono distinguere vari tipi di rocce:

- *rocce permeabili*, nelle quali l'acqua di infiltrazione può muoversi o attraverso i vuoti esistenti fra i granuli che compongono la struttura della roccia (permeabilità per porosità e/o primaria), o attraverso le fessure e fratture che interrompono la compagine della roccia (permeabilità per fessurazione e fratturazione e/o secondaria). Inoltre, in alcuni litotipi si manifesta una permeabilità "mista", dovuta al fatto che rocce aventi una permeabilità primaria, sottoposte a particolari genesi, acquistano anche quella secondaria.

- *rocce impermeabili*, nelle quali non hanno luogo percettibili movimenti d'acqua per mancanza di vuoti sufficientemente ampi attraverso i quali possono passare, in condizioni naturali di pressione, le acque di infiltrazione;

Nell'area in studio si individuano tre litotipi idrogeologici principali dove, la circolazione idrica sotterranea presenta aspetti e caratteristiche differenti in relazione soprattutto ai litotipi affioranti, ma anche al loro particolare assetto.

In particolare di individuano:

Litotipi permeabili

Rientrano in questa categoria i depositi clastici incoerenti quali i depositi alluvionali/fluviali attuali e recenti presenti nelle aree di fondovalle dei corsi d'acqua e/o impluvi costituiti da ghiaie, sabbie e limi eluviali e colluviali variamente frammisti spesso pedogenizzati.

Trattasi di litotipi permeabili per porosità, variabile in funzione delle dimensioni granulometriche presenti, in quanto si lasciano facilmente attraversare dalle acque di precipitazione accumulandosi nel sottosuolo creando quindi potenziali falde freatiche. La permeabilità risulta essere variabile in base alle caratteristiche del litotipo ovvero medio-bassa nella frazione limosa mentre tende ad aumentare nei livelli sabbiosi e ghiaiosi. A causa dei loro spessori fortemente variabili, tali litotipi possono creare accumuli idrici di spessore e potenza variabile. Sono caratterizzati da permeabilità per porosità con un coefficiente di permeabilità stimato variabile di circa $K = 10^{-1} - 10^{-3}$ m/sec come dedotto da fonti bibliografiche.

Nell'area di progetto tali depositi sono presenti prevalentemente nelle vallate e nei letti dei principali corsi d'acqua e laddove mostrano un alto grado di permeabilità per porosità assumono i caratteri di acquiferi ospitando falde freatiche. La base dell'acquifero è caratterizzato dalla presenza dei terreni argillosi del Flysch Numidico, della Fm. Terravecchia e delle argille varicolori. L'alimentazione delle falde, in special modo nelle aree a più basse quote, è data dall'acqua meteorica sia diretta che dalla parte di ruscellamento provenienti dai versanti alle quote più alte.

Litotipi mediamente permeabili

Rocce permeabili per fessurazione e fratturazione. Si tratta di rocce coerenti che presentano un sistema fessure e fratture di dimensioni tali da rappresentare vie di infiltrazione e scorrimento per le acque meteoriche. Sono compresi in questa categoria i litotipi della Fm. Gessoso Solifera. Sono caratterizzati da un coefficiente di permeabilità stimato variabile di circa $K = 10^{-3} - 10^{-4}$ m/sec come dedotto da fonti bibliografiche.

Litotipi impermeabili

Rientrano in questa categoria il complesso Argilloso del Flysch Numidico, le argille varicolori e le argille della Fm. Terravecchia. Questi litotipi con componente prevalentemente argillosa ed argillo-limosa, sono caratterizzate da una bassa permeabilità con porosità estremamente ridotta con un coefficiente di permeabilità variabile stimato di circa $K = 10^{-7} - 10^{-9}$ cm/sec come dedotto da fonti bibliografiche. Tali terreni presentano una permeabilità primaria da bassa a nulla ed una assenza di falde acquifere ma rappresentano il substrato impermeabile dei litotipi prima descritti i quanto costituiscono il limite inferiore impermeabile che permette l'accumulo sotterraneo delle acque di infiltrazione. Considerando la natura impermeabile di questi litotipi e l'assenza di un sistema di regimazione delle acque meteoriche si verificano, a seguito di eventi piovosi intensi, fenomeni di ristagno idrico nelle aree caratterizzate da una morfologia prevalentemente sub-pianeggiante e fenomeni erosivi di dilavamento nelle aree a pendenza più elevata. Lo strato superficiale alterato del Flysch Numidico, a seguito eventi meteorici intensi, potrebbe saturarsi dando luogo a livelli idrici di carattere transitorio.

k (cm/s)	10 ²	10	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹
k (m/s)	1	10 ⁻¹	10 ⁻²	10 ⁻³	10 ⁻⁴	10 ⁻⁵	10 ⁻⁶	10 ⁻⁷	10 ⁻⁸	10 ⁻⁹	10 ⁻¹⁰	10 ⁻¹¹
Classi di permeabilità	EE	Elevata	Buona	Discreta	Bassa	BB	Impermeabile					
Tipi di terreno	Ghiaie pulite		Sabbie grossolane pulite e miscele di sabbie e ghiaie		Sabbie fini	Miscele di sabbie e limi		Limi argillosi e argille limose, fanghi argillosi		Argille omogenee e compatte		
Determinazione diretta di K	Prove dirette in situ mediante pompaggio											
	Infiltrometri - Permeametri a carico costante											
Determinazione indiretta di K	Permeametri a carico variabile											
	Analisi granulometrica (applicabile a sabbie e ghiaie pulite)						Prove di consolidamento					

Tabella 7.1 – Valori coeff. permeabilità terreni

Dalle indagini geologiche effettuate nelle aree di progetto, fino alla profondità indagata di 5,90 mt non è stata riscontrata la presenza di alcuna falda idrica.

Non sono state rilevate presenze di sorgenti in prossimità delle aree di progetto.

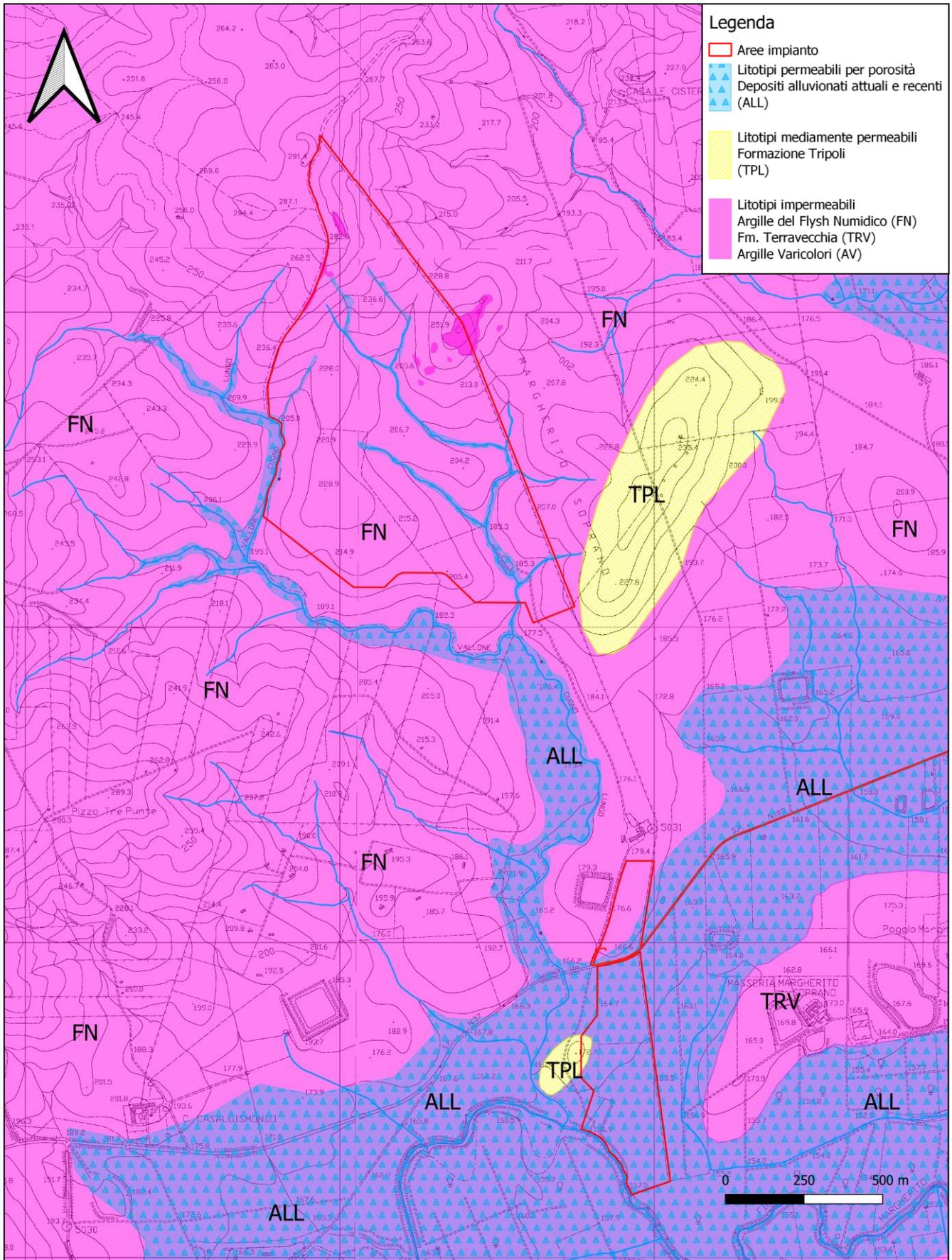


Figura 7.1 - Carta idrogeologica area impianto

Committente:

SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Progettista:

AP engineering

8. INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

In questo capitolo si vuole analizzare e descrivere il contesto dell'ambiente idrografico nel quale è inserito il lotto oggetto dell'impianto agrivoltaico il quale rientra nell'area del bacino idrografico del Fiume Simeto (094).

Il Fiume Simeto, nasce dalla confluenza tra il Torrente Cutò, il Fiume Martello e il Torrente Saracena, nella pianura di Maniace, che hanno origine dai Monti Nebrodi, nella parte settentrionale del bacino; altri principali affluenti sono il Fiume Salso, il Fiume Troina, il Fiume Gornalunga e il Fiume Dittaino. Il limite del bacino interessa gran parte dei rilievi montuosi della Sicilia centro-orientale ricadenti nelle province di Catania, Enna, Messina, Palermo e Siracusa, lo spartiacque si sviluppa ad Est in corrispondenza dei terreni vulcanici fortemente permeabili dell'Etna, a Nord sui Monti Nebrodi, ad Ovest separa il bacino del Simeto da quello del Fiume Imera Meridionale e a SE e a Sud corre lungo i monti che costituiscono il displuvio tra il bacino del Simeto e quello dei Fiumi Gela, Ficuzza e San Leonardo.

L'area vasta di progetto è caratterizzata idrograficamente a Nord dalla presenza dell'alveo del Fiume Dittaino e a Sud, per un lungo tratto, vi scorre il Fiume Margherito, che successivamente prende il nome di Fiume del Ferro e poi ancora Fiume dei Monaci, affluente in destra del Fiume Gornalunga.

Nel dettaglio il blocco A è delimitato nella parte occidentale e meridionale dal Vallone Cugno-Lungo il quale, soprattutto nella parte meridionale in prossimità del confine del blocco, presenta un andamento meandriforme indice di uno stato maturo dell'impluvio. Il Vallone Cugno-Lungo è un affluente del Fiume Margherito ubicato nella zona meridionale del Blocco B.

All'interno del Blocco A sono presenti corsi d'acqua, linee di impluvio e importanti solchi di ruscellamento che insistono sui terreni argillosi del Flysch Numidico i quali sfociano nella zona meridionale esterna al blocco A nel Vallone Cugno-Lungo.

La linea d'impluvio principale che attraversa quasi tutto il blocco A ha una direzione circa NNW-SSE nel tratto iniziale e N-S nel tratto finale dove mostra un andamento meandriforme; Su questa linea idrografica sfociano altre linee di impluvio che insistono su entrambi i versanti del Blocco A.

La superficie del blocco B non risulta essere attraversata da linee di impluvio.

Per tutto quanto già descritto è necessario evitare il posizionamento della struttura portante dei pannelli in prossimità dei canali di erosione e/o linee d'impluvio.

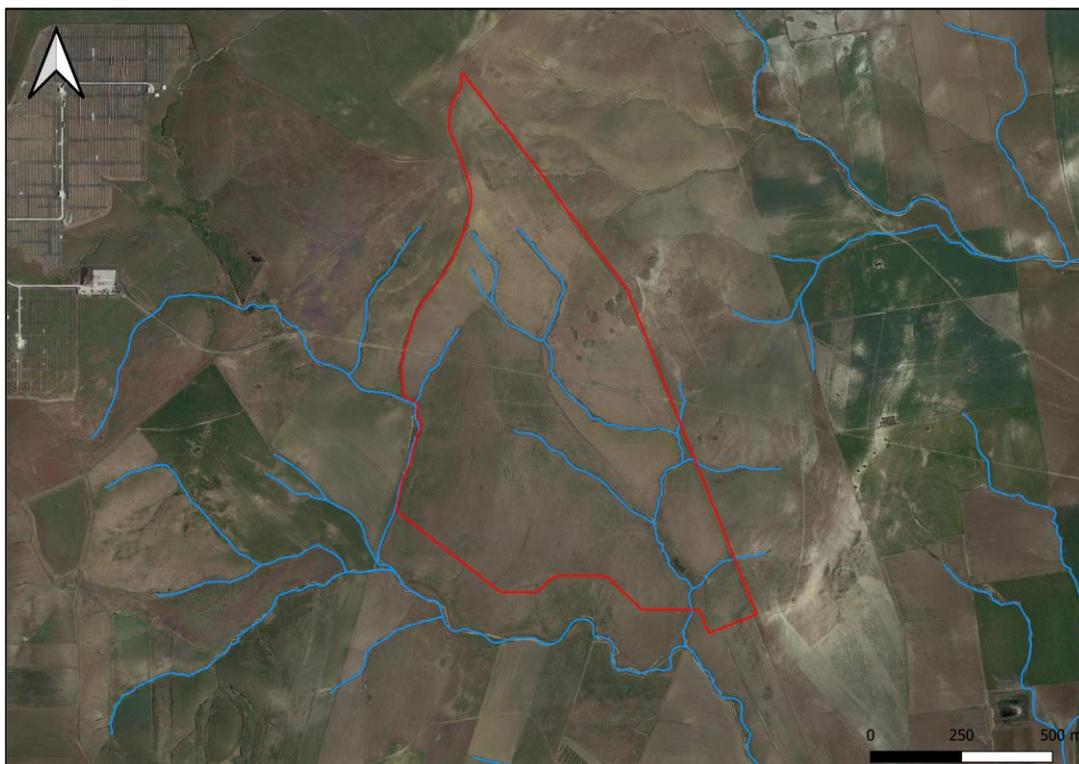


Figura 8.1 – Panoramica su ortofoto Reticolato idrografico blocco A

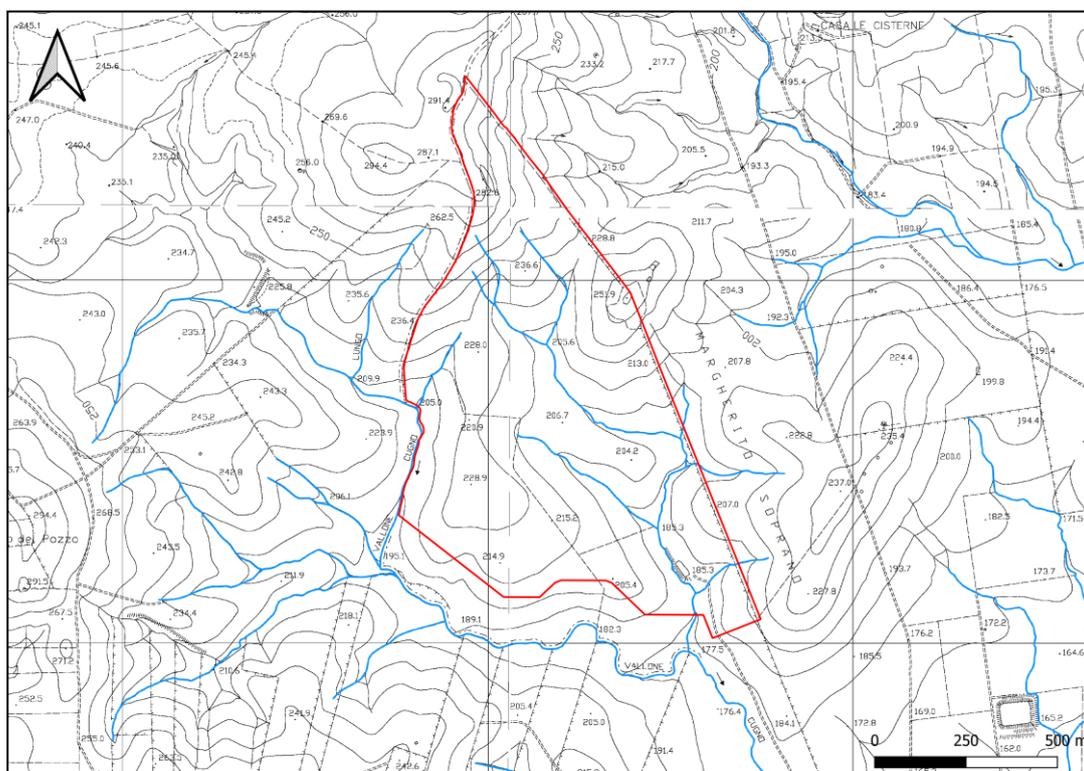


Figura 8.2 – Reticolato idrografico su CTR – BLOCCO A

Committente:

SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Progettista:

 AP engineering

Pag. 44 | 62



Figura 8.3 – Panoramica su ortofoto Reticolato idrografico blocco B

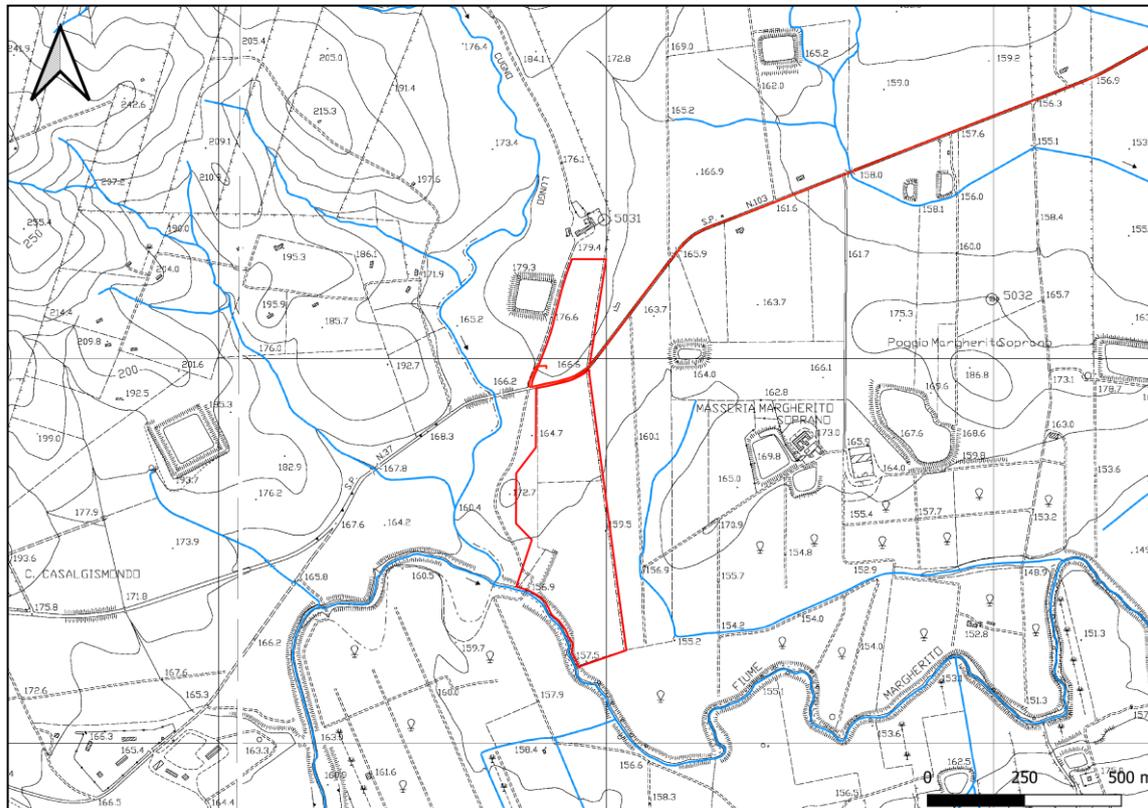


Figura 8.4 – Reticolato idrografico su CTR – BLOCCO B

Committente:

SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Progettista:



9. INQUADRAMENTO SISMICO

La classificazione sismica è stata eseguita in conformità alla vigente normativa.

Nel 2003 sono stati emanati i criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale, basati sugli studi e le elaborazioni più recenti relative alla pericolosità sismica del territorio, ossia sull'analisi della probabilità che il territorio venga interessato in un certo intervallo di tempo (generalmente 50 anni) da un evento che superi una determinata soglia di intensità o magnitudo. A tal fine è stata pubblicata l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20 marzo 2003, sulla Gazzetta Ufficiale n. 105 dell'8 maggio 2003. Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'opcm 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'OPCM n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (a_g), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche.

Zona sismica 1: $a_g > 0.25$;

Zona sismica 2: $0.15 < a_g \leq 0.25$; (Comune di Ramacca ricade nella ZONA SISMICA 2)

Zona sismica 3: $0.05 < a_g \leq 0.15$;

Zona sismica 4: $a_g \leq 0.05$;

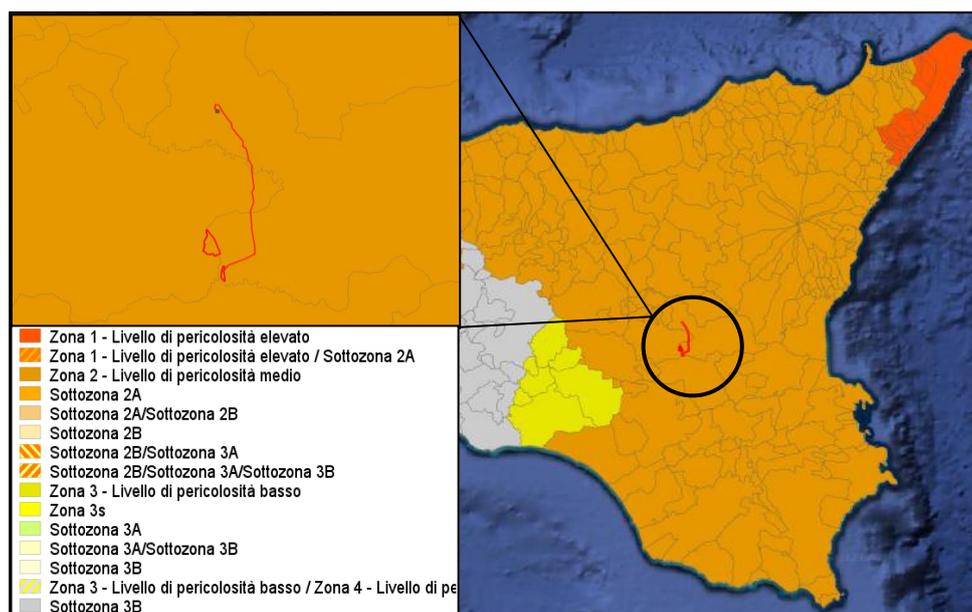


Figura 9.1 – Classificazione sismica area progetto

Zona 1	E' la zona più pericolosa. Possono verificarsi fortissimi terremoti	$a_g = 0.35g$
Zona 2	In questa zona possono verificarsi forti terremoti	$a_g = 0.25g$
Zona 3	In questa zona possono verificarsi forti terremoti ma rari	$a_g = 0.15g$
Zona 4	E' la zona meno pericolosa. I terremoti sono rari	$a_g = 0.05g$

Tabella 9.1 - Valori massimi di accelerazione su roccia

Committente:

SORGENIA RENEWABLES S.R.L.

Progettista:



Pag. 46 | 62

La mappa seguente mostra come le aree di progetto ricadano in un'area con PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, cioè periodo di ritorno 475 a, compresa principalmente fra 0.125 g e 0.175 g. Questa è una scelta di parametri convenzionale e in particolare è il valore di riferimento per l'Eurocodice 8 (EC8), nel quale vengono stabilite le norme per il progetto e la costruzione di strutture.

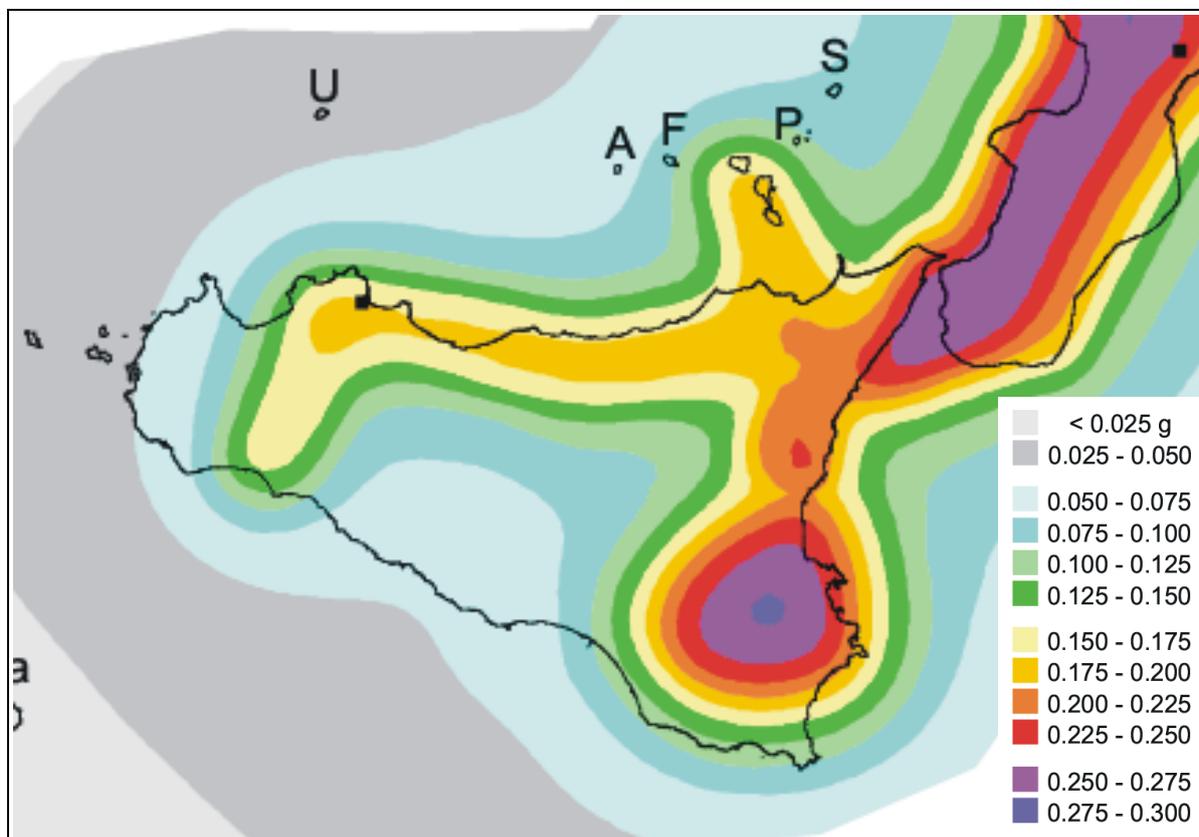


Fig. 9.2 – Mappa della pericolosità sismica espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi ($VS>800\text{ m/s}$), Ordinanza PCM del 28 aprile 2006 n. 3519, All.1b; estratta da: <http://zonesismiche.mi.ingv.it>

L'INGV, insieme al Dipartimento Nazionale della Protezione Civile, ha sviluppato il Progetto S1 nell'ambito del quale è stata predisposta la mappa nazionale di pericolosità sismica dove vengono forniti, in una griglia regolare con passo $0,05^\circ$, i parametri di accelerazione al suolo in 'g' (accelerazione di gravità) con probabilità di superamento in 50 anni in funzione del periodo di ritorno (81%, 63%, 50%, 39%, 30%, 22%, 10% 5% e 2% rispettivamente corrispondenti a periodi di ritorno di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975, e 2475 anni).

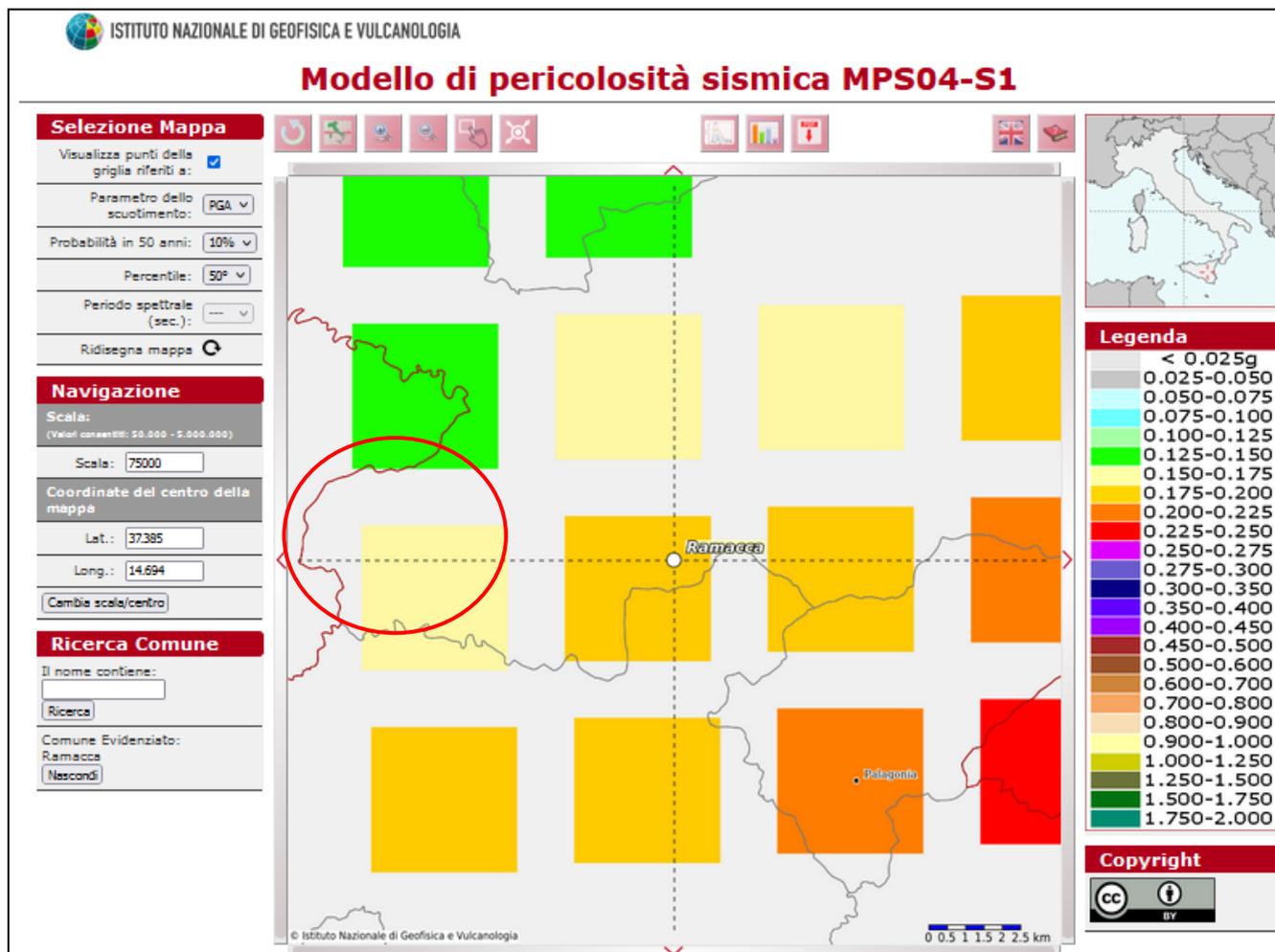


Fig. 9.3 – Dettaglio area di progetto su modello di pericolosità sismica MPS04-S1 estratta da: <https://esse1-qis.mi.ingv.it/>

La Nuova Classificazione sismica della **Regione Siciliana DGR 408/03** - classifica il Comune di Ramacca (CT) come segue:

- CODICE ISTAT: 19087037
- Nuova Zona sismica DGR 408/03: **zona 2** (zona a sismicità media)

9.1 Storia sismica area di progetto

Il Catalogo Parametrico dei terremoti Italiani (CPTI15), riferito al database macrosismico (DBMI15) fornisce un set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti italiani aggiornato alla finestra temporale 1000-2020. Per l'analisi della storia sismica della zona di progetto sono stati presi in considerazione i dati reperiti dal Catalogo sopra citato a cura di: "Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Antonucci A. (2022). Database Macrosismico Italiano (DBMI15), versione 4.0. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/DBMI/DBMI15.4>".

Il Comune di Ramacca, così come riportato nel grafico e nella tabella seguente, è stato interessato da diversi eventi sismici tra i quali il più importante risulta essere l'evento del 1818 con area epicentrale nei Monti Iblei con un Magnitudo di 5,57 ed un valore di Intensità al sito di 7.

L'altro evento sismico di maggiore intensità registrato nel territorio di Ramacca è quello del 28/12/1908 con epicentro nello Stretto di Messina tristemente noto come "Terremoto di Messina" con magnitudo di 7,10 ed un valore di intensità avvertita a Ramacca di 6.

Si segnalano altri Nr. 2 eventi sismici importanti ovvero quello del 23/12/1959 con epicentro nella Piana di Catania con magnitudo 5,11 ed intensità al sito di 5-6 e l'evento del 13/12/1990 avvertito a Ramacca con un valore di intensità al sito pari a 5-6 e magnitudo di 5,61.

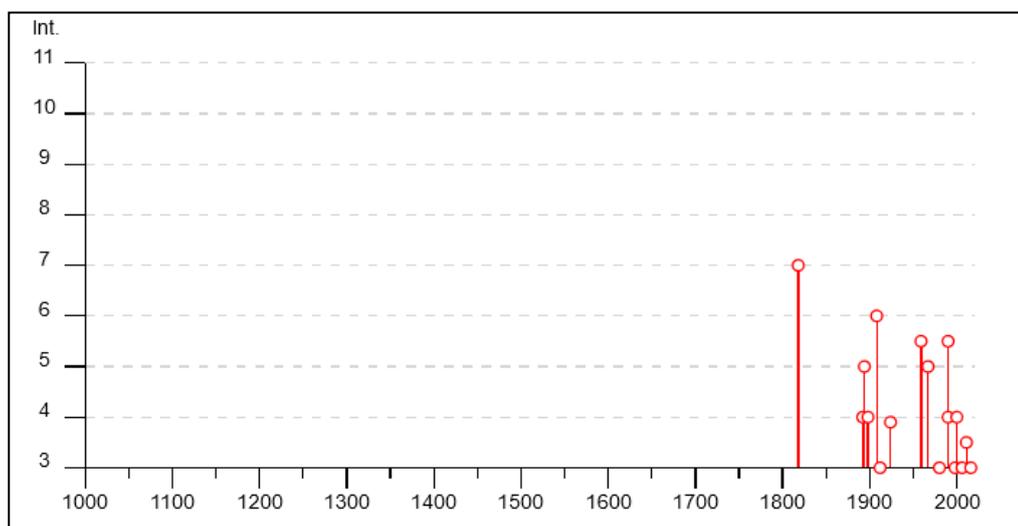


Figura 9.1.1 – Diagramma crono-storico intensità sismica del Comune di Ramacca

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	M _r
7	1818	03	01	02	45		Monti Iblei	24	7-8	5.57
4	1892	01	22	23	47		Monti Iblei	26	5	4.41
5	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9	6.12
4	1898	11	03	05	59		Calatino	48	5-6	4.51
NF	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11	6.95
NF	1908	12	10	06	20		Monti Peloritani	64	7	5.11
6	1908	12	28	04	20	2	Stretto di Messina	772	11	7.10
NF	1911	10	29	06	49		Mineo	11	5	4.16
3	1912	12	22	08	05		Stretto di Messina	56	5-6	4.68
F	1924	08	17	21	40		Monti Iblei	22	5	4.74
NF	1947	05	11	06	32	1	Calabria centrale	254	8	5.70
5-6	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7	5.11
5	1967	10	31	21	08	0	Monti Nebrodi	60	8	5.33
3	1980	01	23	21			Monti Iblei	122	5-6	4.39
5-6	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61
4	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	105		4.38
NF	1997	07	30	16	06	3	Monti Iblei	45	5	4.45
3	1998	01	10	08	45	1	Etna - Versante sud-occidentale	44	6-7	3.96
4	2000	11	05	17	26	2	Etna - Versante meridionale	70	5-6	3.85
NF	2001	01	09	02	51	5	Etna - Zafferana Etnea	104	6	3.73
NF	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641		5.42
2	2004	12	30	04	04	5	Monti Iblei	48	4	3.82
NF	2006	05	20	07	05	5	Etna - Versante sud-occidentale	27	6	3.91
3	2006	12	19	14	58	0	Etna - Versante nord-occidentale	28	6	4.19
NF	2009	12	19	09	01	1	Etna - Maletto	64	6	4.39
3-4	2011	05	06	15	12	3	Etna - Versante nord-occidentale	25	5-6	4.31
NF	2011	10	09	08	28	2	Monti Iblei	26	4	3.47
3	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5-6	4.44

Figura 9.1.2 – Tabella storica eventi sismici – Comune di Ramacca

9.2 Caratteristiche sismiche

Le caratteristiche sismiche di un sito, in relazione ad un qualunque manufatto, si riferiscono a degli stati limite che possono verificarsi durante un determinato periodo di riferimento della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica che dovrà essere utilizzata nella progettazione di una struttura, bisognerà stabilire:

- la vita nominale dell'opera, che congiuntamente alla classe d'uso, permette di determinare quel periodo di riferimento;
- una volta definito il periodo di riferimento, i diversi stati limite da considerare e le relative probabilità di superamento, è possibile stabilire il periodo di ritorno associato a ciascun stato limite;
- la pericolosità sismica di base per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

9.2.1 Vita nominale e classi d'uso delle opere

Per ciò che concerne le azioni sismiche di progetto, esse vengono definite a partire dalla pericolosità sismica di base del sito di costruzione, che è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo (periodo di riferimento VR espresso in anni) in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ed un valore prefissato; la probabilità è denominata "Probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" PVR. Il periodo di riferimento VR si calcola, per ciascun tipo di costruzione, in base alla seguente relazione:

$$VR = VN \cdot CU$$

dove:

VN = vita nominale dell'opera;

CU = coefficiente d'uso.

La vita nominale dei diversi tipi di opere deve essere precisata nei documenti di progetto.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale
1	Opere provvisorie Opere provvisionali - Strutture in fase costruttiva	≤ 10 anni
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50 anni
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100 anni

Tabella 9.2.1.1 - Vita nominale per diversi tipi di opere

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

- Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli;
- Classe II: Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti;
- Classe III: Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.
- Classe 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.

Il valore del coefficiente d'uso CU è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella seguente tabella:

Valori del coefficiente d'uso CU				
Classe d'uso	I	II	III	IV
Coefficiente CU	0,7	1	1,5	2

TAB. 9.2.1.2 - VALORI COEFFICIENTI D'USO

9.2.2 Stati limiti e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia ultimi che di esercizio, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio (SLE) sono:

- Lo Stato Limite di Operatività (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- lo Stato Limite di Danno (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi (SLU) sono:

- Lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- Lo Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

9.2.3 Pericolosità sismica di base

Con l'entrata in vigore delle NTC 2008 e successivamente delle NTC 2018 le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare l'azione sismica di riferimento agli stati limite di progetto considerati, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione, come già accennato nel paragrafo precedente.

La pericolosità sismica di un sito è descritta dalla probabilità che, in un fissato lasso di tempo, in detto sito si verifichi un evento sismico di entità almeno pari ad un valore prefissato. Nelle NTC 2018 tale lasso di tempo, espresso in anni, è denominato "periodo di riferimento" VR e la probabilità è denominata "probabilità di eccedenza o di superamento nel periodo di riferimento" Pvr.

Ai fini della determinazione delle azioni sismiche di progetto la pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero (cioè in assenza di manufatti) su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale, nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad esso corrispondente, con riferimento a prefissate probabilità di superamento Pvr nel periodo di riferimento Vr. Con riferimento sempre alle NTC 2018, al fine di valutare l'azione sismica di riferimento allo stato limite di danno (SLD) e stato limite di salvaguardia (SLV), viene considerata una vita nominale della costruzione VN pari a 50 anni, un coefficiente d'uso pari a 0.7 ed un periodo di riferimento Vr pari a 35 anni.

Sono identificati per i singoli stati limite i seguenti periodi di ritorno:

- ✓ Stato Limite di Danno: periodo di ritorno pari a 35 anni;
- ✓ Stato Limite di Salvaguardia della Vita: periodo di ritorno pari a 332 anni.

Le forme spettrali sono definite, per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento Pvr, a partire dai valori dei seguenti parametri su sito di riferimento rigido orizzontale:

- ✓ accelerazione orizzontale massima attesa a_g ;
- ✓ fattore di amplificazione F0 dello spettro in accelerazione orizzontale;
- ✓ periodo T*C di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Il valore di a_g è desunto direttamente dalla pericolosità di riferimento, attualmente fornita dall'INGV, mentre F0 e T*C sono calcolati in modo che gli spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento approssimino al meglio i corrispondenti spettri di risposta elastici in accelerazione, velocità e spostamento derivanti dalla pericolosità di riferimento.

L'accelerazione di riferimento viene individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base è dunque definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali.

9.3 Pericolosità sismica dell'area in studio

9.3.1 Categoria Sottosuolo

Per valutare l'influenza del profilo stratigrafico sulla risposta sismica locale si è fatto riferimento ai risultati delle indagini sismiche MASW che hanno permesso di classificare il sito in oggetto secondo quanto richiesto dalle vigenti NTC 2018 attraverso la determinazione del parametro sismico Vs30 per la definizione delle categorie di suolo di fondazione come riportato nella tabella seguente.

Per quanto concerne i risultati delle MASW effettuate nelle aree di progetto sono stati ricavati grazie alle prove effettuate, i modelli stratigrafici rappresentanti i relativi sismostrati le cui caratteristiche fisico-meccaniche risultano migliorare con la profondità d'indagine.

Da quanto sopra esposto, sono stati calcolati i seguenti valori di Vs30 (m/s) e quindi le relative categorie di sottosuolo ai sensi della NTC 2018:

	MASW	Valore Vs 30 (m/s)	Categoria sottosuolo
BLOCCO A	04	421,00	B
BLOCCO B	06	351,00	C

Per i valori dei moduli elastici caratteristici dei sismostrati ed altri dettagli si rimanda alla relazione geofisica allegata.

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica	
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>	
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>	Blocco A
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>	Blocco B
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.</i>	
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>	

TAB. 9.3.1.1 - SUDDIVISIONE CATEGORIE SOTTOSUOLO - NTC 2018

9.3.2 Categoria Topografica

Facendo riferimento alle categorie topografiche della tabella 3.2.III delle NCT 2018, il sito può essere inserito in **CATEGORIA T1**.

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 $i > 30^\circ$

TAB. 9.3.2.1 - SUDDIVISIONE CATEGORIA TOPOGRAFICA

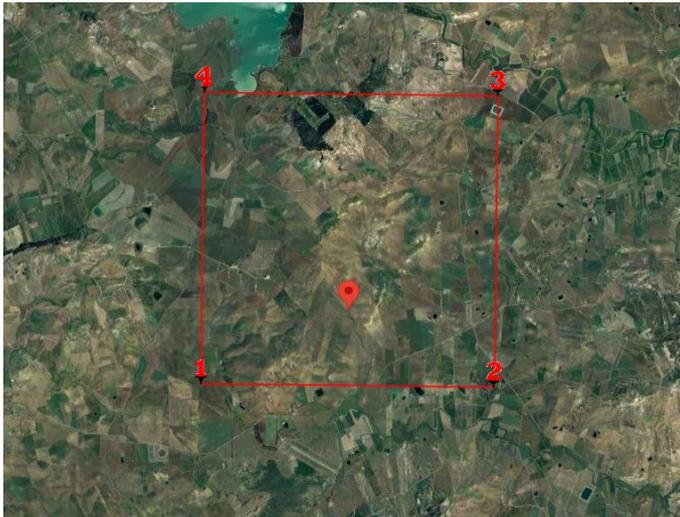
9.3.3 Azioni sismiche di progetto

Le attuali Norme Tecniche per le Costruzioni (Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018) hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali, riferendo ad ogni costruzione una accelerazione di riferimento “propria” individuata sulla base delle coordinate geografiche dell’area di progetto e in funzione della vita nominale dell’opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, su una maglia quadrata di 5 km di lato, indipendentemente dai confini amministrativi comunali. La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.). Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni *ag* e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- *ag* accelerazione orizzontale massima del terreno;
- *F0* valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- *TC* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

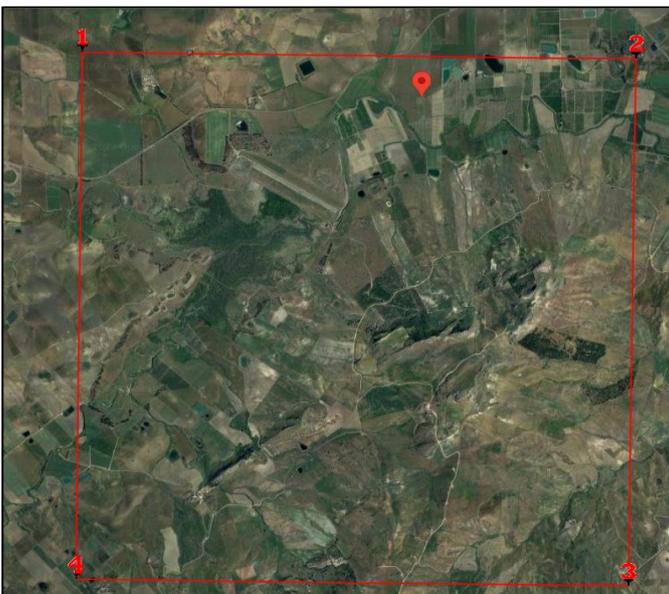
Considerando l’ubicazione delle aree oggetto di studio, la classe d’uso delle opere in progetto (Classe II), le categorie di sottosuolo B e C (rispettivamente per blocco A e B) ricavata dalle indagini MASW e la categoria topografica del sito T1, sono state calcolate le relative azioni sismiche di progetto dei singoli Blocchi di progetto estratte dal sito <https://geoapp.eu/parametrisismici2018/>.

BLOCCO A



Stati limite				
	Classe Edificio			
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e...				
	Vita Nominale	50		
	Interpolazione	Media ponderata		
CU = 1				
Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c [s]
Operatività (SLO)	30	0.037	2.521	0.244
Danno (SLD)	50	0.046	2.478	0.285
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.144	2.415	0.445
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.209	2.422	0.495
Periodo di riferimento per l'azione sismica:		50		

BLOCCO B



Stati limite				
	Classe Edificio			
II. Affollamento normale. Assenza di funz. pubbliche e...				
	Vita Nominale	50		
	Interpolazione	Media ponderata		
CU = 1				
Stato Limite	Tr [anni]	a _g [g]	F _o	T _c [s]
Operatività (SLO)	30	0.037	2.512	0.247
Danno (SLD)	50	0.047	2.492	0.282
Salvaguardia vita (SLV)	475	0.156	2.393	0.438
Prevenzione collasso (SLC)	975	0.228	2.418	0.474
Periodo di riferimento per l'azione sismica:		50		

Figura 9.3.3.1 – Area calcolo parametri sismici di progetto

10. CONCLUSIONI

La presente relazione geologica è stata redatta a supporto del progetto per la costruzione di un impianto per la produzione di energia elettrica con tecnologia fotovoltaica integrato da un sistema di accumulo Battery Energy Storage System (BESS), combinato con l'attività di coltivazione agricola. L'impianto agrivoltaico, diviso in due macro blocchi (*Blocco A* e *Blocco B*), avrà una potenza DC complessiva installata di 35.635,60 kWp che andrà a sommarsi al sistema di accumulo (BESS) con potenza DC complessiva di 26.040,00 kW.

Di seguito si riassumono le principali caratteristiche dell'area oggetto di studio:

• GEOMORFOLOGIA

In generale, sotto il profilo della dinamica geomorfologica nell'area in esame i principali processi geomorfologici sono rappresentati da locali fenomeni di crollo e ribaltamento presenti laddove affiorano litotipi lapidei caratterizzati da versanti acclivi. Nelle porzioni di versante costituiti invece da depositi prevalentemente plastici, caratterizzati da un assetto morfologico collinare molto blando e arrotondato, il principale processo morfodinamico che influenza e caratterizza questa porzione del territorio è quello legato ai fenomeni di soliflusso e di colamento lento dovuto alle acque meteoriche, e più raramente a fenomeni di tipo scorrimento o frane complesse.

Nell'area oggetto di studio si ritrovano prevalentemente litologie a comportamento plastico le quali sono caratterizzanti di una morfologia sub-pianeggiante o con versanti mediamente acclivi.

Il bacino idrografico dove rientrano le aree di progetto è di tipo prevalentemente collinare con una predominanza di litologie poco permeabili o impermeabili.

All'interno delle aree di progetto, allo stato di fatto, non si hanno evidenze di fenomeni gravitativi importanti attivi o quiescenti mentre si rilevano nell'area vasta del sito, la presenza di fenomeni che coinvolgono la parte superficiale della coltre alterata, manifestando fenomeni prevalenti di soliflusso o creep, con deformazioni lente superficiali.

Il blocco A presenta una superficie topografica mista da sub-pianeggiante a sub-collinare e risulta immergere a grandi linee verso SSE. La morfologia è interrotta da linee d'impluvio più o meno importanti le quali, creano aree con immersioni topografiche convergenti verso gli impluvi stessi. Le quote altimetriche maggiori si ritrovano nella parte Nord del blocco (quota max 288 mt s.l.m.) mentre le quote minori nella parte Sud (quota min 184 mt s.l.m.). Valori di pendenza tra 0 e 10% rappresentano maggiormente il blocco A con un'incidenza di circa il 38,00% dell'intera superficie.

Il blocco B invece presenta superfici topografiche di tipo sub-pianeggianti, immergenti verso SE con andamento omogeneo e costante. Le quote altimetriche maggiori si ritrovano nella parte NW del blocco settentrionale (quota max 178 mt s.l.m.) mentre le quote minori nella parte Sud del blocco meridionale (quota min 158 mt s.l.m.). I valori di pendenza del blocco B rientrano nel range 0 – 10% per quasi tutta l'estensione.

L'evoluzione geomorfologica dell'area di progetto è subordinata quindi prevalentemente ai processi di dilavamento del suolo legati alle acque piovane il cui scorrimento superficiale innesca azioni erosive sulla coltre vegetale. L'area del blocco A è interessata da linee di impluvio e valloni anche importanti che fungono da collettori principali di raccolta delle acque meteoriche e sono interessate

quindi dallo scorrimento delle stesse solamente in caso di fenomeni piovosi intensi, restando quasi sempre in condizioni di asciutto. Le aree prossime ai corsi d'acqua e/o linee di impluvio sono soggette all'azione erosiva delle acque di precipitazione che, in concomitanza alla bassa resistenza all'erosione dei litotipi argillosi, erodono e trasportano materiale detritico e fangoso, creando condizioni favorevoli all'insorgere di fenomeni franosi in prossimità delle sponde degli impluvi con relativo scalzamento al piede dei versanti adiacenti. Risulta necessario dunque evitare il posizionamento delle strutture portanti dei pannelli e delle opere accessorie in prossimità delle linee di impluvio e dei solchi erosivi. Risulta fondamentale inoltre prevedere un sistema adeguato di regimazione delle acque meteoriche, tramite ad esempio la realizzazione di fossi di guardia, col fine regimentare il flusso evitando il ruscellamento diffuso e quindi mitigando l'azione erosiva sulle coltri superficiali onde salvaguardare le opere di progetto.

Le aree di progetto con superfici sub-orizzontali, in particolar modo nelle aree del blocco B, laddove è presente una maggiore componente argillosa anche nei materiali eluvi-colluviali, potrebbero verificarsi fenomeni di ristagno idrico nelle quali, a causa delle litologie poco permeabili ed in concomitanza ad eventi di pioggia intensi, potrebbe essere possibile riscontrare aree sommerse dall'acqua meteorica. Nelle aree di progetto dovranno essere realizzate dunque opere di drenaggio e regimazione delle acque superficiali per evitare, sia fenomeni di erosione della coltre superficiale in aree con pendenze medie elevate che fenomeni di ristagno idrico in prossimità delle aree pianeggianti, con particolare attenzione all'area destinata alla realizzazione del sistema di accumulo dell'energia (BESS).

Il sito oggetto di studio ricade nell'area territoriale del Bacino idrografico del Fiume Simeto (Bacino n.094) del PAI con il quale, dallo studio della relativa cartografia di dettaglio, è stato possibile confermare l'assenza all'interno delle aree di progetto dei blocchi A e B di fenomeni gravitativi in atto.

Si evidenzia un'interferenza del cavidotto esterno con un dissesto dovuto a processi erosivi intensi identificato dal PAI con codice 094-3RM-093, con livello P2 e R2, per il quale non si ipotizzano evoluzioni del fenomeno a seguito la posa del cavidotto, avendo comunque cura di eseguire gli scavi per brevi tratti e ricoprendo la sezione di scavo subito dopo la posa.

Per quanto riguarda i fenomeni di dissesto idraulico risulta che le aree di progetto (blocchi A e B) non sono interessate da situazioni di pericolosità e/o rischio di questo tipo.

Dal punto di vista idraulico è altresì presente l'interferenza della dorsale MT nel tratto dove la S.P. 73 attraversa il Fiume Gornalunga. Tale area ricade in zona con pericolosità alta P3 e rischio idraulico medio R2 ragion per cui si prevede di realizzare l'attraversamento tramite T.O.C. (trivellazione orizzontale controllata).

• IDROGEOLOGIA

Nell'area di progetto si individuano i seguenti complessi idrogeologici caratterizzati da differente grado di permeabilità:

Litotipi permeabili

Rientrano in questa categoria i depositi clastici incoerenti quali i depositi alluvionali/fluviali attuali e recenti presenti nelle aree di fondovalle dei corsi d'acqua e/o impluvi costituiti da ghiaie, sabbie e limi eluviali e colluviali variamente frammisti spesso pedogenizzati.

La permeabilità risulta essere variabile in base alle caratteristiche del litotipo ovvero medio-bassa nella frazione limosa mentre tende ad aumentare nei livelli sabbiosi e ghiaiosi. A causa dei loro spessori fortemente variabili, tali litotipi possono creare accumuli idrici di spessore e potenza variabile. Sono caratterizzati da permeabilità per porosità con un coefficiente di permeabilità stimato variabile di circa $K = 10^{-1} - 10^{-3}$ m/sec.

Litotipi mediamente permeabili

Rocce permeabili per fessurazione e fratturazione. Si tratta di rocce coerenti che presentano un sistema fessure e fratture di dimensioni tali da rappresentare vie di infiltrazione e scorrimento per le acque meteoriche. Sono compresi in questa categoria i litotipi della Fm. Gessoso Solfifera. Sono caratterizzati da un coefficiente di permeabilità stimato variabile di circa $K = 10^{-3} - 10^{-4}$ m/sec.

Litotipi impermeabili

Rientrano in questa categoria il complesso Argilloso del Flysch Numidico, le argille varicolori e le argille della Fm. Terravecchia. Questi litotipi con componente prevalentemente argillosa ed argillo-limosa, sono caratterizzate da una bassa permeabilità con porosità estremamente ridotta con un coefficiente di permeabilità variabile stimato di circa $K = 10^{-7} - 10^{-9}$ cm/sec.

Tali terreni presentano una permeabilità primaria da bassa a nulla ed una assenza di falde acquifere ma rappresentano il substrato impermeabile dei litotipi prima descritti i quanto costituiscono il limite inferiore impermeabile che permette l'accumulo sotterraneo delle acque di infiltrazione. Lo strato superficiale alterato del Flysch Numidico, a seguito eventi meteorici intensi, potrebbe saturarsi dando luogo a livelli idrici di carattere transitorio.

• GEOLOGIA E MODELLO LITOSTRAFIGRAFICO

Nel dettaglio le aree oggetto di studio rientrano Carta Geologica d'Italia "Paternò - F. 269" L. Mazzetti e R. Travaglia – Servizio Geologico Italiano anno 1878 in scala 1:100.000.

Geologia BLOCCO A: Il substrato dell'area del blocco A è costituito prevalentemente dai litotipi afferenti alla Formazione del Flysch Numidico costituito da argille ed argilliti a struttura scagliettata consistenti e fortemente tettonizzate alternate a livelli di quarzarenite. Tale litotipo è ricoperto dalla frazione alterata del Flysch Numidico con comportamento di tipo pseudo plastico costituita da argille, argille limose e limi sabbiosi con inclusi elementi litici di natura quarzarenitica di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Depositi alluvionali attuali e recenti interessano le aree dei principali corsi d'acqua e delle linee di impluvio presenti all'interno ed in prossimità del blocco A.

Geologia BLOCCO B: Il blocco B1 insiste prevalentemente sulle litologie afferenti alle del Flysch Numidico come il blocco A mentre il *Blocco B2* è caratterizzato dal passaggio a litotipi costituiti da materiale eluvio-colluviale afferenti ai depositi alluvionali sciolti e poco consistenti. Una superficiale alterata di terreno vegetale ricopre i litotipi del substrato del blocco B.

Particolare attenzione deve essere posta all'area dedicata al sistema BESS, in quanto devono essere progettate fondazioni idonee per evitare possibili fenomeni di cedimenti differenziali a causa delle scadenti caratteristiche geotecniche del primo strato. Inoltre, sempre nell'area dedicata alla realizzazione del sistema di accumulo BESS, è necessario ipotizzare opere per il drenaggio e l'allontanamento delle acque meteoriche.

Si rimanda ai progettisti incaricati per la valutazione ed il dimensionamento delle strutture e/o fondazioni per le opere previste a progetto.

Dall'interpretazione dei dati ricavati dalle indagini geofisiche e penetrometriche effettuate è stato possibile ricavare i modelli litostratigrafici e geotecnici rappresentativi delle aree dell'impianto agrivoltaico:

MODELLO LITO-TECNICO A (BLOCCO A)

Nel dettaglio si ricostruisce il seguente modello geotecnico costituito da 3 strati:

➤ **STRATO 1 (Profondità p.c. 0,00 ÷ 1,10 mt)**

Costituito da una coltre alterata che rappresenta l'areato superficiale. Litologicamente lo strato 1 è composto da terreni a grana medio fine sciolti, con scarse caratteristiche fisico-meccaniche, formata prevalentemente da materiali alterati verosimilmente di natura argillosa, argillo-limosa e limi debolmente sabbiosi. Presenza di elementi lapidei di dimensioni da centimetriche a decimetriche di natura quarzarenitica.

➤ **STRATO 2 (Profondità p.c. 1,10 ÷ 3,30 mt)**

Costituito da terreni a grana medio fine sciolti, da poco consistenti a mediamente consistenti, afferenti verosimilmente a litologie argille limo sabbiose moderatamente addensate. Presenza a luoghi di litologie più competenti di tipo arenitico-sabbioso.

➤ **STRATO 3 (Profondità p.c. > 3,30 mt)**

Tale livello risulta essere la continuazione verso il basso dello strato 2 in quanto costituito dalla stessa natura litologica. I terreni di questo livello risultano avere buone caratteristiche fisico-meccaniche. Presenza a luoghi di litologie più competenti di tipo arenitico-sabbioso.

Categoria di sottosuolo B

Categoria topografica T1

MODELLO LITO-TECNICO B (BLOCCO B)

Nel dettaglio si ricostruisce il seguente modello geotecnico costituito da 3 strati:

➤ **STRATO 1 (Profondità p.c. 0,00 ÷ 1,20 mt)**

Costituito prevalentemente da una coltre alterata di terreno vegetale a grana medio fine sciolto, con scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Presenza di materiali eluvio-colluviali, con matrice variabile prevalentemente argillo-limosa ed argillo limo-sabbiosa, con inclusi litici di dimensioni centimetriche arrotondati e/o spigolosi.

➤ **STRATO 2 (Profondità p.c. 1,20 ÷ 3,50 mt)**

Costituito da terreni a grana medio fine sciolti, da poco consistenti a mediamente consistenti, afferenti verosimilmente ad argille limose, argille limo-sabbiose moderatamente addensate oltre che a materiali di natura eluvio-colluviale presumibilmente di tipo limo-sabbioso, sabbie-argillose e possibili livelli ghiaie. Presenza a luoghi di litologie più competenti di tipo arenitico-sabbioso.

➤ **STRATO 3 (Profondità p.c. > 3,50 mt)**

Tale livello risulta essere la continuazione verso il basso dello strato 2 in quanto costituito dalla stessa natura litologica. I terreni di questo livello risultano avere buone caratteristiche fisico-meccaniche. Presenza a luoghi di litologie più competenti di tipo arenitico-sabbioso.

Categoria di sottosuolo C

Categoria topografica T1

Per una valutazione completa di quanto sopra descritto si rimanda alla Relazione Geofisica e Penetrometrica allegate al presente documento.

Sulla base dei risultati delle indagini effettuate in situ e delle caratteristiche dei litotipi presenti nelle aree di progetto, potrebbe essere possibile riscontrare a luoghi, in fase realizzativa, alcune criticità nelle operazioni di infissione delle strutture di sostegno dei moduli fotovoltaici. Tali difficoltà potrebbero essere correlate alla presenza dei livelli quarzarenitici delle argille del Flysch Numidico ed altresì nei livelli ghiaioso-sabbioso maggiormente consolidati dei depositi alluvionali.

Nella successiva fase di progettazione esecutiva i modelli lito-tecnici proposti dovranno essere confermati e/o adattati ai risultati di ulteriori indagini di approfondimento, che saranno effettuate per identificare con esattezza i parametri geotecnici dei vari livelli litostratigrafici nonché i relativi spessori. Tali indagini dovranno essere programmate per ogni singolo sottocampo dell'impianto fotovoltaico così da poterne definire i modelli lito-tecnici di dettaglio.

In conclusione, a seguito l'elaborazione del presente studio geologico, ad oggi si può affermare che le aree oggetto di studio si prestano alla realizzazione del progetto dell'impianto agrivoltaico proposto.

Trapani, 26 Aprile 2023

Geologo Francesco Giampapa

COMUNE DI RAMACCA

PROVINCIA DI CATANIA

OGGETTO:

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DI TIPO ELETTROCHIMICO DA COLLEGARE ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC 35.635,60 kWp (FV) + DC 26.040 kW (BESS) E POTENZA NOMINALE AC 56.440 kW. DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI RAMACCA (CT) - C/DA MARGHERITO SOPRANO.

INDAGINI PENETROMETRICHE MEDIE

COMMITTENTE:

AP Engineering S.r.l.s.

Dott. Geol. Giuseppe GUGLIUZZA



Dott. Geol. Matteo COSTANTINO



Sintesi descrittiva

Su incarico della ditta "AP Engineering S.r.l.s.", sono state eseguite n°10 prove penetrometriche dinamiche a supporto dello studio geologico per il "PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DI TIPO ELETTROCHIMICO DA COLLEGARE ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC 35.635,60 KWP (FV) + DC 26.040 KW (BESS) E POTENZA NOMINALE AC 56.440 KW" da realizzarsi nel comune di Ramacca (CT) - C/da Margherito Soprano.

Lo strumento utilizzato è un penetrometro dinamico medio DM 30 (60°) con estrattore idraulico della "Deep Drill", appartenente alla categoria "DPM (medium)" nella classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici.

La prova di resistenza meccanica di tipo dinamica (SPT), consiste nel lasciar cadere un maglio di 30 Kg da un'altezza standard di 20 cm su delle aste di acciaio con diametro di 22 mm, infisse nella parte terminale ad una punta conica, e di registrare i numeri di colpi necessari per ogni 10 cm di avanzamento della suddetta punta nel terreno. Attraverso delle correlazioni empiriche, elaborate nella fattispecie dal software Win-Din, è possibile risalire con buona approssimazione al profilo stratigrafico e alle caratteristiche meccaniche dei terreni indagati.

Nello specifico vengono allegate delle tabelle e grafici, dove è possibile quantificare le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, durante l'avanzamento della punta conica nel sottosuolo, fornendo altresì, i valori stimati dei parametri geotecnici considerando ogni strato a comportamento coesivo e granulare.

Polizzi Generosa, Novembre 2022

Dott. Geol. Giuseppe GUGLIUZZA



Dott. Geol. Matteo COSTANTINO



***CERTIFICATI ELABORAZIONI
PENETROMETRICHE***

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

Classificazione ISSMFE (1988) dei penetrometri dinamici		
TIPO	Sigla Certificato	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 ²
ANGOLO APERTURA PUNTA	$\alpha = 60^\circ$
LUNGHEZZA DELLE ASTE	La = 1,00 m
PESO ASTE PER METRO	Ma = 2,40 kg
PROF. GIUNZIONE 1 ^a 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 δ) = 6,00 kg/cm ² (prova SPT : Qspt = 7.83 kg/cm ²)
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 = δ / N

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

UNITA' di MISURA (conversioni)

1 kg/cm² = 0.098067 MPa \approx 0,1 MPa
1 MPa = 1 MN/m² = 10.197 kg/cm²
1 bar = 1.0197 kg/cm² = 0.1 MPa
1 kN = 0.001 MN = 101.97 kg

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 1

- cantiere : AP Engeneering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	1	2,50 - 2,60	12	42,5	3
0,10 - 0,20	5	19,6	1	2,60 - 2,70	10	35,4	3
0,20 - 0,30	4	15,7	1	2,70 - 2,80	10	35,4	3
0,30 - 0,40	8	31,3	1	2,80 - 2,90	9	30,5	4
0,40 - 0,50	12	47,0	1	2,90 - 3,00	12	40,6	4
0,50 - 0,60	14	54,8	1	3,00 - 3,10	12	40,6	4
0,60 - 0,70	13	50,9	1	3,10 - 3,20	14	47,4	4
0,70 - 0,80	12	47,0	1	3,20 - 3,30	15	50,8	4
0,80 - 0,90	10	37,2	2	3,30 - 3,40	14	47,4	4
0,90 - 1,00	10	37,2	2	3,40 - 3,50	16	54,1	4
1,00 - 1,10	10	37,2	2	3,50 - 3,60	17	57,5	4
1,10 - 1,20	8	29,8	2	3,60 - 3,70	16	54,1	4
1,20 - 1,30	7	26,0	2	3,70 - 3,80	14	47,4	4
1,30 - 1,40	7	26,0	2	3,80 - 3,90	14	45,3	5
1,40 - 1,50	5	18,6	2	3,90 - 4,00	15	48,6	5
1,50 - 1,60	6	22,3	2	4,00 - 4,10	15	48,6	5
1,60 - 1,70	7	26,0	2	4,10 - 4,20	16	51,8	5
1,70 - 1,80	9	33,5	2	4,20 - 4,30	16	51,8	5
1,80 - 1,90	7	24,8	3	4,30 - 4,40	18	58,3	5
1,90 - 2,00	6	21,3	3	4,40 - 4,50	17	55,0	5
2,00 - 2,10	8	28,3	3	4,50 - 4,60	19	61,5	5
2,10 - 2,20	8	28,3	3	4,60 - 4,70	20	64,7	5
2,20 - 2,30	7	24,8	3	4,70 - 4,80	19	61,5	5
2,30 - 2,40	7	24,8	3	4,80 - 4,90	20	62,1	6
2,40 - 2,50	12	42,5	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10$ cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 2

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	1	2,00 - 2,10	7	24,8	3
0,10 - 0,20	3	11,7	1	2,10 - 2,20	6	21,3	3
0,20 - 0,30	7	27,4	1	2,20 - 2,30	6	21,3	3
0,30 - 0,40	12	47,0	1	2,30 - 2,40	8	28,3	3
0,40 - 0,50	13	50,9	1	2,40 - 2,50	11	39,0	3
0,50 - 0,60	15	58,7	1	2,50 - 2,60	14	49,6	3
0,60 - 0,70	10	39,1	1	2,60 - 2,70	14	49,6	3
0,70 - 0,80	9	35,2	1	2,70 - 2,80	13	46,1	3
0,80 - 0,90	8	29,8	2	2,80 - 2,90	13	44,0	4
0,90 - 1,00	10	37,2	2	2,90 - 3,00	15	50,8	4
1,00 - 1,10	8	29,8	2	3,00 - 3,10	14	47,4	4
1,10 - 1,20	9	33,5	2	3,10 - 3,20	14	47,4	4
1,20 - 1,30	8	29,8	2	3,20 - 3,30	17	57,5	4
1,30 - 1,40	8	29,8	2	3,30 - 3,40	17	57,5	4
1,40 - 1,50	9	33,5	2	3,40 - 3,50	13	44,0	4
1,50 - 1,60	8	29,8	2	3,50 - 3,60	17	57,5	4
1,60 - 1,70	8	29,8	2	3,60 - 3,70	18	60,9	4
1,70 - 1,80	9	33,5	2	3,70 - 3,80	18	60,9	4
1,80 - 1,90	9	31,9	3	3,80 - 3,90	20	64,7	5
1,90 - 2,00	8	28,3	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10$ cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 3

- cantiere : AP Engeneering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	1	2,50 - 2,60	14	49,6	3
0,10 - 0,20	5	19,6	1	2,60 - 2,70	14	49,6	3
0,20 - 0,30	6	23,5	1	2,70 - 2,80	15	53,1	3
0,30 - 0,40	8	31,3	1	2,80 - 2,90	17	57,5	4
0,40 - 0,50	11	43,0	1	2,90 - 3,00	17	57,5	4
0,50 - 0,60	6	23,5	1	3,00 - 3,10	18	60,9	4
0,60 - 0,70	7	27,4	1	3,10 - 3,20	17	57,5	4
0,70 - 0,80	7	27,4	1	3,20 - 3,30	18	60,9	4
0,80 - 0,90	6	22,3	2	3,30 - 3,40	18	60,9	4
0,90 - 1,00	5	18,6	2	3,40 - 3,50	17	57,5	4
1,00 - 1,10	5	18,6	2	3,50 - 3,60	16	54,1	4
1,10 - 1,20	4	14,9	2	3,60 - 3,70	18	60,9	4
1,20 - 1,30	5	18,6	2	3,70 - 3,80	19	64,3	4
1,30 - 1,40	7	26,0	2	3,80 - 3,90	20	64,7	5
1,40 - 1,50	9	33,5	2	3,90 - 4,00	20	64,7	5
1,50 - 1,60	8	29,8	2	4,00 - 4,10	19	61,5	5
1,60 - 1,70	6	22,3	2	4,10 - 4,20	19	61,5	5
1,70 - 1,80	8	29,8	2	4,20 - 4,30	21	68,0	5
1,80 - 1,90	8	28,3	3	4,30 - 4,40	22	71,2	5
1,90 - 2,00	9	31,9	3	4,40 - 4,50	21	68,0	5
2,00 - 2,10	9	31,9	3	4,50 - 4,60	24	77,7	5
2,10 - 2,20	12	42,5	3	4,60 - 4,70	23	74,5	5
2,20 - 2,30	13	46,1	3	4,70 - 4,80	24	77,7	5
2,30 - 2,40	15	53,1	3	4,80 - 4,90	24	74,5	6
2,40 - 2,50	15	53,1	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 4

- cantiere : AP Engeneering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	1	3,00 - 3,10	7	23,7	4
0,10 - 0,20	6	23,5	1	3,10 - 3,20	8	27,1	4
0,20 - 0,30	7	27,4	1	3,20 - 3,30	9	30,5	4
0,30 - 0,40	6	23,5	1	3,30 - 3,40	7	23,7	4
0,40 - 0,50	5	19,6	1	3,40 - 3,50	7	23,7	4
0,50 - 0,60	5	19,6	1	3,50 - 3,60	8	27,1	4
0,60 - 0,70	5	19,6	1	3,60 - 3,70	7	23,7	4
0,70 - 0,80	5	19,6	1	3,70 - 3,80	10	33,8	4
0,80 - 0,90	5	18,6	2	3,80 - 3,90	10	32,4	5
0,90 - 1,00	6	22,3	2	3,90 - 4,00	8	25,9	5
1,00 - 1,10	5	18,6	2	4,00 - 4,10	9	29,1	5
1,10 - 1,20	6	22,3	2	4,10 - 4,20	10	32,4	5
1,20 - 1,30	5	18,6	2	4,20 - 4,30	10	32,4	5
1,30 - 1,40	7	26,0	2	4,30 - 4,40	8	25,9	5
1,40 - 1,50	5	18,6	2	4,40 - 4,50	8	25,9	5
1,50 - 1,60	5	18,6	2	4,50 - 4,60	8	25,9	5
1,60 - 1,70	5	18,6	2	4,60 - 4,70	10	32,4	5
1,70 - 1,80	5	18,6	2	4,70 - 4,80	12	38,8	5
1,80 - 1,90	5	17,7	3	4,80 - 4,90	11	34,1	6
1,90 - 2,00	8	28,3	3	4,90 - 5,00	13	40,3	6
2,00 - 2,10	6	21,3	3	5,00 - 5,10	13	40,3	6
2,10 - 2,20	6	21,3	3	5,10 - 5,20	12	37,2	6
2,20 - 2,30	5	17,7	3	5,20 - 5,30	12	37,2	6
2,30 - 2,40	4	14,2	3	5,30 - 5,40	12	37,2	6
2,40 - 2,50	5	17,7	3	5,40 - 5,50	11	34,1	6
2,50 - 2,60	5	17,7	3	5,50 - 5,60	10	31,0	6
2,60 - 2,70	6	21,3	3	5,60 - 5,70	10	31,0	6
2,70 - 2,80	7	24,8	3	5,70 - 5,80	12	37,2	6
2,80 - 2,90	7	23,7	4	5,80 - 5,90	10	29,8	7
2,90 - 3,00	7	23,7	4				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10$ cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 5

- cantiere : AP Engeneering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	3	11,7	1	1,50 - 1,60	17	63,2	2
0,10 - 0,20	17	66,5	1	1,60 - 1,70	17	63,2	2
0,20 - 0,30	14	54,8	1	1,70 - 1,80	17	63,2	2
0,30 - 0,40	7	27,4	1	1,80 - 1,90	18	63,8	3
0,40 - 0,50	4	15,7	1	1,90 - 2,00	18	63,8	3
0,50 - 0,60	19	74,3	1	2,00 - 2,10	18	63,8	3
0,60 - 0,70	19	74,3	1	2,10 - 2,20	20	70,9	3
0,70 - 0,80	22	86,1	1	2,20 - 2,30	21	74,4	3
0,80 - 0,90	18	66,9	2	2,30 - 2,40	23	81,5	3
0,90 - 1,00	19	70,7	2	2,40 - 2,50	23	81,5	3
1,00 - 1,10	19	70,7	2	2,50 - 2,60	24	85,0	3
1,10 - 1,20	17	63,2	2	2,60 - 2,70	28	99,2	3
1,20 - 1,30	14	52,1	2	2,70 - 2,80	33	116,9	3
1,30 - 1,40	17	63,2	2	2,80 - 2,90	33	111,7	4
1,40 - 1,50	23	85,5	2				

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

- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**

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

- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 6

- cantiere : AP Engeneering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	5	19,6	1	2,00 - 2,10	4	14,2	3
0,10 - 0,20	11	43,0	1	2,10 - 2,20	3	10,6	3
0,20 - 0,30	20	78,3	1	2,20 - 2,30	3	10,6	3
0,30 - 0,40	35	137,0	1	2,30 - 2,40	3	10,6	3
0,40 - 0,50	22	86,1	1	2,40 - 2,50	3	10,6	3
0,50 - 0,60	14	54,8	1	2,50 - 2,60	7	24,8	3
0,60 - 0,70	12	47,0	1	2,60 - 2,70	8	28,3	3
0,70 - 0,80	9	35,2	1	2,70 - 2,80	5	17,7	3
0,80 - 0,90	12	44,6	2	2,80 - 2,90	5	16,9	4
0,90 - 1,00	7	26,0	2	2,90 - 3,00	4	13,5	4
1,00 - 1,10	8	29,8	2	3,00 - 3,10	4	13,5	4
1,10 - 1,20	6	22,3	2	3,10 - 3,20	4	13,5	4
1,20 - 1,30	5	18,6	2	3,20 - 3,30	4	13,5	4
1,30 - 1,40	4	14,9	2	3,30 - 3,40	6	20,3	4
1,40 - 1,50	5	18,6	2	3,40 - 3,50	8	27,1	4
1,50 - 1,60	5	18,6	2	3,50 - 3,60	8	27,1	4
1,60 - 1,70	5	18,6	2	3,60 - 3,70	18	60,9	4
1,70 - 1,80	5	18,6	2	3,70 - 3,80	30	101,5	4
1,80 - 1,90	5	17,7	3	3,80 - 3,90	38	123,0	5
1,90 - 2,00	4	14,2	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10$ cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 7

- cantiere : AP Engeneering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	2	7,8	1	3,00 - 3,10	10	33,8	4
0,10 - 0,20	4	15,7	1	3,10 - 3,20	7	23,7	4
0,20 - 0,30	2	7,8	1	3,20 - 3,30	8	27,1	4
0,30 - 0,40	2	7,8	1	3,30 - 3,40	8	27,1	4
0,40 - 0,50	2	7,8	1	3,40 - 3,50	11	37,2	4
0,50 - 0,60	2	7,8	1	3,50 - 3,60	12	40,6	4
0,60 - 0,70	4	15,7	1	3,60 - 3,70	10	33,8	4
0,70 - 0,80	5	19,6	1	3,70 - 3,80	10	33,8	4
0,80 - 0,90	5	18,6	2	3,80 - 3,90	10	32,4	5
0,90 - 1,00	7	26,0	2	3,90 - 4,00	11	35,6	5
1,00 - 1,10	4	14,9	2	4,00 - 4,10	14	45,3	5
1,10 - 1,20	7	26,0	2	4,10 - 4,20	14	45,3	5
1,20 - 1,30	5	18,6	2	4,20 - 4,30	17	55,0	5
1,30 - 1,40	5	18,6	2	4,30 - 4,40	25	80,9	5
1,40 - 1,50	6	22,3	2	4,40 - 4,50	13	42,1	5
1,50 - 1,60	6	22,3	2	4,50 - 4,60	13	42,1	5
1,60 - 1,70	6	22,3	2	4,60 - 4,70	16	51,8	5
1,70 - 1,80	6	22,3	2	4,70 - 4,80	18	58,3	5
1,80 - 1,90	6	21,3	3	4,80 - 4,90	18	55,9	6
1,90 - 2,00	7	24,8	3	4,90 - 5,00	17	52,8	6
2,00 - 2,10	6	21,3	3	5,00 - 5,10	16	49,7	6
2,10 - 2,20	7	24,8	3	5,10 - 5,20	16	49,7	6
2,20 - 2,30	6	21,3	3	5,20 - 5,30	18	55,9	6
2,30 - 2,40	7	24,8	3	5,30 - 5,40	18	55,9	6
2,40 - 2,50	7	24,8	3	5,40 - 5,50	19	59,0	6
2,50 - 2,60	7	24,8	3	5,50 - 5,60	21	65,2	6
2,60 - 2,70	7	24,8	3	5,60 - 5,70	21	65,2	6
2,70 - 2,80	15	53,1	3	5,70 - 5,80	22	68,3	6
2,80 - 2,90	18	60,9	4	5,80 - 5,90	22	65,6	7
2,90 - 3,00	18	60,9	4				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 8

- cantiere : AP Engeneering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	4	15,7	1	3,00 - 3,10	5	16,9	4
0,10 - 0,20	4	15,7	1	3,10 - 3,20	4	13,5	4
0,20 - 0,30	4	15,7	1	3,20 - 3,30	6	20,3	4
0,30 - 0,40	4	15,7	1	3,30 - 3,40	5	16,9	4
0,40 - 0,50	4	15,7	1	3,40 - 3,50	6	20,3	4
0,50 - 0,60	4	15,7	1	3,50 - 3,60	5	16,9	4
0,60 - 0,70	4	15,7	1	3,60 - 3,70	6	20,3	4
0,70 - 0,80	7	27,4	1	3,70 - 3,80	6	20,3	4
0,80 - 0,90	6	22,3	2	3,80 - 3,90	6	19,4	5
0,90 - 1,00	7	26,0	2	3,90 - 4,00	5	16,2	5
1,00 - 1,10	6	22,3	2	4,00 - 4,10	5	16,2	5
1,10 - 1,20	5	18,6	2	4,10 - 4,20	5	16,2	5
1,20 - 1,30	5	18,6	2	4,20 - 4,30	6	19,4	5
1,30 - 1,40	4	14,9	2	4,30 - 4,40	5	16,2	5
1,40 - 1,50	5	18,6	2	4,40 - 4,50	6	19,4	5
1,50 - 1,60	5	18,6	2	4,50 - 4,60	11	35,6	5
1,60 - 1,70	4	14,9	2	4,60 - 4,70	11	35,6	5
1,70 - 1,80	5	18,6	2	4,70 - 4,80	11	35,6	5
1,80 - 1,90	5	17,7	3	4,80 - 4,90	11	34,1	6
1,90 - 2,00	5	17,7	3	4,90 - 5,00	12	37,2	6
2,00 - 2,10	5	17,7	3	5,00 - 5,10	13	40,3	6
2,10 - 2,20	5	17,7	3	5,10 - 5,20	11	34,1	6
2,20 - 2,30	5	17,7	3	5,20 - 5,30	13	40,3	6
2,30 - 2,40	5	17,7	3	5,30 - 5,40	14	43,4	6
2,40 - 2,50	6	21,3	3	5,40 - 5,50	14	43,4	6
2,50 - 2,60	5	17,7	3	5,50 - 5,60	14	43,4	6
2,60 - 2,70	5	17,7	3	5,60 - 5,70	17	52,8	6
2,70 - 2,80	5	17,7	3	5,70 - 5,80	16	49,7	6
2,80 - 2,90	5	16,9	4	5,80 - 5,90	18	53,6	7
2,90 - 3,00	5	16,9	4				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10$ cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 9

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	4	15,7	1	3,00 - 3,10	10	33,8	4
0,10 - 0,20	14	54,8	1	3,10 - 3,20	10	33,8	4
0,20 - 0,30	23	90,0	1	3,20 - 3,30	10	33,8	4
0,30 - 0,40	26	101,7	1	3,30 - 3,40	7	23,7	4
0,40 - 0,50	28	109,6	1	3,40 - 3,50	6	20,3	4
0,50 - 0,60	28	109,6	1	3,50 - 3,60	7	23,7	4
0,60 - 0,70	28	109,6	1	3,60 - 3,70	6	20,3	4
0,70 - 0,80	24	93,9	1	3,70 - 3,80	6	20,3	4
0,80 - 0,90	25	93,0	2	3,80 - 3,90	4	12,9	5
0,90 - 1,00	22	81,8	2	3,90 - 4,00	6	19,4	5
1,00 - 1,10	19	70,7	2	4,00 - 4,10	5	16,2	5
1,10 - 1,20	15	55,8	2	4,10 - 4,20	4	12,9	5
1,20 - 1,30	13	48,3	2	4,20 - 4,30	5	16,2	5
1,30 - 1,40	11	40,9	2	4,30 - 4,40	4	12,9	5
1,40 - 1,50	11	40,9	2	4,40 - 4,50	4	12,9	5
1,50 - 1,60	12	44,6	2	4,50 - 4,60	7	22,7	5
1,60 - 1,70	11	40,9	2	4,60 - 4,70	15	48,6	5
1,70 - 1,80	12	44,6	2	4,70 - 4,80	15	48,6	5
1,80 - 1,90	10	35,4	3	4,80 - 4,90	8	24,8	6
1,90 - 2,00	10	35,4	3	4,90 - 5,00	8	24,8	6
2,00 - 2,10	9	31,9	3	5,00 - 5,10	8	24,8	6
2,10 - 2,20	9	31,9	3	5,10 - 5,20	21	65,2	6
2,20 - 2,30	8	28,3	3	5,20 - 5,30	11	34,1	6
2,30 - 2,40	8	28,3	3	5,30 - 5,40	12	37,2	6
2,40 - 2,50	8	28,3	3	5,40 - 5,50	16	49,7	6
2,50 - 2,60	6	21,3	3	5,50 - 5,60	16	49,7	6
2,60 - 2,70	7	24,8	3	5,60 - 5,70	18	55,9	6
2,70 - 2,80	10	35,4	3	5,70 - 5,80	19	59,0	6
2,80 - 2,90	8	27,1	4	5,80 - 5,90	19	56,6	7
2,90 - 3,00	8	27,1	4				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [$\delta = 10$ cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA TABELLE VALORI DI RESISTENZA

DIN 10

- cantiere : AP Engeneering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta	Prof.(m)	N(colpi p)	Rpd(kg/cm ²)	asta
0,00 - 0,10	1	3,9	1	2,50 - 2,60	13	46,1	3
0,10 - 0,20	4	15,7	1	2,60 - 2,70	13	46,1	3
0,20 - 0,30	4	15,7	1	2,70 - 2,80	13	46,1	3
0,30 - 0,40	7	27,4	1	2,80 - 2,90	17	57,5	4
0,40 - 0,50	7	27,4	1	2,90 - 3,00	16	54,1	4
0,50 - 0,60	7	27,4	1	3,00 - 3,10	16	54,1	4
0,60 - 0,70	6	23,5	1	3,10 - 3,20	19	64,3	4
0,70 - 0,80	8	31,3	1	3,20 - 3,30	19	64,3	4
0,80 - 0,90	7	26,0	2	3,30 - 3,40	19	64,3	4
0,90 - 1,00	8	29,8	2	3,40 - 3,50	17	57,5	4
1,00 - 1,10	8	29,8	2	3,50 - 3,60	17	57,5	4
1,10 - 1,20	6	22,3	2	3,60 - 3,70	16	54,1	4
1,20 - 1,30	4	14,9	2	3,70 - 3,80	18	60,9	4
1,30 - 1,40	6	22,3	2	3,80 - 3,90	22	71,2	5
1,40 - 1,50	10	37,2	2	3,90 - 4,00	21	68,0	5
1,50 - 1,60	9	33,5	2	4,00 - 4,10	22	71,2	5
1,60 - 1,70	11	40,9	2	4,10 - 4,20	19	61,5	5
1,70 - 1,80	7	26,0	2	4,20 - 4,30	22	71,2	5
1,80 - 1,90	8	28,3	3	4,30 - 4,40	23	74,5	5
1,90 - 2,00	8	28,3	3	4,40 - 4,50	22	71,2	5
2,00 - 2,10	8	28,3	3	4,50 - 4,60	22	71,2	5
2,10 - 2,20	8	28,3	3	4,60 - 4,70	22	71,2	5
2,20 - 2,30	10	35,4	3	4,70 - 4,80	21	68,0	5
2,30 - 2,40	10	35,4	3	4,80 - 4,90	21	65,2	6
2,40 - 2,50	11	39,0	3				

- PENETROMETRO DINAMICO tipo : **DM-30 (60°)**- M (massa battente)= **30,00 kg** - H (altezza caduta)= **0,20 m** - A (area punta)= **10,00 cm²** - D(diam. punta)= **35,70 mm**- Numero Colpi Punta N = N(**10**) [δ = 10 cm]- Uso rivestimento / fanghi iniezione : **SI**

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

DIN 1

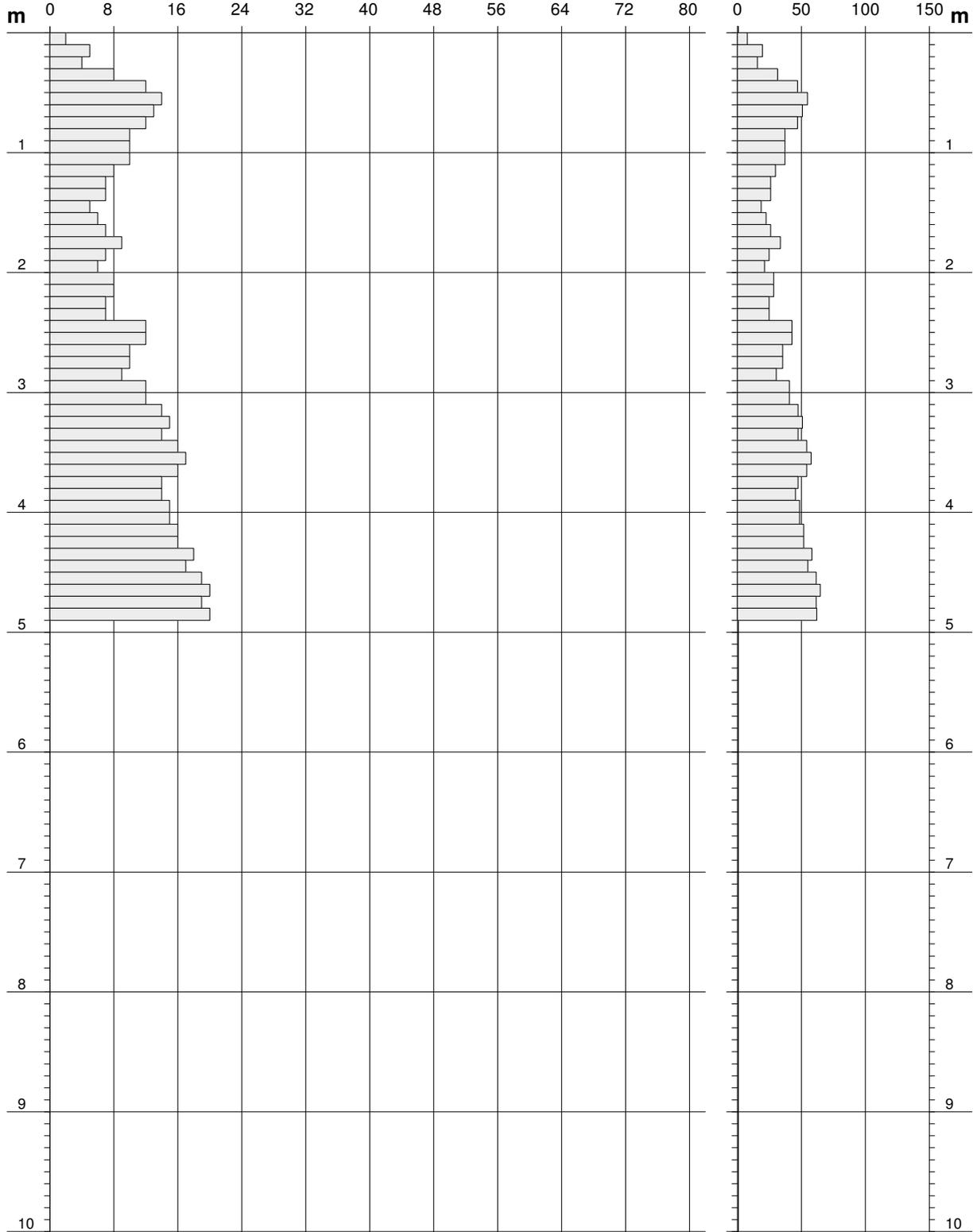
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 2

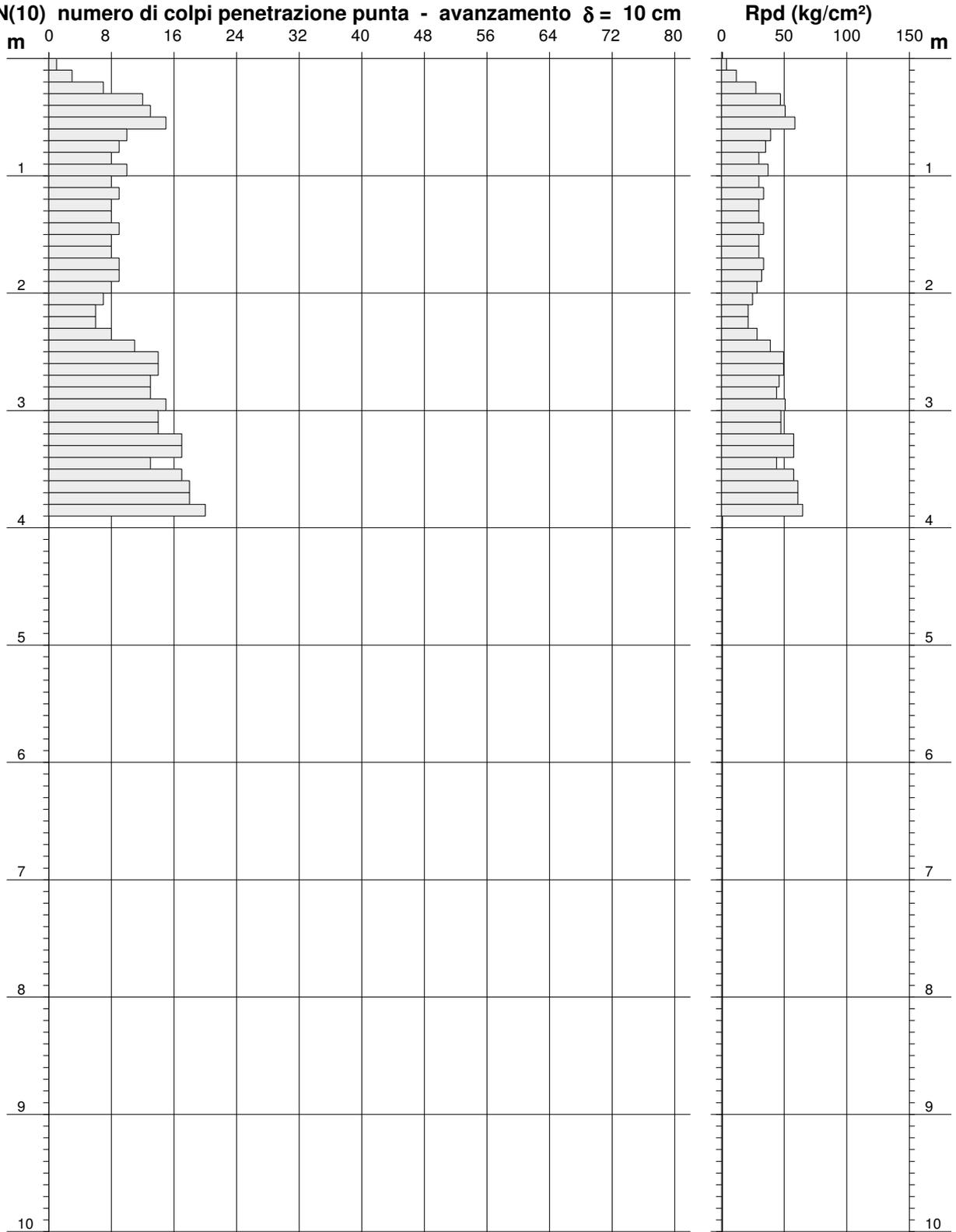
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 3

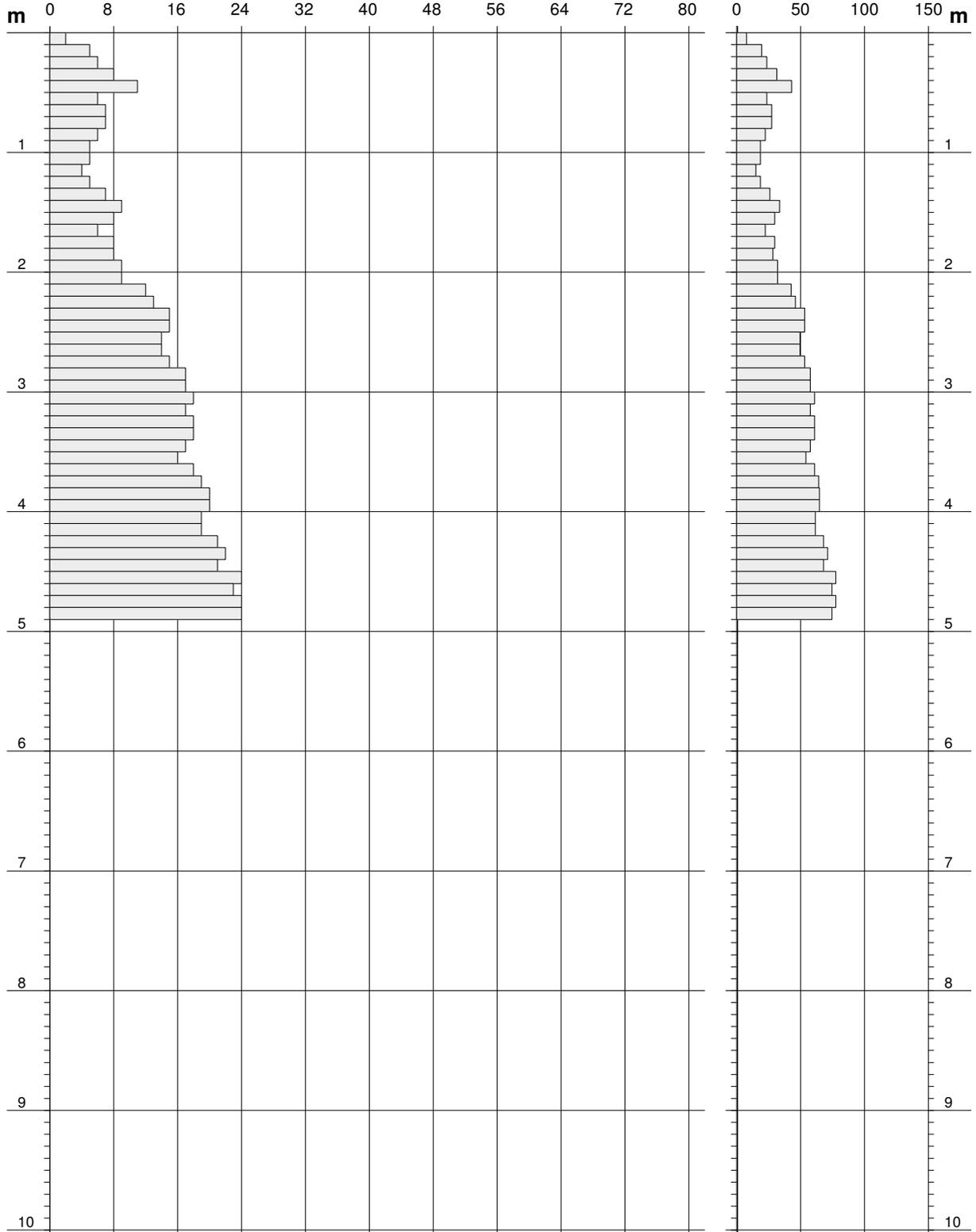
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



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

DIN 4

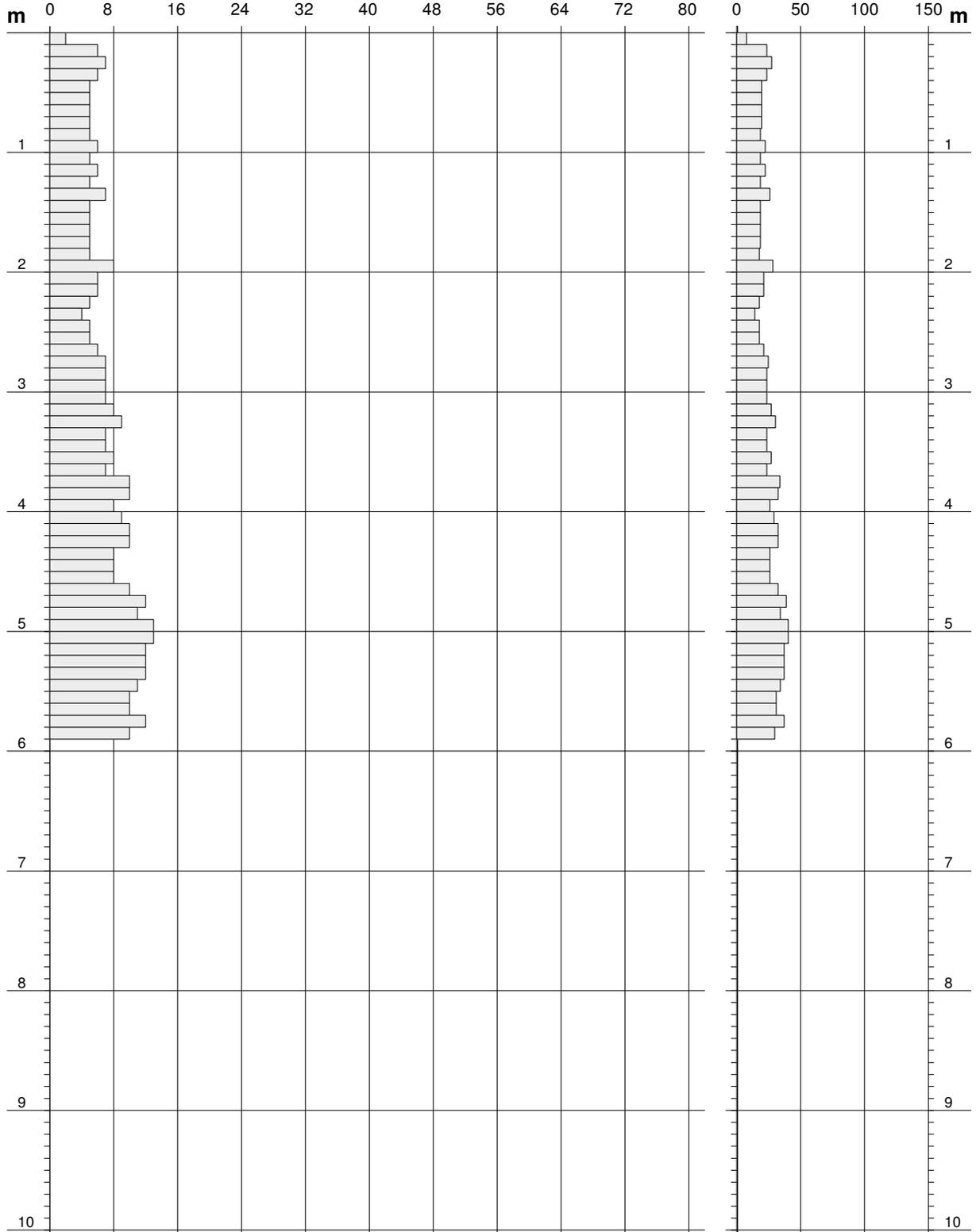
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 5

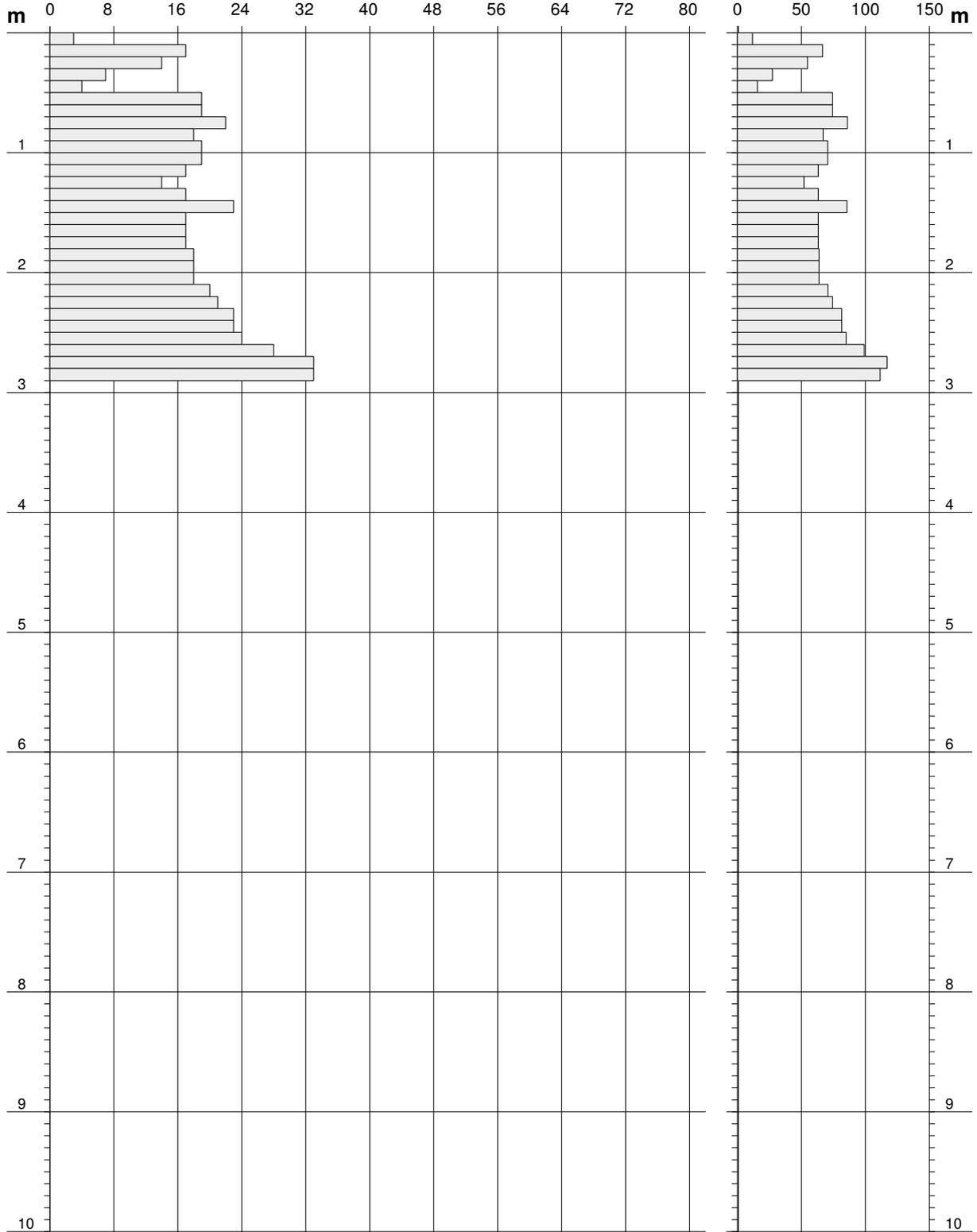
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 6

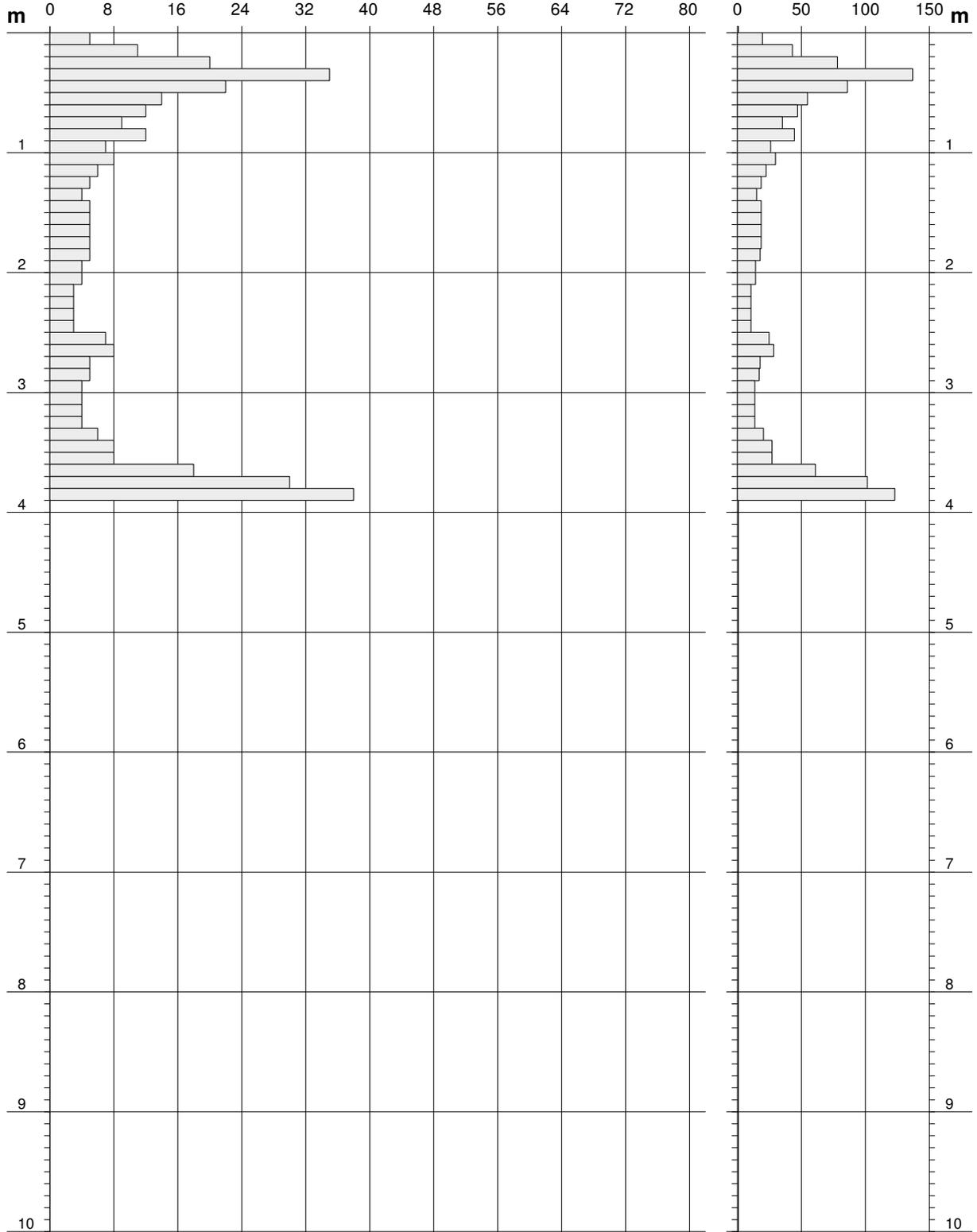
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 7

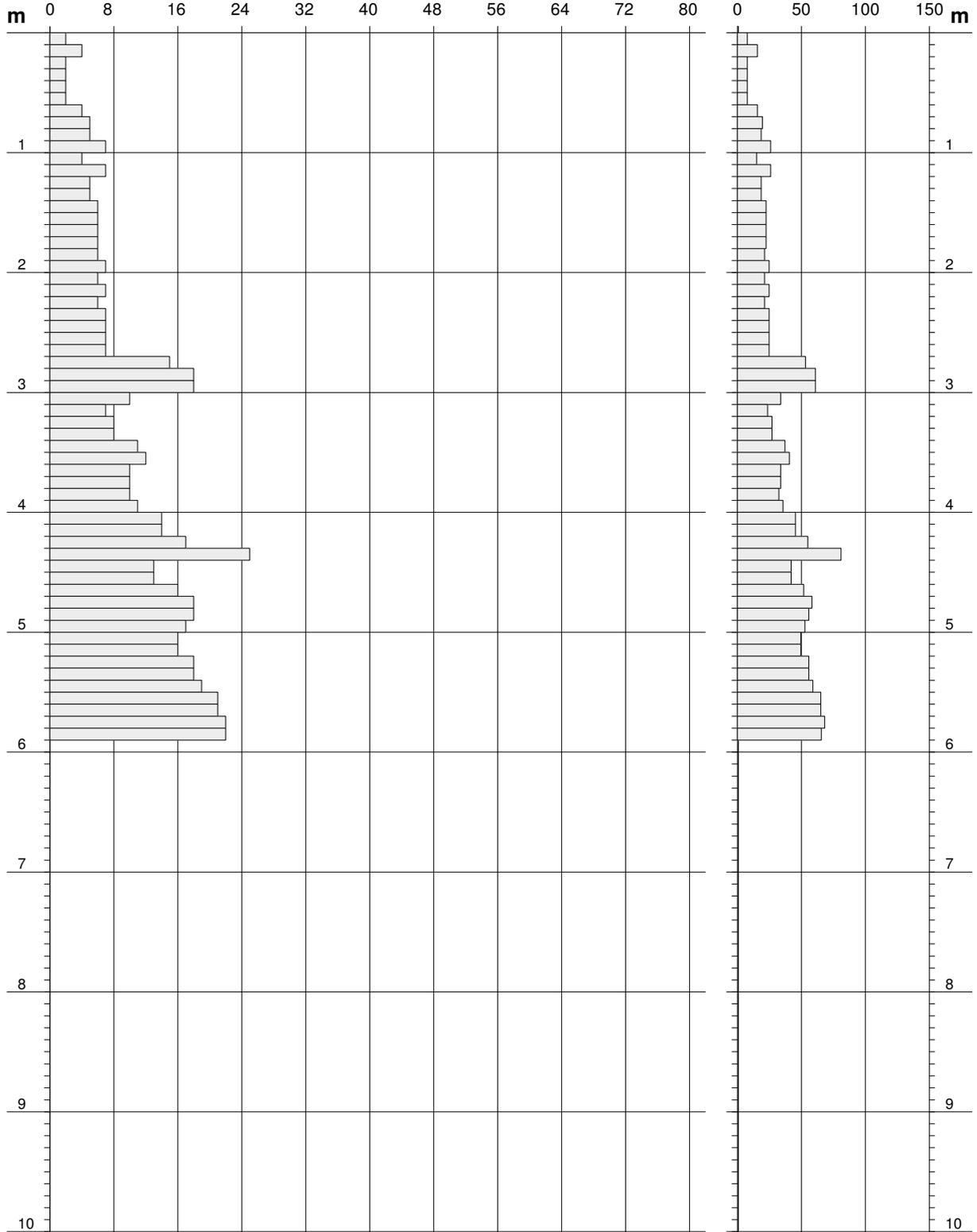
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 8

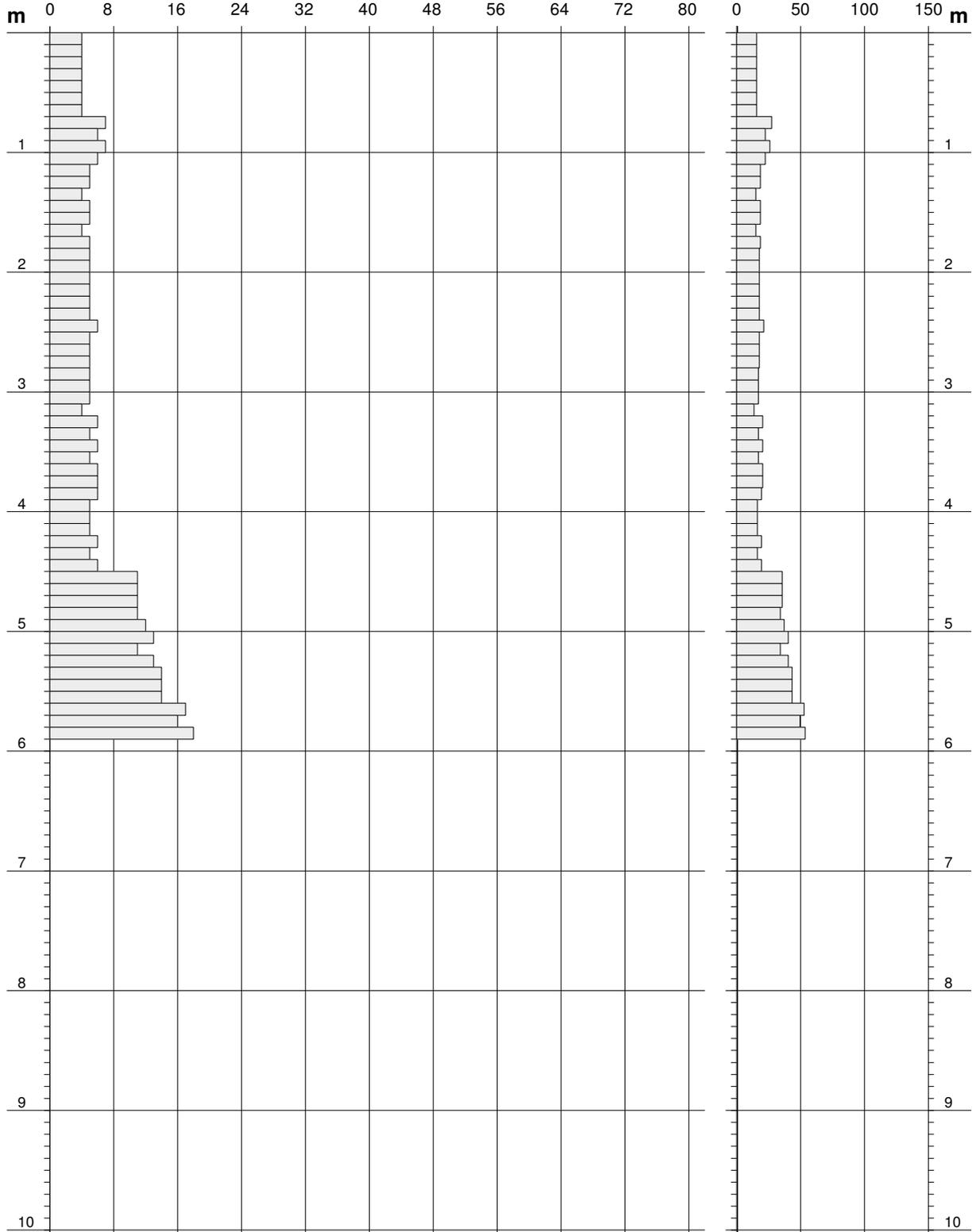
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 9

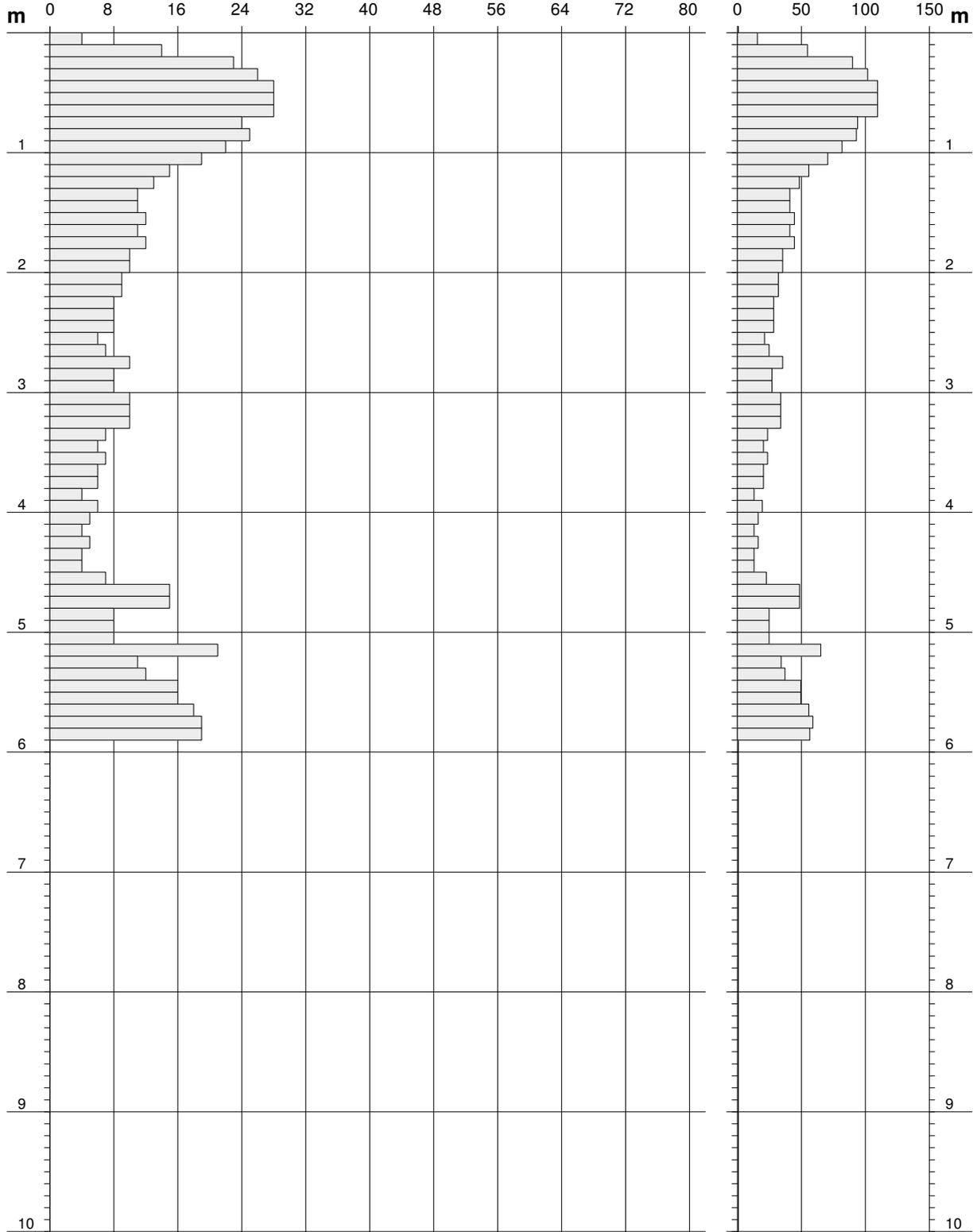
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA
DIAGRAMMA NUMERO COLPI PUNTA - Rpd

DIN 10

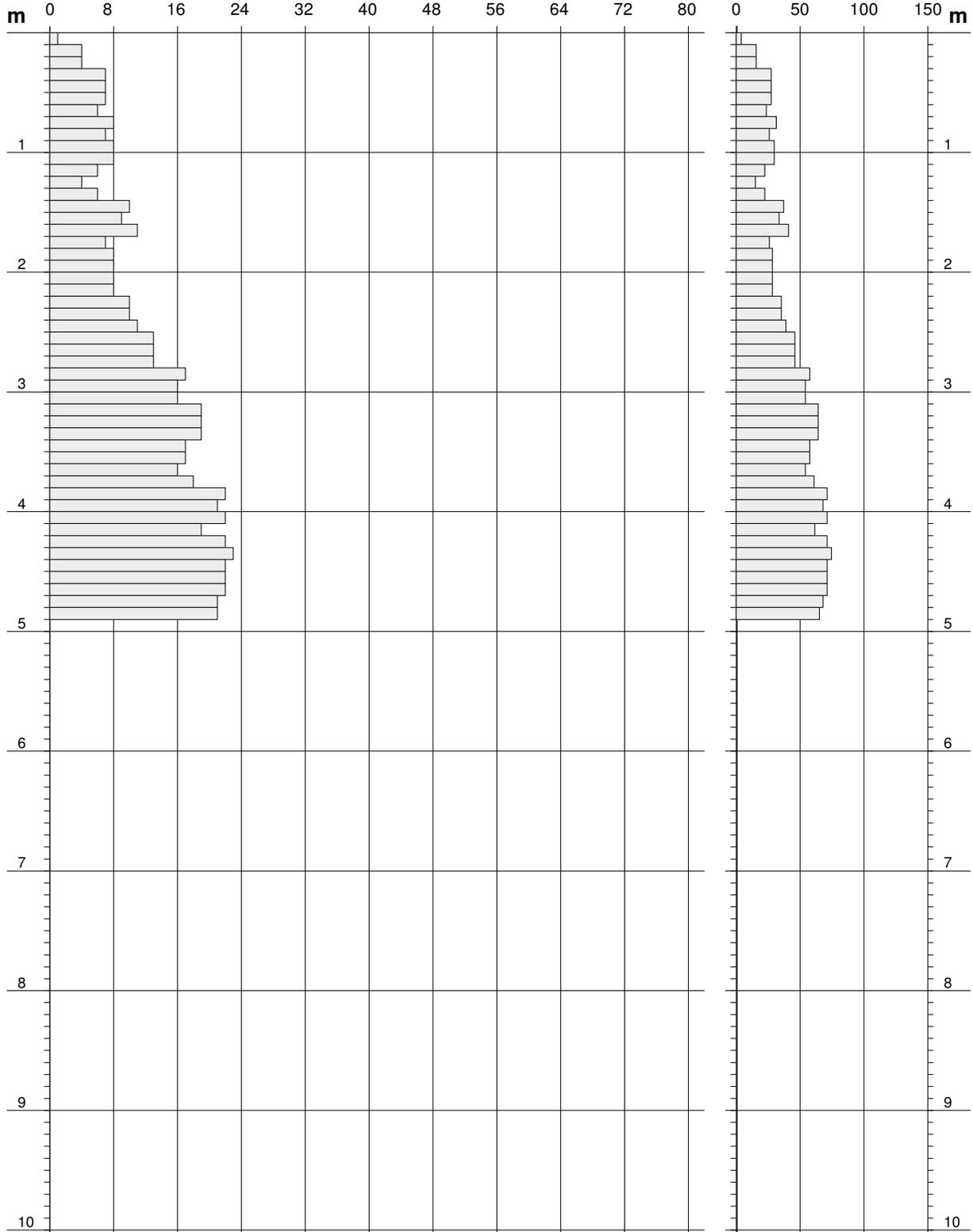
Scala 1: 50

- cantiere : AP Engeneering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

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



PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 1

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,80	N	8,8	2	14	5,4	4,6	4,1	13,4	9	0,77	7
			Rpd	34,2	8	55	21,0	18,1	16,2	52,3			
2	0,80	2,90	N	8,3	5	12	6,7	1,9	6,4	10,3	8	0,77	6
			Rpd	30,1	19	43	24,4	6,9	23,3	37,0			
3	2,90	4,90	N	16,0	12	20	14,0	2,4	13,6	18,3	16	0,77	12
			Rpd	52,5	41	65	46,5	7,0	45,5	59,4			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
 N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : 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	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.80	Coltre superficiale	7	25.0	25.2	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
2	0.80	2.90	Argille limo sabbiose	6	21.7	24.5	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	2.90	4.90	Argille limo sabbiose	12	38.0	28.4	284	1.94	1.52	0.75	1.92	31	0.842

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 2

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,80	N	8,8	2	14	5,4	4,6	4,1	13,4	9	0,77	7
		Rpd	34,2	8	55	21,0	18,1	16,2	52,3	35		
2	0,80 2,90	N	8,3	5	12	6,7	1,9	6,4	10,3	8	0,77	6
		Rpd	30,1	19	43	24,4	6,9	23,3	37,0	29		
3	2,90 3,90	N	14,4	12	17	13,2	1,6	12,8	16,0	14	0,77	11
		Rpd	48,5	41	58	44,6	5,7	42,9	54,2	47		

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/cm²)
 β : 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	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.80	Coltre superficiale	7	25.0	25.2	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
2	0.80 2.90	Argille limo sabbiose	6	21.7	24.5	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	2.90 3.90	Argille limo sabbiose	11	36.5	27.8	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 3

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,30	N	5,9	2	11	4,0	2,1	3,8	8,1	6	0,77	5
			Rpd	22,8	8	43	15,3	8,5	14,3	31,3			
2	1,30	2,80	N	10,8	6	15	8,4	3,3	7,5	14,1	11	0,77	8
			Rpd	38,7	22	53	30,5	11,2	27,5	49,9			
3	2,80	4,90	N	19,6	16	24	17,8	2,6	17,1	22,2	20	0,77	15
			Rpd	64,6	54	78	59,4	7,0	57,5	71,6			

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/cm²)
 β : 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	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.30	Coltre superficiale	5	18.3	23.7	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	1.30	2.80	Argille limo sabbiose	8	28.3	26.0	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
3	2.80	4.90	Argille limo sabbiose	15	42.5	30.0	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 4

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 1,30	N	5,2	2	7	3,6	1,2	4,1	6,4	5	0,77	4
		Rpd	20,1	8	27	13,9	4,5	15,6	24,6			
2	1,30 3,70	N	6,3	4	9	5,1	1,3	5,0	7,6	6	0,77	5
		Rpd	22,0	14	31	18,1	4,1	17,9	26,1			
3	3,70 5,90	N	10,4	8	13	9,2	1,6	8,8	12,0	10	0,77	8
		Rpd	32,9	26	40	29,4	4,6	28,3	37,6			

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/cm²)
 β : 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	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 1.30	Coltre superficiale	4	15.0	22.7	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
2	1.30 3.70	Argille limo sabbiose	5	18.3	23.7	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	3.70 5.90	Argille limo sabbiose	8	28.3	26.0	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 5

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,50	N	9,0	3	17	6,0	----	----	----	9	0,77	7
			Rpd	35,2	12	67	23,5	----	----	----	35		
2	0,50	2,10	N	18,3	14	23	16,1	2,1	16,2	20,3	18	0,77	14
			Rpd	68,0	52	86	60,0	8,8	59,2	76,8	67		
3	2,10	2,90	N	25,6	20	33	22,8	5,1	20,5	30,8	26	0,77	20
			Rpd	90,1	71	117	80,5	17,1	73,0	107,3	92		

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/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 5

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.50	Coltre superficiale	7	25.0	25.2	245	1.90	1.45	0.44	1.86	36	0.972
2	0.50	2.10	Argille e arenarie	14	41.0	29.5	299	1.96	1.53	0.88	1.95	30	0.795
3	2.10	2.90	Argille e arenarie	20	50.0	32.3	346	1.99	1.59	1.25	2.02	25	0.667

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 6

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	0,70	N	17,0	5	35	11,0	9,8	7,2	26,8	17	0,77	13
			Rpd	66,5	20	137	43,0	38,2	28,3	104,7			
2	0,70	3,60	N	5,5	3	12	4,2	2,1	3,4	7,6	6	0,77	5
			Rpd	19,7	11	45	15,2	8,0	11,6	27,7			
3	3,60	3,90	N	28,7	18	38	23,3	----	----	----	29	0,77	22
			Rpd	95,1	61	123	78,0	----	----	----			

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/cm²)
 β : 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	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	0.70	Coltre superficiale	13	39.5	29.0	292	1.95	1.53	0.81	1.93	30	0.818
2	0.70	3.60	Argille limo sabbiose	5	18.3	23.7	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	3.60	3.90	Livello arenitico-sabbioso	22	53.0	33.2	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 ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 7

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,70	N	2,6	2	4	2,3	1,0	1,6	3,5	3	0,77	2
		Rpd	10,1	8	16	8,9	3,8	6,2	13,9	12		
2	0,70 2,70	N	6,1	4	7	5,1	---	5,2	7,0	6	0,77	5
		Rpd	22,2	15	26	18,5	3,0	19,2	25,2	22		
3	2,70 4,70	N	13,0	7	25	10,0	4,3	8,7	17,3	13	0,77	10
		Rpd	43,1	24	81	33,4	14,1	29,1	57,2	43		
4	4,70 5,90	N	18,8	16	22	17,4	2,2	16,7	21,0	19	0,77	15
		Rpd	58,4	50	68	54,0	6,4	52,1	64,8	59		

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/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 7

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.70	Coltre superficiale	2	7.5	20.5	207	1.85	1.36	0.13	1.75	47	1.267
2	0.70 2.70	Argille limose	5	18.3	23.7	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
3	2.70 4.70	Argille limose e livelli arenitici	10	35.0	27.2	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892
4	4.70 5.90	Argille limo-sabbiose	15	42.5	30.0	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 8

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)	PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA							VCA	β	Nspt
			M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s	M+s			
1	0,00 0,70	N	4,0	4	4	4,0	----	4,0	4,0	4	0,77	3
		Rpd	15,7	16	16	15,7	----	15,7	15,7			
2	0,70 4,50	N	5,3	4	7	4,6	----	4,6	6,0	5	0,77	4
		Rpd	18,5	14	27	16,0	2,7	15,8	21,3			
3	4,50 5,90	N	13,3	11	18	12,1	2,4	10,9	15,7	13	0,77	10
		Rpd	41,4	34	54	37,8	6,7	34,7	48,1			

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/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 8

n°	Prof.(m)	LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
				DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00 0.70	Coltre superficiale	3	11.3	21.7	214	1.86	1.38	0.19	1.78	44	1.194
2	0.70 4.50	Argille limose	4	15.0	22.7	222	1.87	1.39	0.25	1.80	42	1.125
3	4.50 5.90	Argille limose	10	35.0	27.2	268	1.93	1.50	0.63	1.90	33	0.892

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 9

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
- lavoro : Impianto Agrivoltaico
- località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
- quota inizio :
- prof. falda : Falda non rilevata
- data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,30	N	20,7	4	28	12,3	7,3	13,4	28,0	21	0,77	16
			Rpd	79,6	16	110	47,6	28,9	50,7	108,4			
2	1,30	4,60	N	7,8	4	12	5,9	2,4	5,4	10,3	8	0,77	6
			Rpd	27,4	13	45	20,2	9,5	17,9	36,9			
3	4,60	5,90	N	14,3	8	21	11,2	4,5	9,8	18,8	14	0,77	11
			Rpd	44,5	25	65	34,7	13,9	30,6	58,4			

M: valore medio min: valore minimo Max: valore massimo s: scarto quadratico medio VCA: valore caratteristico assunto
N: numero Colpi Punta prova penetrometrica dinamica (avanzamento $\delta = 10$ cm) Rpd: resistenza dinamica alla punta (kg/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 9

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE					NATURA COESIVA			
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.30	Coltre superficiale	16	44.0	30.5	315	1.97	1.55	1.00	1.97	28	0.750
2	1.30	4.60	Argille limo sabbiose	6	21.7	24.5	238	1.89	1.43	0.38	1.85	37	1.000
3	4.60	5.90	Sabbie argillose	11	36.5	27.8	276	1.94	1.51	0.69	1.91	32	0.867

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

PROVA PENETROMETRICA DINAMICA ELABORAZIONE STATISTICA

DIN 10

- cantiere : AP Engineering S.r.l.
 - lavoro : Impianto Agrivoltaico
 - località : C.da Margerito Soprano-Ramacca (CT)

- data prova : 08/11/2022
 - quota inizio :
 - prof. falda : Falda non rilevata
 - data emiss. : 21/11/2022

- note :

n°	Profondità (m)		PARAMETRO	ELABORAZIONE STATISTICA						VCA	β	Nspt	
				M	min	Max	$\frac{1}{2}(M+\min)$	s	M-s				M+s
1	0,00	1,40	N	5,9	1	8	3,5	2,0	3,9	7,9	6	0,77	5
			Rpd	22,7	4	31	13,3	7,7	15,0	30,3			
2	1,40	2,80	N	9,9	7	13	8,5	2,1	7,9	12,0	10	0,77	8
			Rpd	35,6	26	46	30,8	7,2	28,4	42,9			
3	2,80	4,90	N	19,6	16	23	17,8	2,4	17,2	22,0	20	0,77	15
			Rpd	64,4	54	75	59,3	6,7	57,8	71,1			

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/cm²)
 β : Coefficiente correlazione con prova SPT (valore teorico $\beta_t = 0,77$) Nspt: numero colpi prova SPT (avanzamento $\delta = 30$ cm)

Nspt - PARAMETRI GEOTECNICI

DIN 10

n°	Prof.(m)		LITOLOGIA	Nspt	NATURA GRANULARE				NATURA COESIVA				
					DR	ϕ'	E'	Ysat	Yd	Cu	Ysat	W	e
1	0.00	1.40	Coltre superficiale	5	18.3	23.7	230	1.88	1.41	0.31	1.83	39	1.061
2	1.40	2.80	Argille limo sabbiose	8	28.3	26.0	253	1.91	1.46	0.50	1.87	35	0.945
3	2.80	4.90	Argille limo sabbiose	15	42.5	30.0	307	1.96	1.54	0.94	1.96	29	0.773

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

DR % = densità relativa ϕ' (°) = angolo di attrito efficace E' (kg/cm²) = modulo di deformazione drenato W% = contenuto d'acqua
 e (-) = indice dei vuoti Cu (kg/cm²) = coesione non drenata Ysat, Yd (t/m³) = peso di volume saturo e secco (rispettivamente) del terreno

DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



(Foto n° 1 – Prova penetrometrica - Din_01)



(Foto n° 2 – Prova penetrometrica - Din_02)



(Foto n° 3 – Prova penetrometrica - Din_03)



(Foto n° 4 – Prova penetrometrica - Din_04)



(Foto n° 5 – Prova penetrometrica - Din_05)



(Foto n° 6 – Prova penetrometrica - Din_06)



(Foto n° 7 – Prova penetrometrica - Din_07)



(Foto n° 8 – Prova penetrometrica - Din_08)



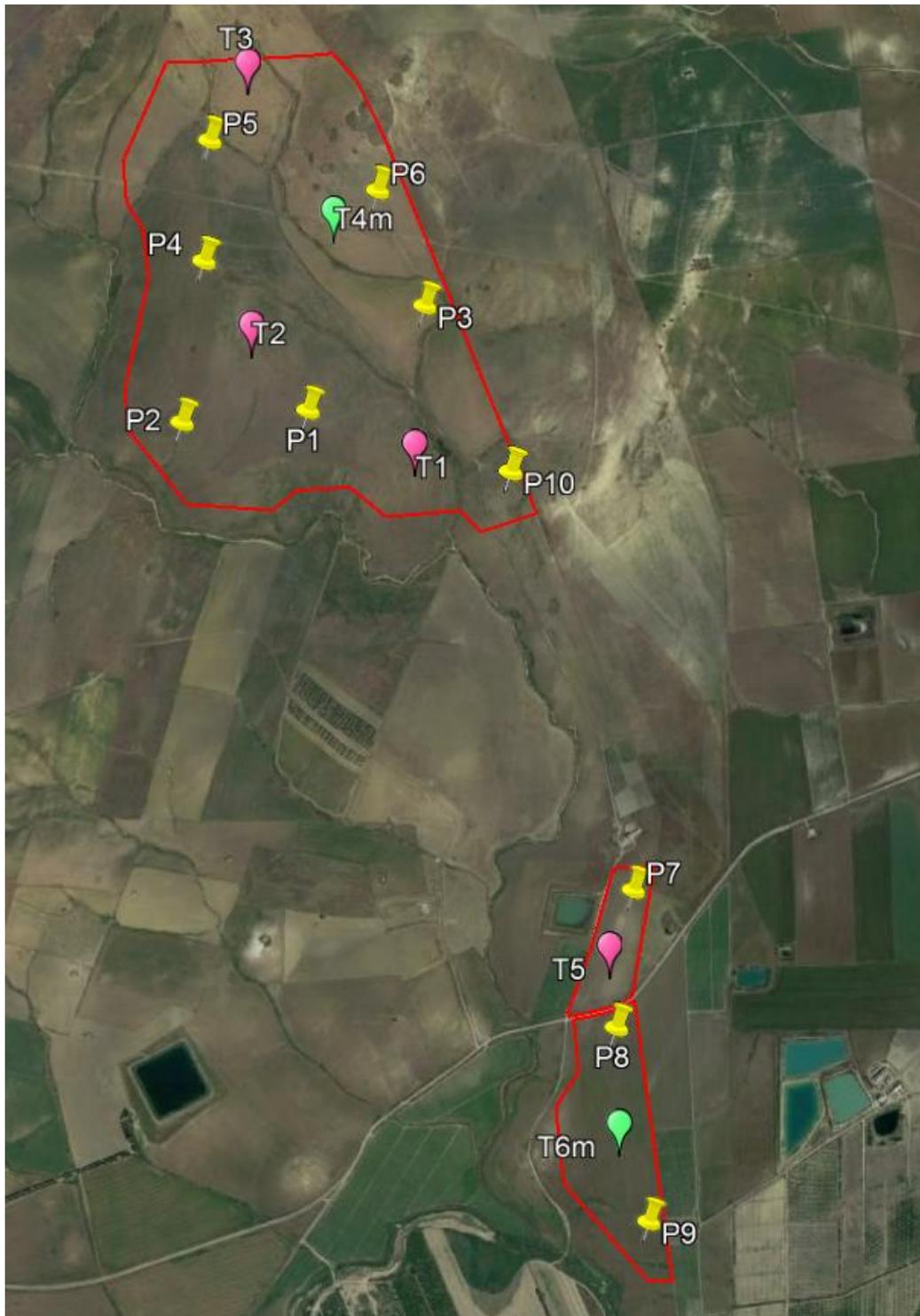
(Foto n° 9 – Prova penetrometrica Partanna_01 - Din_09)



(Foto n° 10 – Prova penetrometrica - Din_10)

ALLEGATO
UBICAZIONE DELLE INDAGINI
ESEGUITE

Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione schematica delle indagini eseguite



-  P1 Ubicazione indagine penetrometrica
-  T1 Ubicazione indagine Tomografica sismica 2D
-  T6m Ubicazione indagine Tomografica sismica 2D e Masw

COMUNE DI RAMACCA

PROVINCIA DI CATANIA

OGGETTO:

PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DI TIPO ELETTROCHIMICO DA COLLEGARE ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC 35.635,60 kWp (FV) + DC 26.040 kW (BESS) E POTENZA NOMINALE AC 56.440 kW. DA REALIZZARSI NEL COMUNE DI RAMACCA (CT) - C/DA MARGHERITO SOPRANO.

RELAZIONE GEOFISICA TOMOGRAFIE SISMICHE 2D

COMMITTENTE:

AP Engineering S.r.l.s.

I tecnici

Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza



Dott. Geol. Matteo Costantino



INDICE

1. Premessa

2. Indagini geofisiche sismiche, strumentazione utilizzata ed interpretazione dei risultati

2.1 *Descrizione e finalità della metodologia MASW*

2.2 *Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della MASW*

2.3 *Interpretazione delle prove MASW*

2.4 *Analisi dei risultati della prova MASW*

2.5 *Descrizione e finalità dell'indagine tomografica sismica superficiale*

2.6 *Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della tomografia sismica*

2.7 *Interpretazione dei risultati delle Tomografie sismiche superficiali*

2.8 *Analisi dei risultati delle indagini tomografiche sismiche-onde P.*

3. Conclusioni

3.1 *Considerazioni conclusive*

Allegati

- *Documentazione fotografica*
- *Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione delle indagini eseguite*
- *Dromocrone*

1. Premessa

Su incarico della ditta “AP Engineering S.r.l.s.. sono state eseguite n°6 tomografie sismiche superficiale a supporto dello studio geologico per il “PROGETTO DI UN IMPIANTO AGRIVOLTAICO INTEGRATO DA UN SISTEMA DI ACCUMULO DI TIPO ELETTOCHIMICO DA COLLEGARE ALLA RTN CON POTENZA NOMINALE DC 35.635,60 KWP (FV) + DC 26.040 KW (BESS) E POTENZA NOMINALE AC 56.440 KW” da realizzarsi nel comune di Ramacca (CT) - C/da Margherito Soprano.

Si rammenta che il presente lavoro è opera dell'ingegno. E' vietata, pertanto ,la riproduzione, anche parziale, degli elaborati che rimangono di proprietà intellettuale dello scrivente. Ogni diritto è riservato (Art. 99 L. 633/41).

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 17 Gennaio 2018

2. Indagini geofisiche sismiche, strumentazione utilizzata ed interpretazione dei risultati

Per quanto riguarda le indagini geofisiche sismiche sono state eseguite n° 6 prospezioni geofisiche del tipo “MASW (Multi-channel Analysis of Surface Waves, analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999)” e n°27 Tomografie sismiche superficiali 2D. Le ubicazioni delle indagini eseguite sono riportate nella planimetria allegata (*vedi Allegato*).

In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine :

Sito RAMACCA	
N°	Tipo di Indagine
02	MASW
06	Tomografia sismica superficiale 2D

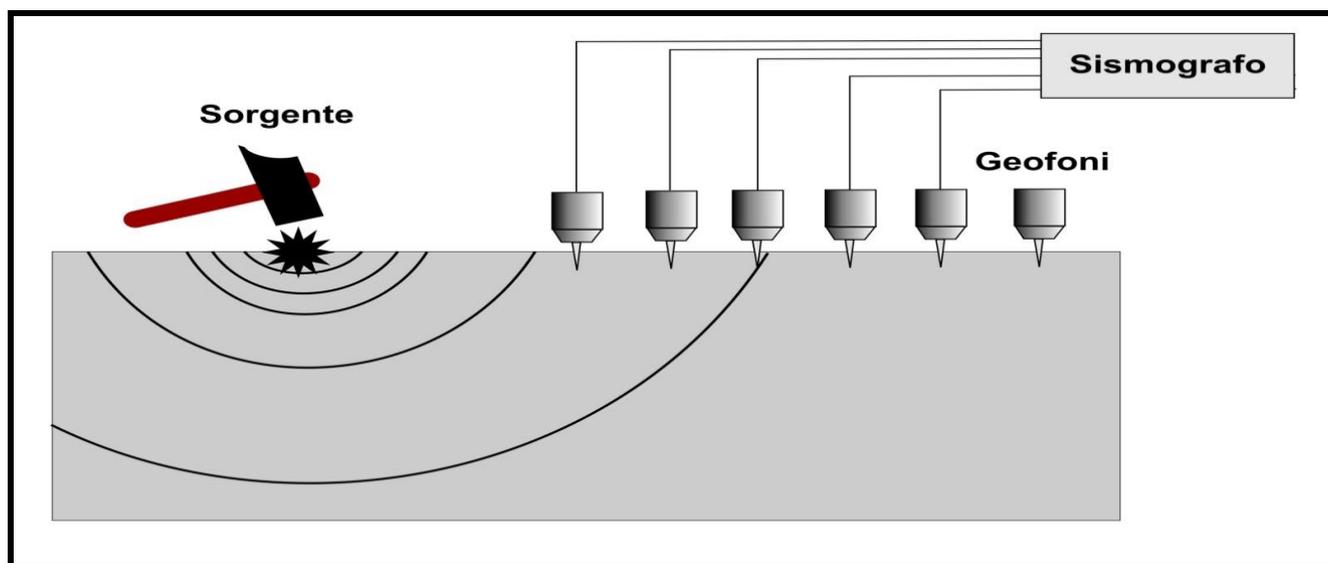
2.1 Descrizione e finalità della metodologia MASW

Il metodo MASW (Multichannel Analysis of SurfaceWaves) è una tecnica di indagine non invasiva che individua (al centro dello stendimento) il profilo di velocità delle onde di taglio verticali V_s , basandosi sulla misura delle onde superficiali fatta in corrispondenza di diversi sensori (accelerometri o geofoni) posti sulla superficie del suolo. Il contributo predominante alle onde superficiali è dato dalle onde di Rayleigh, che viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh sono dispersive, cioè onde con diverse lunghezze d'onda si propagano con diverse velocità di fase, anche se influenzate dalla V_p (Velocità delle onde P) e della densità, esse sono strettamente correlate alla V_s (parametro di fondamentale importanza nella caratterizzazione geotecnica di un sito e negli studi di amplificazione dello scuotimento sismico). La natura dispersiva delle onde superficiali è correlabile dal fatto che onde ad alta frequenza con lunghezza d'onda corta si propagano negli strati più superficiali e quindi danno informazioni sulla parte più superficiale del suolo, invece onde a bassa frequenza si propagano negli strati più profondi e quindi interessano gli strati più profondi del suolo. In questo metodo le onde superficiali generate in un punto, sulla superficie del suolo sono misurate da uno stendimento lineare di sensori. Che permettono di ottenere una velocità di fase (o curva di dispersione) sperimentale apparente nel range di frequenze compreso tra 5Hz e 70Hz.

2.2 Attrezzatura utilizzata e metodologia d'esecuzione della MASW

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è un sismografo a 24 canali ECHO 12-24/2012 della "Ambrogeo", con n°24 geofoni verticali aventi un periodo proprio di 4,5 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger del sismografo. La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, in prossimità del sito da investigare, sollecitazioni dinamiche verticali, per la generazione delle onde Rayleigh e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della

superficie, a distanze note e prefissate mediante geofoni a componente verticale (vedi Fig.n°1).



(Fig. n° 1 - Schematizzazione dello stendimento sismico di tipo MASW)

2.3 Interpretazione delle prove MASW

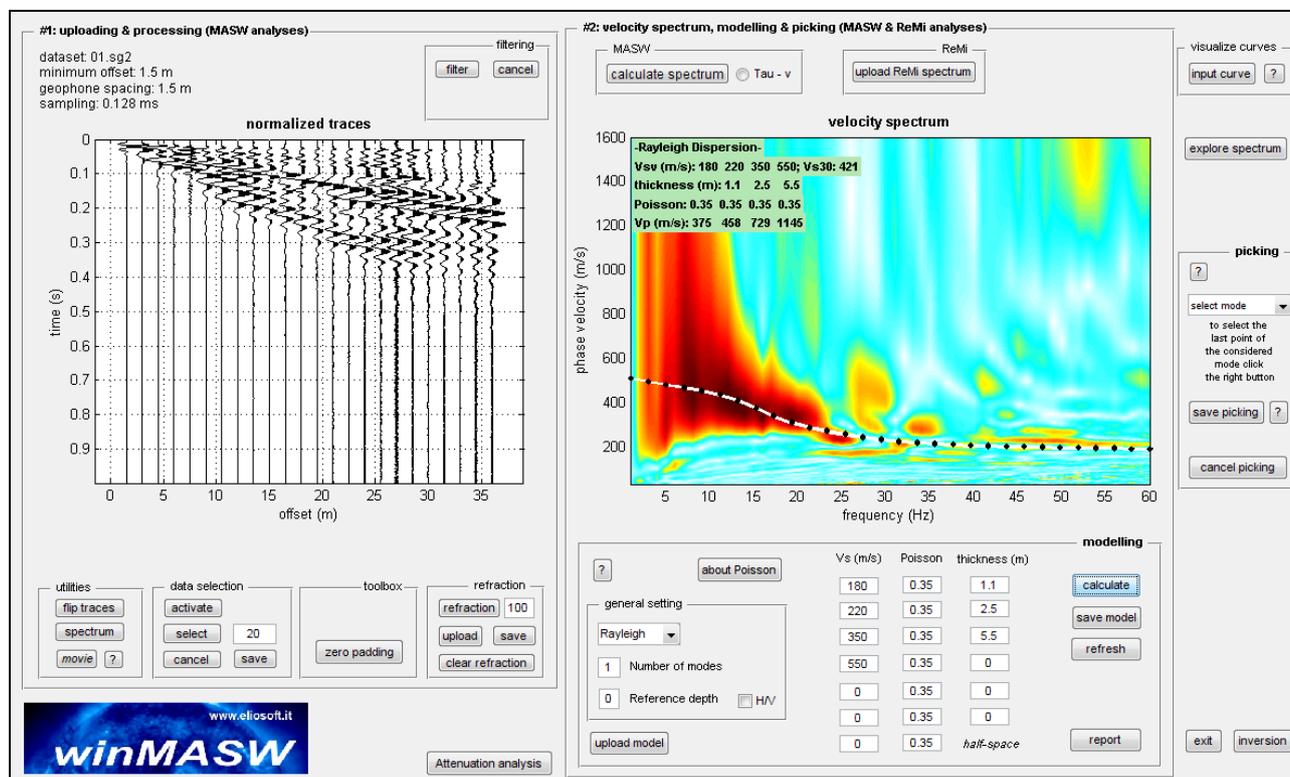
I dati sismici registrati in campagna sono stati elaborati utilizzando il software WinMasw 4.3 professional. L'operazione di processing, nella fattispecie definita come "modellazione diretta", consiste in un fitting tra la curva di dispersione e lo spettro di velocità ottenuto dai dati acquisiti. Il modello del profilo verticale delle Vs, deve essere coerente, con l'andamento della curva di dispersione sperimentale misurata. Inoltre, tali sismostrati verranno utilizzati per il calcolo del Vs30 (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m) così come sancito dalle Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018. In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine :

"MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)"

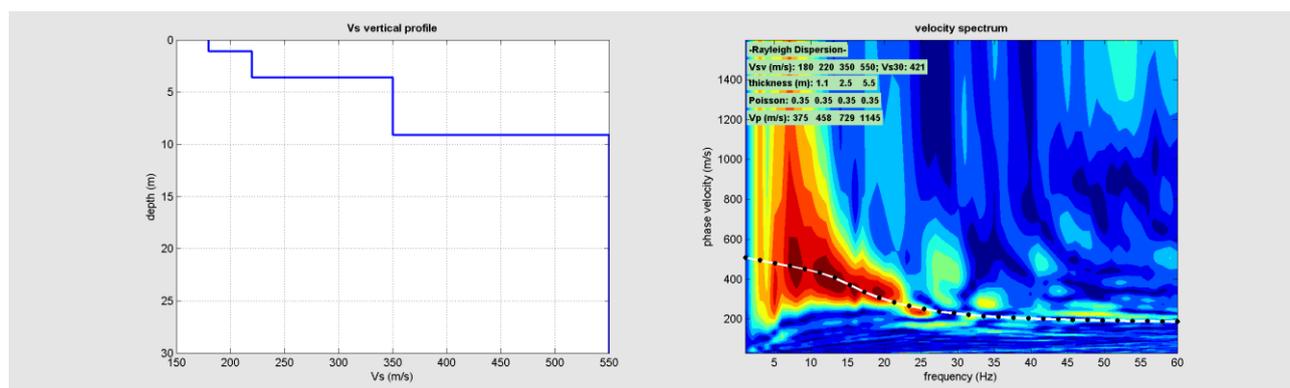
Sito Ramacca			
MASW	Lunghezza Stendimento (m)	Step – Geofoni (m)	Offset (m)
MASW_04	34,50	1,50	1,50
MASW_06	34,50	1,50	1,50

A seguire i risultati dell'inversione della curva di dispersione determinata tramite analisi dei dati MASW.

Risultati prospezione MASW_04

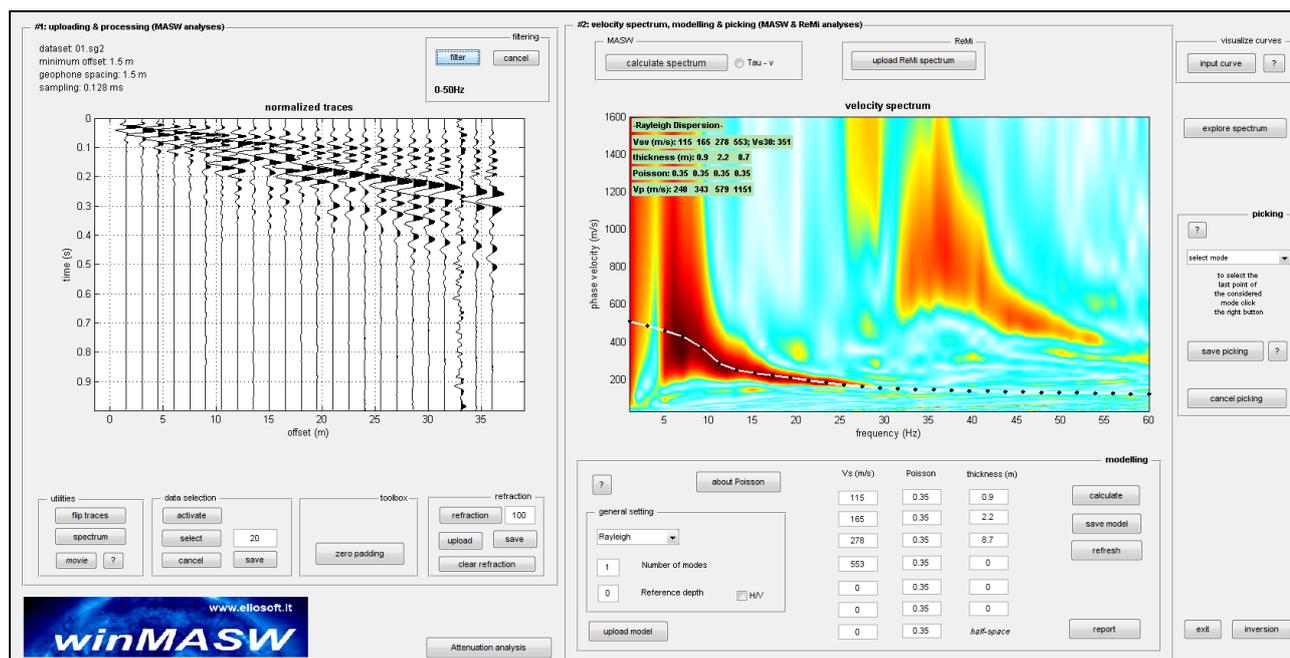


(Fig. 2 - Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato della MASW_04)

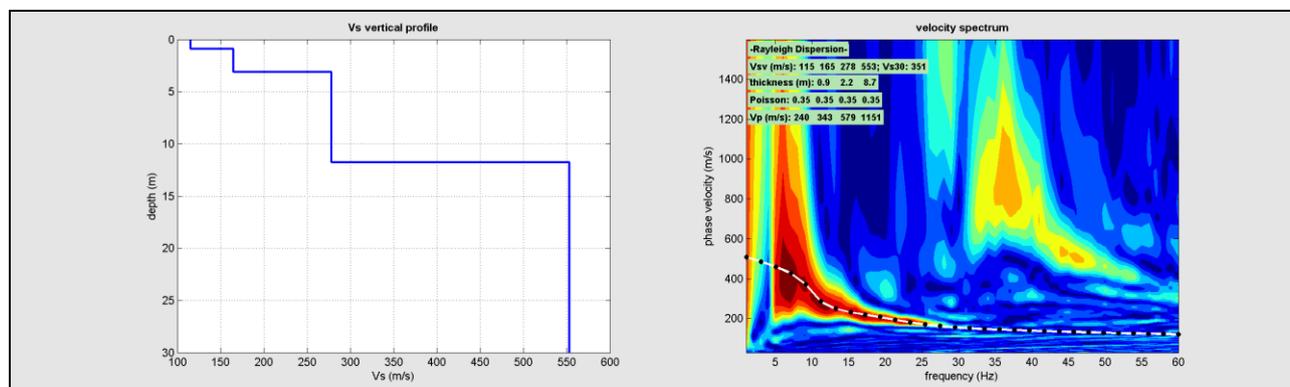


(Fig. 3 - Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto - MASW_04)

Risultati prospezione MASW_06



(Fig. 4 - Sulla sinistra i dati di campagna e sulla destra, lo spettro di velocità calcolato della MASW_06)



(Fig. 5 - Risultati della modellazione diretta con relativa curva di dispersione. A sinistra: profilo verticale Vs e curva di dispersione del modello diretto - MASW_06)

2.4 Analisi dei risultati delle prove MASW

Dall'analisi dei dati sismici relativo alla prove MASW, si è ottenuto un riscontro abbastanza coerente con l'assetto geologico che caratterizza l'area in studio. In ottemperanza alle "Nuove Norme Tecniche per la Costruzioni di cui al D.M. 17 Gennaio 2018" la classificazione del sito può essere ottenuta sulla base del valore "V_{s,eq}" (velocità media equivalente delle onde di taglio con substrato rigido presente entro i primi 30,0m), o "V_{s 30}" (velocità media delle onde di taglio nei primi 30 m con substrato rigido > di 30,0m di profondità) utilizzando la seguente espressione:

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

dove:

h_i spessore dell'*i*-esimo strato;

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

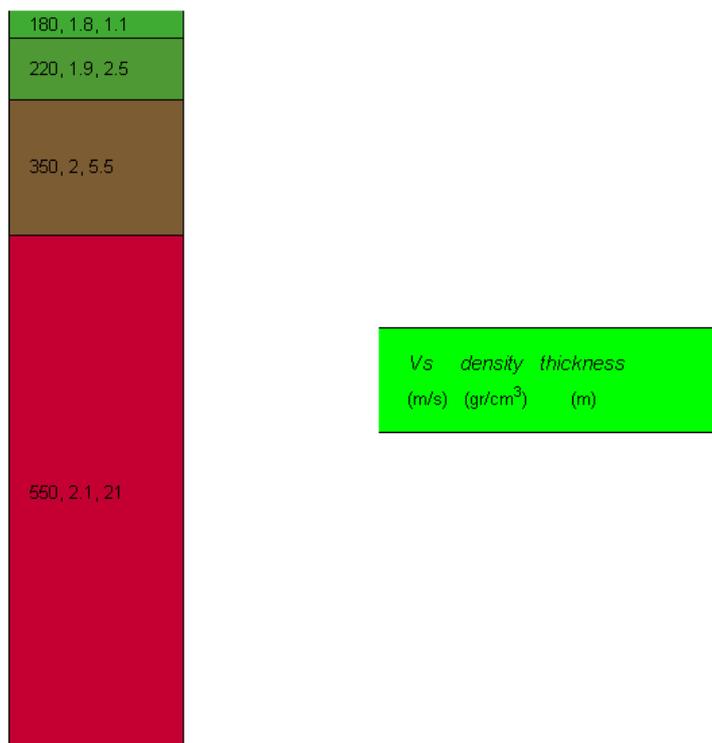
N numero strati;

H profondità del substrato rigido (Bed Rock) < di 30,0 m caratterizzato da velocità non inferiore a 800,00 m/s; o H = 30,0 m nel caso in cui il substrato rigido sia a profondità maggiori di 30,0 m

Da quanto sopra esposto a seguire una tabella riepilogativa dei valori di V_{s,30}, nell'area interessata dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico considerando la profondità del BedRock maggiore di 30,0 m dal p.c. Ai sensi della NTC 2018 risulta una categoria di suolo di tipo "C" per la **Masw_04**, e suolo di tipo "B" per la **Masw_06**, rispettivamente di **421,0 m/s** e **351,0 m/s** considerato una profondità di Bed Rock maggiore di 30,0 m.

Vs 30- (m/s)		
MASW_04	Al p.c. Vs30	421,00
MASW_06	Al p.c. Vs30	351,00

Il modello stratigrafico ottenuto dalla **MASW_04** , evidenzia n°4 sismostrati, che vengono esposti qui di seguito nella colonna 1D sismostratigrafica:



- 0,00 m a – 1,10 m, terreni a grana medio fine sciolti, costituiscono l'areato superficiale, posseggono scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: Vp 427,00 m/s e Vs 180,00 m/s;
- da –1,10 m a -3,60 m terreni a grana medio fine moderatamente addensati, con mediocri caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 522,00 m/s e Vs 220,00 m/s;
- da -3,60 m a -9,10 m terreni a grana medio-fine, con discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 831,00 m/s e Vs 350,00 m/s;
- da -9,10 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine, risultano possedere apprezzabili caratteristiche fisico-meccaniche e sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1305,00 m/s e Vs 550,00 m/s

Il modello stratigrafico ottenuto dalla **MASW_06** , evidenzia n°4 sismostrati, che vengono esposti qui di seguito nella colonna 1D sismostratigrafica:



- 0,00 m a – 0,90 m, terreni a grana medio fine sciolti, costituiscono l’areato superficiale, posseggono scarse caratteristiche fisico-meccaniche. Il complesso è caratterizzato dalle seguenti velocità delle onde sismiche: Vp 273,00 m/s e Vs 115,00 m/s;
- da –0,90 m a -3,10 m terreni a grana medio fine moderatamente addensati, con mediocri caratteristiche fisico meccaniche, sono caratterizzati dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 392,00 m/s e Vs 165,00 m/s;
- da -3,10 m a -11,80 m terreni a grana medio-fine, con discrete caratteristiche fisico meccaniche, sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 660,00 m/s e Vs 278,00 m/s;
- da -11,80 m a -30,0 m materiale a grana medio-fine, risultano possedere apprezzabili caratteristiche fisico-meccaniche e sono contraddistinti dai seguenti valori di attraversamento delle onde sismiche Vp 1313,00 m/s e Vs 553,00 m/s

Qui di seguito viene esposta una tabella con la relativa caratterizzazione sismica dei sismostrati individuati.

Il calcolo dei moduli elastici si basa sulla teoria dell'elasticità, la quale prevede che per sforzi impulsivi e di piccola energia, i corpi subiscono deformazioni linearmente proporzionali, alle forze che le originano. Pertanto, per sollecitazioni impulsive e di bassa energia, terreni e rocce rispondono nel campo della deformazione elastica. Le velocità di propagazione delle onde sismiche variano al variare delle caratteristiche geomeccaniche e fisiche dei litotipi coinvolti e quindi, consentono di ottenere informazioni sulle proprietà elastiche dei mezzi attraversati.

Tali parametri esprimono le caratteristiche elastiche di un corpo quando è sottoposto ad uno sforzo e sono:

E (modulo di elasticità o di Young) esprime la resistenza alla deformazione lineare quando lo si sottopone ad uno sforzo di dilatazione o di compressione;

ν (rapporto di Poisson) indica la misura del cambiamento geometrico in forma di un corpo elastico;

G (modulo di rigidità o di Taglio) da una misura del rapporto sforzo-deformazione nel caso di uno sforzo tangenziale ed esprime quindi la capacità del materiale a resistere cambiando di forma e non di volume;

K (modulo di compressione) misura il rapporto sforzo-deformazione nel caso di una pressione idrostatica ed indica la resistenza di un corpo alle variazioni di volume.

μ (modulo di Lamè) tiene conto delle tensioni tangenziali provocate dalle componenti normali dello sforzo.

Caratterizzazione sismica e relativi moduli elastici-dinamici – RAMACCA

Sismostrato MASW_04	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm3)	Mod. di Poisson	Mod. di Taglio (MPa)	Mod. di Compressione (MPa)	Mod. di Young (MPa)	Mod di Lamè (MPa)
I	1,10	427,00	180,00	1,85	0,39	60,00	257,00	167,00	217,00
II	2,50	522,00	220,00	1,90	0,39	92,00	394,00	256,00	333,00
III	5,50	831,00	350,00	2,01	0,39	246,00	1059,00	685,00	895,00
IV	20,90	1305,00	550,00	2,12	0,39	641,00	2754,00	1784,00	2326,00

Sismostrato MASW_06	Spessore (m)	Vp (m/s)	Vs (m/s)	Densità (gr/cm3)	Mod. di Poisson	Mod. di Taglio (MPa)	Mod. di Compressione (MPa)	Mod. di Young (MPa)	Mod di Lamè (MPa)
I	0,90	273,00	115,00	1,74	0,39	23,00	99,00	64,00	84,00
II	2,20	392,00	165,00	1,83	0,39	50,00	214,00	139,00	181,00
III	8,70	660,00	278,00	1,95	0,39	151,00	650,00	420,00	549,00
IV	18,20	1313,00	553,00	2,12	0,39	648,00	2790,00	1805,00	2358,00

2.5 Descrizione e finalità dell'indagine tomografica sismica superficiale

Il metodo della sismica consiste nel caratterizzare dinamicamente, tramite la misura delle velocità di propagazione delle onde di compressione (onde P) o delle onde di taglio (Onde S), le unità litologiche presenti nell'area di indagine e determinarne così, la geometria, gli spessori e i contatti delle unità litotecniche riscontrate. In particolare, il metodo della tomografia sismica superficiale, consente di individuare apprezzabili variazioni delle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo, permettendo di ottenere un modello di distribuzione delle velocità mediante la restituzione di una mappa di tipo "profondità-velocità", dove è possibile ricostruire con buona approssimazione, la geometria dei materiali di copertura e anche, tramite la variazione progressiva della velocità nel sottosuolo, individuare quelle aree in cui i materiali risultano avere maggior grado di costipazione e quindi migliori caratteristiche fisico-meccaniche. In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine :

In particolare è stata eseguita la seguente tipologia di indagine :

Tomografia Sismica Superficiale

Sito Ramacca

Tomografia Sismica superficiale	Lunghezza Array (m)	Step Geofoni (m)	Offset (m) scoppi esterni	Offset (m) scoppi interni	Sampling Interval msec	Record Length (sec)
Tom_01	34,50 m	1,50	1,50	0,75	0,128	0,2
Tom_02	34,50 m	1,50	1,50	0,75	0,128	0,2
Tom_03	34,50 m	1,50	1,50	0,75	0,128	0,2
Tom_04	34,50 m	1,50	1,50	0,75	0,128	0,2
Tom_05	34,50 m	1,50	1,50	0,75	0,128	0,2
Tom_06	34,50 m	1,50	1,50	0,75	0,128	0,2

La strumentazione utilizzata per l'acquisizione dei dati è una stazione sismica a 24 canali ECHO 12-24/2002 della "Ambrogeo", con n°24 geofoni verticali, aventi un periodo proprio di 4,5 Hz, una mazza battente di 8 kg, a sua volta dotata di uno starter da accoppiare al circuito trigger.

La prova è consistita nel produrre sulla superficie del terreno, lungo la direzione dello stendimento, sollecitazioni dinamiche verticali, per la precisione n°7 battute, per la generazione delle onde sismiche e nel registrare le vibrazioni prodotte, sempre in corrispondenza della superficie a distanze note e prefissate, mediante sensori (geofoni) a componente verticale. Gli stendimenti sono stati eseguiti con una disposizione di n° 24 geofoni per le registrazioni degli arrivi delle fasi

A seguire la tipologia di array e la configurazione delle energizzazioni:

-n.24 Geofoni con interdistanza di 1,50 m

- n. 7 energizzazioni mediante mazza battente di 8,0 kg

- n.2 shots esterni con offset di 1,50 m da geofono esterni G1 e G24
- n.5 shots interni tra geofoni G2 e G3, G4 e G5, G6 e G7 , G8 e G9, G11e G12 con offset di 0,75 m

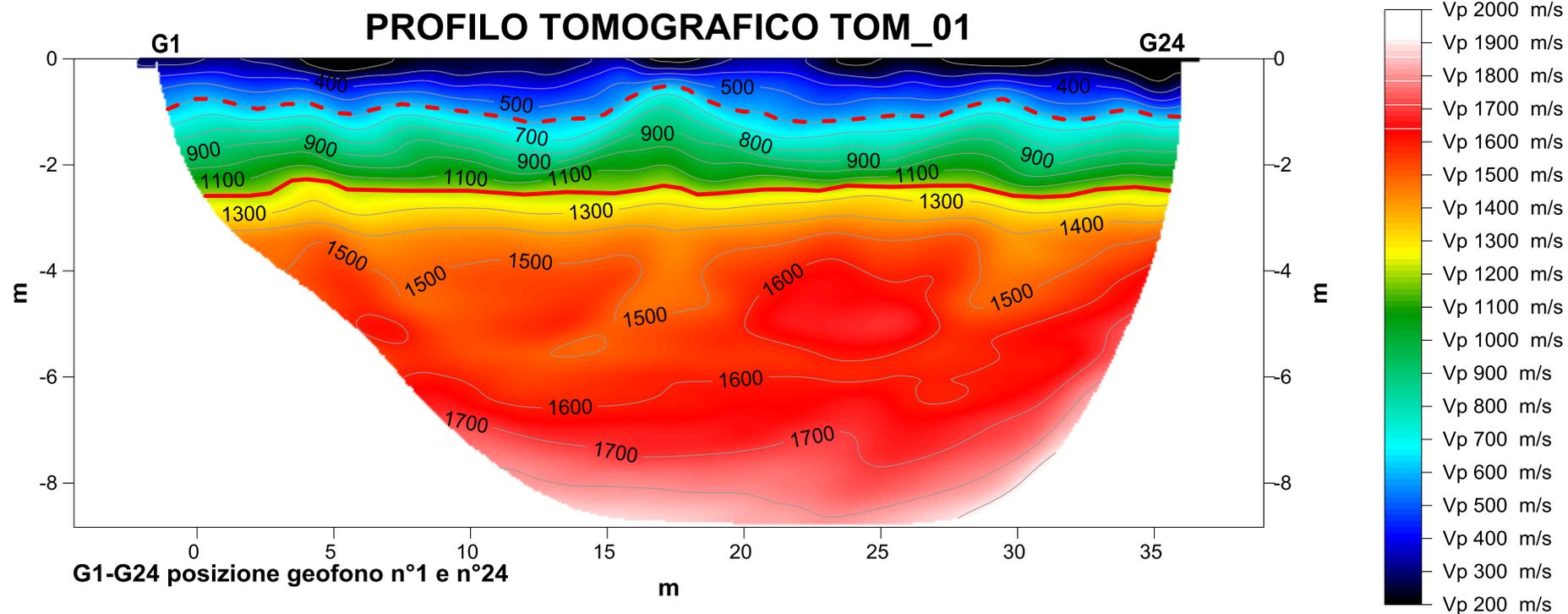
2.7 Interpretazione dei risultati delle Tomografie sismiche superficiali

Il sismogramma registrato, è stato elaborato con un software denominato “Echo 12-24”, mediante procedura di “piking”, cioè in ogni traccia del sismogramma viene individuato il tempo di arrivo delle onde P, successivamente, si è proceduto ad utilizzare per mezzo di un software dedicato, il “**Rayfract2.65**”, un codice di elaborazione tomografica denominato come “**Inversione Tomografica WET**” (Wavepath Eikonal Traveltime), questa particolare tecnica di inversione tomografica, permette il calcolo delle traiettorie dell’onda attraverso la soluzione di complesse equazioni, definite in letteratura come eikonale quation di Fresnel, ottenendo così un modello 2D di velocità-profondità, visualizzato con apposito software di contouring.

2.8 Analisi dei risultati delle indagini tomografiche sismiche-onde P.

Lo scopo delle indagini, è stato quello di determinare lo spessore dei materiali areati, poco addensati, aventi scadenti caratteristiche meccaniche. Le caratteristiche geomeccaniche dei terreni, sono legati alla densità e al grado di costipazione dei terreni e quindi alla velocità di transito delle onde sismiche, nella fattispecie le onde P. Di seguito vengono raffigurate le sezioni tomografiche superficiali e le relative note interpretative. Nello specifico nelle sismosezioni viene definito lo spessore dei terreni e la loro consistenza e quindi le proprie caratteristiche fisico-meccaniche. Considerato che la velocità delle propagazione delle onde sismiche, è legata essenzialmente alla densità e alla consistenza dei materiali, è stato possibile identificare i terreni con vari gradi di addensamento in base alla variazione di velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo.

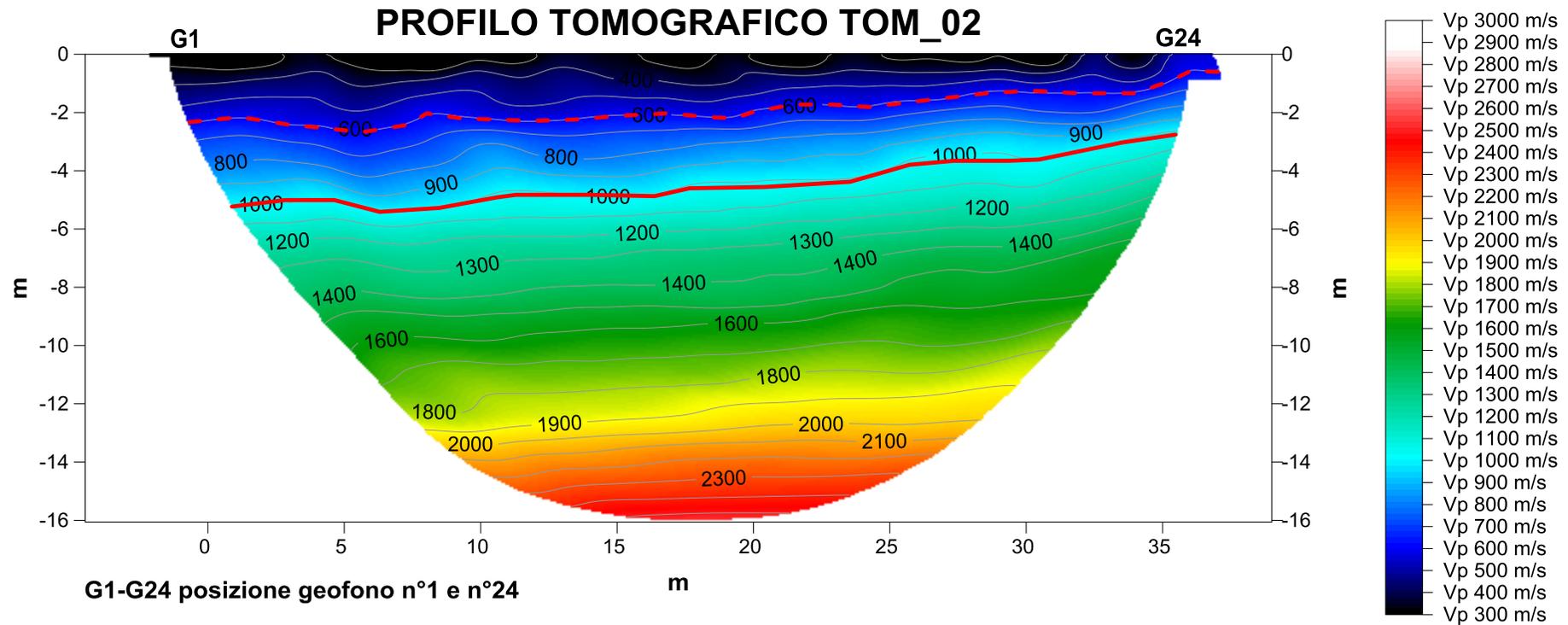
TOMOGRAFIE SISMICHE “RAMACCA”



Riflettore che segna il passaggio tra materiali superficiali di copertura e alterati ($V_p < 600,0$ m/s) e materiali a grana medio fine da poco consistenti a mediamente consistenti ($1200,00$ m/s $> V_p > 600,00$ m/s).

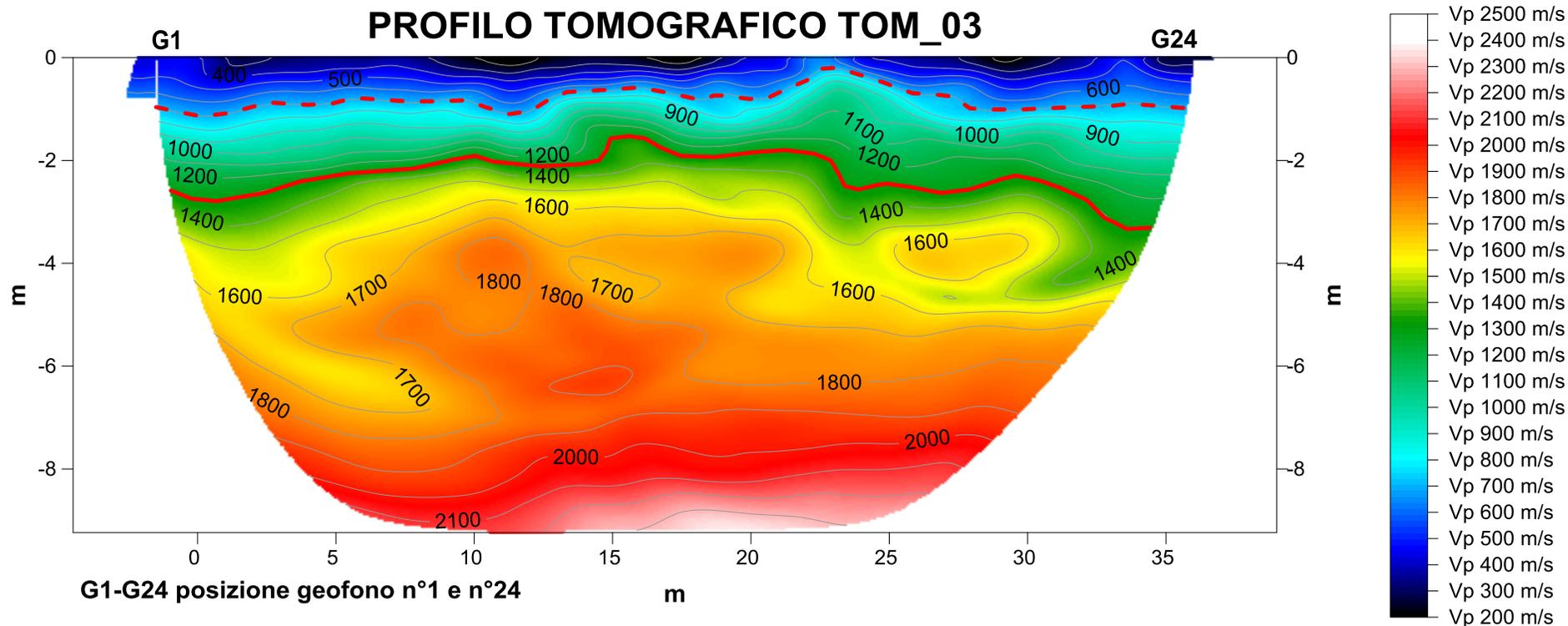


Riflettore che segna il passaggio in profondità verso materiali consistenti con migliori caratteristiche fisico-meccaniche ($V_p > 1200,00$ m/s).



Riflettore che segna il passaggio tra materiali superficiali di copertura e alterati ($V_p < 600,0 \text{ m/s}$) e materiali a grana medio fine da poco consistenti a mediamente consistenti ($1000,00 \text{ m/s} > V_p > 600,00 \text{ m/s}$).

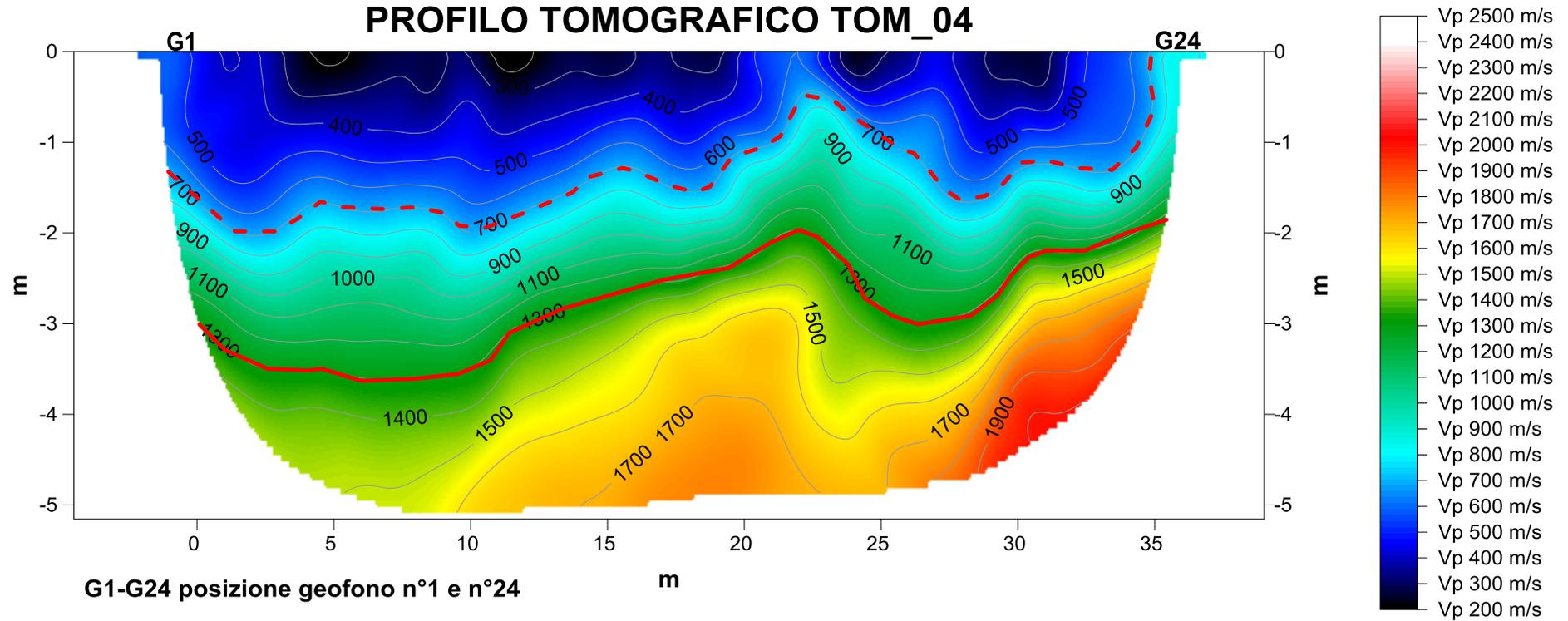
Riflettore che segna il passaggio in profondità verso materiali consistenti con migliori caratteristiche fisico-meccaniche ($V_p > 1000,00 \text{ m/s}$).



- - - Riflettore che segna il passaggio tra materiali superficiali di copertura e alterati ($V_p < 600,0$ m/s) e materiali a grana medio fine da poco consistenti a mediamente consistenti ($1200,00$ m/s $> V_p > 600,00$ m/s).

~ ~ ~ Riflettore che segna il passaggio in profondità verso materiali consistenti con migliori caratteristiche fisico-meccaniche ($V_p > 1200,00$ m/s).

PROFILO TOMOGRAFICO TOM_04

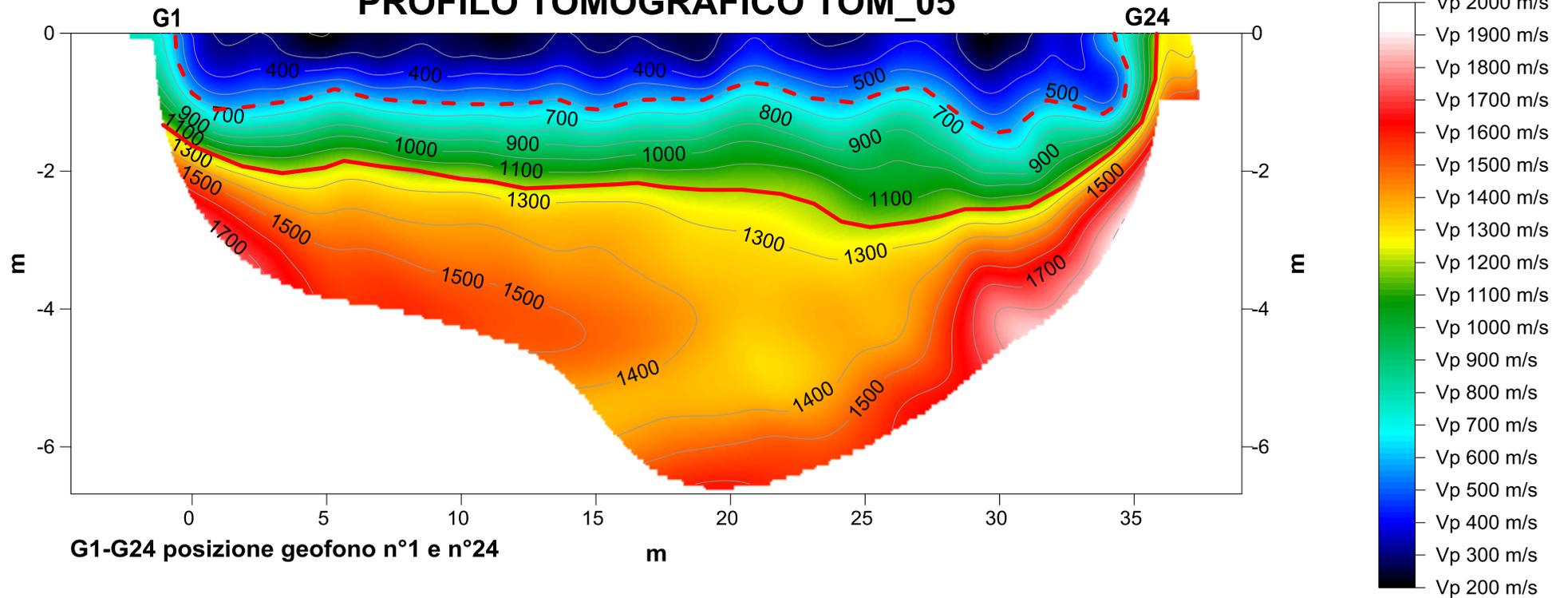


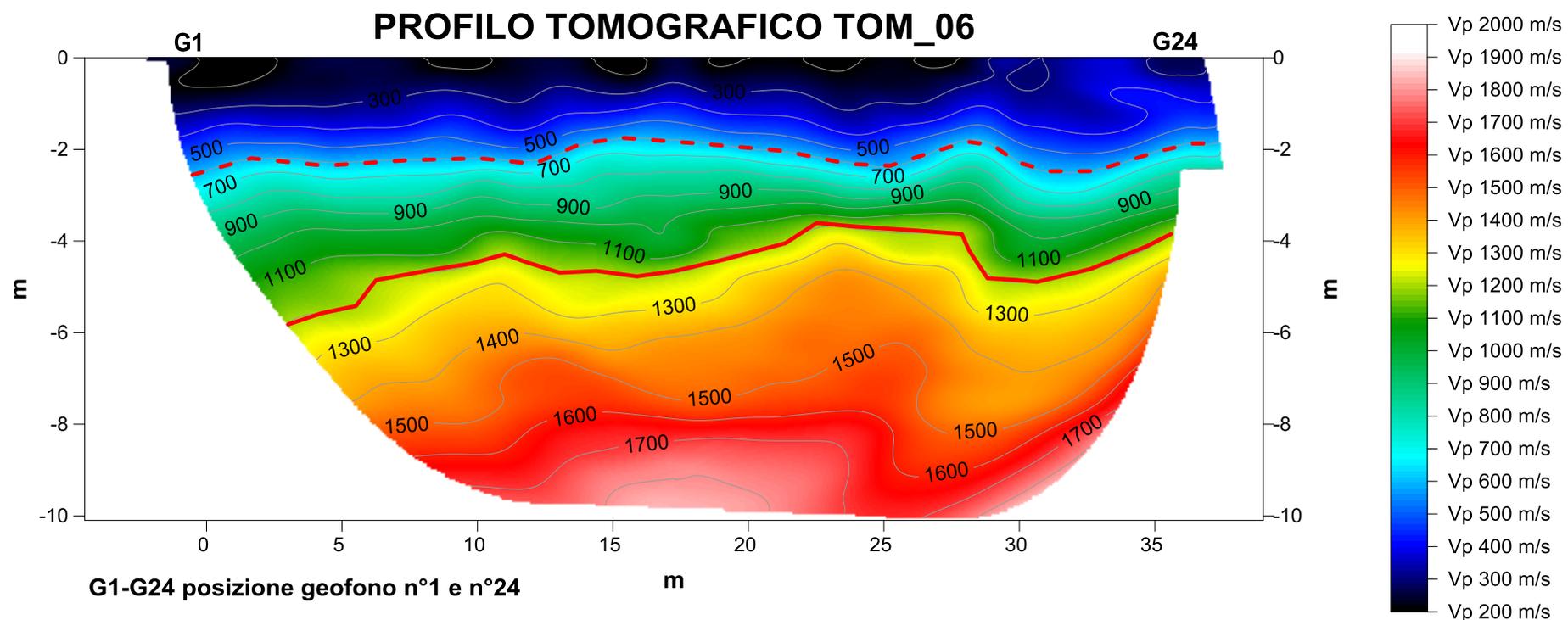
Riflettore che segna il passaggio tra materiali superficiali di copertura e alterati ($V_p < 700,0 \text{ m/s}$) e materiali a grana medio fine da poco consistenti a mediamente consistenti ($1300,00 \text{ m/s} > V_p > 700,00 \text{ m/s}$).



Riflettore che segna il passaggio in profondità verso materiali addensati verosimilmente pseudolitoidi con migliori caratteristiche fisico-meccaniche ($V_p > 1300,00 \text{ m/s}$).

PROFILO TOMOGRAFICO TOM_05





Riflettore che segna il passaggio tra materiali superficiali di copertura e alterati ($V_p < 600,0 \text{ m/s}$) e materiali a grana medio fine da poco consistenti a mediamente consistenti ($1200,00 \text{ m/s} > V_p > 600,00 \text{ m/s}$).



Riflettore che segna il passaggio in profondità verso materiali consistenti con migliori caratteristiche fisico-meccaniche ($V_p > 1200,00 \text{ m/s}$).

Descrizione dei profili tomografici di velocità delle onde P:

L'ubicazione e il posizionamento degli stendimenti di tomografia sismica 2D sono stati pianificati e programmati con la committenza alla luce delle ristrettezze logistiche dello stato dei luoghi, con il fine di ottenere un'ottimale ed ampia copertura dell'area indagata (*vedi allegato – planimetria con ubicazione delle indagini*).

Interpretazione: In particolar modo nel primo sito sono state eseguite n.6 tomografie sismiche, l'area nella sua interezza ha mostrato un assetto litotecnico piuttosto simile e omogeneo, che si manifesta con una marcata omogeneità litologica che rappresenta tutt'ora l'assetto stratigrafico del settore in studio. In particolar modo, il modello sismostratigrafico tipo caratterizzante il settore interessato dalla realizzazione dell'impianto fotovoltaico è caratterizzato a partire dall'alto da una copertura di terreni superficiali che definiscono un primo sismostrato con spessore medio di circa 1,0-2,0 m. Le velocità di transito delle onde P nel primo sismostrato, risultano inferiori ad un range compreso tra 600,00 m/s e 700,00 m/s.

A seguire il secondo sismostrato, con spessore variabile tra 1,0 m e 3,0 m, risulta costituito verosimilmente da materiali di natura "Argillo-limo-sabbiosa" parzialmente alterati, e da poco a mediamente consistenti verso la profondità; le velocità delle onde P al suo interno risultano comprese un minimo di 600,0 m/s e massimo di 1300,0 m/s. Verso il basso il terzo sismostrato, intercettabile ad una profondità dal piano di campagna compresa tra circa un minimo di 2,0 m- fino a 6,0 m. Nel complesso è costituito da materiali della stessa natura litologica, con velocità di propagazione delle onde P nel maggiore di 1200,0 m/s, dove nella Tom_04 e nella Tom_05 si possono riscontrare livelli pseudolitoidi.

3. Conclusioni

3.1 Considerazioni conclusive

La risultanza delle indagini geofisiche, hanno consentito di qualificare e quantificare le caratteristiche sismiche dei terreni interessati dallo studio geologico. Il modello di riferimento simo-stratigrafico, restituito dalle prospezioni, ha mostrato una apprezzabile correlatività con l'assetto geologico della area in studio. Dalle indagini sismiche si è definito un modello sismostratigrafico di dettaglio, dove attraverso la discretizzazione dei sismostrati individuati è stato possibile definire l'assetto litotecnico e sismico dei terreni indagati. Inoltre dall'analisi dei tomogrammi, le linee di isovelocità, mostrano nel complesso un andamento abbastanza regolare che non evidenziano anomalie stratigrafiche degne di nota. Dalle indagini, si nota un aumento delle velocità di propagazione delle onde sismiche con la profondità, correlabile ad un corrispondente aumento delle proprietà litotecniche dei materiali.

In osservanza al Nuovo NTC di cui al D.M. del 17 Gennaio 2018 la categoria di suolo per il settore in studio ai sensi della NTC 2018 risulta una categoria di suolo di tipo "C" per la **Masw_04**, e suolo di tipo "B" per la **Masw_06**, rispettivamente di **421,0 m/s** e **351,0 m/s** considerato una profondità di Bed Rock maggiore di 30,0 m.

Polizzi Generosa, Dicembre 2022

I tecnici

Dott. Geol. Giuseppe Gugliuzza



Dott. Geol. Matteo Costantino



Documentazione fotografica



Stendimento sismico: Tom_01



Stendimento sismico: Tom_02



Stendimento sismico: Tom_03



Stendimento sismico: Tom_04



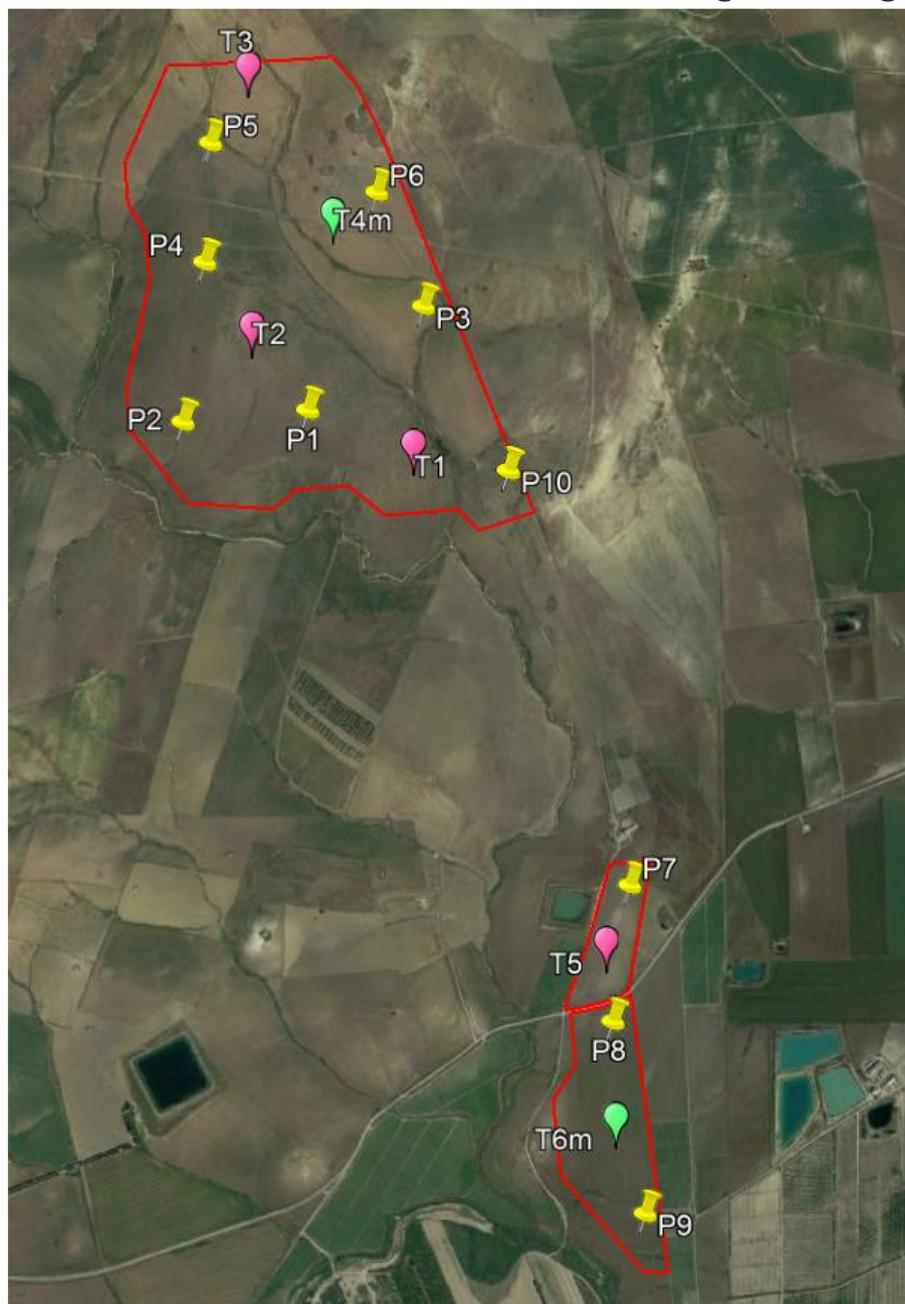
Stendimento sismico: Tom_05



Stendimento sismico: Tom_06

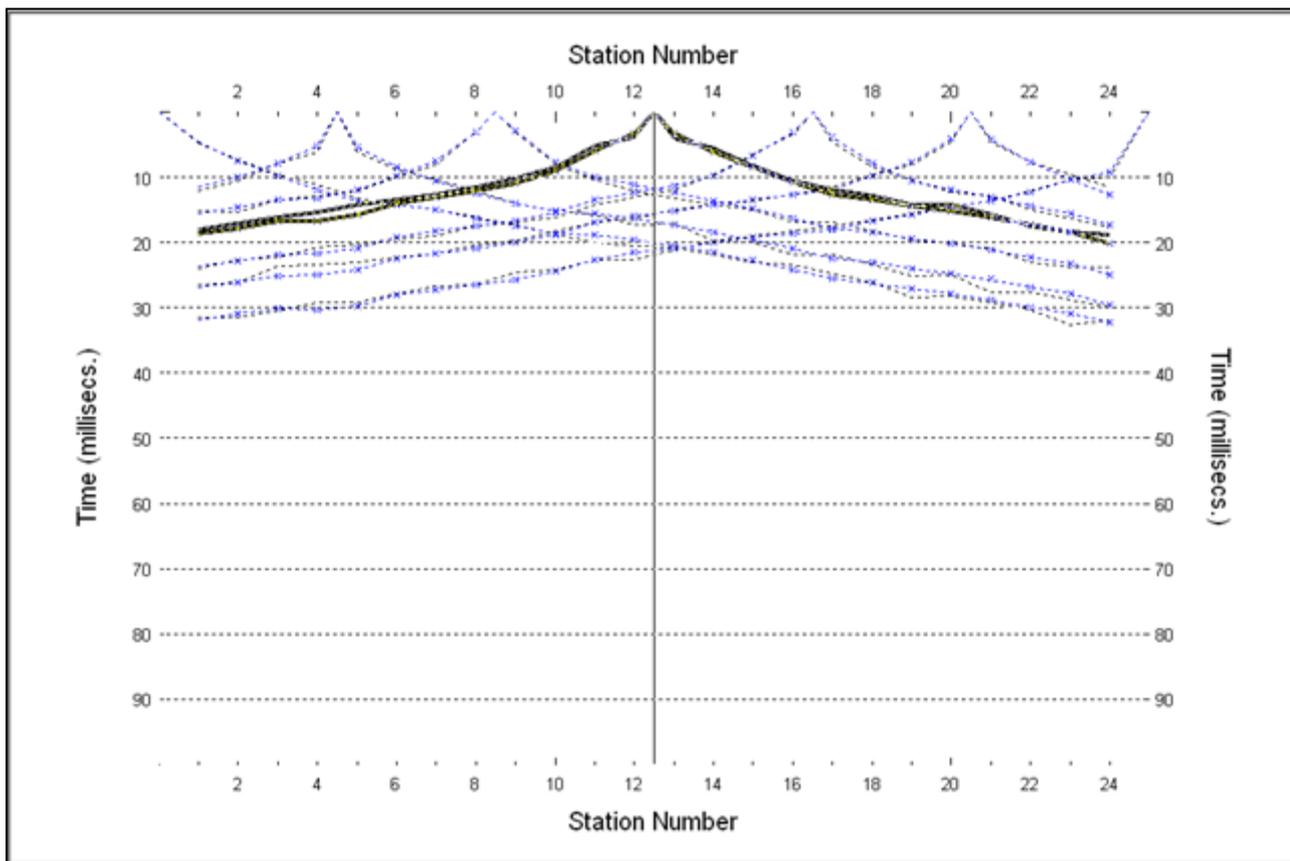
ALLEGATO
UBICAZIONE DELLE INDAGINI
ESEGUITE

Stralcio aerofotogrammetrico con ubicazione schematica delle indagini eseguite

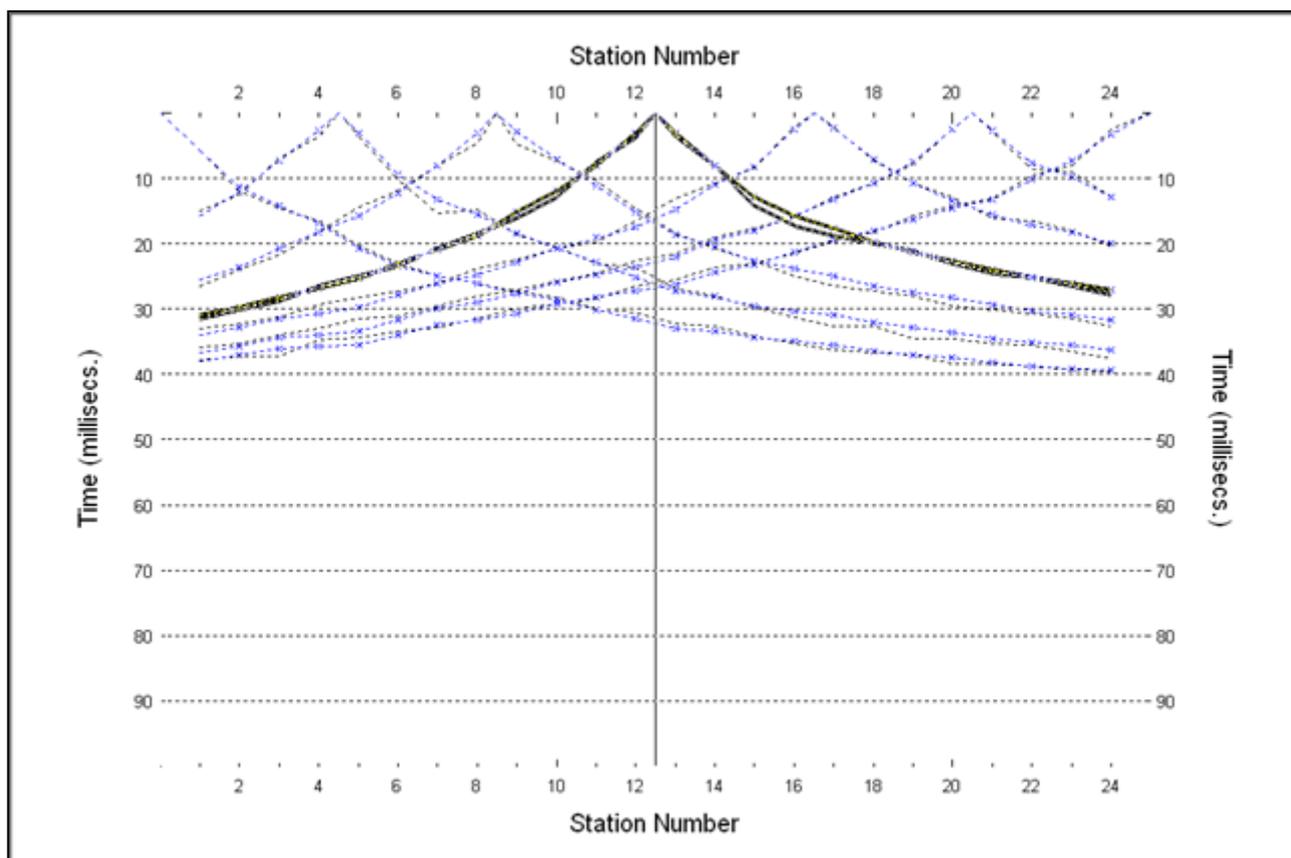


-  P1 Ubicazione indagine penetrometrica
-  T1 Ubicazione indagine Tomografica sismica 2D
-  T6m Ubicazione indagine Tomografica sismica 2D e Masw

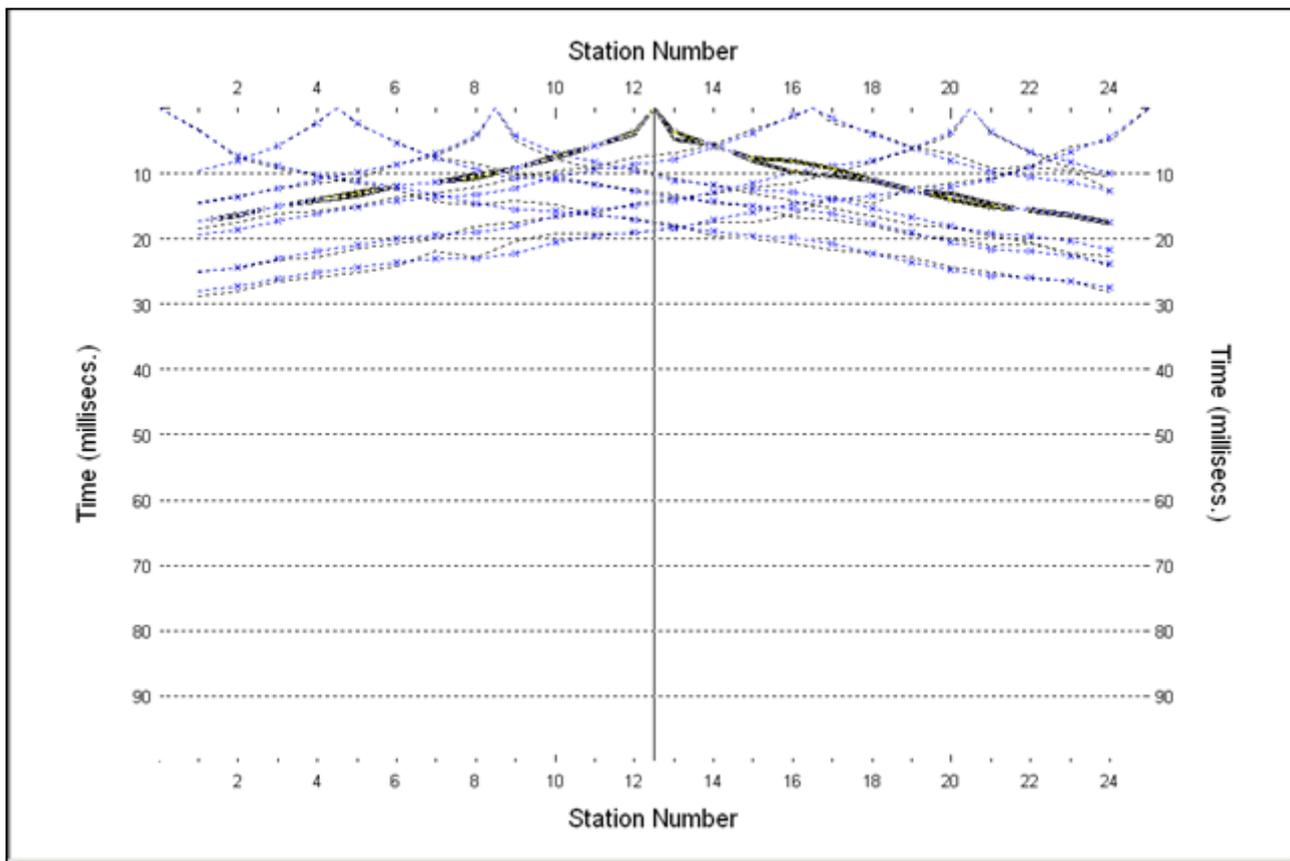
Dromocrone delle indagini Sismiche eseguite



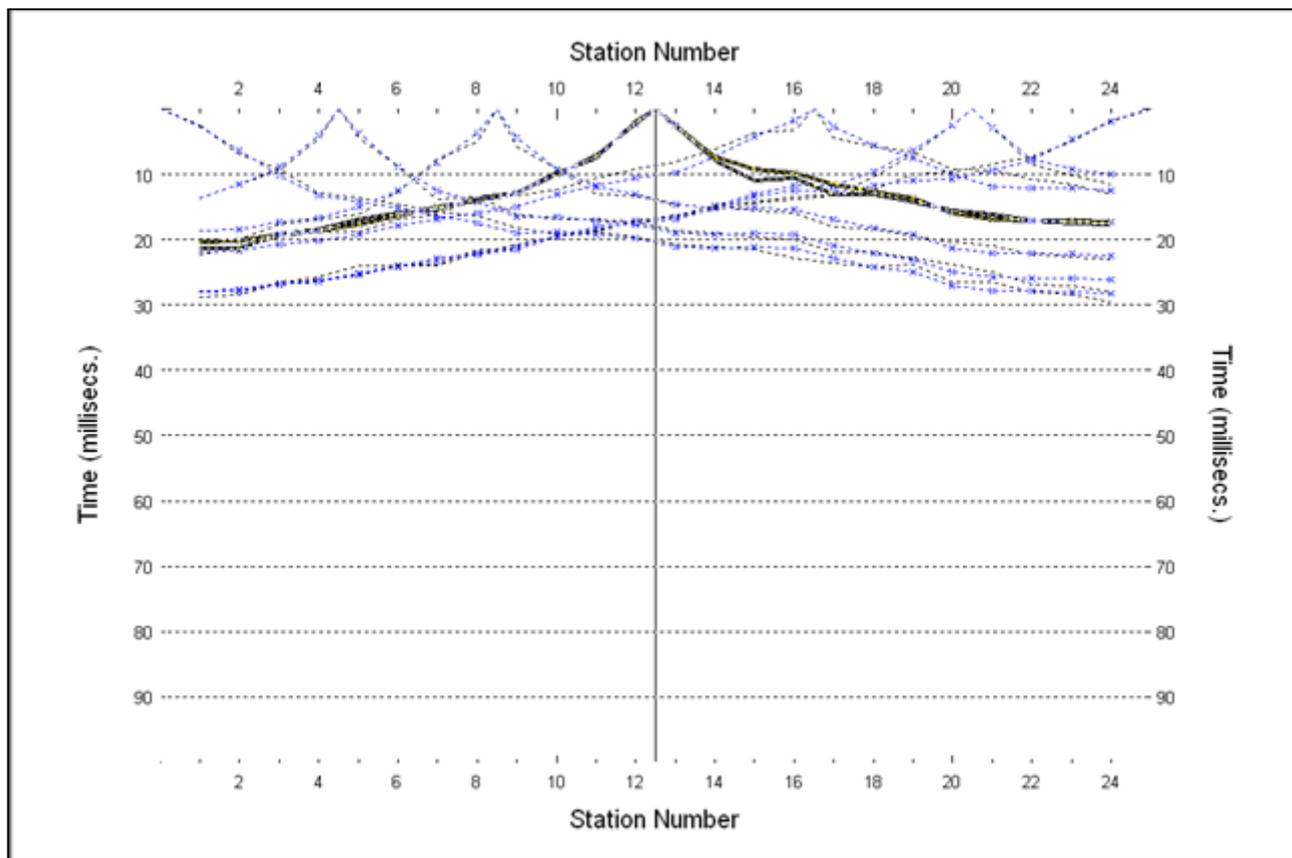
(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom_01)



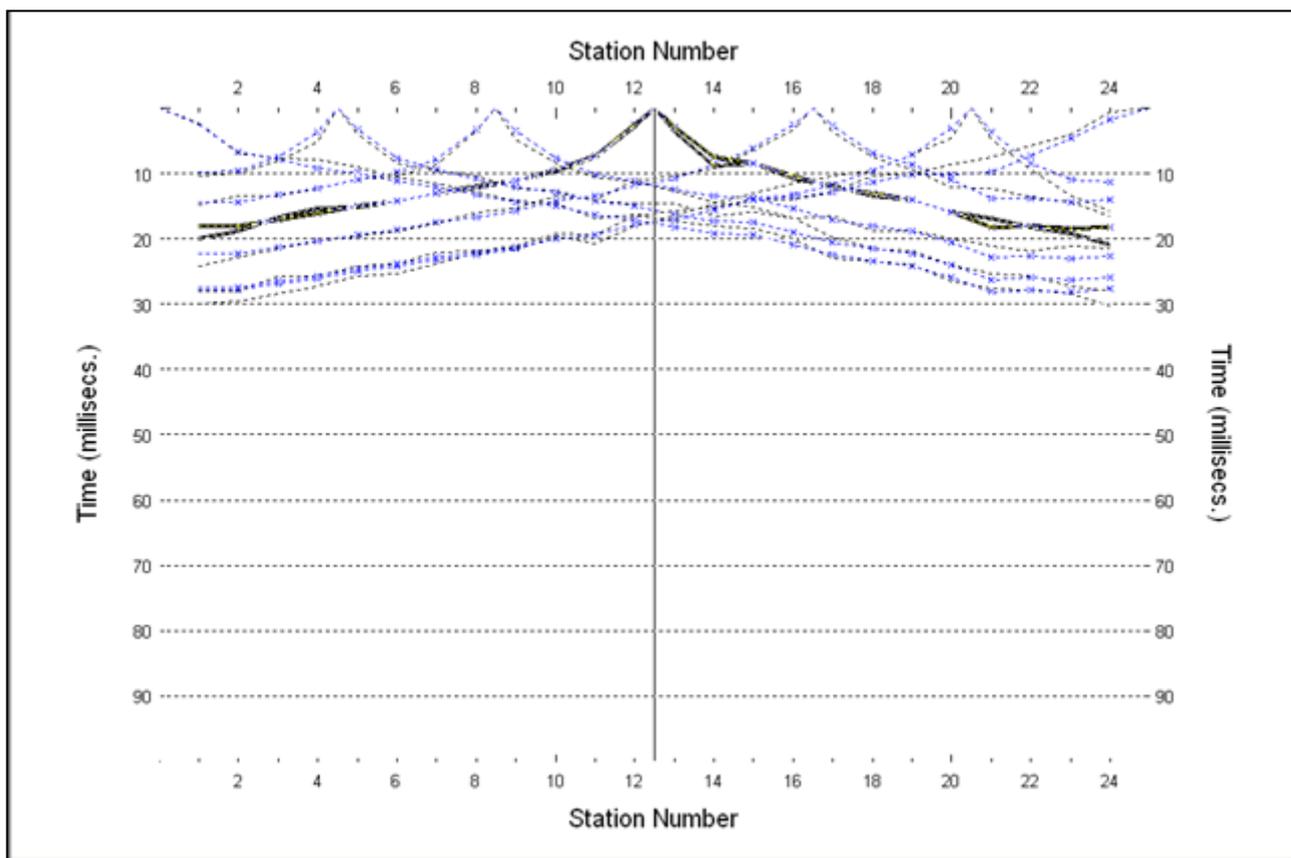
(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom_02)



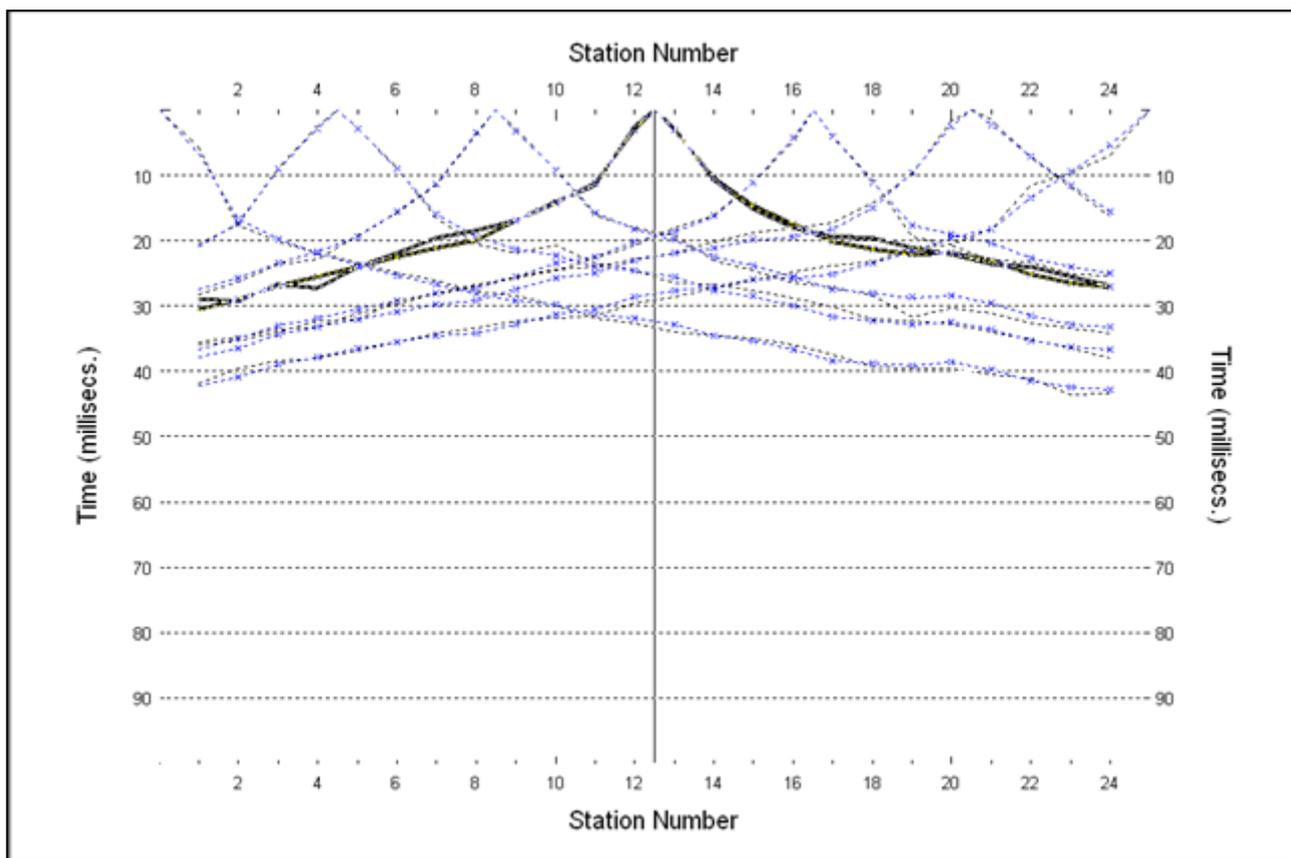
(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom_03)



(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom_04)



(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom_05)



(Dromocrone con fitting del modello sperimentale e di calcolo Tom_06)