



## NEX 088a - Monreale

Comuni: Monreale

Città metropolitana: Palermo (PA)

Regione: Sicilia

### Nome Progetto:

NEX 088a - Monreale

Progetto di un impianto agrivoltaico sito nel comune di Monreale in località "C. da Marcanza" di potenza nominale pari a 37,46 MWp in DC

### Proponente:

#### Monreale S.r.l.

Via Dante, 7  
20123 Milano (MI)  
P.Iva: 131300220962  
PEC: monrealesrl@pec.it

### Consulenza ambientale e progettazione:

#### ARCADIS Italia S.r.l.

Via Monte Rosa, 93  
20149 | Milano (MI)  
P.Iva: 01521770212  
E-mail: info@arcadis.it

# PROGETTO DEFINITIVO

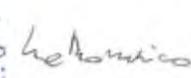
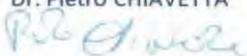
### Nome documento:

Relazione geologica

Commessa	Codice elaborato	Nome file
30200208	GEO_REL_01	GEO_REL_01 - Relazione geologica

Rev.	Data	Oggetto revisione	Redatto	Verificato	Approvato
00	Mar. 24	Prima Emissione	LA	FPA	LBE

Il presente documento è di proprietà di Arcadis Italia S.r.l. e non può essere modificato, distribuito o in altro modo utilizzato senza l'autorizzazione di Arcadis Italia s.r.l.

			
<b>RELAZIONE GEOLOGICA</b>			
<b>Progetto NEX088a</b> <b>Impianto agrifotovoltaico in comune di Monreale (PA)</b>			
Località:		C.da Marcanza - Monreale (PA)	
Numero Commessa:		078AS/23	
<b>Redatto:</b>		<b>Tecnici Specialisti</b>	
Il Direttore Tecnico		Allegato n.	
Geol. Alfonso SPERA  		Geol. Giuseppe Avellone   Geol. Roberto De Domenico  	
<b>Approvato:</b>		<b>Il Committente:</b>	
L'Amministratore Unico Geol. Pietro Chiavetta <b>GEOPROJECT srl</b> Amministratore Unico Dr. Pietro CHIAVETTA 		<b>ARCADIS ITALIA s.r.l.</b>	
		Data Consegna:	Novembre 2023
<b>GEOPROJECT srl</b> C.da Crete Ferrigna snc - 90029 Valledolmo (PA) - tel/fax 091/5640657 - mail: info@geoprojectsrl.eu; web site: www.geoprojectsrl.eu P.IVA: 05714710828 - Iscrizione CCIAA-REA: 272167 <small>Il presente documento è proprietà della Geoproject srl; a termine di legge ogni diritto è riservato - This document is the property of Geoproject srl; are reserved according to law</small>			

COMUNE DI MONREALE  
Città Metropolitana di Palermo

..... Proponente: MONREALE S.R.L

**Progetto NEX088a**  
**Impianto Agrifotovoltaico**  
**sito nel Comune di Monreale (PA)**

**RELAZIONE GEOLOGICA**

finalizzata all'ottenimento dell'Autorizzazione Unica

1. PREMESSA .....	3
2. QUADRO VINCOLISTICO di carattere geologico-ambientale .....	4
3. UBICAZIONE ED INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO .....	5
4. INDAGINI GEOGNOSTICHE .....	6
5. GEOLOGIA - INQUADRAMENTO GENERALE .....	10
5.1 Geologia e stratigrafia di dettaglio .....	11
6. IDROGRAFIA ed IDROGEOLOGIA .....	11
7. GEOMORFOLOGIA .....	13
7.1 - Processi morfogenetici .....	15
7.2 - Esame dei dissesti .....	15
8. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE .....	17
8.1 Modello geologico del sottosuolo .....	17
8.2 Caratterizzazione geotecnica preliminare .....	17
8.3 Carta litotecnica .....	18
9. SISMICITA' .....	19
9.1 Pericolosità sismica di base ed eventi di riferimento .....	19
9.2 Modello sismico del sottosuolo .....	22
10. CARTE TEMATICHE DI SINTESI .....	24
10.1 Carta della pericolosità geologica - Tav. 7 .....	24
10.2 Carta delle zone a maggiore pericolosità sismica locale - Tav. 8 .....	25
10.3 Carta della suscettività all'edificazione - Tav. 9 .....	27
11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE e PRESCRIZIONI TECNICHE .....	30

## 1. PREMESSA

Nell'ambito della progettazione definitiva *per la realizzazione di un impianto agrofotovoltaico denominato " NEX088a", sito nel territorio comunale di Monreale (PA)*, la Geoproject S.r.l. ha ricevuto dalla Arcadis Italia S.r.l., con sede in Via Monte Rosa, 93 - 20149 - Milano, P.IVA / C.F. IT01521770212., l'incarico di redigere la relazione a corredo degli studi geologici necessari per la definizione delle procedure autorizzative del progetto definitivo.

L'incarico, disciplinato dal preventivo n. 068AS 211023 di Geoproject S.r.l. a cui è seguito il relativo Ordine d'acquisto 10.7309.23 con data emissione 25.10.2023, riguarda i terreni contenuti nel perimetro catastale dell'area disponibile ed in particolare di quella al suo interno ritenuta idonea dal committente (come trasmesso ai sottoscritti nel mese di novembre 2023). L'elaborato georiferito ricevuto (file NEX\_088a.kmz) definisce formalmente l'area di studio all'interno della quale sono state programmate le indagini geognostiche relative al sopracitato servizio professionale. L'area esterna a quella di studio, come sopra definita, e la linea di connessione e le relative opere accessorie esulano, pertanto, dall'incarico ricevuto.

Le caratteristiche specifiche ed il layout di progetto dell'impianto fotovoltaico al momento dell'avvio dell'esecuzione dell'incarico non è stato comunicato agli scriventi probabilmente perché verrà definito all'esito del presente studio.

Lo studio geologico è stato realizzato seguendo le indicazioni del D.M. 11/03/88 recante le *"Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione"* e della successiva Circolare esplicativa n. 30483 del 24/09/88, oltre che, per quanto riguarda la definizione del modello geologico del sottosuolo e della categoria di appartenenza dei terreni di fondazione inerenti alle caratteristiche sismiche degli stessi, delle recenti *"Norme tecniche per le costruzioni"* del D.M. 17 gennaio 2018 (NTC18).

Nella redazione degli elaborati cartografici allegati, si è tenuto conto della recente nota del 9 luglio 2021 prot. 112363 a firma del Dirigente Generale Assessorato Infrastrutture Dip. Reg. Tecnico - che ha emanato specifica direttiva relativa all'applicazione del Cap. 6 punto 12. FATTIBILITÀ DI OPERE SU GRANDI AREE di cui al D.M. 17/01/2018 - disponendo che *"gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare che la destinazione d'uso sia compatibile con il territorio in esame"*. Nello specifico viene richiesto che la relazione geologica debba essere redatta ai sensi della Circolare n.3/DRA prot. 28807 del 20/06/14 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente, *"Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici"* (G.U.R.S. n° 28 del 11.7.2014) e Decreto 14.07.2021 *Approvazione del documento "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici"* (G.U.R.S. n° 35 del 13.08.2021), che dispone che vengano prodotti tra gli elaborati cartografici, le carte tematiche di sintesi: *"Carta della pericolosità geologica, Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale"*.

Lo studio geologico e geomorfologico si è articolato in due fasi distinte: nella prima fase si è provveduto all'analisi dei dati pregressi, delle cartografie esistenti e delle foto aeree e satellitari,

analizzando attraverso sistemi GIS, l'assetto geomorfologico del territorio. Nella seconda fase si è proceduto ad un rilevamento geologico/geomorfologico di dettaglio sul campo che è stato integrato mediante la realizzazione delle indagini geognostiche. In particolare, sulla base delle informazioni ricevute, in considerazione delle dimensioni dell'area catastale disponibile e di quella ritenuta idonea dal committente per il parco fotovoltaico è stata definita una campagna preliminare di indagini finalizzata alla redazione degli specifici elaborati richiesti per l'iter autorizzativo del progetto definitivo. Per i dettagli sulle indagini geognostiche eseguite si rimanda alla relazione specifica allegata alla presente (Relazione Indagini Geognostiche), nella quale viene fornita anche una documentazione fotografica delle stesse.

Oltre le figure integrate nel testo, fanno parte della presente relazione gli elaborati cartografici su n°8 tavole fuori testo, oltre l'allegato Report delle indagini geognostiche, come da seguente elenco:

#### TAVOLE FUORI TESTO

- \* **Tav. 1** – Cartografia (PAI)
- \* **Tav. 2** – Carta con ubicazione delle indagini geognostiche (Scala 1:5.000)
- \* **Tav. 3** – Carta geologica (Scala 1:5.000)
- \* **Tav. 4** – Carta idrogeologica (Scala 1:5.000)
- \* **Tav. 5** – Carta geomorfologica (Scala 1:5.000)
- \* **Tav. 6** – Carta litotecnica (Scala 1:5.000)
- \* **Tav. 7** – Carta della pericolosità geologica (Scala 1:5.000)
- \* **Tav. 8** – Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale (Scala 1:5.000)
- \* **Tav. 9** – Carta della suscettività all'edificazione (Scala 1:5.000)

#### ALLEGATO

##### - Relazione Indagini Geognostiche

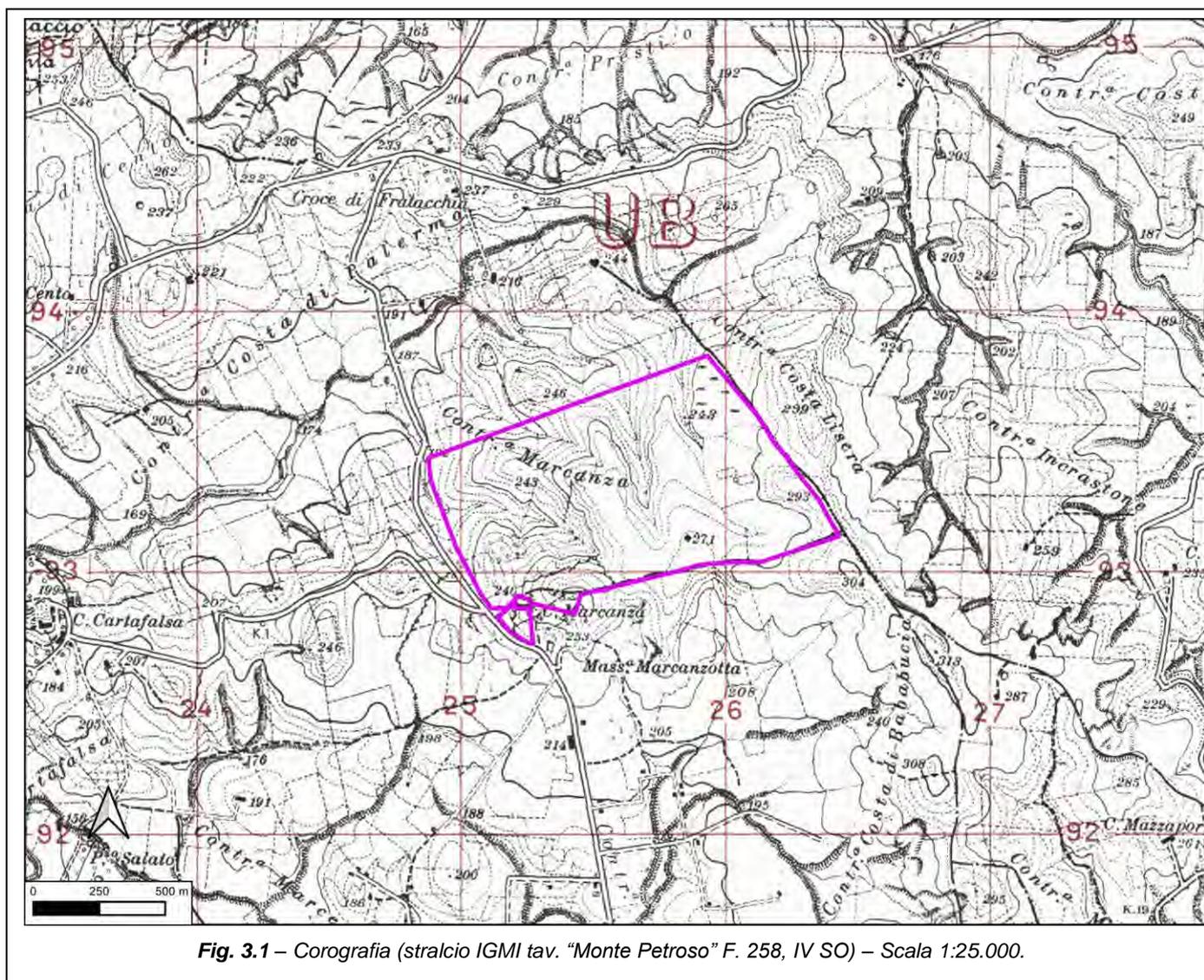
## **2. QUADRO VINCOLISTICO di carattere geologico-ambientale**

Dall'esame delle carte tecniche riguardanti vincoli di natura geologico-ambientale è stato verificato come l'area di progetto dell'impianto agrivoltaico non ricada in aree sottoposte a vincolo idrogeologico ai sensi del Regio Decreto Legge 30 dicembre 1923, n. 3267 (<https://sif.regione.sicilia.it/ilportale/home> - SIF, Sistema informativo Forestale). Sono state consultate inoltre le carte del **Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico (P.A.I.)**, strumento ufficiale di pianificazione territoriale edito dall'Assessorato Territorio e Ambiente della Regione Sicilia: **le aree in progetto non ricadono** fra le aree con rischio e/o pericolosità individuate nel **P.A.I.** (cfr. Tavole fuori testo del PAI di seguito descritte nel dettaglio), né è compresa nelle aree a rischio alluvioni (PGRA vigente).

Infine, come risulta dalla consultazione dei dati del S.I.T.R. della Regione Sicilia, le aree prescelte **non ricadono in zone ambientali di pregio, quali, le aree Natura2000, SIC, ZPS, zone di protezione ecologica, né in aree sottoposte a vincolo paesaggistico e archeologico.**

### 3. UBICAZIONE ED INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO

L'area di progetto è raggiungibile da sud percorrendo la SS 624 Palermo-Sciacca, uscita Alcamo – Diga Garcia; attraverso la SP47bis e la SP 20 si arriva ai lotti meridionali dell'impianto in progetto (**Fig. 3.1** - Corografia). In alternativa l'area di progetto si raggiunge da nord attraverso l'autostrada E90, svincolo Gallitello; mediante la SS119 e la SP 46, girando, poco oltre il Bivio Croci di Fracacchia in una strada rurale (strada n. 21 di Giammartino), direzione Poggioreale – Gibellina, che rappresenta il limite occidentale del lotto.



L'area in cui verranno realizzati gli impianti fotovoltaici, all'interno di un superficie complessiva disponibile di circa 90 ettari, sono distribuiti nel territorio di Monreale (PA) in C.da Marcanza.

Ricadono nella Tavoletta “Monte Pietroso”, con riferimento alla cartografia ufficiale I.G.M. “Carta d'Italia”, Foglio 258, quadrante IV orientamento SO. Nella Carta Tecnica Regionale (Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Siciliana) si farà riferimento alla CTR 607090 in scala 1.10.000 (**Fig. 3.2**).

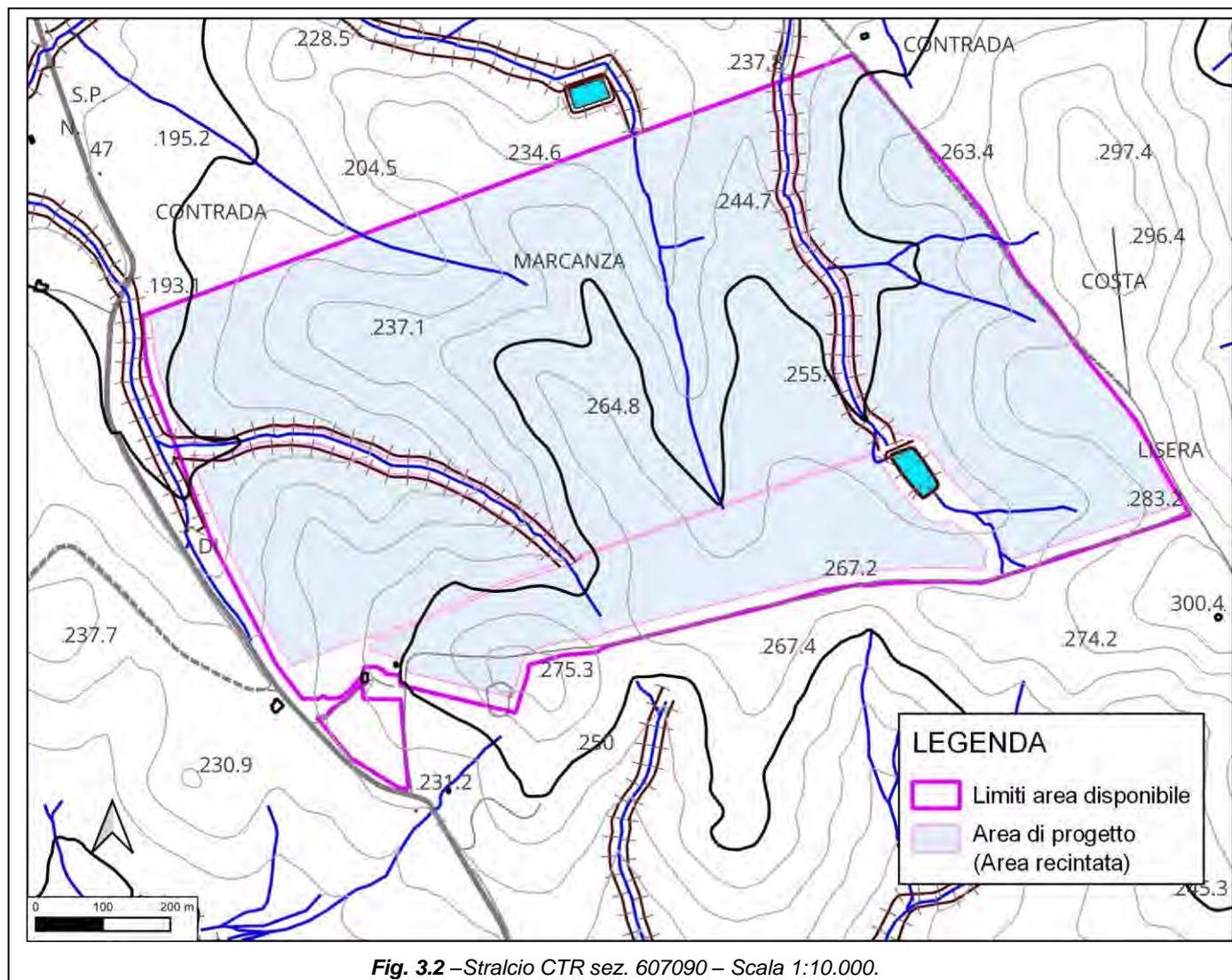


Fig. 3.2 – Stralcio CTR sez. 607090 – Scala 1:10.000.

#### 4. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per definire l'assetto geometrico, lo spessore e le caratteristiche geologico-tecniche dei terreni di fondazione dell'area interessata dall'impianto FV in progetto, è stata effettuata una campagna preliminare di accertamenti geognostici in sito mediante prove penetrometriche dinamiche continue e rilievi geofisici. Le indagini geognostiche sono state distribuite all'interno dell'area in studio, che è stata definita una volta ricevuto dal committente il layout in formato georiferito delle aree disponibili e di progetto (**Fig. 3.2**), come descritto nell'introduzione. L'area investigata nell'ambito del presente studio geologico è rappresentata nella **Tav. 2** in cui sono ubicate le indagini geognostiche, in scala 1:5.000.

Nel complesso sono disponibili i dati ricavati dalle seguenti indagini geognostiche:

- n°12 prove penetrometriche dinamiche continue (DPM), evidenziate in planimetria con la sigla DP e numero sequenziale da 1 a 12);
- n°2 prove MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves).

Vengono qui di seguito descritte sinteticamente le indagini e le relative risultanze di carattere geologico-tecnico. Per una disamina dettagliata delle indagini, inoltre, si rimanda il lettore all'**Allegato 2 - Relazione indagini geognostiche**.

#### a) Prove penetrometriche dinamiche continue

Il tipo di prova eseguito, (denominate DPM e codificate ISSMFE) consiste nell'infiggere nel terreno delle aste a sezione circolare ( $\varnothing = 22$  mm) di acciaio, della lunghezza di 1 metro e prolungabili. All'estremità inferiore dell'asta viene collocata una punta conica (sezione max: 15 cm; angolo di taglio  $\alpha = 60^\circ$ ) che, avendo una sezione maggiore rispetto alle aste, avrà la funzione di aprire ed approfondire un foro, riducendo l'attrito aste-terreno al minimo. L'energia per l'infissione viene fornita dai colpi di un maglio (peso: 30 kg.) che viene fatto scorrere lungo un cursore con altezza di caduta costante (20 cm). Gli istogrammi di tutte le prove eseguite, la cui ubicazione è riportata nella già citata **Tav. 2**, sono assemblati e riprodotti nella **Fig. 4.1**.

Nello schema seguente (**Tab. 4.1**) sono indicate, per ogni prova, le profondità raggiunte e la litologia presente in affioramento.

Sigla prova	Profondità m p.c.	Litologia
DP1	5.5	Argille sabbiose
DP2	5.0	Argille sabbiose
DP3	5.0	Argille sabbiose
DP4	5.0	Sabbie argillose
DP5	5.0	Sabbie argillose
DP6	5.0	Argille sabbiose
DP7	5.5	Argille sabbiose
DP8	5.0	Sabbie argillose
DP9	6.0	Argille sabbiose
DP10	6.0	Argille sabbiose
DP11	6.0	Sabbie argillose
DP12	4.0	Sabbie argillose

**Tab. 4.1** – Riepilogo dati della prospezione penetrometrica dinamica.

Dalle analisi dei diagrammi si possono trarre le seguenti informazioni stratigrafiche:

- l'andamento degli istogrammi "N. colpi-prof. di affondamento" non rileva univoche correlazioni stratigrafiche con le litologie presenti in affioramento, mostrando sia diagrammi più o meno frastagliati, con livelletti più resistenti alternati a strati di minore consistenza, tipici dei terreni prevalentemente incoerenti, che diagrammi a incremento regolare del numero dei colpi con la profondità, associati ai litotipi prevalentemente pelitici; a luoghi in uno stesso diagramma, lungo la verticale indagata, sono presenti entrambe le tipologie;

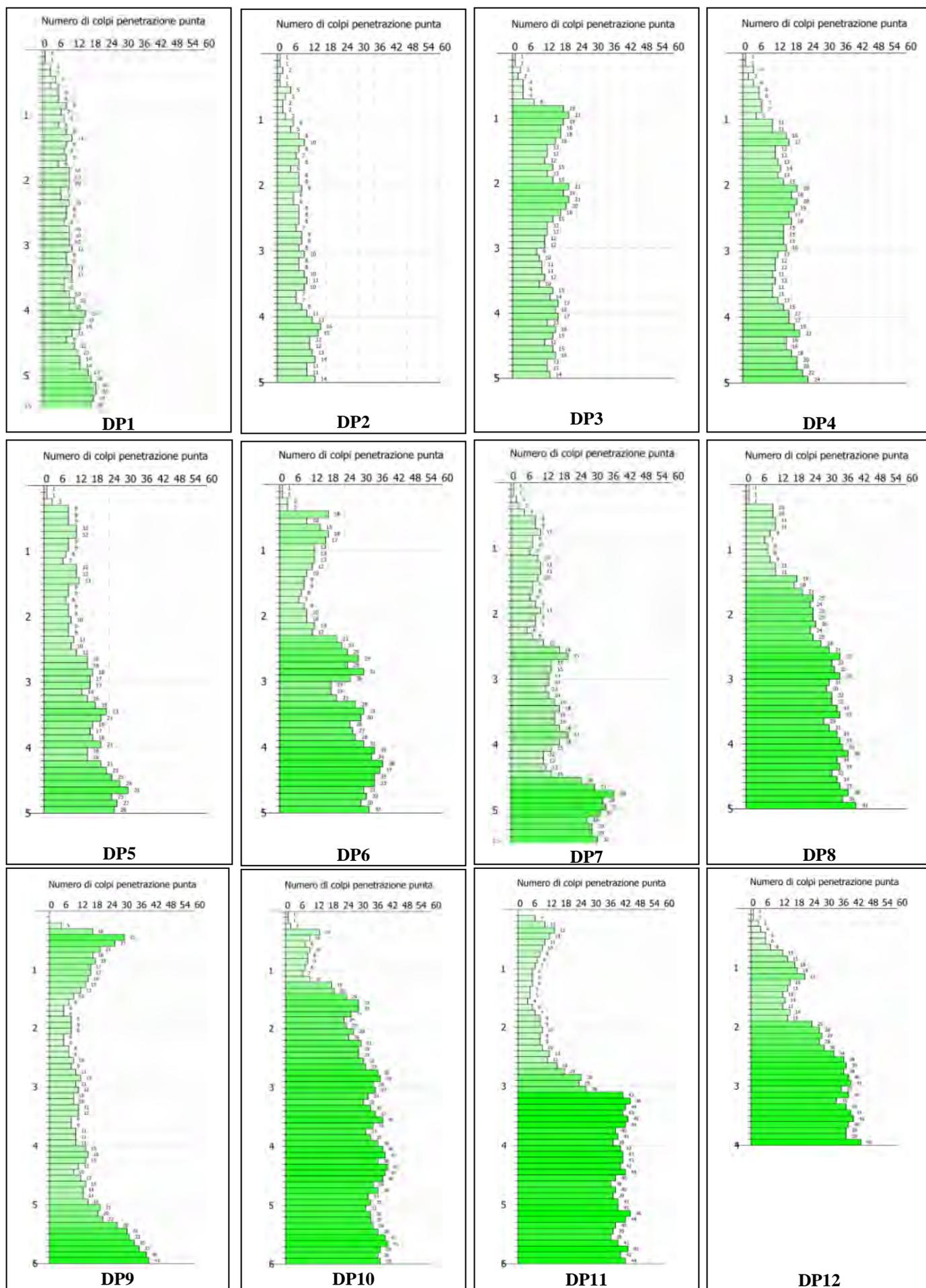


Fig. 4.1 – Diagrammi penetrometrici.

- la coltre eluviale di copertura presenta ovunque spessori modesti, entro 0.5 m;
- al di sotto si riscontano, a meno di eventuali picchi dovuti alla presenza di inclusi lapidei, un'unità litologica, caratterizzata da modesti a medi valori di  $N_{10}$  che contraddistingue una fascia di alterazione della formazione di base (**FBa**), riscontrata con continuità anche se con variabilità nello spessore e nella qualità litotecnica in tutta l'area indagata;
- le prove DP1, DP2, DP5, DP7, DP9 sono quelle che mostrano spessori maggiori della fascia di alterazione con valori di numero di colpi  $N_{10} < 10$ , anche al di sotto della profondità di 2 m p.c.;
- la zona meno alterata della formazione di base (**FB**) è contraddistinta da valori di  $N_{10}$  compresi tra 10 e 15, mentre quella più integra è caratterizzata da valori superiori a 20, raggiungendo in varie prove picchi di oltre 40 colpi (DP8, DP9, DP10, DP11, DP12).

## b) Prove sismiche attive tipo MASW

Ad integrazione dei rilevamenti geologici di dettaglio ed ai fini sia della definizione preliminare del modello geotecnico-sismico che della conseguente classificazione dei terreni di fondazione sono stati effettuati dei profili sismici di tipo MASW per determinare in maniera affidabile il profilo sismostratigrafico delle Vs.

Nella prospezione geofisica non è stato riscontrato alcun strato rigido ( $V_s > 800$  ms) entro la profondità di 30 m, definendo una sismostratigrafia con valori di Vs crescente con l'approfondimento senza brusche variazioni di impedenza sismica.

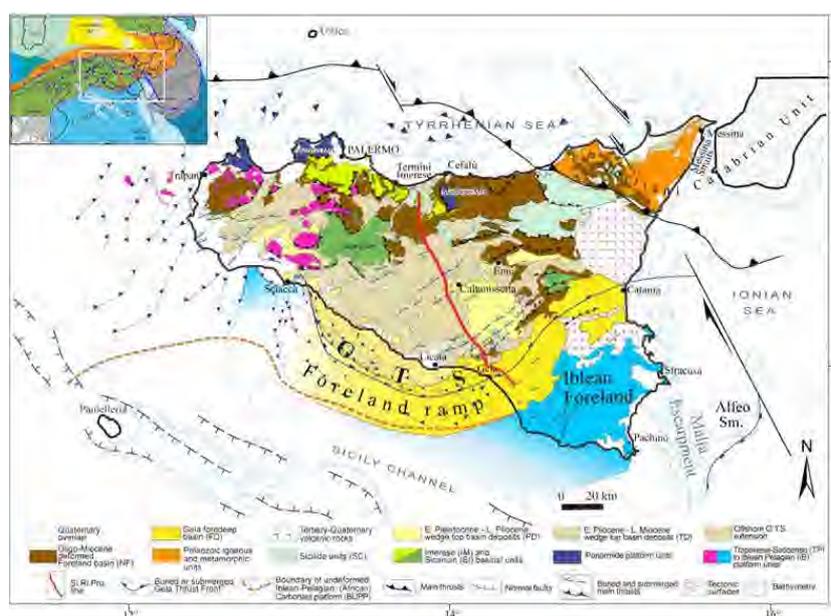
L'elaborazione e interpretazione dei dati sismici acquisiti ha consentito di stimare, con errore statistico ridotto, un valore di  $V_{s_{eq}}$  compreso tra **352 m/s e 434 m/s**, che ai sensi delle NTC2018, risultano compresi in uno stretto intervallo tra il limite inferiore della categoria **B** e il limite superiore della categoria **C** dei suoli di fondazione. Questo dato geofisico trova una buona corrispondenza con le risultanze delle prove penetrometriche DP1-DP2 e DP11, eseguite nelle vicinanze dei rilievi MASW (v. **Tav. 2**): infatti, dove si hanno valori di resistenza alla penetrazione molto elevati (DP11, con presenza in affioramento di prevalenti sabbie con subordinate argille) corrisponde un valore di  $V_{s_{eq}}$  più alto (MW1); viceversa nella zona delle prove DP1, DP2 in cui si rilevano i dati più scadenti di  $N_{10}$  (fino alle massime profondità indagate), è stato ricavato dalla prova MW2 il valore più basso di  $V_{s_{eq}}$  (ubicata su affioramenti di prevalenti litotipi pelitici-argillosi).

In maniera cautelativa si ritiene comunque di classificare i litotipi del substrato geologico locale, ai sensi delle NTC2018, come appartenenti alla categoria **C** dei suoli di fondazione (*“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”*).

Per una disamina di dettaglio delle prospezioni sismiche eseguite si fa riferimento alla Relazione sulle indagini geognostiche, in allegato alla presente.

## 5. GEOLOGIA - INQUADRAMENTO GENERALE

L'area in studio è posizionata nell'edificio strutturale della catena siciliana in una zona di raccordo tra i monti di Alcamo, a nord e la dorsale di Camporeale, a sud. Fa parte quindi della complessa struttura a falde di ricoprimento sud-vergenti della catena Siculo-Maghrebide; le falde rappresentano unità tettoniche (corpi rocciosi delimitati da sovrascorrimenti) sepolte dai sedimenti marini più recenti sin e post-orogeni e da coperture continentali.



**Fig. 5.1 - Schema strutturale della Sicilia (secondo CATALANO et alii 2103 1)**

Le unità tettoniche, che rappresentano il risultato della ripetuta deformazione degli originari domini paleogeografici di sedimentazione, nel caso in studio sono state riconosciute solo nel sottosuolo molto profondo descritto nella letteratura scientifica specialistica; in superficie invece, sono presenti i depositi terrigeni del Tortoniano-Messiniano inferiore riferibili alla Fm. Terravecchia, ricoperti dalle successioni evaporitiche; queste ultime sono presenti come gessi del Messiniano che affiorano lungo l'estremità settentrionale della valle del Belice (area della dorsale di Poggioreale).

I terreni della Formazione Terravecchia, che rappresentano i litotipi più diffusi, sono depositi sedimentari terrigeni, dei quali si accennava sopra, poggianti in discordanza sulle unità deformate nel sottosuolo; hanno spessore di alcune centinaia di metri.

Sui depositi sedimentari di origine marina della Fm. Terravecchia si riconoscono quelli di ambiente continentale costituiti da depositi di terrazzo fluviale e da coperture eluvio-colluviali meglio descritte di seguito.

<sup>11</sup> Catalano R., Valenti V., Albanese C., Accaino F., Sulli A., Tinivella U., Gasparo Morticelli M., Zanolta C. & Giustiniani M. (2013). *Sicily's fold/thrust belt and slab rollback: The SI.RI.PRO. Seismic crustal transect*. Journal of the Geological Society, London, Vol. XX, 2013, pp. 1-14. Doi: 10.1144/jgs2012-099.

### 5.1 Geologia e stratigrafia di dettaglio

La successione stratigrafica è stata ricostruita integrando i dati del rilevamento geologico con quelli delle prospezioni geofisiche e delle prove penetrometriche.

I risultati del rilevamento sono illustrati nella **Tav. 3** - Carta geologica che ha lo scopo di mostrare la geologia di superficie nel perimetro catastale dell'area di produzione fotovoltaica in progetto e nelle zone circostanti ad essa.

La successione stratigrafica del sottosuolo – descritta dal basso - è caratterizzata da una Formazione di Base (FB, riferibile ad argille e sabbie della Fm. Terravecchia), che verso l'alto passano alla porzione alterata della Formazione di Base (FBA) e al terreno vegetale (TV).

Le unità litostratigrafiche adottate sono quelle formalizzate nell'ambito del Progetto di Cartografia nazionale dell'ISPRA (progetto CARG), pertanto sono stati distinti i terreni riferibili al membro sabbioso della Fm. Terravecchia (caratterizzato da prevalenti sabbie con subordinate areniti sabbiose alternate a peliti) e al membro pelitico della Fm. Terravecchia (caratterizzato da prevalenti peliti sabbiose, peliti ed argilliti con faune bentoniche). Sono presenti in aree esterne a quella di progetto sono presenti intercalazioni lentiformi di areniti costiere riferibili anch'esse al membro sabbioso della formazione alto miocenica.

Nell'area di studio, evidenziati con opportune campiture nella carta geologica di **Tav. 3**, sono stati distinti antichi terrazzi alluvionali (forme di spianamento) che solo in parte presentano il relativo deposito alluvionale (v. sintema di Capo Plaia, depositi alluvionali) caratterizzato da sabbie grossolane e ciottoli arrotondati di arenarie quarzose.

## 6. IDROGRAFIA ed IDROGEOLOGIA

Il bacino idrografico viene descritto nella relazione idrologico idraulica, redatta ai fini del rispetto del principio dell'invarianza idraulica, a cui si rimanda per il dettaglio. Nell'area vasta, la rete idrografica superficiale è costituita dagli affluenti del torrente che attraversa contrada Costa di Palermo, il quale a sua volta è affluente del Fiume Freddo che defluisce ad ovest dell'impianto fotovoltaico.

Per quanto concerne lo scorrimento superficiale delle acque si segnala che la configurazione di progetto è stata studiata in modo che l'area destinata ai pannelli fotovoltaici si trovi fuori dagli impluvi e a distanza di sicurezza da essi; pertanto, considerata anche la giacitura dell'area e dei layout riportati nelle cartografie di progetto, si esclude ogni interferenza pericolosa con il reticolo idrografico.

Dal punto di vista idrogeologico si può adottare la seguente classificazione della permeabilità dei litotipi presenti nell'area oggetto dello studio (cfr. **Tav. 4** – Carta idrogeologica):

- Terreni a permeabilità media e medio-alta
- Terreni a permeabilità scarsa e bassa (terreni impermeabili)

Il coefficiente di permeabilità medio è desunto dalla tabella di Casagrande e Fadum sulla base delle litologie riconosciute e sulle numerose prove di permeabilità in situ eseguite su di esse (**Fig. 6.1**). La

classificazione tiene conto di quanto raccomandato dall'ISPRA nei Quaderni del Servizio Geologico D'Italia (2018), NUOVE LINEE GUIDA AL RILEVAMENTO E ALLA RAPPRESENTAZIONE DELLA CARTA IDROGEOLOGICA D'ITALIA, serie III Vol. 14.

Le litologie afferenti al membro argilloso della Fm Terravecchia rappresentano i terreni impermeabili o a permeabilità molto bassa (in funzione della percentuale di sabbie presenti) e sono le litologie prevalenti.

La permeabilità diventa medio-alta nelle areniti della Fm. Terravecchia e nei depositi alluvionali recenti di fondovalle oppure nei terrazzi alluvionali antichi, quando sono presenti depositi fluviali di spessore consistente (**Tav. 4** – Carta idrogeologica).

La permeabilità osservata è fondamentalmente di tipo primario perché legata alla porosità originale dei litotipi.

In relazione alla prevalente presenza di litologie argillose (impermeabili) non sono presenti nel sottosuolo dell'area di studio falde idriche che possano interferire con quanto in progetto.

Infatti, si possono formare soltanto sottili orizzonti saturi superficiali di terreno, a profondità max di 3÷4 m dal pc (e non veri e propri acquiferi) grazie alla presenza di terreni a minore permeabilità che si sovrappongono a quelli argillosi; questa circostanza si verifica generalmente al passaggio tra i depositi alluvionali terrazzati o le porzioni alterate/rimaneggiate della formazione di Base (FBA) ed i sottostanti litotipi a permeabilità minore (FB).

La carta idrogeologica di **Tav. 4** sintetizza i dati riguardanti la permeabilità dei depositi affioranti.

Il complesso dei terreni direttamente interessato dall'impianto fotovoltaico in progetto (costituiti in superficie da sedimenti prevalentemente pelitici) possiede un grado di permeabilità primario, per porosità, scarso che può ospitare livelli idrici, di tipo libero, di scarsa entità e continuità idraulica, in funzione della granulometria dei costituenti ed al loro spessore (**Fig. 6.1**).

$K (m/s)$	$10^1 \quad 1 \quad 10^{-1} \quad 10^{-2} \quad 10^{-3} \quad 10^{-4} \quad 10^{-5} \quad 10^{-6} \quad 10^{-7} \quad 10^{-8} \quad 10^{-9} \quad 10^{-10} \quad 10^{-11}$											
	GRANULOMETRIA	omogenea	Ghiaia		Sabbia	Sabbia molto fine	Silt	Argilla				
varia		Ghiaia grossa e media	Ghiaia e sabbia	Sabbia e argilla — Limi								
GRADI DI PERMEABILITÀ	ELEVATA				BASSA				NULLA			
TIPI DI FORMAZIONI	PERMEABILI				SEMI-PERMEABILI				IMPER.			

limiti convenzionali

**Fig. 6.1** - Valori del coefficiente di permeabilità in funzione della granulometria (da: *Idrogeologia* - G. Castany, 1982)

## 7. GEOMORFOLOGIA

L'area in esame, localizzata presso contrada Marcanza (v. **Fig. 3.1** – Corografia IGM), presenta caratteristiche tipicamente collinari con pendenze relativamente moderate e quote topografiche comprese tra 273 e 194 metri (s.l.m.). Si sviluppa sul versante che da Case Marcanza digrada dolcemente verso il corso d'acqua principale (visibile nello stralcio dell'IGM presso contrada Costa di Palermo) che rappresenta un affluente in destra idrografica del Fiume Freddo, esterno alla corografia rappresentata in **Fig. 3.1**.

Si farà di seguito riferimento alla **Tav. 5** - Carta geomorfologica; quest'ultima è redatta sul rilievo ombreggiato (hillshade) elaborato utilizzando un fattore di amplificazione pari a 3 delle quote estratte dal modello digitale del terreno. Sono state rappresentate le forme del rilievo ed i processi geomorfologici con simbologie ispirate al Quaderno del Servizio Geologico Nazionale, serie III, volume 4 "Carta Geomorfologica d'Italia – 1:50000 Guida al Rilevamento".

Dal punto di vista morfologico il territorio è contraddistinto a scala vasta dal tipico paesaggio collinare delle zone di affioramento del complesso argillo-sabbioso della Fm. Terravecchia. Il reticolo idrografico è caratterizzato da un drenaggio di tipo sub-dentritico, che tende al reticolo parallelo per progressivo approfondimento delle aste fluviali (vedi **Fig. 3.1** e **Tav. 5**). Sono presenti superfici topografiche con giacitura sub-pianeggiante, riconoscibili in tutta l'area di progetto, che sono da riferire a relitti erosi di antichi terrazzi fluviali. A partire dalla quota di circa 275 m s.l.m., in corrispondenza di alcune delle sopracitate superfici di spianamento fluviale, si generano impluvi che drenano verso Nord e Nord ovest, sede di erosione per fenomeni di ruscellamento concentrato (**Tav. 5**).

Sui pendii che bordano gli impluvi si riscontrano superfici topografiche da pianeggianti a moderatamente acclivi. Le classi di acclività presenti sono rappresentate nella carta delle pendenze di **Fig. 7.1**. La mappa, realizzata attraverso l'elaborazione del modello digitale del terreno MDT (Modello digitale del terreno 2 m della Regione Siciliana), indica che il 17 % dell'area disponibile è caratterizzata da superfici sub-pianeggianti con inclinazione compresa tra 0° e 5° (pianeggianti/sub-pianeggianti). Inoltre, il 50% dell'area presenta inclinazioni comprese tra 5° e 10° (pendii debolmente acclivi). Solo il 30 % della superficie disponibile ha inclinazioni comprese tra 10° e 15° (pendii moderatamente acclivi). Una percentuale non significativa, del 3% circa, sono superfici acclivi con inclinazioni comprese tra 15° e 25° (cfr. **Tab. 7.1**).

Classe di pendenza	Superficie occupata
0°÷3°	5.9 ha (6.3%)
3°÷5°	9.8 ha (10.5%)
5°÷10°	46.6 ha (50.0%)
10°÷15°	28.4 ha (30.5%)
15°÷25°	2.5 Ha (2.7%)

**Tab. 7.1** – Distribuzione areale quantitativa delle pendenze dell'area in studio (area disponibile).

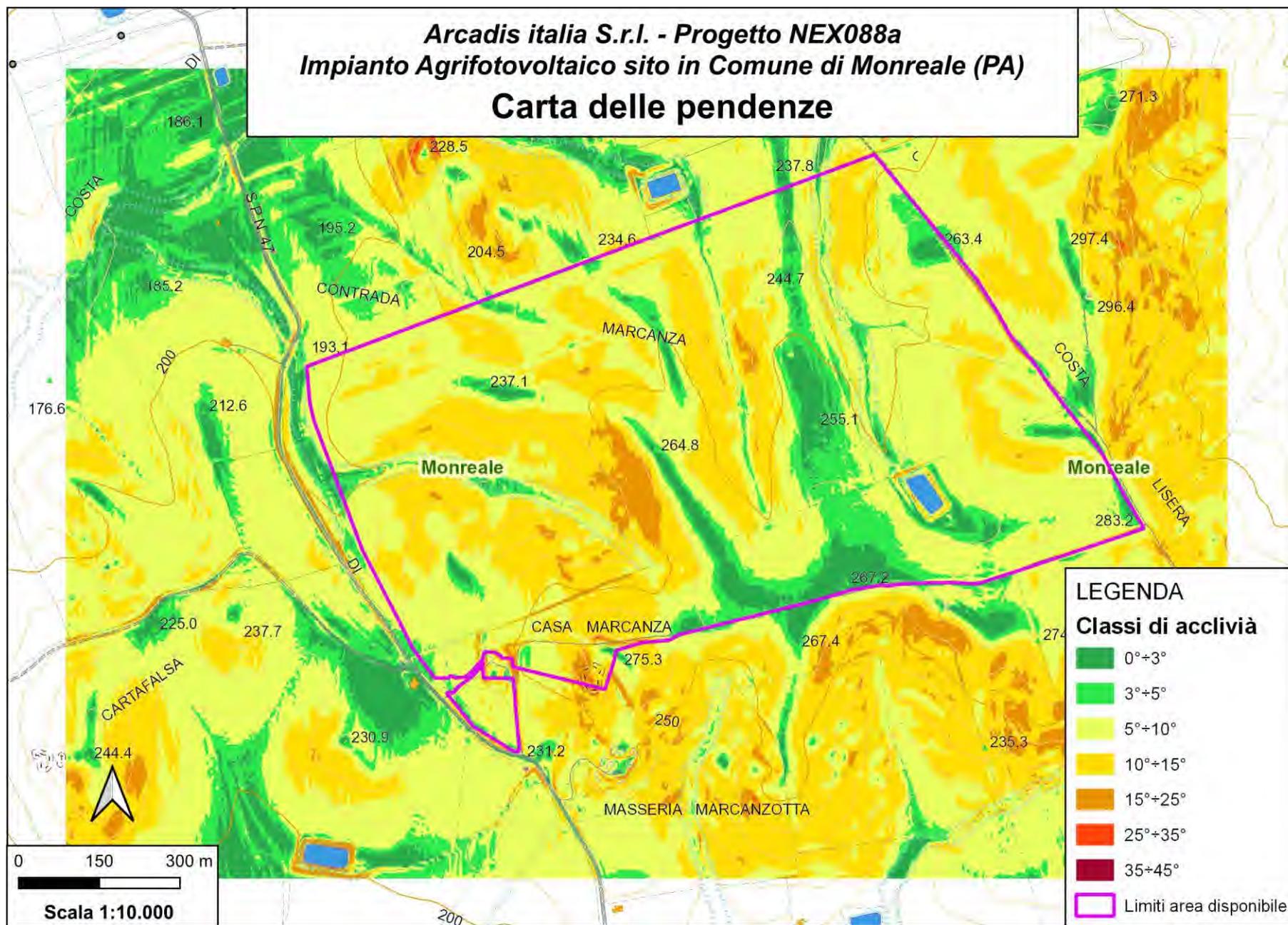


Fig. 7.1 – Carta delle pendenze.

### **7.1 - Processi morfogenetici**

**Composizione litologica.** Per quanto riguarda i processi morfogenetici l'area è caratterizzata da un paesaggio collinare in cui la forma del rilievo è controllata principalmente dall'erosività differenziale delle litologie affioranti. L'efficienza dei processi erosivi dipende infatti dalle caratteristiche fisiche e chimiche delle rocce ad essi sottoposti (morfoselezione). I principali processi morfoselettivi sono riconducibili a fenomeni di ruscellamento, di erosione e a processi gravitativi che risultano nel complesso condizionati da una modesta energia del rilievo (modesti dislivelli e pendenze ridotte).

Le argilliti e le sabbie presenti in modo diffuso sono i terreni più erodibili in cui i processi erosivi si esplicano mediante l'azione delle acque meteoriche di ruscellamento diffuse o concentrate. Si distinguono anche delle zone di spianamento, coincidenti con i terrazzi fluviali, in cui la presenza di un sottile strato di deposito ghiaioso o sabbioso rallenta i processi erosivi. In corrispondenza dei terrazzi fluviali si osservano le pendenze più basse della superficie topografica. Solo localmente, la presenza di affioramenti di arenarie poco erodibili (c.da Casa Cartafalsa) nella zona meridionale dell'area studiata, il rilievo appare caratterizzato dalle pendenze più elevate o da superfici a controllo strutturale (cioè influenzate dalla giacitura degli strati).

**Deformazioni tettoniche.** Sebbene la deformazione tettonica abbia influenzato nel passato l'assetto geologico del settore in studio, oggi esercita un ruolo subordinato nel controllo dei processi morfogenetici.

### **7.2 - Esame dei dissesti**

Le caratteristiche litotecniche del substrato argilloso, l'assenza di opere di regimazione delle acque ruscellanti e di infiltrazione sotterranea, oltre ai lavori agricoli con tecniche non idonee all'acclività e morfologia dei versanti, contribuiscono ad elevare la suscettività al dissesto franoso di questi versanti.

Metodi. Per quanto riguarda la metodologia di analisi, in particolare, il rilevamento geomorfologico in sito è stato integrato con l'analisi aerofotografica storica e del modello digitale del terreno MDT (Modello digitale del terreno 2 m della Regione Siciliana): in ambiente GIS è stato realizzato un piano quotato con isoipse ed equidistanza pari a 1 metro; successivamente i dati raccolti sono stati verificati sul campo mediante rilevamento e posizionamento GPS; pertanto i dissesti sono stati mappati e riconosciuti tramite criteri geomorfologici legati all'aspetto del pendio.

Si segnala che l'intensa e profonda lavorazione stagionale dei terreni agricoli, accompagnata da periodici movimenti di terra eseguiti dagli agricoltori, maschera e rende difficile l'osservazione delle forme del rilievo che il geologo riconosce ai fini della perimetrazione dei dissesti di origine gravitativa.

Un'analisi dettagliata dell'assetto geomorfologico dell'area viene di seguito esplicitata nella **Tav. 6** – Carta geomorfologica, più volte citata. L'area di indagine, si ribadisce, riguarda quella definita nelle premesse del presente elaborato.

In corrispondenza delle zone perimetrare in rosso (aree interessate da fenomeni di soil creep / soliflusso) si rilevano delle zone in dissesto, perché mobilizzate da movimenti gravitativi del recente passato e/o ancora attivi; si individua una zona depressa per effetto di fenomeni di colamento (colate di

terra) con deformazione superficiale lenta (soil creep, soliflusso). L'area interessata da colamento di terra mostra nel complesso un andamento irregolare, con lobi e terrazzette, rispetto alle circostanti zone ancora stabili; le forme del rilievo sono tipiche delle aree mobilizzate da frana di colamento, come sono osservabili anche mediante il **rilievo ombreggiato**, elaborato utilizzando un fattore di amplificazione pari a 3 delle quote del modello digitale del terreno. Nella porzione alta del corpo di frana l'area interessata da colamento di terra assume la configurazione di area depressa ed il colamento si sviluppa lungo massima pendenza verso la zona di accumulo (**Tav. 5** – Carta geomorfologica).

In letteratura questi fenomeni sono riferiti all'effetto di flussi viscosi di terre senza una superficie di scivolamento ben definita (Varnes, 1978). La presenza della depressione, anche nel caso in specie, si riscontra nell'area di svuotamento (o di alimentazione) in cui prevalgono le forme concave, localizzate nella parte più alta di ciascuno dei corpi di frana.

Si tratta comunque di fenomeno di soliflusso che consiste in lenti movimenti superficiali del regolite che si esauriscono a profondità modesta (circa 2 metri); di conseguenza mediante la scelta oculata del layout di progetto si garantisce stabilità e sicurezza alle opere progettate.

Inoltre, in prossimità dei fenomeni di ruscellamento concentrato si rilevano gli effetti dell'erosione di suolo che verranno annullati ubicando le opere in progetto alla distanza di sicurezza indicata nella mappa di **Tav. 5**.

In conclusione, i caratteri geologici e le modeste acclività dell'area di progetto condizionano il buon assetto geomorfologico generale del sito: la presenza di una coltre eluvio-colluviale e di alterazione delle argille e sabbie della formazione di base ha reso necessario, tuttavia, il rilievo geomorfologico preliminare con lo scopo di selezionare quelle aree, da destinare all'installazione delle opere, esenti da qualsiasi fenomeno di dissesto gravitativo o di erosione per scorrimento superficiale delle acque.

I modesti lavori di scavo previsti per la posa delle fondazioni dell'impianto fotovoltaico in progetto (specie se si tratta di fondazioni su pali) non andranno a modificare le condizioni di deflusso superficiale delle acque meteoriche né a creare turbativa all'assetto idrogeologico dei terreni profondi.

## 8. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI DI FONDAZIONE

### 8.1 Modello geologico del sottosuolo

La successione stratigrafica delle unità litologiche ed i relativi spessori medi nel vasto areale di studio possono essere ricostruiti grazie all'integrazione dei rilievi sul campo e di tutte le indagini geognostiche effettuate. La stratigrafia si presenta, in generale, uniforme su tutto il lotto in studio e pertanto ne viene di seguito descritta una sintesi all'esito complessivo della campagna geognostica, rimandando il lettore all'analisi delle specifiche indagini per ulteriori dettagli.

In sintesi, nell'area in studio, sono stati riscontrati i seguenti litotipi:

- 1) Coltre di copertura eluvio-colluviale (**TV**), costituita da terreno vegetale, limo-argilloso bruno, con elementi detritici eterometrici, di taglia prevalentemente arenitica, in matrice limosa. Lo spessore è risultato compreso tra 0.3 m e 1.3 m;
- 2) Fino a una profondità massima di circa 4 m dal p.c., si riscontrano dei litotipi pelitico-sabbiosi e argille limose alterate (**FBa**) di color marrone-grigiastro, umide e plastiche, a consistenza variabile afferenti alla Fm. Terravecchia;
- 3) Seguono le sabbie argillose e le argille limose meno alterate della Fm. Terravecchia (**FB**), di media consistenza, che si incrementa con l'approfondimento, raggiungendo valori di un litotipo sufficientemente integro (**FBi**).

### 8.2 Caratterizzazione geotecnica preliminare

Per una disamina dettagliata delle indagini si rimanda ai relativi report allegati (n. 12 prove DPT e n. 2 MASW) che in questa fase della progettazione (definitiva) risultano esaurienti e di utile riferimento al responsabile della caratterizzazione e modellazione geotecnica.

Per le prove DPT è anche fornita una interpretazione geomeccanica dei risultati ed un commento tecnico, consapevoli che per le specifiche competenze dello scrivente geologo è opportuno limitarsi a fornire al responsabile geotecnico i valori nominali dei parametri geotecnici delle unità in forma disaggregata (come *range* di variazione), senza vincolarlo nella scelta dei parametri caratteristici che restano di sua competenza ai sensi della normativa vigente (NTC 2018).

Altri dati geotecnici, con l'utilizzo di specifiche correlazioni con i dati  $N_{SPT}^2$ , sono stati ricavati dalle prove DPM realizzate nello studio attuale. Prima di effettuare i calcoli, il campo di valori, per ogni livello litotecnico, è stato filtrato, eliminando nella stima del valore medio di  $N_{SPT}$  il dato massimo e minimo, utilizzando l'intervallo dei valori residui per valutare il range di variazione dei parametri nominali geotecnici.

Di seguito la sintesi schematica dei dati geotecnici per ogni livello litotecnico (**Tab. 8.1**).

Livello	N <sub>SPTm</sub>	$\gamma$ (kN/m <sup>3</sup> )	$\phi$ (gradi)	Cu (kPa)	Stato di addensamento/consistenza (A.G.I., 1977)
TV	2.17	14.53÷16.13	---	---	sciolto, poco addensato
FBa	7.96	17.93÷19.04	24.7÷26.6	61.6÷88.6	da moderatamente consistente a consistente
FB	14.60	19.35÷20.81	27.2÷32.1	97.9÷191	da consistente a molto consistente
FBi	26.65	21.09÷21.44	34.0÷35.4	237÷273	molto consistente

**Tab. 8.1** – Parametri geotecnici estrapolati dalle prove penetrometriche dinamiche continue.

Per una analisi di dettaglio delle elaborazioni dei dati ricavati dalle indagini in sito si rimanda alla relazione specifica allegata alla presente (Relazione Indagini Geognostiche).

### 8.3 Carta litotecnica

L'elaborato cartografico, in allegato fuori testo (**Tav. 6**), è stato prodotto in ambiente GIS sulla base dei rilievi e delle indagini eseguite seguendo le indicazioni dell'Allegato D della Circolare n.28807 del 20/06/2014 "Guida schematica alla definizione di unità litotecniche del substrato e delle coperture", confermata nel D.A. 120/2021. Secondo quanto pubblicato nella GURS dell'11.07.2014, a partire dalle informazioni presenti nella carta geologica, sono stati riportati i litotipi raggruppati in base alle caratteristiche fisico-meccaniche. Le unità litologiche sono state distinte in tre unità di COPERTURA e tre unità di SUBSTRATO secondo quanto disposto dall'Allegato D, sopra citato.

Nello specifico sono stati distinti le seguenti unità litotecniche:

#### Unità di Copertura

1. Sedimenti a grana fine e finissima (H1c), rappresentati dalle argille, argille limose e limi sabbiosi con inclusi elementi lapidei spigolosi e sub-arrotondati costituenti gli accumuli di frane attive
2. Sedimenti a grana medio-fine (G2c), comprendenti coperture eluvio-colluviali caratterizzate da sabbie sciolte e limi argillosi, inglobanti, a luoghi, ciottoli sub-arrotondati del deposito di antichi terrazzi fluviali
3. Sedimenti a prevalente grana grossa (F2), costituiti dalle ghiaie e sabbie sciolte in matrice limo-argillosa dei depositi alluvionali di fondovalle

#### Unità di substrato

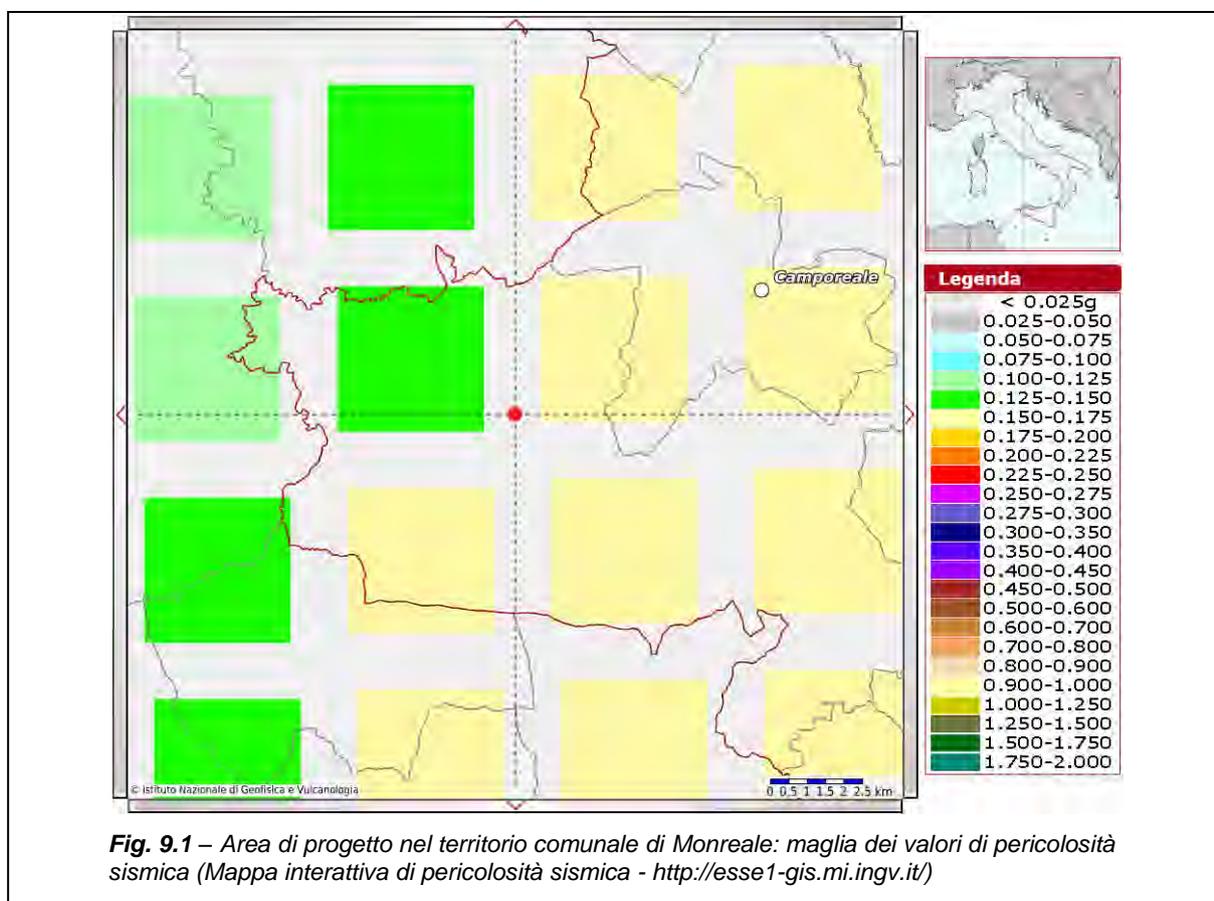
1. Sedimenti prevalentemente a grana fine e finissima (C-H1), costituiti sia dalle peliti argillose del membro pelitico-argilloso della Fm. Terravecchia che da quello sabbioso, nei termini di sabbie fini limose e argillose
2. Materiali cementati (C-G2.2) costituiti dalle intercalazioni di areniti costiere, in strati e banchi di arenarie quarzose, della Fm. Terravecchia.

<sup>2</sup> Peso per unità di volume,  $\gamma = 1.3936 + 0.0918 N_{SPT} - 0.004 N_{SPT}^2 + 0.000062 N_{SPT}^3$  (Meyerhof, 1957); angolo di attrito (condizioni drenate),  $\phi = 15 \cdot N_{SPT}^{0.5} + 15$ , (Road Bridge Specification, 1982); coesione non drenata,  $C_u = 0.100 \cdot N_{SPT}$  (Buisman-Sanglerat, 1972)

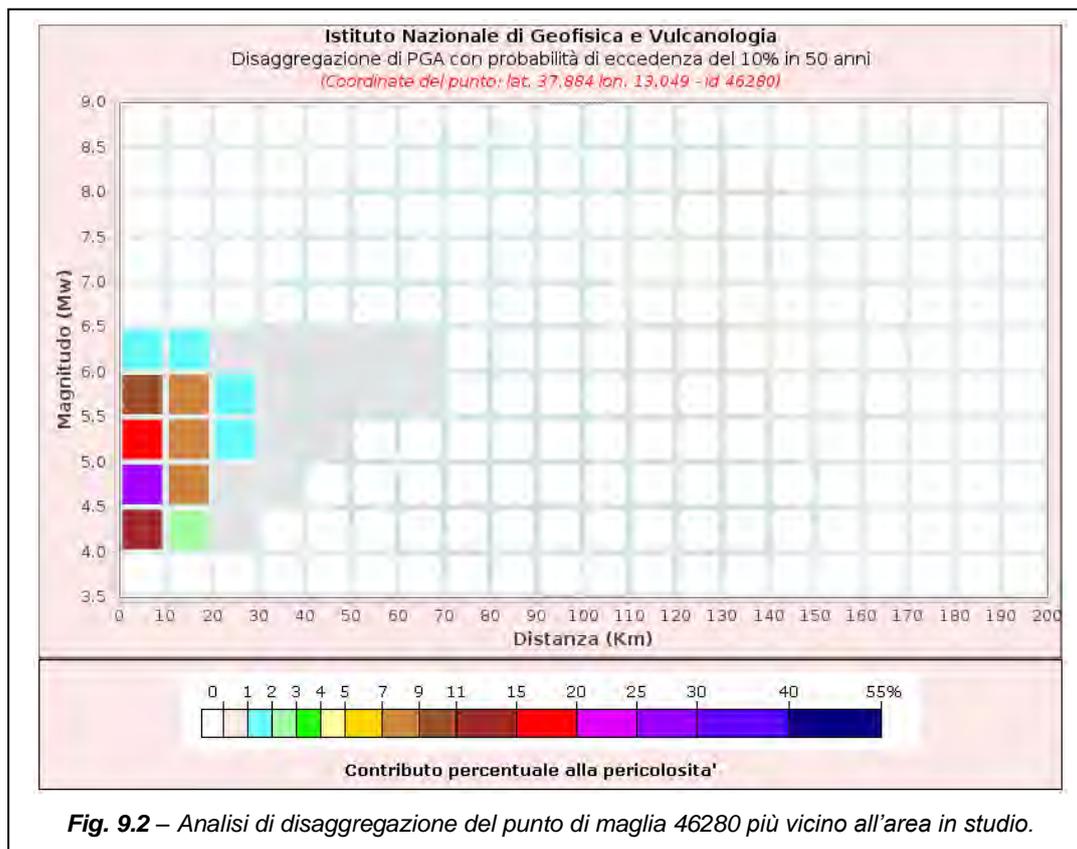
## 9. SISMICITA'

### 9.1 Pericolosità sismica di base ed eventi di riferimento

Il Comune di Monreale è stato dichiarato sismico con il D.M. del 2 luglio 1980 e classificato in seconda categoria con grado di sismicità  $S = 9$ . Secondo la più recente Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (O.P.C.M.) n. 3274 del 20 marzo 2003, confermata dalla Delibera di Giunta Regionale (D.G.R.) n. 408 del 19.12.2003, il territorio comunale di Monreale ricade in **Zona 2**, definita da un valore massimo di accelerazione di picco orizzontale (**ag**) su suolo rigido ( $V_s > 800$  m/s) e pianeggiante, con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, pari a **0.25 g**. Da un'analisi puntuale dei valori nei nodi della griglia con passo 0.05 gradi<sup>3</sup>, con cui è stata realizzata la mappa di pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale (Ordinanza PCM 3519 del 28 aprile 2006), delimitanti questo settore del territorio comunale di Monreale, si evince tuttavia che i valori di **ag** mostrano valori compresi nell'intervallo **0.150÷0.175 g (Fig. 9.1)**. In particolare, l'impianto produttivo ricade in un'area molto vicina al nodo 46280 (**ag** = 0.1623 g).



Le analisi di disaggregazione del valore di **ag** con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni hanno mostrato che il contributo maggiore alla pericolosità è dato da terremoti vicini (entro distanze di 10 km) con magnitudo medie di circa 5.1 (**Fig. 9.2**).



**Fig. 9.2** – Analisi di disaggregazione del punto di maglia 46280 più vicino all'area in studio.

Per quanto riguarda la storia sismica della zona del comune di Camporeale, centro urbano più vicino all'area di progetto, nel Database Macrosismico Italiano<sup>4</sup> vengono evidenziati alcuni terremoti avvenuti a partire dall'anno 1000 d.C., in cui viene segnalata sia l'intensità massima che la relativa Magnitudo di Momento (Mw) dell'evento sismico (Cfr. **Tab. 9.1**). Il catalogo mostra n°9 eventi sismici con effetti macrosismici superiori o uguali a 2 e risulta, probabilmente, incompleto riguardo ai periodi più antichi in cui certamente altri eventi sismici, verificatisi nelle zone sismogenetiche della Sicilia centro-occidentale, avranno prodotto effetti di scuotimento anche nell'area di insediamento dell'abitato di Camporeale, dove però non sono stati registrati per l'assenza di costruzioni e del tessuto urbano.

Dall'esame dei dati storici si osserva che i massimi effetti risentiti raggiungono il grado 8 della scala EMS-98 (*terremoto fortemente dannoso, ma con danni moderati alle strutture in muratura e leggeri agli edifici in c.a. e alle costruzioni in muratura ben costruite*) e sono riferiti alla scossa principale dello sciame sismico con epicentro nella Valle del Belice del gennaio 1968, l'evento più forte della storia sismica di questo settore centro-occidentale della Sicilia, che distrusse completamente alcuni centri urbani della Valle del Belice (Gibellina, Poggioreale, Salaparuta, Montevago, Santa Ninfa) e fu risentito con danni seri fino a Palermo e lungo le città della costa meridionale siciliana (Sciacca).

Altri effetti di rilievo sono relativi ad ulteriori eventi sismici di elevata magnitudo prodotti da sorgenti sismogenetiche abbastanza distanti, quali il terremoto del 06.09.2002 con epicentro nel Tirreno

<sup>3</sup> Gruppo di Lavoro MPS (2004). Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici.

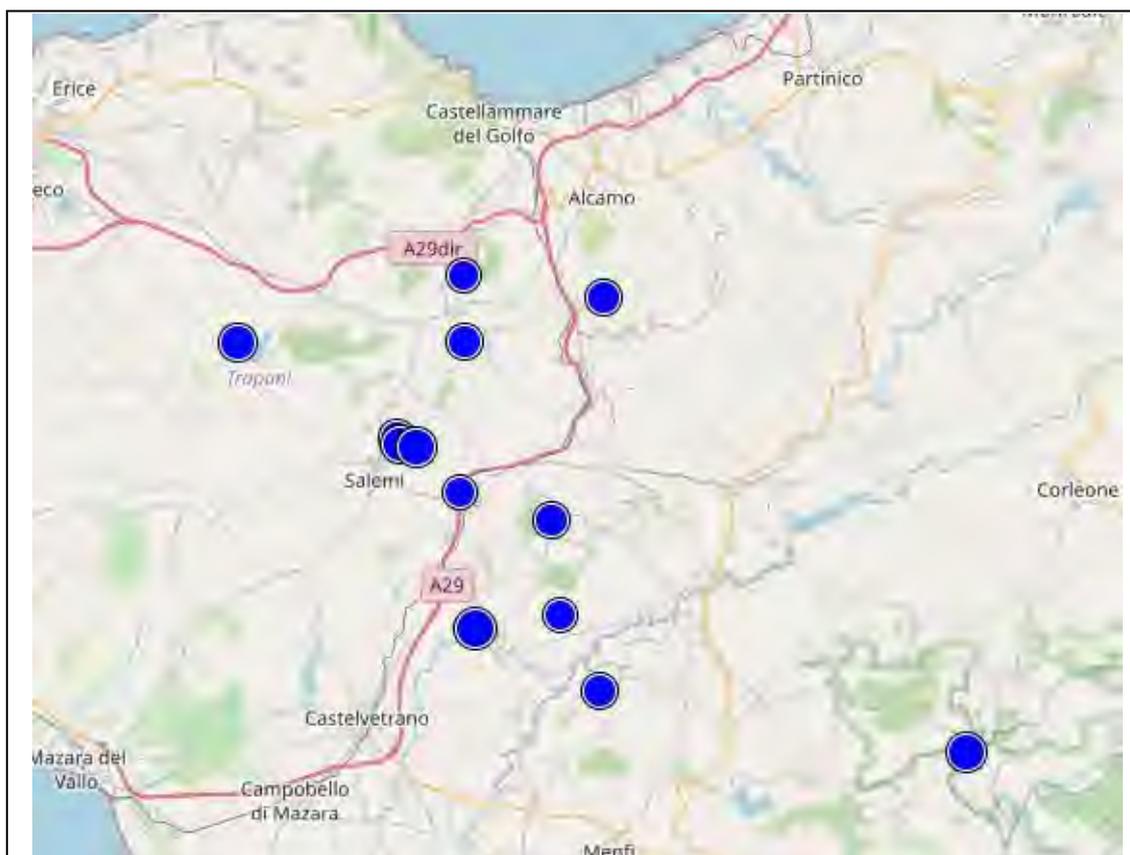
<sup>4</sup> Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. INGV. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15/>.

meridionale (sorgente sismogenetica ITCS022), secondo i dati tratti dal database DISS (*Database of Individual Seismogenic Sources*)<sup>5</sup>.

Int.	Data/ora	Area epicentrale	Io	Mw
5	1909.12.03 / 11.50	Camporeale	4	3.70
5-6	1954.11.20 / 05.35	Sicilia centro-occidentale	5-6	4.24
6	1968.01.14 / 12.28	Valle del Belice	6-7	5.10
6	1968.01.14 / 15.48	Valle del Belice	7	4.84
8	1968.01.15 / 02.01	Valle del Belice	10	6.41
6	1968.01.16 / 16.42	Valle del Belice	8	5.45
6-7	1968.01.25 / 09.56	Valle del Belice	8	5.37
2	1981.06.07 / 13.00	Mazara del Vallo	6	4.93
5	2002.09.06 / 01.21	Tirreno meridionale	6	5.92

**Tab. 9.1** – Principali terremoti storici (scosse principali) che hanno prodotto effetti nell'abitato di Camporeale, comune più vicino all'area di progetto.

Riguardo alla sismicità recente, sono stati estratti dall'archivio dell'INGV<sup>6</sup> degli ultimi 38 anni, 13 eventi sismici registrati con magnitudo  $\geq 3$  ed epicentro entro 30 km dal sito di progetto dell'impianto fotovoltaico (**Fig. 9.3**).



**Fig. 9.3** – Terremoti registrati strumentalmente (fonte INGV) dal 1985 di magnitudo  $\geq 3$  ed entro un raggio di 30 km dal sito in studio.

<sup>5</sup> DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, INGV; DOI:10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.

<sup>6</sup> Database parametrico e strumentale della sismicità italiana (ISIDE). <http://terremoti.ingv.it/>

Per quanto riguarda la classificazione sismica, il territorio di progetto ricade nella zona sismogenetica “934 - Area del Belice” (Regione Siciliana, Dipartimento della Protezione Civile); la perimetrazione riportata in **Fig. 9.4** riguarda la carta delle zone sismogenetiche ZS9 approvata dalla Commissione Grandi Rischi del Dipartimento della Protezione Civile il 06 aprile 2004, recepita dalla O.P.C.M. n° 3519 del 28 aprile 2006 e divenuta infine la Mappa di riferimento prevista dal D.M. 17 gennaio 2018 – Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni.



**Fig. 9.4** – Zonazione sismogenetica ZS9.

## 9.2 Modello sismico del sottosuolo

Con l'entrata in vigore della prima edizione delle “Norme Tecniche sulle Costruzioni” di cui al D.M. 14 gennaio 2008, la stima della pericolosità sismica è stata tuttavia riferita ad un approccio “sito dipendente” e non più ad un criterio “zona dipendente”. L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi *stati limite* presi in considerazione viene quindi definita partendo dalla “pericolosità di base” del sito di costruzione, che è l'elemento essenziale di conoscenza per la determinazione dell'azione sismica e viene individuata convenzionalmente in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido (categoria di sottosuolo A ( $V_{se} > 800$  m/s) della Tabella 3.2.II NTC) con superficie topografica orizzontale (categoria topografica T1 della Tabella 3.2.IV NTC), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente  $S_e(T)$ . In particolare, i caratteri del moto sismico su sito di riferimento rigido orizzontale sono descritti dalla distribuzione sul territorio nazionale delle grandezze  $a_g$  = accelerazione massima al sito,  $F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale; e  $T_c^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in

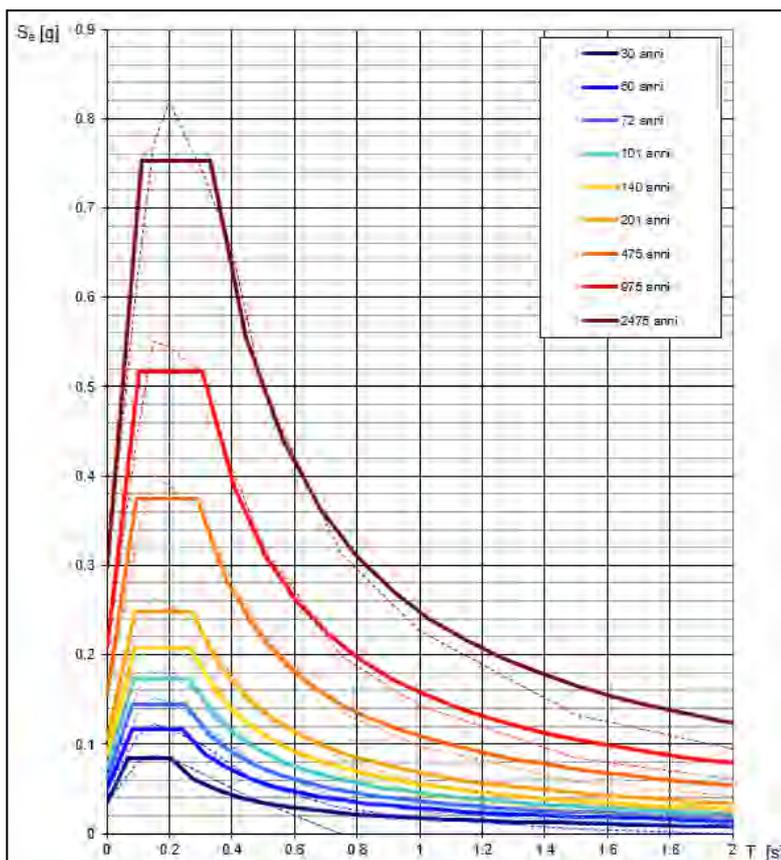
accelerazione orizzontale, sulla base delle quali sono compiutamente definite le relative forme spettrali. I valori delle grandezze suddette sono riportati nell'Allegato B alle NTC per 10751 punti del reticolo di riferimento, in termini di andamento medio ed in funzione di un periodo di ritorno TR di 30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2.475 anni. Per un qualunque punto del territorio nazionale non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri in argomento possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame.

In questo caso la zona interessata direttamente dall'opera esistente ha le seguenti coordinate geografiche medie (WGS84): Longitudine = 13,016869°; Latitudine = 37,868968°, risultando compresa tra i nodi della maglia 46279, 46280, 46501, 46502.

Attraverso il programma "Spettri di risposta", messo a disposizione gratuitamente dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici e scaricabile dal sito [www.cslp.it](http://www.cslp.it), si ottengono i parametri di pericolosità sismica di base elencati nella **Tab. 9.2** e le relative forme spettrali illustrate nella **Fig. 9.5**.

$T_c$ [anni]	$a_g$ [g]	$F_o$ [s]	$T_c^*$ [s]
30	0.036	2.334	0.204
50	0.061	2.328	0.241
72	0.061	2.350	0.251
101	0.074	2.341	0.260
140	0.088	2.343	0.266
201	0.106	2.346	0.274
475	0.156	2.405	0.290
975	0.209	2.471	0.306
2475	0.298	2.525	0.330

**Tab. 9.2** - Valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  per i periodi di ritorno TR di riferimento.



**Fig. 9.5** - Spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno TR di riferimento. Con linea continua si rappresentano gli spettri di Normativa, con linea tratteggiata gli spettri del progetto S1-INGV da cui sono derivati.

Per il calcolo della pericolosità sismica locale, oltre a stabilire i valori di "Classe d'uso" e "Vita nominale" dell'opera, si devono quindi individuare la categoria di suolo di fondazione in base al parametro  $V_{seq}$  (tab. 3.2.II, NTC18), oltre alla categoria topografica.

Dall'interpretazione delle prove sismiche MASW sono stati ricavati valori di  $V_{seq}$  compresi tra 352 m/s e 434 m/s, dati abbastanza vicini che sembrano, comunque, riflettere la differente rigidità dei litotipi presenti in affioramento: valori più bassi per la prova (MW2) eseguita sui terreni del membro pelitico-argilloso della Fm. Terravecchia, più elevati per la prova MW1, ubicata su affioramenti del membro sabbioso e sabbioso argilloso della stessa formazione.

In considerazione dei risultati di altre prove MASW eseguite dallo scrivente in aree limitrofe (C.da Marcanzotta<sup>7</sup>) e sugli stessi litotipi, tenendo anche conto che i terreni pelitico-argillosi risultano avere una estensione prevalente nell'area di progetto, si ritiene di classificare i litotipi del substrato geologico locale, ai sensi delle NTC18, come appartenenti alla categoria **C** di sottosuolo (*“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.* In relazione alle peculiari condizioni morfologiche, lo stesso contesto esaminato può essere altresì riferito ad una categoria topografica **T1** (*Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media  $i \leq 15^\circ$* ), a cui si associa un coefficiente di amplificazione **S<sub>T</sub>** pari a **1** (NTC 2018, Circ. C. S. LL.PP. 7/2019, § 3.2.2 e Tab. 3.2 III).

## 10. CARTE TEMATICHE DI SINTESI

La recente nota del 9 luglio 2021 prot. 112363 a firma del Dirigente Generale Assessorato Infrastrutture Dip. Reg. Tecnico - che ha emanato specifica direttiva relativa all'applicazione del Cap. 6 punto 12. FATTIBILITÀ DI OPERE SU GRANDI AREE di cui al D.M. 17/01/2018 - dispone che *“gli studi geologici e la caratterizzazione geotecnica devono essere estesi a tutta la zona di possibile influenza degli interventi previsti, al fine di accertare che la destinazione d'uso sia compatibile con il territorio in esame”*.

Nello specifico si richiede che la relazione geologica debba essere redatta ai sensi della Circolare n.3/DRA prot. 28807 del 20/06/14 dell'Assessorato Regionale Territorio ed Ambiente (nдр: nonostante essa riguardi gli studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici) che di seguito verrà indicata come Circolare. La nota di cui sopra dispone che vengano prodotti tra gli elaborati cartografici, le seguenti carte tematiche di sintesi: *“Carta della pericolosità geologica, Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale”, Carta della suscettività all'edificazione”*.

Di seguito vengono descritti i suddetti elaborati.

### 10.1 Carta della pericolosità geologica - Tav. 7

Prodotto in ambiente GIS, è un elaborato di sintesi a scala 1:5.000 che include le aree a pericolosità geomorfologica individuate dal P.A.I. e quelle individuate durante questo lavoro.

La cartografia di base è rappresentata dalla CTR su cui è sovrapposta la carta delle pendenze (cfr. anche **Fig. 7.1**), realizzata mediante il Modello digitale del terreno 2 m della Regione Siciliana; dalla **Fig. 7.1** sono state estratte solo le classi di pendenza maggiori e, quindi, perimetrare le aree con inclinazione maggiore di 15°: si noti che queste rappresentano soltanto una estensione pari al 2.7% dell'area disponibile come illustrato nello schema in **Tab. 7.1**.

<sup>7</sup> Relazione geologica per il “Progetto di un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte solare fotovoltaica denominato “Marcanzotta” – Geoproject s.r.l., 2021.

In particolare, infatti, le aree occupate dall'impianto ricadono su superfici pianeggianti (inclinazione < 3°) ed in gran parte su superfici sub pianeggianti o debolmente acclivi (inclinazione 3°÷10°), mentre la maggior parte delle aree acclivi è in zone libere dagli impianti o in aree censite in dissesto.

I fenomeni franosi frane ed i dissesti rappresentati corrispondono a quelli riportati nella carta geomorfologica (**Tav. 5**), indicandone la tipologia e lo stato di attività e nello stralcio del P.A.I. (**Tav. 1**).

Dalle analisi di dati telerilevati, confermate dal rilievo in sito, sono state anche tracciate le linee di ruscellamento concentrato con formazione di rigagnoli (rill erosion) e fossi (gully erosion), con evidenziata una fascia di rispetto, laddove l'approfondimento dei fossi tende a richiamare materiale da monte per scalzamento al piede, e le zone di ruscellamento diffuso.

## **10.2 Carta delle zone a maggiore pericolosità sismica locale - Tav. 8**

Anche la carta di **Tav. 8** è un elaborato di sintesi prodotto in ambiente GIS a scala 1:5.000. Sulla base di osservazioni geologiche, geomorfologiche e dell'acquisizione, elaborazione ed analisi di dati geognostici e geofisici, la carta individua parti del territorio dove possono verificarsi differenti tipologie di effetti locali o di sito indotte dall'azione sismica.

Di seguito si riassumono brevemente gli aspetti salienti di carattere geologico, geomorfologico e idrogeologico, ampiamente trattati nei paragrafi precedenti, al fine di fornire un inquadramento generale del territorio in funzione della azione sismica. Allo scopo di definire qualitativamente le zone omogenee dal punto di vista del comportamento sismico sono state analizzate le indagini geognostiche eseguite. In particolare, di seguito, si mettono in evidenza i caratteri geologici e geomorfologici che possono indurre amplificazione del segnale sismico.

Per costruire la **Tav. 8**, a partire dalle informazioni presenti nella carta geologica (**Tav. 3**), sono stati riportati i litotipi raggruppati in base alle caratteristiche fisico-meccaniche.

Nello specifico, relativamente alle litologie presenti nell'area interessate dal progetto, sono stati distinti i seguenti elementi, propedeutici alla classificazione delle zone a comportamento sismico omogeneo:

- litotipi del substrato con ipotizzati valori di  $V_s \approx 800$  m/s, costituiti principalmente dalle arenite della Fm. Terravecchia, con modesta copertura eluvio-colluviale;
- depositi scarsamente consolidati che possono determinare amplificazione, quali le coperture eluvio-colluviali, i depositi di terrazzo fluviale e i depositi alluvionali di fondovalle;
- termini pelitici e sabbioso argillosi della Formazione Terravecchia (argille e argille sabbiose), la cui classificazione dipende dallo spessore del livello superiore di alterazione;
- aree di instabilità geomorfologica (frane).

Dal punto di vista geomorfologico sono state prese in considerazione le forme superficiali in letteratura ritenute significative, quali i cocuzzoli (C.se Marcanza), le dorsali allungate (C.da Costa Lisera e Costa di Bababucia), i versanti arenacei con acclività > 30° (fuori carta) e quelle forme impostate su fasce detritiche eluvio-colluviali con pendenza > 15°. Nello specifico, dalla carta delle pendenze (**Fig. 7.1**)

i valori di acclività sono stati raggruppati in 2 classi, evidenziando, in particolare, i versanti in terreni di natura prevalentemente pelitica con pendenza superiore a 15°, che potrebbero essere interessati da fenomeni di instabilità in caso di sisma.

Per la definizione spaziale delle zone a comportamento sismico omogeneo, oltre alla rappresentazione dell'acclività del territorio, sono state analizzate tre variabili:

- caratteristiche litotecniche del substrato e della copertura;
- spessore della coltre di copertura
- parametri sismico-dinamici della risposta sismica locale (RSL), quali la velocità sismica delle onde S (valori di  $V_{Seq}$  e relativa classificazione dei suoli ai sensi delle NTC18) e la valutazione qualitativa dei contrasti di impedenza.

Per la realizzazione di questa carta di **Tav. 8** sono state integrate le informazioni ricavate dalle prove MASW con i dati ricavati dalle prove penetrometriche dinamiche, selezionando lo spessore dei livelli superficiali a minore numero di colpi (valori di  $N_{10}$ ).

Nella carta è stata effettuata una zonazione in base a due classi di spessore della coltre di copertura:

- spessore 0÷3 m;
- spessore > 3 m.

Per individuare le classi di spessore estese all'intero territorio indagato il campo dei valori sperimentali (n°14 punti d'indagine tra DPM e MASW) è stato organizzato per la realizzazione di mappe, attraverso l'utilizzo di metodi di interpolazione. In questo caso è stato utilizzato il metodo deterministico<sup>8</sup> locale<sup>9</sup> dell'interpolazione pesata con l'inverso della distanza (IDW). Per la fase di interpolazione, la superficie è stata suddivisa in celle di 10 m di lato, utilizzando un raggio di ricerca variabile ed un massimo numero di punti pari a 4. Si segnala, tuttavia, che nel complesso dell'area in studio non sono stati riscontrati spessori della coltre superficiale superiori a 5 m.

Nel caso in esame, pertanto, la "Carta delle zone a maggiore pericolosità sismica locale" è stata realizzata operando una sovrapposizione topologica guidata in ambiente GIS ed integrando i dati geognostici e geofisici, sopra descritti, sulla carta geologica.

Di seguito vengono descritte le principali caratteristiche geologiche e geomorfologiche delle classi di suscettibilità di amplificazione sismica individuate e cartografate nell'elaborato tematico di **Tav. 8**.

### **Zone stabili**

**Zona S** – Area di affioramento e/o subaffioramento (spessore della copertura < 3 m) delle areniti quarzose della Terravecchia, in aree a morfologia sub-orizzontale, con valori di  $V_{Seq} \simeq 800$  m/s.

---

<sup>8</sup> Il legame fra punti vicini è espresso da una legge esplicita i cui parametri hanno significato fisico.

### ***Zone stabili suscettibili di amplificazioni locali***

**Zona SA1** – Depositi continentali sciolti o scarsamente cementati dei depositi di terrazzo fluviale e delle alluvioni di fondovalle e, depositi eluvio-colluviali, frazione alterata delle argille e argille sabbiose della Formazione Terravecchia, con coltre di copertura < 3 m e pendenza dei versanti < 15°.

**Zona SA2** – Depositi sciolti (alluvioni antiche e attuali), coltri di copertura eluvio-colluviali e frazione alterata (argille e argille sabbiose) della Fm. Terravecchia con spessori > 3 m in versanti con pendenza < 15°.

### ***Zone potenzialmente instabili***

**Zona Ip** – Comprende i versanti con acclività > 15°, costituiti da sedimenti fini o scarsamente addensati e/o materiali sciolti, oltre alle scarpate fortemente acclive in versanti lapidei. Tali aree anche se nelle condizioni attuali sono per la maggior parte stabili, potrebbero risultare suscettibili di instabilità geomorfologica in conseguenza di un evento sismico.

### ***Zone instabili***

**Zona I** – In questa zona ricadono tutte le aree in dissesto franoso e di pericolosità geomorfologica censite dal P.A.I. e rilevate sul campo nell'ambito di questo lavoro.

Dalla consultazione della documentazione tecnica esistente e dal rilievo geologico di dettaglio eseguito non si rilevano nel territorio altre condizioni di instabilità. Nello specifico, nonostante il contesto tettonico-strutturale risulti piuttosto articolato e complesso, dalla consultazione della bibliografia di settore<sup>10</sup>, non si segnala nell'area di studio la presenza di faglie classificabili come attive e capaci. Non sono state inoltre individuate aree in cui coesistano tutte le condizioni (terremoti di magnitudo > 5.5, presenza di livelli di sabbie sature, ai sensi delle NTC18) che determinano potenzialità alla liquefazione.

Dall'analisi complessiva della carta si può affermare che nell'area di progetto dell'impianto fotovoltaico si riscontra una modesta suscettività all'amplificazione dei fenomeni sismici, soprattutto legata alle caratteristiche morfologiche (bassa acclività), ai ridotti spessori delle coperture e ai contrasti modesti di impedenza sismica riscontrati nella sismostratigrafia delle prove MASW effettuate.

### **10.3 Carta della suscettività all'edificazione - Tav. 9**

Questo elaborato rappresenta un documento di sintesi delle caratteristiche geologiche s.l. del territorio aventi una significativa influenza sulla scelta delle aree per realizzare gli interventi in progetto.

In relazione alle indicazioni conseguenti alle situazioni di pericolosità geologica e sismica riscontrate in precedenza nel corso del processo di elaborazione degli specifici tematismi, i diversi settori dell'area in studio sono stati anche suddivisi secondo tre classi di suscettività d'uso (**non condizionata**,

<sup>9</sup> Per la costruzione del modello sono valutate solo le informazioni (valori) dei punti vicini.

<sup>10</sup> ISPRA-Progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults)

**condizionata, parzialmente o totalmente limitata**), che a loro volta sono state ulteriormente ripartite in alcune sottoclassi in rapporto alle criticità geologiche s.l. prevalenti in ciascun ambito considerato. Per queste ultime, in particolare, sono state previste delle prescrizioni generali e specifiche da osservare nella realizzazione degli interventi consentiti nell'uso del territorio.

In questo documento finale, nello specifico, per le diverse classi di suscettività all'edificazione, sono state riportate le indicazioni per le analisi particolareggiate da effettuare nella successiva fase esecutiva. Tali indirizzi, più nel dettaglio, hanno riguardato la tipologia e l'ampiezza degli approfondimenti di indagine da eseguire nel caso di interventi in aree a suscettività d'uso condizionata, nonché la definizione delle eventuali misure di salvaguardia preliminari da adottare nelle zone suscettibili d'uso parzialmente o totalmente limitato.

Di seguito viene illustrata una sintesi della zonazione con le varie specifiche indicazioni.

### ***Classe 1 – Suscettività d'uso non condizionata***

Si distinguono in questa classe aree con due litologie di sottosuolo differenti. Nella prima si tratta di aree in condizioni di stabilità, morfologia non acclive e con affioramenti di rocce competenti (areniti quarzose della F. Terravecchia). In fase esecutiva, oltre alla verifica delle caratteristiche meccaniche (prove pull out), non è prevista alcuna limitazione d'uso né alcun particolare approfondimento di indagine. La seconda area riguarda i terreni argillosi e sabbioso-argillosi della Fm. Terravecchia e i lembi di deposito di antichi terrazzi fluviali situati in zone caratterizzate da morfologia da pianeggiante o moderatamente acclive (pendenza < 15°), in condizioni attuali di stabilità geomorfologica. In fase esecutiva è, comunque, consigliabile realizzare un aggiornato rilievo geomorfologico della stabilità dei versanti.

### ***Classe 2 – Suscettività d'uso condizionata***

Allo stato attuale del rilievo<sup>11</sup> si tratta di aree stabili costituite in prevalenza dai litotipi argillosi, siltosi e sabbioso-argillosi della Fm. Terravecchia con le loro coltri di copertura eluvio-colluviale e con limitati lembi di deposito di antichi terrazzi fluviali. Nelle indagini preliminari effettuate (DPM) lo spessore del materiale sciolto e/poco addensato, costituente le coperture alterate delle formazioni in posto, è risultato sempre inferiore a 5 m, con larga parte dell'area che presenta spessori inferiori a 3 m. L'acclività però risulta sensibile per i litotipi suddetti (valori di pendenza superiori a 15°). In generale, allo stato attuale, non risultano limitazioni all'utilizzo di queste zone per la realizzazione degli impianti fotovoltaici, si raccomanda, tuttavia, di eseguire in fase esecutiva, oltre alle verifiche geotecniche specifiche per la progettazione di impianti fotovoltaici (ad es. prove pull out), altre indagini geognostiche per la caratterizzazione stratigrafica puntuale e, soprattutto, aggiornati rilievi geomorfologici in sito e in remoto (remote sensing di prossimità).

---

<sup>11</sup> I rilievi geomorfologici in sito sono stati effettuati nel mese di novembre 2023, in considerazione delle caratteristiche litologiche delle unità presenti nel sottosuolo dell'area in studio e dei dissesti rilevati, è **fortemente raccomandato** di realizzare aggiornati rilievi geomorfologici di dettaglio nella fase di progetto esecutivo.

**Classe 3 – Suscettività d'uso parzialmente o totalmente limitata**

In questa classe ricadono le aree in dissesto gravitativo attivo e/o quiescente rilevate in sito, oltre alle zone di influenza-rispetto degli impluvi e dei fossi prodotti dal ruscellamento concentrato (è stato stimato, in modo cautelativo, un buffer di 15 m per sponda). Per quanto riguarda le frane censite, come descritto nel paragrafo 7 relativo alla geomorfologia, si tratta generalmente di lenti movimenti superficiali del regolite che si esauriscono a profondità modesta (intorno a 2 metri).

Per un loro eventuale utilizzo ai fini progettuali si dovranno eseguire ulteriori approfondimenti (indagini geologico-tecniche e monitoraggio degli eventuali movimenti di durata pluristagionale) durante la successiva fase esecutiva.

## 11. CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE e PRESCRIZIONI TECNICHE

Su incarico della Arcadis Italia S.r.l. sono state effettuati gli studi e le indagini geologiche per le autorizzazioni necessarie alla realizzazione di *un impianto agrofotovoltaico denominato " NEX088a"*, nel Comune di Monreale (PA).

La presente relazione contiene gli elaborati specifici richiesti per il parere di compatibilità geomorfologica, come da nota del 9 luglio 2021 prot. 112363 a firma del Dirigente Generale Assessorato.

Si segnala che il presente studio riguarda l'area disponibile compresa nel poligono rappresentato negli elaborati, così come trasmesso dal committente in formato georiferito prima dell'esecuzione delle indagini. L'area esterna a quella di studio, come sopra definita, la linea di connessione e le relative opere accessorie esulano, pertanto, dall'incarico ricevuto.

Di seguito si riassumono le considerazioni di carattere conclusivo e le prescrizioni tecniche, rimandando, comunque, a quanto descritto in dettaglio nei paragrafi precedenti.

- l'area di produzione per l'impianto agrofotovoltaico in progetto, ubicato in una zona di bassa collina del territorio comunale di Monreale, presenta acclività compatibili con quanto in progetto; l'elaborazione del modello digitale del terreno MDT (Modello digitale del terreno 2 m della Regione Siciliana) indica che il 17 % dell'area disponibile è caratterizzata da superfici sub-pianeggianti con inclinazione compresa tra 0° e 5° (pianeggianti/sub-pianeggianti). Inoltre, il 50% dell'area presenta inclinazioni comprese tra 5° e 10° (pendii debolmente acclivi). Solo il 30 % della superficie disponibile ha inclinazioni comprese tra 10° e 15° (pendii moderatamente acclivi);
- tale area non risulta perimetrata tra le aree a rischio idraulico o di frana ai sensi del D.A.R.T.A. del 4 Luglio 2000 relativo al "Piano straordinario per l'Assetto Idrogeologico della Regione Siciliana" e succ. mod., aggiornamenti ed integrazioni (P.A.I.). Il coefficiente di amplificazione topografica (St) è pari a 1;
- le indagini in sito eseguite hanno documentato una successione stratigrafica uniforme nel complesso dell'area investigata, seppur con spessori variabili all'interno della stessa unità litologica; si riconosce una coltre superficiale eluvio-colluviale (**TV**), costituita da terreno vegetale, limo-argilloso bruno, con elementi detritici eterometrici, di taglia prevalentemente arenitica, in matrice limosa (a cui sono associati anche i depositi di antichi terrazzi fluviali, quando presenti). Lo spessore è risultato compreso tra 0.3 m e 1.3 m. Il substrato geologico locale afferente al membro pelitico e sabbioso della Fm. Terravecchia del Miocene è caratterizzato da livelli di argille, argille limose e sabbie argillose da poco consistenti a consistenti, nella parte superficiale alterata (unità **FBa**), passante verso il basso ad argille con limo di colore bruno, con frazione sabbiosa e millimetrici inclusi litici, poco plastiche, con consistenza che migliora con la profondità (unità **FB**);
- relativamente alla parametrizzazione per i calcoli della verifica strutturale, con riferimento al § 6.2.2 delle NTC, nel quale si legge che "[...] Per valore caratteristico di un parametro geotecnico deve intendersi una stima ragionata e cautelativa del valore del parametro per ogni stato limite considerato [...]", poiché la modellazione geotecnica esula dall'incarico degli scriventi, i dati

(cosiddetti valori nominali) illustrati nel paragrafo 8.2, rappresentano elementi utili al progettista (consulente geotecnico) per dedurre in questa fase della progettazione, valori caratteristici dei parametri geotecnici del terreno di sedime, senza vincolarlo nella scelta che rimane di sua competenza ai sensi della normativa vigente. Pertanto, si invita il consulente geotecnico ad una disamina di dettaglio dell'esito delle indagini geognostiche realizzate nella relazione specifica allegata alla presente (Relazione Indagini Geognostiche);

- la sismicità storica di questo settore del territorio di Monreale si rileva di medio-bassa intensità (con massimi risentimenti pari 6-7 della scala macrosismica EMS98), con pericolosità sismica di base, caratterizzata da valori di **ag** compresi nell'intervallo **0.150÷0.175 g**;
- dall'indagine geofisica di sismica attiva (MASW) sono stati ricavati i profili di velocità sismica delle onde trasversali e stimati i valori di **V<sub>s</sub><sub>eq</sub>** compresi tra 352 m/s e 434 m/s con riferimento alla superficie del suolo; dall'analisi complessiva di altre prove geofisiche eseguite in aree limitrofe e sugli stessi litotipi, si ritiene di classificare i litotipi del substrato geologico locale come appartenenti alla categoria **C** dei suoli di fondazione, ai sensi delle NTC2018;
- lo scorrimento superficiale delle acque avviene in modo diffuso e converge naturalmente verso i fossi esistenti, che appaiono in approfondimento con fenomeni di scalzamento delle sponde; per ovvi motivi il deflusso lungo gli impluvi non dovrà essere ostacolato da opere o manufatti. In questa fase della progettazione è stata evidenziata, cautelativamente, una zona di rispetto di 30 m a cavallo dell'asta, in cui è inibita l'installazione di pannelli, destinando quest'area quale fascia di mitigazione a verde, tenendo conto che la semina/piantumazione di adeguate opere a verde permetterà di mitigare l'effetto del ruscellamento superficiale delle acque dilavanti sui fianchi degli impluvi<sup>12</sup>;
- sulla base del rilevamento geomorfologico, supportato da analisi telerilevate e dall'esito delle indagini geognostiche condotte, sono state rilevate aree interessate da fenomeni superficiali di instabilità gravitativa: sebbene tali fenomeni, alla data del rilievo sul campo, appaiano in stato quiescente; tali zone perimetrate dovrebbero cautelativamente essere destinate solo ad opere poco sensibili ai movimenti superficiali (cfr. **Tav. 5, 7 e 9**). Per un loro eventuale utilizzo ai fini progettuali si dovranno eseguire ulteriori approfondimenti (indagini geologico-tecniche e monitoraggio degli eventuali movimenti di durata pluristagionale) durante la successiva fase esecutiva;
- la maggior parte dell'area disponibile per l'impianto è caratterizzata, allo stato attuale, da un idoneo assetto geomorfologico, in cui non sono presenti fenomeni di dissesto, in atto o potenziali, tali da creare pregiudizio per la realizzazione dell'intervento. Si segnala che, durante i sopralluoghi, non sono stati osservati fenomeni intensi di denudamento, anche se le attività agricole, lavorazioni

<sup>12</sup> Per questa tipologia di dissesti, le "Linee guida per la valutazione del dissesto idrogeologico e la sua mitigazione attraverso misure e interventi in campo agricolo forestale" a cura dell'ISPRA suggeriscono interventi di inerbimento tramite essenze vegetali con radici fascicolate e/o fittoni profondi, con lo scopo di mitigare gli effetti dell'erosione accelerata

del terreno con le consuete attività di livellamento, possono occultare i fenomeni erosivi e gravitativi superficiali;

- in considerazione delle caratteristiche litotecniche delle coltri eluvio-colluviali e delle fasce di alterazione della formazione di base, si consiglia, tuttavia, nella fase esecutiva del progetto, di eseguire nuovi rilievi geomorfologici e indagini geognostiche, soprattutto nelle aree con versanti più acclivi (pendenza > 15°);
- i modesti lavori di scavo previsti (si consideri per esempio che i moduli FV saranno fondati su pali di sostegno) non andranno a modificare le condizioni di deflusso superficiale delle acque meteoriche né a creare turbativa all'assetto idrogeologico dei terreni profondi. Nel caso di livellamenti in fase di esecuzione dei lavori, eventuali riempimenti di zone depresse dovranno essere accompagnati da interventi di regimazione superficiale delle acque piovane, d'altronde previsti in fase di progettazione esecutiva;
- per il rispetto del principio dell'invarianza idraulica si rimanda all'elaborato specifico.

In conclusione, la maggior parte dell'area oggetto di studio si trova in condizioni morfologiche, idrogeologiche e geologiche favorevoli alla stabilità. I modesti movimenti di terra previsti non determineranno variazioni rilevanti e modifiche tali da creare pregiudizio alla fattibilità dell'opera.

È inoltre importante ricordare che tali condizioni di progetto dovranno comunque opportunamente essere analizzate e verificate in maniera dettagliata in una fase progettuale successiva attraverso una serie di rilievi geomorfologici e indagini geognostiche, descritta, per le varie zone, nel paragrafo 10 e, riportata schematicamente nella **Tav. 9**.

Per garantire infine l'integrità delle opere è necessario realizzare un'accurata regimazione sia delle acque ruscellanti che di quelle di infiltrazione, che potrebbero comportare il decadimento delle proprietà meccaniche dei terreni di sedime.

Valledolmo, 29 novembre 2023

**Geoproject srl**

Geol. Alfonso Spera



**Tecnici specialisti**

Geol. Giuseppe Avellone



Geol. Roberto De Domenico



SEGUONO N. 2 allegati con n. 9 tavole fuori testo come da seguente elenco:

ALLEGATI

- \* **AII. 01** – Tavole cartografiche
  - **Tav. 1** – Cartografia (PAI)
  - **Tav. 2** – Carta con ubicazione delle indagini geognostiche (Scala 1:5.000)
  - **Tav. 3** – Carta geologica (Scala 1:5.000)
  - **Tav. 4** – Carta idrogeologica (Scala 1:5.000)
  - **Tav. 5** – Carta geomorfologica (Scala 1:5.000)
  - **Tav. 6** – Carta litotecnica (Scala 1:5.000)
  - **Tav. 7** – Carta della pericolosità geologica (Scala 1:5.000)
  - **Tav. 8** – Carta delle zone a maggior pericolosità sismica locale (Scala 1:5.000)
  - **Tav. 9** – Carta della suscettività all'edificazione (Scala 1:5.000)
  
- \* **AII. 02** - Relazioni indagini geognostiche

## TAVOLE CARTOGRAFICHE

Oggetto: **Progetto NEXX088a**  
**Impianto agrifotovoltaico in comune di Monreale (PA)**

Località: **C.da Marcanza - Monreale (PA)**

Numero Commessa: **078AS/23**

Redatto: **Il Direttore Tecnico**      **Tecnici Specialisti**      Allegato n. **01**

Geol. Alfonso SPERA



*Alfonso Spiera*

Geol. Giuseppe Avellone



*Giuseppe Avellone*

Geol. Roberto De Domenico



*Roberto De Domenico*

Approvato: **L'Amministratore Unico**

Geol. Pietro Chiavetta

**GEOPROJECT srl**  
Amministratore Unico  
Dr. Pietro CHIAVETTA  
*Pietro Chiavetta*

Il Committente:

**ARCADIS ITALIA s.r.l.**

Data Consegna:

Novembre 2023

**GEOPROJECT srl**

C.da Crete Ferrigna snc - 90029 Valledolmo (PA) - tel/fax 091/5640657 - mail: info@geoprojectsrl.eu; web site: www.geoprojectsrl.eu

P.IVA: 05714710828 - Iscrizione CCIAA-REA: 272167

REPUBBLICA ITALIANA



Regione Siciliana  
Presidenza della Regione Siciliana  
Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia

Aggiornamento del Piano Stralcio di Bacino  
per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)  
L. n. 17 del 17.03.2001 e successive modificazioni

Scala 1:50.000

Carta a scala 1:50.000  
e cartografia correlata

### LEGENDA

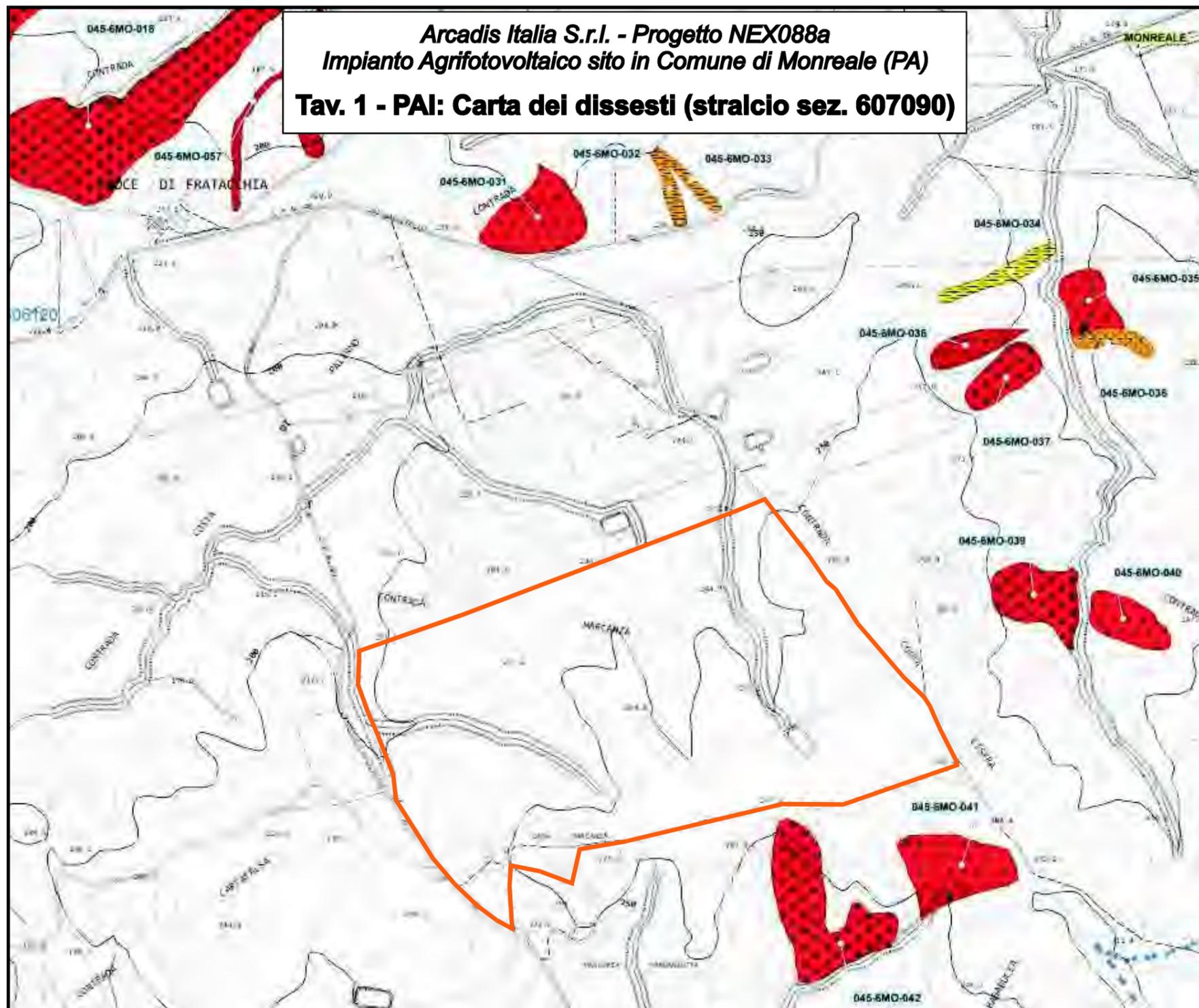
#### FENOMENI FRANOSI

- Cracks and settlements
- Rapid sliding
- Subsidence
- Shrinkage
- Complex landslide
- Lateral expansion or gravitational deformation (LIGPV)
- Slow sliding
- Diffuse landslide area
- Slow and superficial deformation
- Calanchi
- Disasters consequent to erosion acceleration

#### STATO DI ATTIVITA'

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

**Arcadis Italia S.r.l. - Progetto NEX088a**  
**Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)**  
**Tav. 1 - PAI: Carta dei dissesti (stralcio sez. 607090)**

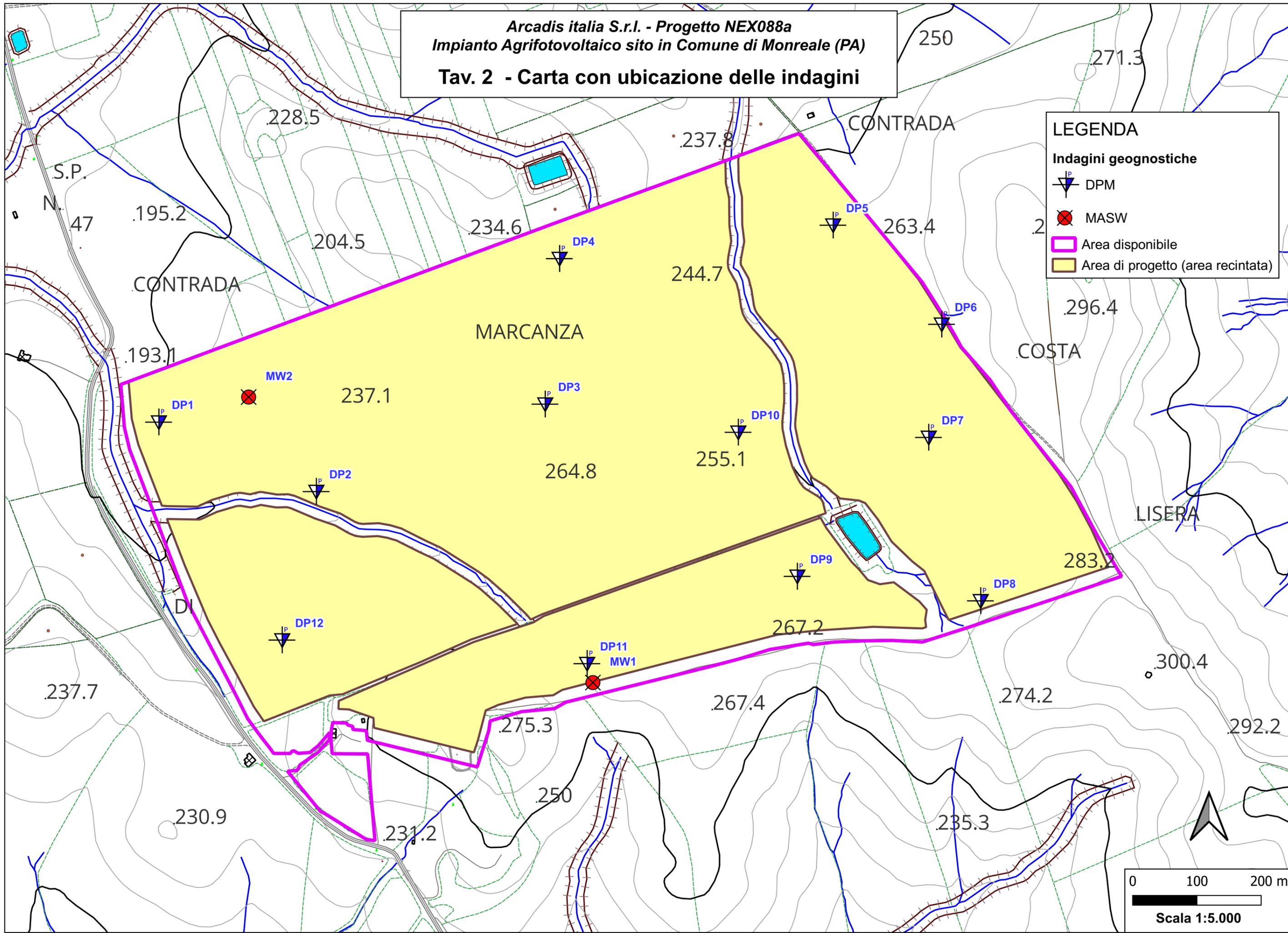


Arcadis italia S.r.l. - Progetto NEX088a  
Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)  
Tav. 2 - Carta con ubicazione delle indagini

**LEGENDA**

**Indagini geognostiche**

- DPM
- MASW
- Area disponibile
- Area di progetto (area recintata)



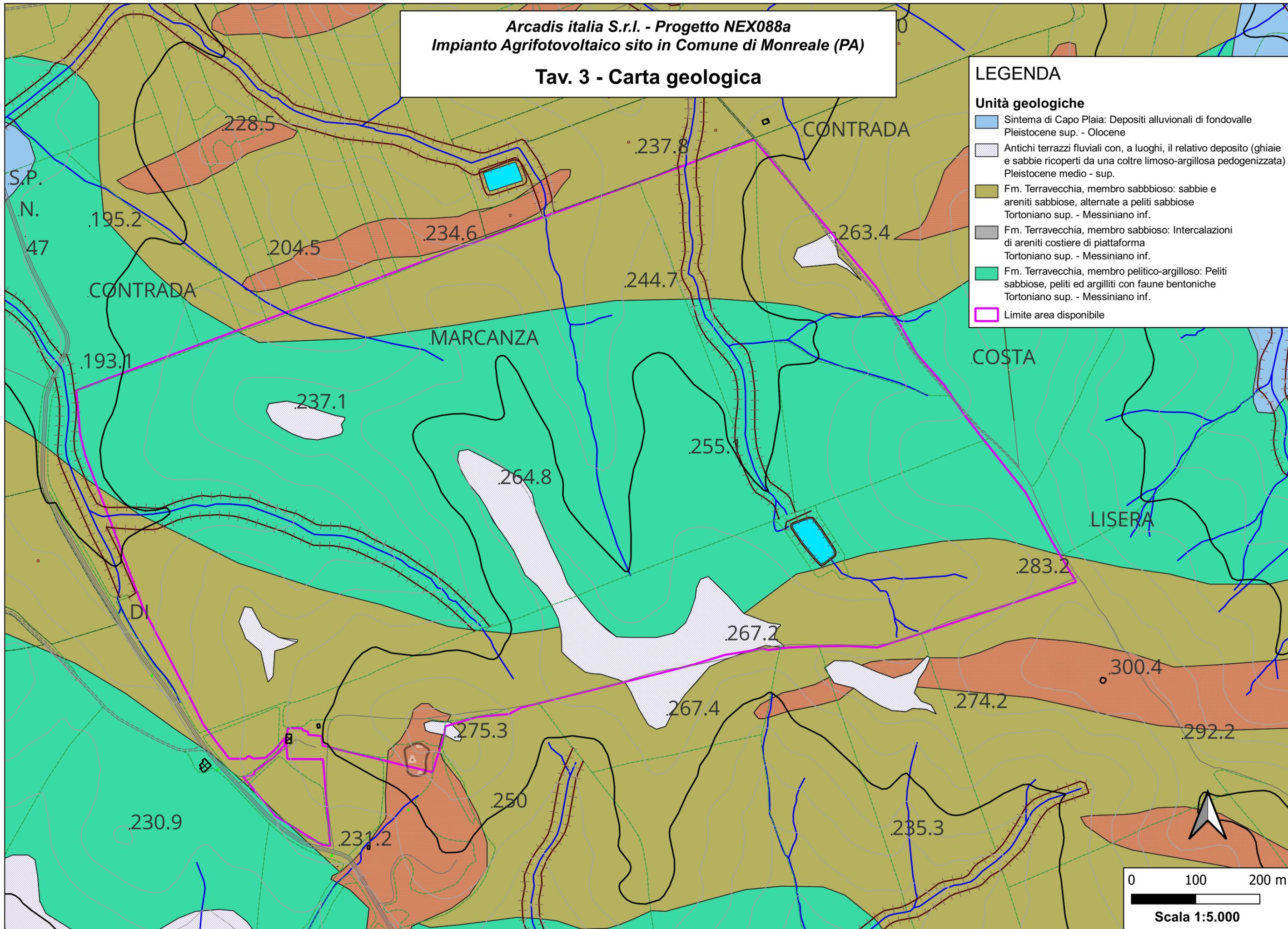
Arcadis italia S.r.l. - Progetto NEX088a  
Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)

Tav. 3 - Carta geologica

LEGENDA

Unità geologiche

-  Sintema di Capo Plaia: Depositi alluvionali di fondovalle Pleistocene sup. - Olocene
-  Antichi terrazzi fluviali con, a luoghi, il relativo deposito (ghiaie e sabbie ricoperti da una coltre limoso-argillosa pedogenizzata) Pleistocene medio - sup.
-  Fm. Terravecchia, membro sabbioso: sabbie e areniti sabbiose, alternate a peliti sabbiose Tortoniano sup. - Messiniano inf.
-  Fm. Terravecchia, membro sabbioso: Intercalazioni di areniti costiere di piattaforma Tortoniano sup. - Messiniano inf.
-  Fm. Terravecchia, membro pelitico-argilloso: Peliti sabbiose, peliti ed argilliti con faune bentoniche Tortoniano sup. - Messiniano inf.
-  Limite area disponibile



Arcadis italia S.r.l. - Progetto NEX088a  
Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)

Tav. 4 - Carta idrogeologica

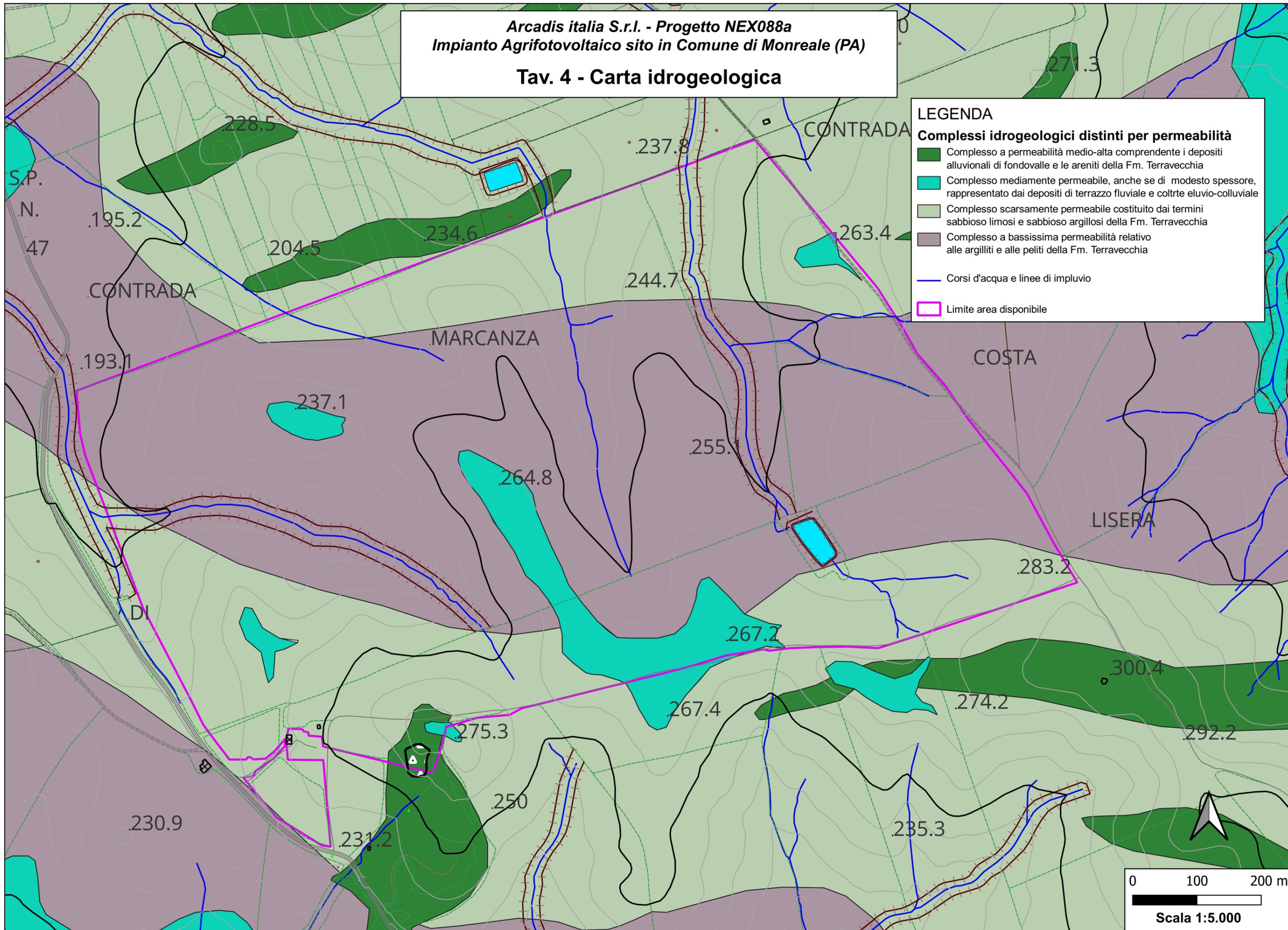
LEGENDA

Complessi idrogeologici distinti per permeabilità

- Complesso a permeabilità medio-alta comprendente i depositi alluvionali di fondovalle e le arenite della Fm. Terravecchia
- Complesso mediamente permeabile, anche se di modesto spessore, rappresentato dai depositi di terrazzo fluviale e coltrte eluvio-colluviale
- Complesso scarsamente permeabile costituito dai termini sabbioso limosi e sabbioso argillosi della Fm. Terravecchia
- Complesso a bassissima permeabilità relativo alle argilliti e alle peliti della Fm. Terravecchia

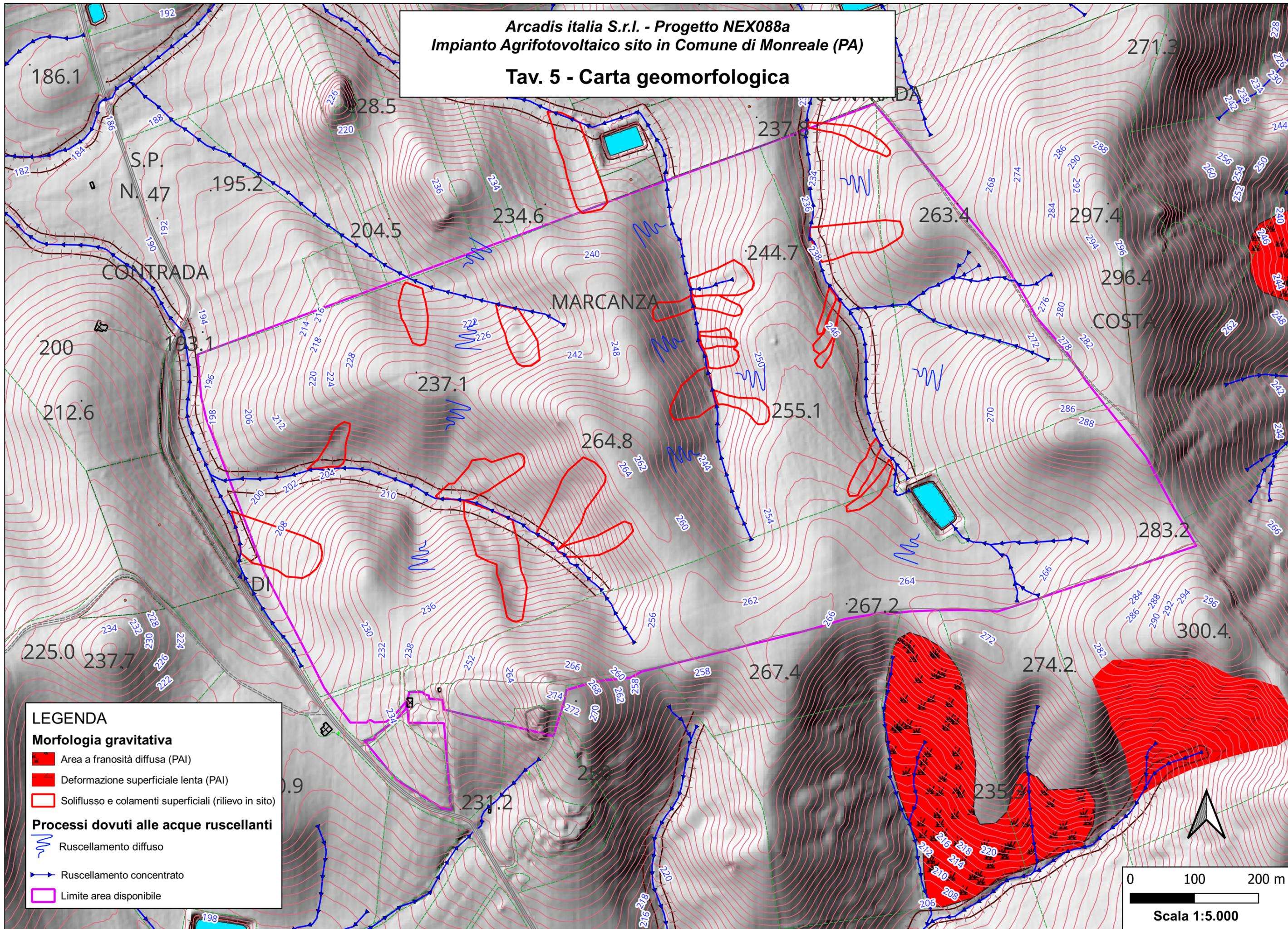
— Corsi d'acqua e linee di impluvio

□ Limite area disponibile



Arcadis italia S.r.l. - Progetto NEX088a  
Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)

Tav. 5 - Carta geomorfologica



LEGENDA

Morfologia gravitativa

- Area a franosità diffusa (PAI)
- Deformazione superficiale lenta (PAI)
- Soliflusso e colamenti superficiali (rilievo in sito)

Processi dovuti alle acque ruscellanti

- Ruscellamento diffuso
- Ruscellamento concentrato
- Limite area disponibile

0 100 200 m

Scala 1:5.000

Arcadis italia S.r.l. - Progetto NEX088a  
Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)  
Tav. 6 - Carta litotecnica

LEGENDA

1. Substrato

Successioni conglomeratico-sabbiose-argillose

SEDIMENTI A GRANA FINE E FINISSIMA (C-H1)  
Argille, argille sabbiose e sabbie fini  
(Fm. Terravecchia)

MATERIALI CEMENTATI (C-G2.2)  
Areniti costiere (Fm. Terravecchia)

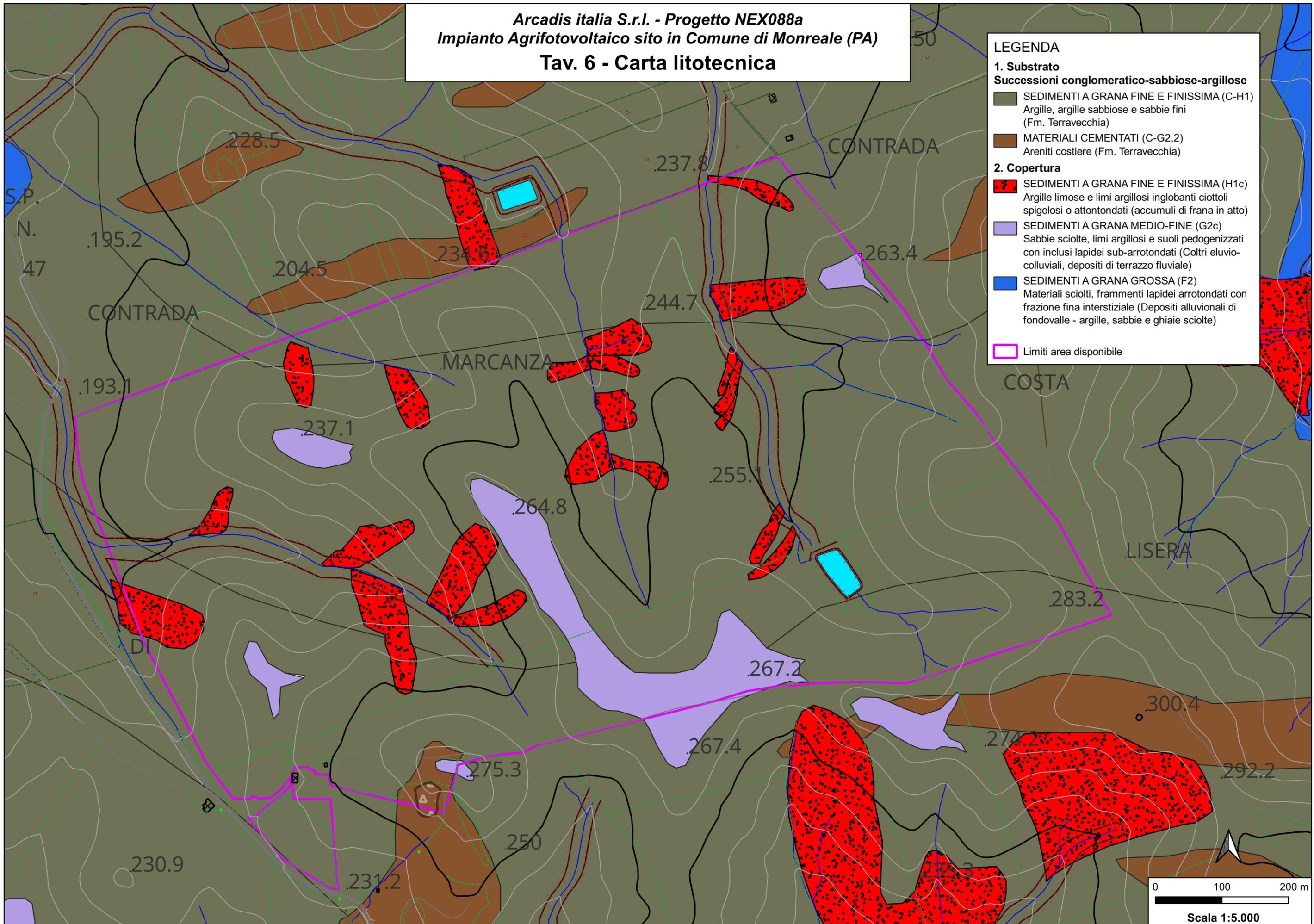
2. Copertura

SEDIMENTI A GRANA FINE E FINISSIMA (H1c)  
Argille limose e limi argillosi inglobanti ciottoli  
spigolosi o attondati (accumuli di frana in atto)

SEDIMENTI A GRANA MEDIO-FINE (G2c)  
Sabbie sciolte, limi argillosi e suoli pedogenizzati  
con inclusi lapidei sub-arrotondati (Coltri eluvio-  
colluviali, depositi di terrazzo fluviale)

SEDIMENTI A GRANA GROSSA (F2)  
Materiali sciolti, frammenti lapidei arrotondati con  
frazione fina interstiziale (Depositi alluvionali di  
fondovalle - argille, sabbie e ghiaie sciolte)

Limiti area disponibile



Arcadis italia S.r.l. - Progetto NEX088a  
 Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)  
**Tav. 7 - Carta della pericolosità geologica**

**LEGENDA**

**Morfologia gravitativa**

- Area a franosità diffusa (PAI)
- Deformazione superficiale lenta (PAI)
- Soliflusso e colamenti superficiali (rilievo in sito)

**Aree acclivi**

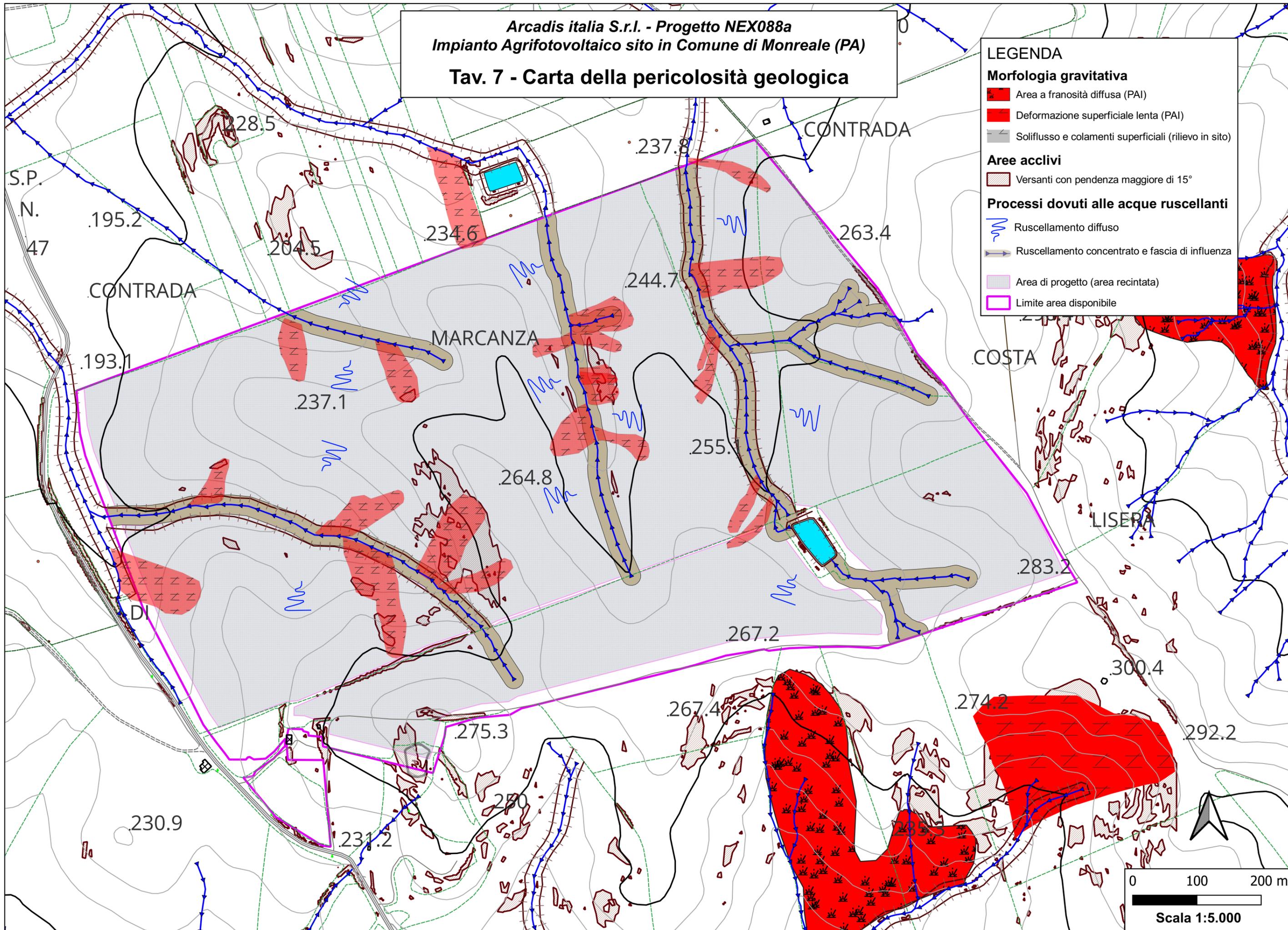
- Versanti con pendenza maggiore di 15°

**Processi dovuti alle acque ruscellanti**

- Ruscellamento diffuso
- Ruscellamento concentrato e fascia di influenza

Area di progetto (area recintata)

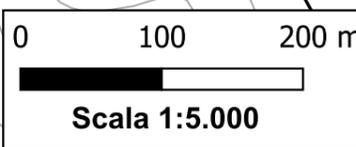
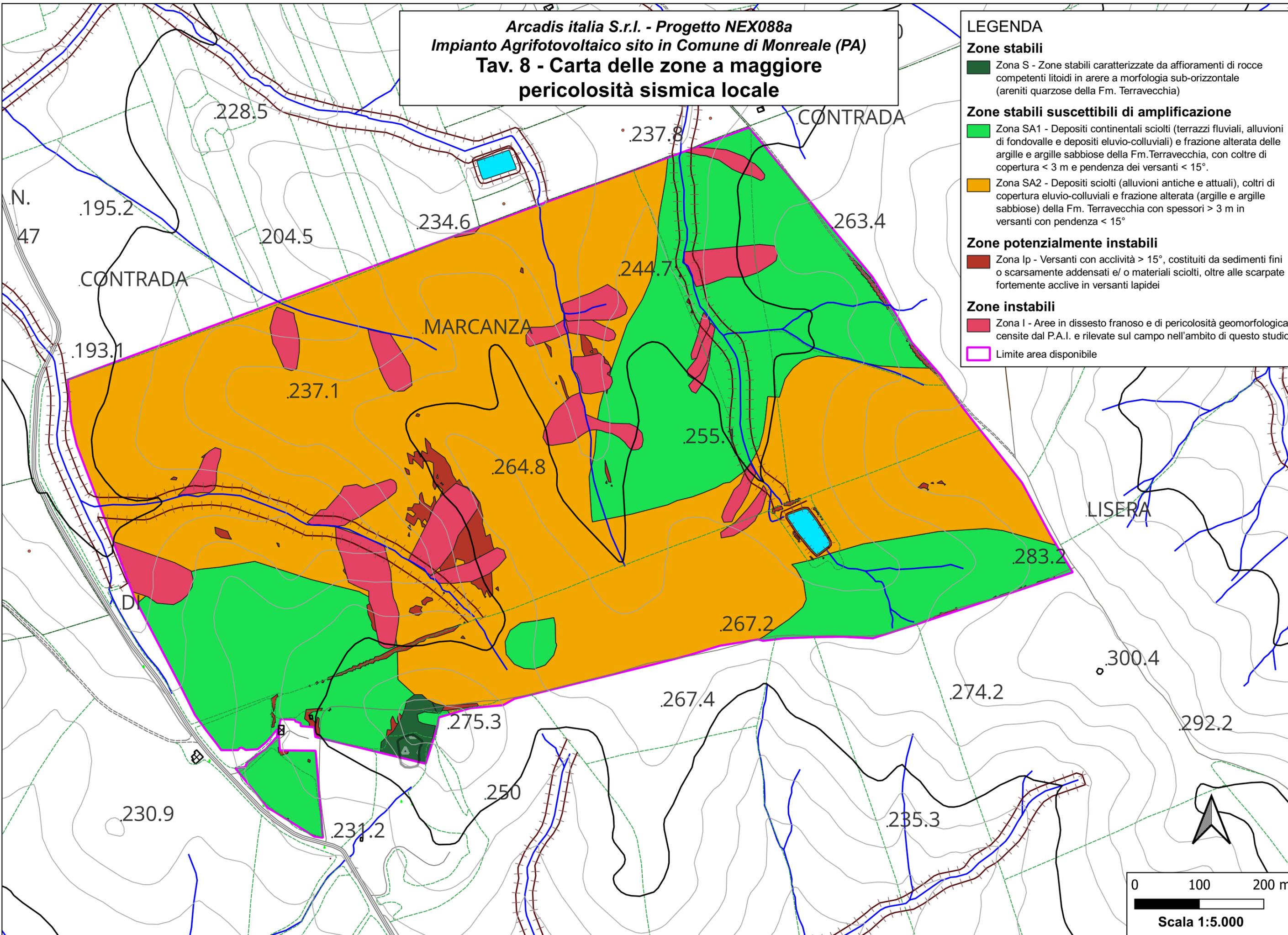
Limite area disponibile



**Arcadis italia S.r.l. - Progetto NEX088a**  
**Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)**  
**Tav. 8 - Carta delle zone a maggiore**  
**pericolosità sismica locale**

**LEGENDA**

- Zone stabili**
- Zona S - Zone stabili caratterizzate da affioramenti di rocce competenti litoidi in aree a morfologia sub-orizzontale (areniti quarzose della Fm. Terravecchia)
- Zone stabili suscettibili di amplificazione**
- Zona SA1 - Depositi continentali sciolti (terrazzi fluviali, alluvioni di fondo valle e depositi eluvio-colluviali) e frazione alterata delle argille e argille sabbiose della Fm. Terravecchia, con coltre di copertura < 3 m e pendenza dei versanti < 15°.
  - Zona SA2 - Depositi sciolti (alluvioni antiche e attuali), coltri di copertura eluvio-colluviali e frazione alterata (argille e argille sabbiose) della Fm. Terravecchia con spessori > 3 m in versanti con pendenza < 15°
- Zone potenzialmente instabili**
- Zona Ip - Versanti con acclività > 15°, costituiti da sedimenti fini o scarsamente addensati e/ o materiali sciolti, oltre alle scarpate fortemente acclive in versanti lapidei
- Zone instabili**
- Zona I - Aree in dissesto franoso e di pericolosità geomorfologica censite dal P.A.I. e rilevate sul campo nell'ambito di questo studio
- Limite area disponibile



**Arcadis italia S.r.l. - Progetto NEX088a**  
**Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)**  
**Tav. 9 - Carta della suscettività all'edificazione**

**LEGENDA**

**Classe 1 - Suscettività d'uso non condizionata**

**Aree stabili costituite da rocce competenti con coperture < 3 m e acclività < 15°**  
 Litologia: areniti quarzose della Fm. Terravecchia.  
 Prescrizioni: nessuna limitazione all'utilizzo

**Aree allo stato attuale stabili costituite da rocce coesive e/o poco cementate con coperture < 5 m e acclività < 15°**  
 Litologia: argille e sabbie argillose della Fm. Terravecchia, depositi di terrazzo fluviale.  
 Prescrizioni: zona attualmente edificabile. Si consiglia, comunque, in fase esecutiva la realizzazione, oltre che delle consuete indagini previste dalla norma (NTC18) e specifiche per le opere in progetto, di rilievi geomorfologici per le verifiche di stabilità dei versanti.

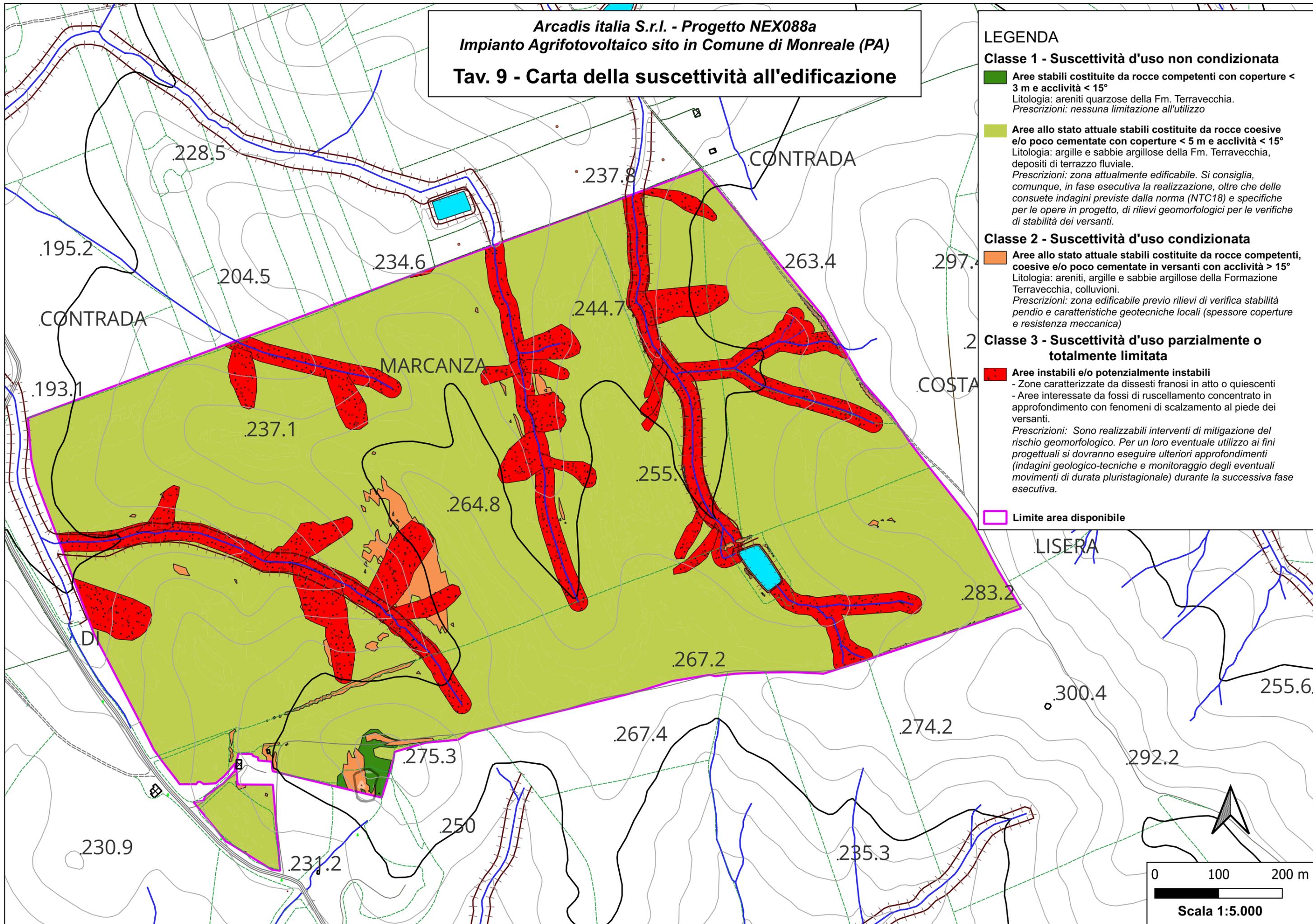
**Classe 2 - Suscettività d'uso condizionata**

**Aree allo stato attuale stabili costituite da rocce competenti, coesive e/o poco cementate in versanti con acclività > 15°**  
 Litologia: areniti, argille e sabbie argillose della Formazione Terravecchia, colluvioni.  
 Prescrizioni: zona edificabile previo rilievi di verifica stabilità pendio e caratteristiche geotecniche locali (spessore coperture e resistenza meccanica)

**Classe 3 - Suscettività d'uso parzialmente o totalmente limitata**

**Aree instabili e/o potenzialmente instabili**  
 - Zone caratterizzate da dissesti franosi in atto o quiescenti  
 - Aree interessate da fossi di ruscellamento concentrato in approfondimento con fenomeni di scalamiento al piede dei versanti.  
 Prescrizioni: Sono realizzabili interventi di mitigazione del rischio geomorfologico. Per un loro eventuale utilizzo ai fini progettuali si dovranno eseguire ulteriori approfondimenti (indagini geologico-tecniche e monitoraggio degli eventuali movimenti di durata pluristagionale) durante la successiva fase esecutiva.

**Limite area disponibile**



# RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE

Oggetto: **Progetto NEX088a**  
**Impianto agrifotovoltaico in comune di Monreale (PA)**

Località: C.da Marcanza - Monreale (PA)

Numero Commessa: 078AS/23

Redatto: Il Direttore Tecnico      Tecnici Specialisti      Allegato n. **02**

Geol. Alfonso SPERA




Geol. Giuseppe Avellone



Geol. Roberto De Domenico



Approvato: L'Amministratore Unico

Geol. Pietro Chiavetta

**GEOPROJECT srl**  
Amministratore Unico  
Dr. Pietro CHIAVETTA



Il Committente:

**ARCADIS ITALIA s.r.l.**

Data Consegna:

Novembre 2023

**GEOPROJECT srl**

C.da Crete Ferrigna snc - 90029 Valledolmo (PA) - tel/fax 091/5640657 - mail: info@geoprojectsrl.eu; web site: www.geoprojectsrl.eu

P.IVA: 05714710828 - Iscrizione CCIAA-REA: 272167

# **RELAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE**

**Indagini eseguite:**

- **PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE**
- **PROVE MASW**

## RELAZIONE PROVE PENETROMETRICHE

Oggetto: **Progetto NEX088a**  
**Impianto agrifotovoltaico in comune di Monreale (PA)**

Località: **C.da Marcanza - Monreale (PA)**

Numero Commessa: **078AS/23**

<b>Redatto:</b> Il Direttore Tecnico	<b>Tecnici Specialisti</b>	Allegato n.	<b>02a</b>
--------------------------------------	----------------------------	-------------	------------

Geol. Alfonso SPERA




Geol. Giuseppe Avellone



Geol. Roberto De Domenico




**Approvato:** L'Amministratore Unico  
Geol. Pietro Chiavetta  
**GEOPROJECT srl**  
Amministratore Unico  
Dr. Pietro CHIAVETTA



**Il Committente:**  
**ARCADIS ITALIA s.r.l.**

Data Consegna:	Novembre 2023
----------------	---------------

**GEOPROJECT srl**

C.da Crete Ferrigna snc - 90029 Valledolmo (PA) - tel/fax 091/5640657 - mail: info@geoprojectsrl.eu; web site: www.geoprojectsrl.eu

P.IVA: 05714710828 - Iscrizione CCIAA-REA: 272167

## **Prove Penetrometriche Dinamiche**

### **Premessa**

Nell'ambito del piano di indagini geognostiche sono state eseguite delle prove penetrometriche dinamiche (DPM) a supporto dello studio geologico delle aree interessate dal progetto degli impianti fotovoltaici.

L'ubicazione delle prove, distribuite all'interno dei diversi lotti, è riportata nello stralcio aerofotogrammetrico in **Tav. 2**, allegato alla relazione geologica.

Nella presente prospezione sono state effettuate n°12 verticali di avanzamento, utilizzando lo standard *medio-leggero* tipo "Emilia".

L'indagine è stata effettuata nel rispetto di quanto previsto dalla vigente specifica normativa tecnica e dai relativi standards esecutivi.

Costituiscono parte integrante della presente relazione, i seguenti elaborati grafici:

- tabulati con le elaborazioni eseguite per ogni DPM ed elenco delle correlazioni con i dati SPT utilizzate;
- n°12 istogrammi penetrometrici comprensivi di tutte le indagini penetrometriche effettuate nelle aree di progetto;
- documentazione fotografica.

Di seguito vengono descritte i principi generali di esecuzione, una descrizione dell'attrezzatura utilizzata e delle modalità di interpretazione delle prove con un sintetico commento tecnico sui dati ricavati e i risultati ottenuti.

### **Analisi dei risultati e commento tecnico**

Il tipo di prova eseguito (denominate DPM e codificate ISSMFE) consiste nell'infiggere nel terreno delle aste a sezione circolare ( $\varnothing = 22 \text{ mm}$ ) di acciaio, della lunghezza di 1 metro e prolungabili. All'estremità inferiore dell'asta viene collocata una punta conica (sezione max:  $15 \text{ cm}^2$ , angolo di taglio  $\alpha = 60^\circ$ ) che, avendo una sezione maggiore rispetto alle aste, avrà la funzione di aprire ed approfondire un foro, riducendo l'attrito aste-terreno al minimo. L'energia per l'infissione viene fornita dai colpi di un maglio (peso: 30 kg.) che viene fatto scorrere lungo un cursore con altezza di caduta costante (20 cm). Ogni 10 cm. si registrano su un grafico i colpi che sono stati necessari per approfondire la punta ( $N_{10}$ ); maggiore è il numero di colpi per attraversare i 10 cm, più elevata sarà la consistenza del terreno indagato. Dall'analisi dei diagrammi numero di colpi alla punta " $N_{10}/\text{profondità}$ " è possibile effettuare una distinzione meccanica dei terreni.

Per le prove in sito è stato utilizzato un penetrometro medio-leggero carrellato (Sunda-Pagani DL030), le cui caratteristiche tecniche sono riassunte nella seguente tabella (**Tab. 1**).

Rif. Norme	DIN 4094
Peso Massa battente	30 Kg
Altezza di caduta libera	0,20 m
Peso sistema di battuta	21 Kg
Diametro punta conica	35,68 mm
Area di base punta	10 cm <sup>2</sup>
Lunghezza delle aste	1 m
Diametro aste	22 mm
Peso aste a metro	2,9 Kg/m
Profondità giunzione prima asta	0,80 m
Avanzamento punta	0,10 m
Numero colpi per punta	N(10)
Rivestimento/fanghi	Si
Angolo di apertura punta conica	60 °

**Tab. 1** – Sommario delle caratteristiche tecniche del penetrometro

L'inizio dei test è avvenuto a partire dal piano campagna; le profondità massime raggiunte dalle verticali, in armonia con quanto pianificato preventivamente<sup>1</sup> sono illustrate nella **Tab. 2**.

Sigla prova	Profondità m	Coordinata X	Coordinata Y
DP1	5.5	324882.81969	4193178.91715
DP2	5.0	325127.92228	4193071.01350
DP3	5.0	325484.09918	4193206.85401
DP4	5.0	325506.44543	4193433.14466
DP5	5.0	325932.22013	4193485.08444
DP6	5.0	326101.25422	4193331.01828
DP7	5.5	326080.91128	4193155.12286
DP8	5.0	326161.80232	4192901.10332
DP9	6.0	325876.48540	4192939.12437
DP10	6.0	325784.60751	4193163.10640
DP11	6.0	325549.29101	419280341701
DP12	4.0	325074.79326	4192840.10716

**Tab. 2** – Riepilogo dati della prospezione penetrometrica dinamica; i dati di localizzazione sono riferiti al sistema ETRS89 UTM33N.

Le misure (n° di colpi) sono state effettuate per intervalli successivi di avanzamento pari ciascuno a 10 cm, sospendendo la prova nel caso in cui il numero di colpi **N** avesse superato 100 per intervalli di 10 cm e/o quando la penetrazione fosse risultata pari a 0 dopo 10 colpi consecutivi (rimbalzo del maglio). Particolare attenzione è stata inoltre rivolta alle condizioni di verticalità delle aste ed agli eventuali attriti che possono generarsi tra le stesse e le pareti del foro; si può affermare che non vi sono state significative variazioni della verticalità durante l'intera prospezione geognostica.

<sup>1</sup> Nelle aree interessate dagli impianti fotovoltaici è stato previsto di indagare entro la profondità di 6 m dal p.c.

Con i dati ottenuti sono stati costruiti gli allegati diagrammi con i valori **Nc** (numero di colpi) e **Rpd** (resistenza dinamica alla punta) sull'asse orizzontale delle ascisse e la profondità (m) in ordinate.

Per risalire alla determinazione del valore di **SPT equivalente** e quindi poter attingere alla collaudata e corposa bibliografia per i relativi modelli interpretativi, si sono seguite le indicazioni proposte dalla specifica letteratura per compensare le differenze esistenti tra i due standard esecutivi in termini di energizzazione.

Il numero dei colpi di una prova penetrometrica medio-leggera ( $N_{10}$ ) deve essere correlato al numero dei colpi di una prova SPT ( $N_{SPT}$ ), secondo una relazione del tipo:

$$N_{SPT} = \beta \cdot N_{10} \text{ dove } \beta = Q/Q_{spt}$$

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

L'energia specifica per colpo viene calcolata come segue:

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

in cui:  $M$  = peso massa battente;  $M'$  = peso aste;  $H$  = altezza di caduta;  $A$  = area base punta conica;  $\delta$  = passo di avanzamento.

In genere il valore del fattore  $\beta$  è funzione delle caratteristiche del penetrometro dinamico (peso maglio, volata, area punta conica etc.); per l'attrezzatura utilizzata  $\beta = 0,761$ .

Per individuare il numero di colpi medio ( $N_{10}$  medio), che meglio rappresenti la litologia da caratterizzare da un punto di vista geomeccanico, è stata effettuata una media 'ponderata' tra i vari  $N_{10}$  riscontrati nell'intervallo di profondità corrispondente, eliminando i valori singolari di picco massimo e minimo osservabili nell'istogramma, che più si discostano dal valore medio e che potrebbero essere imputabili alla presenza di ostacoli (ciottoli, radici etc.) all'avanzamento della punta o a livelli particolarmente compressibili.

Nel caso di terreni esclusivamente granulari/incoerenti la resistenza al taglio  $\tau$  è definita soltanto dall'angolo di attrito  $\varphi'$ ; nel caso di terreni coesivi la resistenza al taglio è definita dalla coesione non drenata  $C_u$ . Poiché la maggior parte dei terreni indagati presenta lungo la verticale caratteristiche intermedie, con strati prevalentemente coesivi alternati a livelli a comportamento geomeccanico di tipo coerente, sono stati ricavati per ogni livello entrambi i valori di resistenza meccanica.

L'utilizzo dei dati ricavati va in ogni caso trattato con le opportune cautele e messo in relazione con le conoscenze geologiche dell'area.

Le elaborazioni sono state effettuate a partire da diverse formule proposte in letteratura, utilizzando quelle che meglio si adattano alle litologie presenti. Il valore di  $N_{SPT}$  di riferimento considerato è il più cautelativo fra quelli determinati. Il software utilizzato è il Dynamic Probing della GeoStru.

Le prove effettuate hanno fornito dati molto ben correlati fra loro, evidenziando la presenza di livelli a diverso comportamento geomeccanico, con generale incremento delle caratteristiche geotecniche con la profondità.

Laddove la prova è stata spinta alla massima profondità di indagine, l'andamento degli istogrammi risulta quello caratteristico dei terreni a comportamento prevalentemente coesivo, mostrando incrementi graduali della resistenza alla penetrazione con l'approfondimento, evidenziando, tuttavia, alcuni picchi dovuti all'attraversamento di livelletti maggiormente consistenti (areanacei e/o inclusi sabbioso-ghiaiosi).

Per la determinazione delle caratteristiche geologico-tecniche dei terreni interessati dalle indagini si può pertanto fare ricorso alle correlazioni esistenti fra le prove di tipo SPT e quelle DPM ed alle relazioni riportate in letteratura fra il numero di colpi della prova SPT ed i parametri geotecnici dei terreni coesivi e incoerenti.

Esistono in letteratura numerose correlazioni tra  $N_{SPT}$  ed i principali parametri geomeccanici; l'utilizzo di una correlazione piuttosto che un'altra è influenzato da molteplici fattori quali, tipo di prova, profondità di esecuzione, natura dei terreni investigati (coerenti, incoerenti, a comportamento intermedio).

In allegato vengono riportate le tabelle con la stima dei parametri geomeccanici distinti per tipologia di caratteristiche litotecniche, seguite dall'elenco delle correlazioni utilizzate.

Una sintesi delle caratteristiche tecniche dei terreni dell'area di progetto, con integrata la correlazione litostratigrafica dell'interpretazione geomeccanica, viene invece riportata nella relazione geologica.

Valledolmo, 25 novembre 2023

## **Geoproject srl**

Geol. Alfonso Spera



## **Tecnici specialisti**

Geol. Giuseppe Avellone



Geol. Roberto De Domenico



**PROVA Nr.1 (DP1)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 14/11/2023

Profondità prova 5.50 m Quota 202.10 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	3	0.853	8.54	10.02	0.43	0.50
0.40	3	0.851	8.52	10.02	0.43	0.50
0.50	5	0.849	14.17	16.70	0.71	0.83
0.60	3	0.847	8.49	10.02	0.42	0.50
0.70	6	0.845	16.93	20.04	0.85	1.00
0.80	6	0.843	16.90	20.04	0.84	1.00
0.90	9	0.842	24.00	28.52	1.20	1.43
1.00	7	0.840	18.63	22.18	0.93	1.11
1.10	8	0.838	21.25	25.35	1.06	1.27
1.20	6	0.836	15.90	19.01	0.80	0.95
1.30	9	0.835	23.80	28.52	1.19	1.43
1.40	11	0.833	29.03	34.86	1.45	1.74
1.50	9	0.831	23.71	28.52	1.19	1.43
1.60	8	0.830	21.03	25.35	1.05	1.27
1.70	9	0.828	23.61	28.52	1.18	1.43
1.80	6	0.826	15.71	19.01	0.79	0.95
1.90	10	0.825	24.87	30.15	1.24	1.51
2.00	10	0.823	24.82	30.15	1.24	1.51
2.10	10	0.822	24.77	30.15	1.24	1.51
2.20	7	0.820	17.31	21.11	0.87	1.06
2.30	7	0.819	17.28	21.11	0.86	1.06
2.40	10	0.817	24.46	30.15	1.22	1.51
2.50	9	0.816	22.13	27.14	1.11	1.36
2.60	9	0.814	22.10	27.14	1.10	1.36
2.70	8	0.813	19.61	24.12	0.98	1.21
2.80	10	0.811	24.46	30.15	1.22	1.51
2.90	10	0.810	23.29	28.75	1.16	1.44
3.00	10	0.809	23.25	28.75	1.16	1.44
3.10	11	0.807	25.54	31.63	1.28	1.58
3.20	9	0.806	20.86	25.88	1.04	1.29
3.30	9	0.805	20.82	25.88	1.04	1.29
3.40	11	0.803	25.41	31.63	1.27	1.58
3.50	11	0.802	25.37	31.63	1.27	1.58
3.60	8	0.801	18.42	23.00	0.92	1.15
3.70	8	0.800	18.39	23.00	0.92	1.15
3.80	10	0.798	22.96	28.75	1.15	1.44
3.90	12	0.797	26.29	32.98	1.31	1.65
4.00	10	0.796	21.88	27.48	1.09	1.37
4.10	16	0.745	32.75	43.97	1.64	2.20
4.20	15	0.744	30.66	41.22	1.53	2.06
4.30	14	0.743	28.57	38.47	1.43	1.92
4.40	11	0.791	23.92	30.23	1.20	1.51
4.50	9	0.790	19.55	24.73	0.98	1.24
4.60	12	0.789	26.03	32.98	1.30	1.65
4.70	13	0.738	26.37	35.73	1.32	1.79
4.80	14	0.737	28.36	38.47	1.42	1.92
4.90	14	0.736	27.12	36.84	1.36	1.84
5.00	17	0.735	32.88	44.74	1.64	2.24
5.10	18	0.734	34.77	47.37	1.74	2.37
5.20	20	0.733	38.58	52.63	1.93	2.63
5.30	20	0.732	38.53	52.63	1.93	2.63
5.40	19	0.731	36.55	50.00	1.83	2.50
5.50	18	0.730	34.58	47.37	1.73	2.37

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	2.66	0.80	0.17	0.33	0.15 - 0.25	0.11	0.26	0.35	0.24	0.63	0.13	0.38	0.33
[2] -	6.68	4.00	0.42	0.84	0.25 - 0.50	0.27	0.65	0.79	0.60	0.94	0.33	0.67	0.84
[3] -	9.98	4.90	0.67	1.25	0.50 - 1.00	0.40	0.98	1.08	0.88	1.20	0.50	1.09	1.25
[4] -	14.21	5.50	0.96	1.78	0.50 - 1.00	0.56	1.40	1.47	1.24	1.56	0.71	1.73	1.78

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	2.66	0.80	Robertson (1983)	5.32
[2] -	6.68	4.00	Robertson (1983)	13.36
[3] -	9.98	4.90	Robertson (1983)	19.96
[4] -	14.21	5.50	Robertson (1983)	28.42

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	2.66	0.80	12.20	39.90	28.92	33.25
[2] -	6.68	4.00	30.65	--	69.92	83.50
[3] -	9.98	4.90	45.79	--	103.58	124.75
[4] -	14.21	5.50	65.20	--	146.73	142.10

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	2.66	0.80	10.19	26.60
[2] -	6.68	4.00	56.42	66.80
[3] -	9.98	4.90	94.37	99.80
[4] -	14.21	5.50	143.02	142.10

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	2.66	0.80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] -	6.68	4.00	A.G.I. (1977)	MODERATAMENTE CONSISTENTE
[3] -	9.98	4.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] -	14.21	5.50	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.66	0.80	Meyerhof	1.61
[2] -	6.68	4.00	Meyerhof	1.84
[3] -	9.98	4.90	Meyerhof	1.97
[4] -	14.21	5.50	Meyerhof	2.06

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.66	0.80	Meyerhof	1.86
[2] -	6.68	4.00	Meyerhof	1.89
[3] -	9.98	4.90	Meyerhof	2.17
[4] -	14.21	5.50	Meyerhof	2.27

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	2.66	0.80	14.44	39.17	56.05	14.32
[2] -	6.68	4.00	24.65	51.21	53.15	25.18
[3] -	9.98	4.90	27.04	54.06	54.39	32.95
[4] -	14.21	5.50	32.24	61.5	61.57	41.56

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specification)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	2.66	0.80	27.76	20.76	28.74	32.54	30.67	0	<30	21.32	27.8	22.46	22.29
[2] -	6.68	4.00	28.91	21.91	29.87	29.94	32.36	0	<30	25.01	29	24.59	26.56
[3] -	9.98	4.90	29.85	22.85	30.79	29.19	33.66	0	<30	27.24	29.99	24.66	29.13
[4] -	14.21	5.50	31.06	24.06	31.98	29.4	35.2	36.61	30-32	29.6	31.26	25.43	31.86

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	2.66	0.80	2.66	---	21.28	---	---	---
[2] -	6.68	4.00	6.68	---	53.44	---	---	---
[3] -	9.98	4.90	9.98	---	79.84	118.46	---	---
[4] -	14.21	5.50	14.21	269.07	113.68	168.38	286.58	146.05

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	2.66	0.80	2.66	---	32.93	18.89	49.86
[2] -	6.68	4.00	6.68	---	41.19	47.43	67.79
[3] -	9.98	4.90	9.98	---	47.96	70.86	82.51
[4] -	14.21	5.50	14.21	85.26	56.65	100.89	101.38

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	2.66	0.80	2.66	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	6.68	4.00	6.68	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	9.98	4.90	9.98	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] -	14.21	5.50	14.21	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.66	0.80	2.66	Meyerhof et al.	1.43
[2] -	6.68	4.00	6.68	Meyerhof et al.	1.61
[3] -	9.98	4.90	9.98	Meyerhof et al.	1.73
[4] -	14.21	5.50	14.21	Meyerhof et al.	1.86

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.66	0.80	2.66	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] -	6.68	4.00	6.68	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[3] -	9.98	4.90	9.98	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92
[4] -	14.21	5.50	14.21	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.94

**PROVA Nr.2 (DP2)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 14/11/2023

Profondità prova 5.00 m Quota 211.80 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	2	0.853	5.70	6.68	0.28	0.33
0.40	1	0.851	2.84	3.34	0.14	0.17
0.50	1	0.849	2.83	3.34	0.14	0.17
0.60	5	0.847	14.14	16.70	0.71	0.83
0.70	3	0.845	8.47	10.02	0.42	0.50
0.80	2	0.843	5.63	6.68	0.28	0.33
0.90	2	0.842	5.33	6.34	0.27	0.32
1.00	3	0.840	7.98	9.51	0.40	0.48
1.10	6	0.838	15.93	19.01	0.80	0.95
1.20	5	0.836	13.25	15.85	0.66	0.79
1.30	8	0.835	21.16	25.35	1.06	1.27
1.40	10	0.833	26.39	31.69	1.32	1.58
1.50	8	0.831	21.07	25.35	1.05	1.27
1.60	7	0.830	18.40	22.18	0.92	1.11
1.70	8	0.828	20.99	25.35	1.05	1.27
1.80	5	0.826	13.09	15.85	0.65	0.79
1.90	8	0.825	19.89	24.12	0.99	1.21
2.00	8	0.823	19.86	24.12	0.99	1.21
2.10	9	0.822	22.30	27.14	1.11	1.36
2.20	6	0.820	14.84	18.09	0.74	0.90
2.30	6	0.819	14.81	18.09	0.74	0.90
2.40	8	0.817	19.71	24.12	0.99	1.21
2.50	8	0.816	19.67	24.12	0.98	1.21
2.60	8	0.814	19.64	24.12	0.98	1.21
2.70	7	0.813	17.16	21.11	0.86	1.06
2.80	9	0.811	22.02	27.14	1.10	1.36
2.90	9	0.810	20.96	25.88	1.05	1.29
3.00	8	0.809	18.60	23.00	0.93	1.15
3.10	10	0.807	23.21	28.75	1.16	1.44
3.20	8	0.806	18.54	23.00	0.93	1.15
3.30	8	0.805	18.51	23.00	0.93	1.15
3.40	10	0.803	23.10	28.75	1.16	1.44
3.50	11	0.802	25.37	31.63	1.27	1.58
3.60	10	0.801	23.03	28.75	1.15	1.44
3.70	7	0.800	16.09	20.13	0.80	1.01
3.80	7	0.798	16.07	20.13	0.80	1.01
3.90	9	0.797	19.72	24.73	0.99	1.24
4.00	11	0.796	24.06	30.23	1.20	1.51
4.10	13	0.745	26.61	35.73	1.33	1.79
4.20	16	0.744	32.70	43.97	1.63	2.20
4.30	15	0.743	30.61	41.22	1.53	2.06
4.40	12	0.791	26.10	32.98	1.30	1.65
4.50	12	0.790	26.06	32.98	1.30	1.65
4.60	13	0.739	26.41	35.73	1.32	1.79
4.70	14	0.738	28.40	38.47	1.42	1.92
4.80	11	0.787	23.79	30.23	1.19	1.51
4.90	11	0.786	22.75	28.95	1.14	1.45
5.00	14	0.735	27.08	36.84	1.35	1.84

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi-Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S.D. M.S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	2.03	1.20	0.13	0.25	0.15 - 0.25	0.08	0.20	0.26	0.19	0.59	0.10	0.23	0.25
[2] -	6.28	4.00	0.39	0.79	0.25 - 0.50	0.25	0.61	0.74	0.57	0.90	0.31	0.60	0.79
[3] -	9.97	5.00	0.67	1.25	0.50 - 1.00	0.40	0.98	1.07	0.88	1.20	0.50	1.08	1.25

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	2.03	1.20	Robertson (1983)	4.06
[2] -	6.28	4.00	Robertson (1983)	12.56
[3] -	9.97	5.00	Robertson (1983)	19.94

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	2.03	1.20	9.31	30.45	22.50	25.38
[2] -	6.28	4.00	28.81	--	65.84	78.50
[3] -	9.97	5.00	45.74	--	103.48	124.63

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	2.03	1.20	2.95	20.30
[2] -	6.28	4.00	51.82	62.80
[3] -	9.97	5.00	94.26	99.70

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	2.03	1.20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] -	6.28	4.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	9.97	5.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.03	1.20	Meyerhof	1.56
[2] -	6.28	4.00	Meyerhof	1.83
[3] -	9.97	5.00	Meyerhof	1.97

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.03	1.20	Meyerhof	1.85
[2] -	6.28	4.00	Meyerhof	1.89
[3] -	9.97	5.00	Meyerhof	2.17

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	2.03	1.20	9.6	33.59	44.66	12.47
[2] -	6.28	4.00	23.19	49.22	50.98	24.17
[3] -	9.97	5.00	27.13	54.17	54.5	32.92

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specification)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	2.03	1.20	27.58	20.58	28.57	31.29	30.39	0	<30	20.52	27.61	21.33	21.37
[2] -	6.28	4.00	28.79	21.79	29.76	29.74	32.2	0	<30	24.71	28.88	24.28	26.21
[3] -	9.97	5.00	29.85	22.85	30.79	29.21	33.66	0	<30	27.23	29.99	24.69	29.12

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	2.03	1.20	2.03	---	16.24	---	---	---
[2] -	6.28	4.00	6.28	---	50.24	---	---	---
[3] -	9.97	5.00	9.97	---	79.76	118.35	---	---

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	2.03	1.20	2.03	---	31.63	14.41	47.05
[2] -	6.28	4.00	6.28	---	40.36	44.59	66.01
[3] -	9.97	5.00	9.97	---	47.94	70.79	82.47

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	2.03	1.20	2.03	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	6.28	4.00	6.28	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	9.97	5.00	9.97	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.03	1.20	2.03	Meyerhof et al.	1.40
[2] -	6.28	4.00	6.28	Meyerhof et al.	1.59
[3] -	9.97	5.00	9.97	Meyerhof et al.	1.73

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.03	1.20	2.03	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] -	6.28	4.00	6.28	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
[3] -	9.97	5.00	9.97	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92

**PROVA Nr.3 (DP3)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 14/11/2023

Profondità prova 5.00 m Quota 248.60 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	3	0.853	8.54	10.02	0.43	0.50
0.40	2	0.851	5.68	6.68	0.28	0.33
0.50	4	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	4	0.847	11.31	13.36	0.57	0.67
0.70	4	0.845	11.29	13.36	0.56	0.67
0.80	8	0.843	22.53	26.72	1.13	1.34
0.90	19	0.792	47.66	60.21	2.38	3.01
1.00	21	0.740	49.23	66.55	2.46	3.33
1.10	19	0.788	47.45	60.21	2.37	3.01
1.20	18	0.786	44.85	57.04	2.24	2.85
1.30	18	0.785	44.75	57.04	2.24	2.85
1.40	16	0.783	39.69	50.70	1.98	2.54
1.50	13	0.781	32.18	41.20	1.61	2.06
1.60	13	0.780	32.12	41.20	1.61	2.06
1.70	12	0.828	31.48	38.03	1.57	1.90
1.80	15	0.776	36.90	47.54	1.85	2.38
1.90	13	0.775	30.37	39.20	1.52	1.96
2.00	15	0.773	34.97	45.23	1.75	2.26
2.10	21	0.722	45.69	63.32	2.28	3.17
2.20	19	0.770	44.12	57.29	2.21	2.86
2.30	21	0.719	45.50	63.32	2.28	3.17
2.40	20	0.767	46.26	60.30	2.31	3.02
2.50	18	0.766	41.55	54.27	2.08	2.71
2.60	15	0.764	34.56	45.23	1.73	2.26
2.70	13	0.763	29.90	39.20	1.49	1.96
2.80	13	0.761	29.84	39.20	1.49	1.96
2.90	12	0.810	27.95	34.50	1.40	1.73
3.00	12	0.809	27.90	34.50	1.40	1.73
3.10	9	0.807	20.89	25.88	1.04	1.29
3.20	10	0.806	23.18	28.75	1.16	1.44
3.30	11	0.805	25.45	31.63	1.27	1.58
3.40	11	0.803	25.41	31.63	1.27	1.58
3.50	12	0.802	27.68	34.50	1.38	1.73
3.60	10	0.801	23.03	28.75	1.15	1.44
3.70	15	0.750	32.33	43.13	1.62	2.16
3.80	14	0.748	30.13	40.26	1.51	2.01
3.90	17	0.747	34.91	46.72	1.75	2.34
4.00	16	0.746	32.80	43.97	1.64	2.20
4.10	17	0.745	34.80	46.72	1.74	2.34
4.20	13	0.744	26.57	35.73	1.33	1.79
4.30	16	0.743	32.65	43.97	1.63	2.20
4.40	15	0.741	30.56	41.22	1.53	2.06
4.50	12	0.790	26.06	32.98	1.30	1.65
4.60	15	0.739	30.47	41.22	1.52	2.06
4.70	16	0.738	32.46	43.97	1.62	2.20
4.80	13	0.737	26.33	35.73	1.32	1.79
4.90	13	0.736	25.18	34.21	1.26	1.71
5.00	14	0.735	27.08	36.84	1.35	1.84

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M .S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	2.57	0.80	0.16	0.32	0.15-0.25	0.11	0.25	0.34	0.24	0.63	0.13	0.37	0.32
[2] -	14.46	1.30	0.98	1.81	0.50-1.00	0.57	1.43	1.81	1.26	1.58	0.72	2.39	1.81
[3] -	10.55	2.00	0.71	1.32	0.50-1.00	0.42	1.04	1.30	0.93	1.25	0.53	1.60	1.32
[4] -	15.07	2.50	1.02	1.88	1.00-2.00	0.59	1.49	1.79	1.31	1.63	0.75	2.32	1.88
[5] -	8.86	3.60	0.60	1.11	0.50-1.00	0.36	0.87	1.02	0.79	1.11	0.44	1.09	1.11
[6] -	11.19	5.00	0.76	1.40	0.50-1.00	0.45	1.10	1.21	0.99	1.30	0.56	1.28	1.40

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	2.57	0.80	Robertson (1983)	5.14
[2] -	14.46	1.30	Robertson (1983)	28.92
[3] -	10.55	2.00	Robertson (1983)	21.10
[4] -	15.07	2.50	Robertson (1983)	30.14
[5] -	8.86	3.60	Robertson (1983)	17.72
[6] -	11.19	5.00	Robertson (1983)	22.38

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	2.57	0.80	11.79	38.55	28.00	32.13
[2] -	14.46	1.30	66.34	--	149.28	144.60
[3] -	10.55	2.00	48.40	--	109.40	105.50
[4] -	15.07	2.50	69.14	--	155.50	150.70
[5] -	8.86	3.60	40.65	--	92.16	110.75
[6] -	11.19	5.00	51.34	--	115.92	111.90

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	2.57	0.80	9.16	25.70
[2] -	14.46	1.30	145.89	144.60
[3] -	10.55	2.00	100.93	105.50
[4] -	15.07	2.50	152.91	150.70
[5] -	8.86	3.60	81.49	88.60
[6] -	11.19	5.00	108.29	111.90

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	2.57	0.80	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] -	14.46	1.30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] -	10.55	2.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] -	15.07	2.50	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[5] -	8.86	3.60	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[6] -	11.19	5.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.57	0.80	Meyerhof	1.60
[2] -	14.46	1.30	Meyerhof	2.06
[3] -	10.55	2.00	Meyerhof	1.98
[4] -	15.07	2.50	Meyerhof	2.07
[5] -	8.86	3.60	Meyerhof	1.93
[6] -	11.19	5.00	Meyerhof	2.00

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.57	0.80	Meyerhof	1.86
[2] -	14.46	1.30	Meyerhof	2.27
[3] -	10.55	2.00	Meyerhof	2.18
[4] -	15.07	2.50	Meyerhof	2.28
[5] -	8.86	3.60	Meyerhof	2.12
[6] -	11.19	5.00	Meyerhof	2.20

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	2.57	0.80	13.88	38.52	55.22	14.06
[2] -	14.46	1.30	45.51	85.15	96.25	42.03
[3] -	10.55	2.00	35.91	68.2	72.34	34.19
[4] -	15.07	2.50	41.44	76.98	78.5	43.14
[5] -	8.86	3.60	27.74	55.27	56.03	30.42
[6] -	11.19	5.00	29.04	56.88	57.09	35.56

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specification)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	2.57	0.80	2.57	27.73	20.73	28.72	32.5	30.63	0	<30	21.21	27.77	22.34
[2] -	14.46	1.30	14.46	31.13	24.13	32.05	33.06	35.29	39.92	30-32	29.73	31.34	28.45
[3] -	10.55	2.00	10.55	30.01	23.01	30.95	31.43	33.88	37.55	<30	27.58	30.17	26.79
[4] -	15.07	2.50	15.07	31.31	24.31	32.22	31.27	35.49	38.78	30-32	30.03	31.52	27.68
[5] -	8.86	3.60	8.86	29.53	22.53	30.48	29.72	33.23	0	<30	26.53	29.66	25.07
[6] -	11.19	5.00	11.19	30.2	23.2	31.13	29.33	34.12	35.96	<30	27.96	30.36	25.02

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	2.57	0.80	2.57	---	20.56	---	---	---
[2] -	14.46	1.30	14.46	271.43	115.68	171.33	288.45	147.30
[3] -	10.55	2.00	10.55	231.84	84.40	125.19	259.12	127.75
[4] -	15.07	2.50	15.07	277.09	120.56	178.53	293.02	150.35
[5] -	8.86	3.60	8.86	---	70.88	105.25	---	---
[6] -	11.19	5.00	11.19	238.77	89.52	132.74	263.92	130.95

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	2.57	0.80	2.57	---	32.74	18.25	49.46
[2] -	14.46	1.30	14.46	86.76	57.17	102.67	102.49
[3] -	10.55	2.00	10.55	63.30	49.13	74.90	85.05
[4] -	15.07	2.50	15.07	90.42	58.42	107.00	105.21
[5] -	8.86	3.60	8.86	---	45.66	62.91	77.52
[6] -	11.19	5.00	11.19	67.14	50.45	79.45	87.91

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	2.57	0.80	2.57	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	14.46	1.30	14.46	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	10.55	2.00	10.55	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] -	15.07	2.50	15.07	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] -	8.86	3.60	8.86	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[6] -	11.19	5.00	11.19	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.57	0.80	2.57	Meyerhof et al.	1.43
[2] -	14.46	1.30	14.46	Meyerhof et al.	1.87
[3] -	10.55	2.00	10.55	Meyerhof et al.	1.75
[4] -	15.07	2.50	15.07	Meyerhof et al.	1.88
[5] -	8.86	3.60	8.86	Meyerhof et al.	1.69
[6] -	11.19	5.00	11.19	Meyerhof et al.	1.77

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.57	0.80	2.57	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] -	14.46	1.30	14.46	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95
[3] -	10.55	2.00	10.55	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92
[4] -	15.07	2.50	15.07	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95
[5] -	8.86	3.60	8.86	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
[6] -	11.19	5.00	11.19	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93

**PROVA Nr.4 (DP4)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 14/11/2023

Profondità prova 5.00 m Quota 248.60 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	4	0.853	11.39	13.36	0.57	0.67
0.40	2	0.851	5.68	6.68	0.28	0.33
0.50	4	0.849	11.34	13.36	0.57	0.67
0.60	6	0.847	16.97	20.04	0.85	1.00
0.70	6	0.845	16.93	20.04	0.85	1.00
0.80	7	0.843	19.71	23.38	0.99	1.17
0.90	7	0.842	18.67	22.18	0.93	1.11
1.00	5	0.840	13.31	15.85	0.67	0.79
1.10	11	0.838	29.21	34.86	1.46	1.74
1.20	11	0.836	29.15	34.86	1.46	1.74
1.30	16	0.785	39.78	50.70	1.99	2.54
1.40	17	0.783	42.18	53.87	2.11	2.69
1.50	12	0.831	31.61	38.03	1.58	1.90
1.60	12	0.830	31.55	38.03	1.58	1.90
1.70	13	0.778	32.05	41.20	1.60	2.06
1.80	14	0.776	34.44	44.37	1.72	2.22
1.90	13	0.775	30.37	39.20	1.52	1.96
2.00	15	0.773	34.97	45.23	1.75	2.26
2.10	20	0.772	46.53	60.30	2.33	3.02
2.20	18	0.770	41.80	54.27	2.09	2.71
2.30	20	0.769	46.35	60.30	2.32	3.02
2.40	19	0.767	43.95	57.29	2.20	2.86
2.50	17	0.766	39.25	51.26	1.96	2.56
2.60	18	0.764	41.48	54.27	2.07	2.71
2.70	15	0.763	34.50	45.23	1.72	2.26
2.80	15	0.761	34.44	45.23	1.72	2.26
2.90	15	0.760	32.78	43.13	1.64	2.16
3.00	16	0.759	34.90	46.01	1.75	2.30
3.10	13	0.757	28.31	37.38	1.42	1.87
3.20	12	0.806	27.81	34.50	1.39	1.73
3.30	12	0.805	27.77	34.50	1.39	1.73
3.40	11	0.803	25.41	31.63	1.27	1.58
3.50	12	0.802	27.68	34.50	1.38	1.73
3.60	11	0.801	25.33	31.63	1.27	1.58
3.70	11	0.800	25.29	31.63	1.26	1.58
3.80	13	0.748	27.98	37.38	1.40	1.87
3.90	15	0.747	30.80	41.22	1.54	2.06
4.00	17	0.746	34.85	46.72	1.74	2.34
4.10	17	0.745	34.80	46.72	1.74	2.34
4.20	19	0.744	38.83	52.21	1.94	2.61
4.30	21	0.693	39.97	57.71	2.00	2.89
4.40	16	0.741	32.60	43.97	1.63	2.20
4.50	16	0.740	32.55	43.97	1.63	2.20
4.60	18	0.739	36.57	49.47	1.83	2.47
4.70	20	0.738	40.57	54.96	2.03	2.75
4.80	20	0.737	40.51	54.96	2.03	2.75
4.90	22	0.686	39.72	57.89	1.99	2.89
5.00	24	0.685	43.26	63.16	2.16	3.16

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M .S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	1.83	0.50	0.11	0.23	0.00-0.15	0.08	0.18	0.24	0.17	0.57	0.09	0.27	0.23
[2] -	4.72	1.00	0.30	0.59	0.25-0.50	0.19	0.46	0.61	0.43	0.79	0.24	0.72	0.59
[3] -	10.06	1.90	0.68	1.26	0.50-1.00	0.40	0.99	1.25	0.89	1.21	0.50	1.53	1.26
[4] -	13.01	3.00	0.88	1.63	0.50-1.00	0.52	1.28	1.53	1.14	1.45	0.65	1.89	1.63
[5] -	9.04	3.80	0.61	1.13	0.50-1.00	0.36	0.89	1.03	0.80	1.12	0.45	1.09	1.13
[6] -	14.27	5.00	0.96	1.78	0.50-1.00	0.56	1.41	1.53	1.24	1.56	0.71	1.81	1.78

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	1.83	0.50	Robertson (1983)	3.66
[2] -	4.72	1.00	Robertson (1983)	9.44
[3] -	10.06	1.90	Robertson (1983)	20.12
[4] -	13.01	3.00	Robertson (1983)	26.02
[5] -	9.04	3.80	Robertson (1983)	18.08
[6] -	14.27	5.00	Robertson (1983)	28.54

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	1.83	0.50	8.40	27.45	20.46	22.88
[2] -	4.72	1.00	21.66	70.80	49.93	59.00
[3] -	10.06	1.90	46.16	--	104.40	100.60
[4] -	13.01	3.00	59.69	--	134.49	130.10
[5] -	9.04	3.80	41.48	--	93.99	113.00
[6] -	14.27	5.00	65.47	--	147.34	142.70

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	1.83	0.50	0.65	18.30
[2] -	4.72	1.00	33.88	47.20
[3] -	10.06	1.90	95.29	100.60
[4] -	13.01	3.00	129.22	130.10
[5] -	9.04	3.80	83.56	90.40
[6] -	14.27	5.00	143.71	142.70

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1.83	0.50	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	4.72	1.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	10.06	1.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] -	13.01	3.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[5] -	9.04	3.80	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[6] -	14.27	5.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.83	0.50	Meyerhof	1.55
[2] -	4.72	1.00	Meyerhof	1.74
[3] -	10.06	1.90	Meyerhof	1.97
[4] -	13.01	3.00	Meyerhof	2.04
[5] -	9.04	3.80	Meyerhof	1.94
[6] -	14.27	5.00	Meyerhof	2.06

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.83	0.50	Meyerhof	1.85
[2] -	4.72	1.00	Meyerhof	1.88
[3] -	10.06	1.90	Meyerhof	2.17
[4] -	13.01	3.00	Meyerhof	2.24
[5] -	9.04	3.80	Meyerhof	2.13
[6] -	14.27	5.00	Meyerhof	2.27

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	1.83	0.50	8.95	33.05	53.55	11.88
[2] -	4.72	1.00	23.39	50.35	62.5	20.08
[3] -	10.06	1.90	35.81	68.22	73.95	33.12
[4] -	13.01	3.00	37.61	70.51	71.76	39.26
[5] -	9.04	3.80	27.23	54.47	55.02	30.83
[6] -	14.27	5.00	33.73	63.82	63.73	41.67

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specification)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	1.83	0.50	27.52	20.52	28.51	33.04	30.3	0	<30	20.24	27.55	21.14	21.05
[2] -	4.72	1.00	28.35	21.35	29.32	32.1	31.55	0	<30	23.41	28.42	24.42	24.72
[3] -	10.06	1.90	29.87	22.87	30.82	31.72	33.69	37.55	<30	27.28	30.02	26.79	29.18
[4] -	13.01	3.00	30.72	23.72	31.64	30.87	34.78	37.87	30-32	28.97	30.9	27	31.13
[5] -	9.04	3.80	29.58	22.58	30.53	29.52	33.3	0	<30	26.64	29.71	24.9	28.45
[6] -	14.27	5.00	31.08	24.08	32	29.67	35.22	36.93	30-32	29.63	31.28	25.87	31.89

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	1.83	0.50	1.83	---	14.64	---	---	---
[2] -	4.72	1.00	4.72	---	37.76	---	---	---
[3] -	10.06	1.90	10.06	226.40	80.48	119.41	255.45	125.30
[4] -	13.01	3.00	13.01	257.46	104.08	154.22	277.58	140.05
[5] -	9.04	3.80	9.04	---	72.32	107.37	---	---
[6] -	14.27	5.00	14.27	269.64	114.16	169.09	287.02	146.35

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	1.83	0.50	1.83	---	31.22	12.99	46.16
[2] -	4.72	1.00	4.72	---	37.16	33.51	59.05
[3] -	10.06	1.90	10.06	60.36	48.13	71.43	82.87
[4] -	13.01	3.00	13.01	78.06	54.19	92.37	96.02
[5] -	9.04	3.80	9.04	---	46.03	64.18	78.32
[6] -	14.27	5.00	14.27	85.62	56.78	101.32	101.64

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	1.83	0.50	1.83	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	4.72	1.00	4.72	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	10.06	1.90	10.06	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] -	13.01	3.00	13.01	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] -	9.04	3.80	9.04	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[6] -	14.27	5.00	14.27	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.83	0.50	1.83	Meyerhof et al.	1.39
[2] -	4.72	1.00	4.72	Meyerhof et al.	1.53
[3] -	10.06	1.90	10.06	Meyerhof et al.	1.73
[4] -	13.01	3.00	13.01	Meyerhof et al.	1.82
[5] -	9.04	3.80	9.04	Meyerhof et al.	1.70
[6] -	14.27	5.00	14.27	Meyerhof et al.	1.86

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.83	0.50	1.83	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] -	4.72	1.00	4.72	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
[3] -	10.06	1.90	10.06	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92
[4] -	13.01	3.00	13.01	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.94
[5] -	9.04	3.80	9.04	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
[6] -	14.27	5.00	14.27	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.94

**PROVA Nr.5 (DP5)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 13/11/2023

Profondità prova 5.00 m Quota 260.50 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	3	0.853	8.54	10.02	0.43	0.50
0.40	9	0.851	25.57	30.06	1.28	1.50
0.50	9	0.849	25.51	30.06	1.28	1.50
0.60	9	0.847	25.46	30.06	1.27	1.50
0.70	12	0.845	33.87	40.07	1.69	2.00
0.80	12	0.843	33.80	40.07	1.69	2.00
0.90	9	0.842	24.00	28.52	1.20	1.43
1.00	9	0.840	23.95	28.52	1.20	1.43
1.10	8	0.838	21.25	25.35	1.06	1.27
1.20	7	0.836	18.55	22.18	0.93	1.11
1.30	12	0.835	31.74	38.03	1.59	1.90
1.40	12	0.833	31.67	38.03	1.58	1.90
1.50	13	0.781	32.18	41.20	1.61	2.06
1.60	9	0.830	23.66	28.52	1.18	1.43
1.70	9	0.828	23.61	28.52	1.18	1.43
1.80	8	0.826	20.95	25.35	1.05	1.27
1.90	9	0.825	22.38	27.14	1.12	1.36
2.00	9	0.823	22.34	27.14	1.12	1.36
2.10	10	0.822	24.77	30.15	1.24	1.51
2.20	9	0.820	22.25	27.14	1.11	1.36
2.30	9	0.819	22.21	27.14	1.11	1.36
2.40	11	0.817	27.10	33.17	1.36	1.66
2.50	10	0.816	24.59	30.15	1.23	1.51
2.60	12	0.814	29.46	36.18	1.47	1.81
2.70	16	0.763	36.80	48.24	1.84	2.41
2.80	16	0.761	36.73	48.24	1.84	2.41
2.90	18	0.760	39.34	51.76	1.97	2.59
3.00	17	0.759	37.09	48.88	1.85	2.44
3.10	17	0.757	37.02	48.88	1.85	2.44
3.20	14	0.756	30.43	40.26	1.52	2.01
3.30	16	0.755	34.72	46.01	1.74	2.30
3.40	19	0.753	41.16	54.63	2.06	2.73
3.50	23	0.702	46.43	66.13	2.32	3.31
3.60	21	0.701	42.32	60.38	2.12	3.02
3.70	18	0.750	38.80	51.76	1.94	2.59
3.80	17	0.748	36.58	48.88	1.83	2.44
3.90	18	0.747	36.96	49.47	1.85	2.47
4.00	21	0.696	40.17	57.71	2.01	2.89
4.10	16	0.745	32.75	43.97	1.64	2.20
4.20	16	0.744	32.70	43.97	1.63	2.20
4.30	21	0.693	39.97	57.71	2.00	2.89
4.40	23	0.691	43.70	63.21	2.19	3.16
4.50	25	0.690	47.43	68.70	2.37	3.44
4.60	28	0.689	53.03	76.95	2.65	3.85
4.70	31	0.638	54.37	85.19	2.72	4.26
4.80	25	0.687	47.21	68.70	2.36	3.44
4.90	27	0.686	48.75	71.05	2.44	3.55
5.00	26	0.685	46.87	68.42	2.34	3.42

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M. S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] - Strato	1.27	0.30	0.08	0.16	0.00-0.15	0.05	0.12	0.17	0.12	0.53	0.06	0.20	0.16
[2] - Strato	7.48	2.60	0.47	0.94	0.25-0.50	0.30	0.73	0.93	0.67	1.00	0.37	0.99	0.94
[3] - Strato	13.46	4.20	0.91	1.68	0.50-1.00	0.53	1.33	1.52	1.17	1.49	0.67	1.79	1.68
[4] - Strato	19.6	5.00	1.32	2.45	1.00-2.00	0.76	1.94	2.10	1.67	2.04	0.98	2.75	2.45

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	Robertson (1983)	2.54
[2] - Strato	7.48	2.60	Robertson (1983)	14.96
[3] - Strato	13.46	4.20	Robertson (1983)	26.92
[4] - Strato	19.6	5.00	Robertson (1983)	39.20

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	1.27	0.30	5.83	19.05	14.75	15.88
[2] - Strato	7.48	2.60	34.32	--	78.08	93.50
[3] - Strato	13.46	4.20	61.75	--	139.08	134.60
[4] - Strato	19.6	5.00	89.93	--	201.70	196.00

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	1.27	0.30	-5.80	12.70
[2] - Strato	7.48	2.60	65.62	74.80
[3] - Strato	13.46	4.20	134.39	134.60
[4] - Strato	19.6	5.00	205.00	196.00

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	1.27	0.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Strato	7.48	2.60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] - Strato	13.46	4.20	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] - Strato	19.6	5.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	Meyerhof	1.50
[2] - Strato	7.48	2.60	Meyerhof	1.88
[3] - Strato	13.46	4.20	Meyerhof	2.04
[4] - Strato	19.6	5.00	Meyerhof	2.10

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	Meyerhof	1.85
[2] - Strato	7.48	2.60	Meyerhof	1.90
[3] - Strato	13.46	4.20	Meyerhof	2.24
[4] - Strato	19.6	5.00	Meyerhof	2.31

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	1.27	0.30	3.84	27.84	51.85	10.19
[2] - Strato	7.48	2.60	29.57	58.58	63.66	27.15
[3] - Strato	13.46	4.20	35.34	66.54	66.64	40.14
[4] - Strato	19.6	5.00	39.98	73.78	73.22	50.63

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specification)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] - Strato	1.27	0.30	27.36	20.36	28.36	33.63	30.05	0	<30	19.36	27.38	19.82	20.04
[2] - Strato	7.48	2.60	29.14	22.14	30.09	31.17	32.69	0	<30	25.59	29.24	25.64	27.23
[3] - Strato	13.46	4.20	30.85	23.85	31.77	30.18	34.94	37.32	30-32	29.21	31.04	26.42	31.41
[4] - Strato	19.6	5.00	32.6	25.6	33.49	30.08	36.95	38.33	30-32	32.15	32.88	26.91	34.8

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	---	10.16	---	---	---
[2] - Strato	7.48	2.60	7.48	---	59.84	---	---	---
[3] - Strato	13.46	4.20	13.46	261.87	107.68	159.53	280.95	142.30
[4] - Strato	19.6	5.00	19.6	316.01	156.80	231.98	327.00	173.00

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	---	30.07	9.02	43.66
[2] - Strato	7.48	2.60	7.48	---	42.83	53.11	71.36
[3] - Strato	13.46	4.20	13.46	80.76	55.11	95.57	98.03
[4] - Strato	19.6	5.00	19.6	117.60	67.72	139.16	125.42

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato	7.48	2.60	7.48	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] - Strato	13.46	4.20	13.46	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] - Strato	19.6	5.00	19.6	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	Meyerhof et al.	1.37
[2] - Strato	7.48	2.60	7.48	Meyerhof et al.	1.64
[3] - Strato	13.46	4.20	13.46	Meyerhof et al.	1.84
[4] - Strato	19.6	5.00	19.6	Meyerhof et al.	1.99

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.86
[2] - Strato	7.48	2.60	7.48	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[3] - Strato	13.46	4.20	13.46	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.94
[4] - Strato	19.6	5.00	19.6	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.98

**PROVA Nr.6 (DP6)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 13/11/2023

Profondità prova 5.00 m Quota 268.60 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	3	0.853	8.54	10.02	0.43	0.50
0.40	3	0.851	8.52	10.02	0.43	0.50
0.50	18	0.799	48.02	60.11	2.40	3.01
0.60	10	0.847	28.29	33.40	1.41	1.67
0.70	15	0.795	39.83	50.09	1.99	2.50
0.80	18	0.793	47.69	60.11	2.38	3.01
0.90	17	0.792	42.64	53.87	2.13	2.69
1.00	13	0.790	32.54	41.20	1.63	2.06
1.10	13	0.788	32.46	41.20	1.62	2.06
1.20	13	0.786	32.39	41.20	1.62	2.06
1.30	12	0.835	31.74	38.03	1.59	1.90
1.40	10	0.833	26.39	31.69	1.32	1.58
1.50	9	0.831	23.71	28.52	1.19	1.43
1.60	9	0.830	23.66	28.52	1.18	1.43
1.70	8	0.828	20.99	25.35	1.05	1.27
1.80	7	0.826	18.33	22.18	0.92	1.11
1.90	9	0.825	22.38	27.14	1.12	1.36
2.00	10	0.823	24.82	30.15	1.24	1.51
2.10	10	0.822	24.77	30.15	1.24	1.51
2.20	13	0.770	30.19	39.20	1.51	1.96
2.30	12	0.819	29.62	36.18	1.48	1.81
2.40	21	0.717	45.41	63.32	2.27	3.17
2.50	23	0.716	49.63	69.35	2.48	3.47
2.60	25	0.714	53.84	75.38	2.69	3.77
2.70	29	0.713	62.33	87.44	3.12	4.37
2.80	25	0.711	53.62	75.38	2.68	3.77
2.90	31	0.660	58.83	89.14	2.94	4.46
3.00	26	0.709	52.98	74.76	2.65	3.74
3.10	19	0.757	41.37	54.63	2.07	2.73
3.20	19	0.756	41.30	54.63	2.07	2.73
3.30	21	0.705	42.55	60.38	2.13	3.02
3.40	28	0.703	56.63	80.51	2.83	4.03
3.50	31	0.652	58.13	89.14	2.91	4.46
3.60	30	0.701	60.46	86.26	3.02	4.31
3.70	26	0.700	52.30	74.76	2.62	3.74
3.80	27	0.698	54.22	77.64	2.71	3.88
3.90	28	0.697	53.65	76.95	2.68	3.85
4.00	31	0.646	55.04	85.19	2.75	4.26
4.10	35	0.645	62.02	96.18	3.10	4.81
4.20	34	0.644	60.14	93.44	3.01	4.67
4.30	38	0.643	67.10	104.43	3.36	5.22
4.40	37	0.641	65.22	101.68	3.26	5.08
4.50	35	0.640	61.59	96.18	3.08	4.81
4.60	35	0.639	61.48	96.18	3.07	4.81
4.70	31	0.638	54.37	85.19	2.72	4.26
4.80	32	0.637	56.03	87.94	2.80	4.40
4.90	30	0.686	54.16	78.95	2.71	3.95
5.00	33	0.635	55.15	86.84	2.76	4.34

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M. S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	1.52	0.40	0.10	0.19	0.00-0.15	0.06	0.15	0.20	0.14	0.55	0.08	0.23	0.19
[2] -	11.87	0.90	0.80	1.48	0.50-1.00	0.47	1.17	1.55	1.04	1.36	0.59	1.99	1.48
[3] -	8.04	2.30	0.54	1.01	0.50-1.00	0.32	0.79	0.99	0.72	1.04	0.40	1.12	1.01
[4] -	19.45	3.90	1.31	2.43	1.00-2.00	0.76	1.92	2.23	1.65	2.03	0.97	2.89	2.43
[5] -	25.67	5.00	1.73	3.21	1.00-2.00	0.98	2.55	2.76	2.12	2.64	1.28	3.83	3.21

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	1.52	0.40	Robertson (1983)	3.04
[2] -	11.87	0.90	Robertson (1983)	23.74
[3] -	8.04	2.30	Robertson (1983)	16.08
[4] -	19.45	3.90	Robertson (1983)	38.90
[5] -	25.67	5.00	Robertson (1983)	51.34

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	1.52	0.40	6.97	22.80	17.30	19.00
[2] -	11.87	0.90	54.46	--	122.86	118.70
[3] -	8.04	2.30	36.89	--	83.80	100.50
[4] -	19.45	3.90	89.24	--	200.17	194.50
[5] -	25.67	5.00	117.77	--	263.61	256.70

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	1.52	0.40	-2.92	15.20
[2] -	11.87	0.90	116.11	118.70
[3] -	8.04	2.30	72.06	80.40
[4] -	19.45	3.90	203.28	194.50
[5] -	25.67	5.00	274.81	256.70

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1.52	0.40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	11.87	0.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] -	8.04	2.30	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] -	19.45	3.90	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[5] -	25.67	5.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.52	0.40	Meyerhof	1.52
[2] -	11.87	0.90	Meyerhof	2.01
[3] -	8.04	2.30	Meyerhof	1.90

[4] -	19.45	3.90	Meyerhof	2.10
[5] -	25.67	5.00	Meyerhof	2.12

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.52	0.40	Meyerhof	1.85
[2] -	11.87	0.90	Meyerhof	2.21
[3] -	8.04	2.30	Meyerhof	1.91
[4] -	19.45	3.90	Meyerhof	2.31
[5] -	25.67	5.00	Meyerhof	2.24

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	1.52	0.40	6.31	30.29	52.22	10.95
[2] -	11.87	0.90	42.58	80.34	99.32	36.97
[3] -	8.04	2.30	30.4	59.72	63.87	28.5
[4] -	19.45	3.90	44.21	81.38	81.01	50.41
[5] -	25.67	5.00	46.26	84.65	83.5	58.76

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specification)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	1.52	0.40	27.43	20.43	28.43	33.26	30.16	0	<30	19.77	27.46	20.47	20.51
[2] -	11.87	0.90	30.39	23.39	31.32	33.78	34.37	39.25	<30	28.34	30.56	27.96	30.41
[3] -	8.04	2.30	29.3	22.3	30.25	31.03	32.91	0	<30	25.98	29.41	25.78	27.68
[4] -	19.45	3.90	32.56	25.56	33.45	30.93	36.9	39.39	30-32	32.08	32.83	27.99	34.72
[5] -	25.67	5.00	34.33	27.33	35.19	30.53	38.64	39.85	32-35	34.62	34.7	27.96	37.66

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	1.52	0.40	1.52	---	12.16	---	---	---
[2] -	11.87	0.90	11.87	245.92	94.96	140.77	269.02	134.35
[3] -	8.04	2.30	8.04	---	64.32	95.57	---	---
[4] -	19.45	3.90	19.45	314.80	155.60	230.21	325.88	172.25
[5] -	25.67	5.00	25.67	361.65	205.36	303.61	372.52	203.35

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	1.52	0.40	1.52	---	30.59	10.79	44.78
[2] -	11.87	0.90	11.87	71.22	51.85	84.28	90.94
[3] -	8.04	2.30	8.04	---	43.98	57.08	73.86
[4] -	19.45	3.90	19.45	116.70	67.42	138.10	124.75
[5] -	25.67	5.00	25.67	154.02	80.19	182.26	152.49

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	1.52	0.40	1.52	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	11.87	0.90	11.87	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	8.04	2.30	8.04	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] -	19.45	3.90	19.45	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] -	25.67	5.00	25.67	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.52	0.40	1.52	Meyerhof et al.	1.38
[2] -	11.87	0.90	11.87	Meyerhof et al.	1.79
[3] -	8.04	2.30	8.04	Meyerhof et al.	1.66
[4] -	19.45	3.90	19.45	Meyerhof et al.	1.98
[5] -	25.67	5.00	25.67	Meyerhof et al.	2.09

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.52	0.40	1.52	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] -	11.87	0.90	11.87	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93
[3] -	8.04	2.30	8.04	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
[4] -	19.45	3.90	19.45	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.98
[5] -	25.67	5.00	25.67	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.02

**PROVA Nr.7 (DP7)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 13/11/2023

Profondità prova 5.50 m Quota 274.30 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	2	0.853	5.70	6.68	0.28	0.33
0.40	3	0.851	8.52	10.02	0.43	0.50
0.50	5	0.849	14.17	16.70	0.71	0.83
0.60	9	0.847	25.46	30.06	1.27	1.50
0.70	9	0.845	25.40	30.06	1.27	1.50
0.80	11	0.843	30.98	36.73	1.55	1.84
0.90	8	0.842	21.33	25.35	1.07	1.27
1.00	8	0.840	21.29	25.35	1.06	1.27
1.10	7	0.838	18.59	22.18	0.93	1.11
1.20	10	0.836	26.50	31.69	1.33	1.58
1.30	11	0.835	29.09	34.86	1.45	1.74
1.40	11	0.833	29.03	34.86	1.45	1.74
1.50	10	0.831	26.34	31.69	1.32	1.58
1.60	8	0.830	21.03	25.35	1.05	1.27
1.70	8	0.828	20.99	25.35	1.05	1.27
1.80	7	0.826	18.33	22.18	0.92	1.11
1.90	9	0.825	22.38	27.14	1.12	1.36
2.00	11	0.823	27.30	33.17	1.37	1.66
2.10	9	0.822	22.30	27.14	1.11	1.36
2.20	9	0.820	22.25	27.14	1.11	1.36
2.30	6	0.819	14.81	18.09	0.74	0.90
2.40	8	0.817	19.71	24.12	0.99	1.21
2.50	12	0.816	29.51	36.18	1.48	1.81
2.60	18	0.764	41.48	54.27	2.07	2.71
2.70	21	0.713	45.13	63.32	2.26	3.17
2.80	15	0.761	34.44	45.23	1.72	2.26
2.90	15	0.760	32.78	43.13	1.64	2.16
3.00	14	0.759	30.54	40.26	1.53	2.01
3.10	14	0.757	30.49	40.26	1.52	2.01
3.20	13	0.756	28.26	37.38	1.41	1.87
3.30	14	0.755	30.38	40.26	1.52	2.01
3.40	16	0.753	34.66	46.01	1.73	2.30
3.50	18	0.752	38.93	51.76	1.95	2.59
3.60	16	0.751	34.54	46.01	1.73	2.30
3.70	16	0.750	34.49	46.01	1.72	2.30
3.80	18	0.748	38.74	51.76	1.94	2.59
3.90	21	0.697	40.24	57.71	2.01	2.89
4.00	18	0.746	36.90	49.47	1.85	2.47
4.10	15	0.745	30.70	41.22	1.54	2.06
4.20	12	0.794	26.17	32.98	1.31	1.65
4.30	12	0.793	26.14	32.98	1.31	1.65
4.40	13	0.741	26.49	35.73	1.32	1.79
4.50	15	0.740	30.52	41.22	1.53	2.06
4.60	26	0.689	49.25	71.45	2.46	3.57
4.70	31	0.638	54.37	85.19	2.72	4.26
4.80	38	0.637	66.53	104.43	3.33	5.22
4.90	34	0.636	56.91	89.47	2.85	4.47
5.00	35	0.635	58.49	92.11	2.92	4.61
5.10	33	0.634	55.06	86.84	2.75	4.34
5.20	28	0.683	50.33	73.68	2.52	3.68
5.30	30	0.682	53.84	78.95	2.69	3.95
5.40	30	0.681	53.77	78.95	2.69	3.95
5.50	32	0.630	53.06	84.21	2.65	4.21

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M .S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	1.33	0.40	0.08	0.17	0.00-0.15	0.06	0.13	0.18	0.12	0.54	0.07	0.19	0.17
[2] -	6.62	2.40	0.41	0.83	0.25-0.50	0.27	0.65	0.82	0.59	0.93	0.33	0.87	0.83
[3] -	11.81	4.50	0.80	1.48	0.50-1.00	0.47	1.16	1.33	1.04	1.35	0.59	1.46	1.48
[4] -	24.12	5.50	1.63	3.02	1.00-2.00	0.92	2.39	2.54	2.01	2.48	1.21	3.48	3.02

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	1.33	0.40	Robertson (1983)	2.66
[2] -	6.62	2.40	Robertson (1983)	13.24
[3] -	11.81	4.50	Robertson (1983)	23.62
[4] -	24.12	5.50	Robertson (1983)	48.24

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	1.33	0.40	6.10	19.95	15.36	16.63
[2] -	6.62	2.40	30.37	--	69.31	82.75
[3] -	11.81	4.50	54.18	--	122.25	118.10
[4] -	24.12	5.50	110.66	--	247.80	241.20

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	1.33	0.40	-5.11	13.30
[2] -	6.62	2.40	55.73	66.20
[3] -	11.81	4.50	115.42	118.10
[4] -	24.12	5.50	256.98	241.20

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1.33	0.40	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	6.62	2.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	11.81	4.50	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[4] -	24.12	5.50	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.33	0.40	Meyerhof	1.51
[2] -	6.62	2.40	Meyerhof	1.84
[3] -	11.81	4.50	Meyerhof	2.01
[4] -	24.12	5.50	Meyerhof	2.11

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.33	0.40	Meyerhof	1.85
[2] -	6.62	2.40	Meyerhof	1.89
[3] -	11.81	4.50	Meyerhof	2.21
[4] -	24.12	5.50	Meyerhof	2.20

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	1.33	0.40	4.37	28.34	49.07	10.37
[2] -	6.62	2.40	27.47	55.6	61.11	25.03
[3] -	11.81	4.50	32.63	62.36	62.63	36.85
[4] -	24.12	5.50	43.75	80.15	79.3	56.87

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specificatio n)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	1.33	0.40	27.38	20.38	28.37	33.06	30.07	0	<30	19.47	27.4	19.97	20.16
[2] -	6.62	2.40	28.89	21.89	29.85	31.12	32.34	0	<30	24.96	28.99	25.24	26.51
[3] -	11.81	4.50	30.37	23.37	31.31	29.97	34.34	36.73	<30	28.31	30.54	25.93	30.37
[4] -	24.12	5.50	33.89	26.89	34.75	30.25	38.24	39.22	30-32	34.02	34.24	27.44	36.96

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni a ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	1.33	0.40	1.33	---	10.64	---	---	---
[2] -	6.62	2.40	6.62	---	52.96	---	---	---
[3] -	11.81	4.50	11.81	245.30	94.48	140.06	268.58	134.05
[4] -	24.12	5.50	24.12	350.56	192.96	285.32	360.90	195.60

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	1.33	0.40	1.33	---	30.20	9.44	43.93
[2] -	6.62	2.40	6.62	---	41.06	47.00	67.53
[3] -	11.81	4.50	11.81	70.86	51.72	83.85	90.67
[4] -	24.12	5.50	24.12	144.72	77.01	171.25	145.58

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	1.33	0.40	1.33	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	6.62	2.40	6.62	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	11.81	4.50	11.81	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] -	24.12	5.50	24.12	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.33	0.40	1.33	Meyerhof et al.	1.37
[2] -	6.62	2.40	6.62	Meyerhof et al.	1.61
[3] -	11.81	4.50	11.81	Meyerhof et al.	1.79
[4] -	24.12	5.50	24.12	Meyerhof et al.	2.06

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.33	0.40	1.33	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.86
[2] -	6.62	2.40	6.62	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[3] -	11.81	4.50	11.81	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93
[4] -	24.12	5.50	24.12	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.01

**PROVA Nr.8 (DP8)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 13/11/2023

Profondità prova 5.00 m Quota 267.80 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	1	0.853	2.85	3.34	0.14	0.17
0.40	10	0.851	28.41	33.40	1.42	1.67
0.50	10	0.849	28.35	33.40	1.42	1.67
0.60	11	0.847	31.11	36.73	1.56	1.84
0.70	11	0.845	31.05	36.73	1.55	1.84
0.80	9	0.843	25.35	30.06	1.27	1.50
0.90	7	0.842	18.67	22.18	0.93	1.11
1.00	8	0.840	21.29	25.35	1.06	1.27
1.10	8	0.838	21.25	25.35	1.06	1.27
1.20	9	0.836	23.85	28.52	1.19	1.43
1.30	11	0.835	29.09	34.86	1.45	1.74
1.40	11	0.833	29.03	34.86	1.45	1.74
1.50	19	0.781	47.04	60.21	2.35	3.01
1.60	18	0.780	44.47	57.04	2.22	2.85
1.70	21	0.728	48.44	66.55	2.42	3.33
1.80	25	0.726	57.54	79.23	2.88	3.96
1.90	24	0.725	52.44	72.36	2.62	3.62
2.00	25	0.723	54.51	75.38	2.73	3.77
2.10	25	0.722	54.40	75.38	2.72	3.77
2.20	26	0.720	56.45	78.39	2.82	3.92
2.30	24	0.719	52.00	72.36	2.60	3.62
2.40	25	0.717	54.06	75.38	2.70	3.77
2.50	28	0.716	60.42	84.42	3.02	4.22
2.60	31	0.664	62.09	93.47	3.10	4.67
2.70	35	0.663	69.95	105.53	3.50	5.28
2.80	32	0.661	63.82	96.48	3.19	4.82
2.90	33	0.660	62.63	94.89	3.13	4.74
3.00	35	0.659	66.29	100.64	3.31	5.03
3.10	31	0.657	58.59	89.14	2.93	4.46
3.20	30	0.706	60.90	86.26	3.05	4.31
3.30	32	0.655	60.24	92.01	3.01	4.60
3.40	32	0.653	60.12	92.01	3.01	4.60
3.50	34	0.652	63.75	97.76	3.19	4.89
3.60	35	0.651	65.50	100.64	3.28	5.03
3.70	29	0.700	58.34	83.39	2.92	4.17
3.80	31	0.648	57.80	89.14	2.89	4.46
3.90	34	0.647	60.47	93.44	3.02	4.67
4.00	35	0.646	62.14	96.18	3.11	4.81
4.10	36	0.645	63.80	98.93	3.19	4.95
4.20	38	0.644	67.22	104.43	3.36	5.22
4.30	34	0.643	60.04	93.44	3.00	4.67
4.40	35	0.641	61.70	96.18	3.08	4.81
4.50	32	0.640	56.31	87.94	2.82	4.40
4.60	34	0.639	59.73	93.44	2.99	4.67
4.70	35	0.638	61.38	96.18	3.07	4.81
4.80	38	0.637	66.53	104.43	3.33	5.22
4.90	36	0.636	60.26	94.74	3.01	4.74
5.00	41	0.585	63.12	107.89	3.16	5.39

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M .S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	0.76	0.30	0.05	0.10	0.00-0.15	0.03	0.07	0.10	0.07	0.50	0.04	0.10	0.10
[2] -	7.27	1.40	0.45	0.91	0.25-0.50	0.29	0.71	0.93	0.65	0.98	0.36	1.11	0.91
[3] -	17.99	2.50	1.21	2.25	1.00-2.00	0.70	1.78	2.17	1.54	1.89	0.90	2.84	2.25
[4] -	25.81	5.00	1.74	3.23	1.00-2.00	0.98	2.56	2.87	2.13	2.65	1.29	3.85	3.23

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	0.76	0.30	Robertson (1983)	1.52
[2] -	7.27	1.40	Robertson (1983)	14.54
[3] -	17.99	2.50	Robertson (1983)	35.98
[4] -	25.81	5.00	Robertson (1983)	51.62

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	0.76	0.30	3.49	11.40	9.54	9.50
[2] -	7.27	1.40	33.36	--	75.94	90.88
[3] -	17.99	2.50	82.54	--	185.28	179.90
[4] -	25.81	5.00	118.42	--	265.04	258.10

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	0.76	0.30	-11.66	7.60
[2] -	7.27	1.40	63.21	72.70
[3] -	17.99	2.50	186.49	179.90
[4] -	25.81	5.00	276.42	258.10

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	0.76	0.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	7.27	1.40	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	17.99	2.50	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] -	25.81	5.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	0.76	0.30	Meyerhof	1.46
[2] -	7.27	1.40	Meyerhof	1.87
[3] -	17.99	2.50	Meyerhof	2.09
[4] -	25.81	5.00	Meyerhof	2.12

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	0.76	0.30	Meyerhof	1.84
[2] -	7.27	1.40	Meyerhof	1.90
[3] -	17.99	2.50	Meyerhof	2.30
[4] -	25.81	5.00	Meyerhof	2.25

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	0.76	0.30	0	21.55	40.85	8.62
[2] -	7.27	1.40	31.24	61.54	73.05	26.64
[3] -	17.99	2.50	46.63	86.33	88.75	48.13
[4] -	25.81	5.00	48.45	88.77	87.46	58.93

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specificatio n)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	0.76	0.30	27.22	20.22	28.21	32.85	29.82	0	<30	18.38	27.23	17.88	18.9
[2] -	7.27	1.40	29.08	22.08	30.04	32.38	32.6	0	<30	25.44	29.18	25.96	27.06
[3] -	17.99	2.50	32.14	25.14	33.04	31.87	36.45	40.09	30-32	31.43	32.4	28.57	33.97
[4] -	25.81	5.00	34.37	27.37	35.23	30.91	38.68	40.43	32-35	34.68	34.74	28.5	37.72

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni a ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	0.76	0.30	0.76	---	6.08	---	---	---
[2] -	7.27	1.40	7.27	---	58.16	---	---	---
[3] -	17.99	2.50	17.99	302.75	143.92	212.98	314.92	164.95
[4] -	25.81	5.00	25.81	362.63	206.48	305.26	373.57	204.05

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	0.76	0.30	0.76	---	29.03	5.40	41.39
[2] -	7.27	1.40	7.27	---	42.40	51.62	70.42
[3] -	17.99	2.50	17.99	107.94	64.42	127.73	118.24
[4] -	25.81	5.00	25.81	154.86	80.48	183.25	153.11

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	0.76	0.30	0.76	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	7.27	1.40	7.27	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	17.99	2.50	17.99	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] -	25.81	5.00	25.81	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	0.76	0.30	0.76	Meyerhof et al.	1.34
[2] -	7.27	1.40	7.27	Meyerhof et al.	1.63
[3] -	17.99	2.50	17.99	Meyerhof et al.	1.95
[4] -	25.81	5.00	25.81	Meyerhof et al.	2.09

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	0.76	0.30	0.76	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.86
[2] -	7.27	1.40	7.27	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[3] -	17.99	2.50	17.99	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.97
[4] -	25.81	5.00	25.81	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.02

**PROVA Nr.9 (DP9)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 10/11/2023

Profondità prova 6.00 m Quota 261.90 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	0	0.855	0.00	0.00	0.00	0.00
0.30	5	0.853	14.24	16.70	0.71	0.83
0.40	18	0.801	48.14	60.11	2.41	3.01
0.50	31	0.699	72.35	103.53	3.62	5.18
0.60	27	0.747	67.36	90.17	3.37	4.51
0.70	21	0.745	52.26	70.13	2.61	3.51
0.80	18	0.793	47.69	60.11	2.38	3.01
0.90	19	0.792	47.66	60.21	2.38	3.01
1.00	17	0.790	42.55	53.87	2.13	2.69
1.10	17	0.788	42.45	53.87	2.12	2.69
1.20	16	0.786	39.87	50.70	1.99	2.54
1.30	15	0.785	37.29	47.54	1.86	2.38
1.40	13	0.783	32.25	41.20	1.61	2.06
1.50	10	0.831	26.34	31.69	1.32	1.58
1.60	8	0.830	21.03	25.35	1.05	1.27
1.70	6	0.828	15.74	19.01	0.79	0.95
1.80	6	0.826	15.71	19.01	0.79	0.95
1.90	9	0.825	22.38	27.14	1.12	1.36
2.00	9	0.823	22.34	27.14	1.12	1.36
2.10	9	0.822	22.30	27.14	1.11	1.36
2.20	6	0.820	14.84	18.09	0.74	0.90
2.30	6	0.819	14.81	18.09	0.74	0.90
2.40	8	0.817	19.71	24.12	0.99	1.21
2.50	8	0.816	19.67	24.12	0.98	1.21
2.60	10	0.814	24.55	30.15	1.23	1.51
2.70	9	0.813	22.06	27.14	1.10	1.36
2.80	11	0.811	26.91	33.17	1.35	1.66
2.90	13	0.760	28.41	37.38	1.42	1.87
3.00	11	0.809	25.58	31.63	1.28	1.58
3.10	12	0.807	27.86	34.50	1.39	1.73
3.20	10	0.806	23.18	28.75	1.16	1.44
3.30	10	0.805	23.14	28.75	1.16	1.44
3.40	12	0.803	27.72	34.50	1.39	1.73
3.50	12	0.802	27.68	34.50	1.38	1.73
3.60	9	0.801	20.73	25.88	1.04	1.29
3.70	9	0.800	20.69	25.88	1.03	1.29
3.80	11	0.798	25.25	31.63	1.26	1.58
3.90	11	0.797	24.10	30.23	1.20	1.51
4.00	11	0.796	24.06	30.23	1.20	1.51
4.10	15	0.745	30.70	41.22	1.54	2.06
4.20	16	0.744	32.70	43.97	1.63	2.20
4.30	15	0.743	30.61	41.22	1.53	2.06
4.40	12	0.791	26.10	32.98	1.30	1.65
4.50	10	0.790	21.72	27.48	1.09	1.37
4.60	13	0.739	26.41	35.73	1.32	1.79
4.70	15	0.738	30.43	41.22	1.52	2.06
4.80	14	0.737	28.36	38.47	1.42	1.92
4.90	14	0.736	27.12	36.84	1.36	1.84
5.00	16	0.735	30.95	42.11	1.55	2.11
5.10	21	0.684	37.80	55.26	1.89	2.76
5.20	20	0.733	38.58	52.63	1.93	2.63
5.30	22	0.682	39.49	57.89	1.97	2.89
5.40	28	0.681	50.18	73.68	2.51	3.68
5.50	32	0.630	53.06	84.21	2.65	4.21
5.60	33	0.629	54.64	86.84	2.73	4.34

5.70	35	0.628	57.86	92.11	2.89	4.61
5.80	37	0.627	61.08	97.37	3.05	4.87
5.90	40	0.576	58.20	100.98	2.91	5.05
6.00	41	0.575	59.57	103.51	2.98	5.18

## TERRENI COESIVI

### Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M .S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	1.27	0.30	0.08	0.16	0.00-0.15	0.05	0.12	0.17	0.12	0.53	0.06	0.20	0.16
[2] -	15.14	1.30	1.02	1.89	1.00-2.00	0.60	1.49	1.95	1.31	1.64	0.76	2.51	1.89
[3] - o	7.3	4.00	0.46	0.91	0.25-0.50	0.29	0.71	0.85	0.65	0.98	0.37	0.77	0.91
[4] -	10.65	5.00	0.72	1.33	0.50-1.00	0.43	1.05	1.14	0.94	1.25	0.53	1.19	1.33
[5] -	23.51	6.00	1.59	2.94	1.00-2.00	0.90	2.33	2.41	1.96	2.42	1.18	3.29	2.94

### Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	Robertson (1983)	2.54
[2] - Strato	15.14	1.30	Robertson (1983)	30.28
[3] - Strato	7.3	4.00	Robertson (1983)	14.60
[4] - Strato	10.65	5.00	Robertson (1983)	21.30
[5] - Strato	23.51	6.00	Robertson (1983)	47.02

### Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] - Strato	1.27	0.30	5.83	19.05	14.75	15.88
[2] - Strato	15.14	1.30	69.46	--	156.21	151.40
[3] - Strato	7.3	4.00	33.49	--	76.25	91.25
[4] - Strato	10.65	5.00	48.86	--	110.42	106.50
[5] - Strato	23.51	6.00	107.86	--	241.58	235.10

### Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] - Strato	1.27	0.30	-5.80	12.70
[2] - Strato	15.14	1.30	153.71	151.40
[3] - Strato	7.3	4.00	63.55	73.00
[4] - Strato	10.65	5.00	102.08	106.50
[5] - Strato	23.51	6.00	249.97	235.10

### Classificazione AGI

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] - Strato	1.27	0.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] - Strato	15.14	1.30	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[3] - Strato	7.3	4.00	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[4] - Strato	10.65	5.00	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[5] - Strato	23.51	6.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	Meyerhof	1.50
[2] - Strato	15.14	1.30	Meyerhof	2.07
[3] - Strato	7.3	4.00	Meyerhof	1.87
[4] - Strato	10.65	5.00	Meyerhof	1.99
[5] - Strato	23.51	6.00	Meyerhof	2.11

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	Meyerhof	1.85
[2] - Strato	15.14	1.30	Meyerhof	2.28
[3] - Strato	7.3	4.00	Meyerhof	1.90
[4] - Strato	10.65	5.00	Meyerhof	2.19
[5] - Strato	23.51	6.00	Meyerhof	2.18

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] - Strato	1.27	0.30	3.84	27.84	51.85	10.19
[2] - Strato	15.14	1.30	47.34	88.71	100	43.27
[3] - Strato	7.3	4.00	25.11	51.7	52.96	26.71
[4] - Strato	10.65	5.00	27.69	54.93	55.22	34.41
[5] - Strato	23.51	6.00	41.78	76.72	76.22	56.09

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specification)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	1.27	0.30	27.36	20.36	28.36	33.63	30.05	0	<30	19.36	27.38	19.82	20.04
[2] -	15.14	1.30	31.33	24.33	32.24	33.54	35.52	40.42	30-32	30.07	31.54	28.74	32.4
[3] -	7.3	4.00	29.09	22.09	30.04	29.71	32.61	0	<30	25.46	29.19	24.62	27.08
[4] -	10.65	5.00	30.04	23.04	30.98	29.17	33.92	35.69	<30	27.64	30.19	24.71	29.59
[5] -	23.51	6.00	33.72	26.72	34.58	29.99	38.07	38.74	30-32	33.78	34.05	26.94	36.68

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	---	10.16	---	---	---
[2] - Strato	15.14	1.30	15.14	277.74	121.12	179.35	293.55	150.70
[3] - Strato	7.3	4.00	7.3	---	58.40	---	---	---
[4] - Strato	10.65	5.00	10.65	232.94	85.20	126.37	259.88	128.25
[5] - Strato	23.51	6.00	23.51	346.10	188.08	278.12	356.33	192.55

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	---	30.07	9.02	43.66

[2] - Strato	15.14	1.30	15.14	90.84	58.56	107.49	105.52
[3] - Strato	7.3	4.00	7.3	---	42.46	51.83	70.56
[4] - Strato	10.65	5.00	10.65	63.90	49.34	75.61	85.50
[5] - Strato	23.51	6.00	23.51	141.06	75.75	166.92	142.85

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] - Strato	15.14	1.30	15.14	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] - Strato	7.3	4.00	7.3	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] - Strato	10.65	5.00	10.65	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[5] - Strato	23.51	6.00	23.51	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	Meyerhof et al.	1.37
[2] - Strato	15.14	1.30	15.14	Meyerhof et al.	1.88
[3] - Strato	7.3	4.00	7.3	Meyerhof et al.	1.63
[4] - Strato	10.65	5.00	10.65	Meyerhof et al.	1.75
[5] - Strato	23.51	6.00	23.51	Meyerhof et al.	2.06

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] - Strato	1.27	0.30	1.27	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.86
[2] - Strato	15.14	1.30	15.14	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.95
[3] - Strato	7.3	4.00	7.3	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[4] - Strato	10.65	5.00	10.65	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.92
[5] - Strato	23.51	6.00	23.51	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.00

**PROVA Nr.10 (DP10)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 10/11/2023

Profondità prova 6.00 m

Quota 252.90 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	2	0.853	5.70	6.68	0.28	0.33
0.40	14	0.801	37.44	46.75	1.87	2.34
0.50	10	0.849	28.35	33.40	1.42	1.67
0.60	8	0.847	22.63	26.72	1.13	1.34
0.70	10	0.845	28.22	33.40	1.41	1.67
0.80	9	0.843	25.35	30.06	1.27	1.50
0.90	9	0.842	24.00	28.52	1.20	1.43
1.00	8	0.840	21.29	25.35	1.06	1.27
1.10	7	0.838	18.59	22.18	0.93	1.11
1.20	10	0.836	26.50	31.69	1.33	1.58
1.30	19	0.785	47.24	60.21	2.36	3.01
1.40	20	0.783	49.62	63.38	2.48	3.17
1.50	25	0.731	57.93	79.23	2.90	3.96
1.60	30	0.730	69.36	95.07	3.47	4.75
1.70	30	0.728	69.20	95.07	3.46	4.75
1.80	27	0.726	62.15	85.56	3.11	4.28
1.90	24	0.725	52.44	72.36	2.62	3.62
2.00	25	0.723	54.51	75.38	2.73	3.77
2.10	28	0.722	60.92	84.42	3.05	4.22
2.20	26	0.720	56.45	78.39	2.82	3.92
2.30	31	0.669	62.49	93.47	3.12	4.67
2.40	30	0.717	64.87	90.45	3.24	4.52
2.50	30	0.716	64.74	90.45	3.24	4.52
2.60	32	0.664	64.09	96.48	3.20	4.82
2.70	33	0.663	65.95	99.50	3.30	4.97
2.80	38	0.661	75.78	114.57	3.79	5.73
2.90	39	0.610	68.41	112.14	3.42	5.61
3.00	36	0.659	68.18	103.51	3.41	5.18
3.10	37	0.657	69.93	106.39	3.50	5.32
3.20	34	0.656	64.13	97.76	3.21	4.89
3.30	32	0.655	60.24	92.01	3.01	4.60
3.40	35	0.653	65.76	100.64	3.29	5.03
3.50	37	0.652	69.38	106.39	3.47	5.32
3.60	40	0.601	69.11	115.02	3.46	5.75
3.70	36	0.650	67.25	103.51	3.36	5.18
3.80	33	0.648	61.53	94.89	3.08	4.74
3.90	35	0.647	62.25	96.18	3.11	4.81
4.00	38	0.646	67.46	104.43	3.37	5.22
4.10	40	0.595	65.39	109.92	3.27	5.50
4.20	41	0.594	66.89	112.67	3.34	5.63
4.30	38	0.643	67.10	104.43	3.36	5.22
4.40	42	0.591	68.26	115.42	3.41	5.77
4.50	41	0.590	66.51	112.67	3.33	5.63
4.60	40	0.589	64.77	109.92	3.24	5.50
4.70	36	0.638	63.13	98.93	3.16	4.95
4.80	38	0.637	66.53	104.43	3.33	5.22
4.90	34	0.636	56.91	89.47	2.85	4.47
5.00	35	0.635	58.49	92.11	2.92	4.61
5.10	33	0.634	55.06	86.84	2.75	4.34
5.20	35	0.633	58.30	92.11	2.92	4.61
5.30	35	0.632	58.21	92.11	2.91	4.61
5.40	36	0.631	59.78	94.74	2.99	4.74
5.50	38	0.630	63.01	100.00	3.15	5.00
5.60	41	0.579	62.49	107.89	3.12	5.39

5.70	42	0.578	63.91	110.53	3.20	5.53
5.80	39	0.577	59.25	102.63	2.96	5.13
5.90	38	0.626	60.09	95.93	3.00	4.80
6.00	39	0.575	56.66	98.46	2.83	4.92

## TERRENI COESIVI

### Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M .S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	1.01	0.30	0.06	0.13	0.00-0.15	0.04	0.10	0.13	0.09	0.52	0.05	0.15	0.13
[2] -	7.18	1.20	0.45	0.90	0.25-0.50	0.29	0.70	0.93	0.64	0.97	0.36	1.12	0.90
[3] -	19.33	2.20	1.31	2.42	1.00-2.00	0.75	1.91	2.37	1.64	2.02	0.97	3.12	2.42
[4] -	27.78	6.00	1.88	3.47	1.00-2.00	1.05	2.76	3.04	2.28	2.86	1.39	4.04	3.47

### Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	1.01	0.30	Robertson (1983)	2.02
[2] -	7.18	1.20	Robertson (1983)	14.36
[3] -	19.33	2.20	Robertson (1983)	38.66
[4] -	27.78	6.00	Robertson (1983)	55.56

### Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	1.01	0.30	4.63	15.15	12.09	12.63
[2] -	7.18	1.20	32.94	--	75.02	89.75
[3] -	19.33	2.20	88.69	--	198.95	193.30
[4] -	27.78	6.00	127.46	--	285.13	277.80

### Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	1.01	0.30	-8.79	10.10
[2] -	7.18	1.20	62.17	71.80
[3] -	19.33	2.20	201.90	193.30
[4] -	27.78	6.00	299.07	277.80

### Classificazione AGI

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	1.01	0.30	A.G.I. (1977)	PRIVO DI CONSISTENZA
[2] -	7.18	1.20	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[3] -	19.33	2.20	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[4] -	27.78	6.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

### Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.01	0.30	Meyerhof	1.48
[2] -	7.18	1.20	Meyerhof	1.87
[3] -	19.33	2.20	Meyerhof	2.10
[4] -	27.78	6.00	Meyerhof	2.14

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.01	0.30	Meyerhof	1.84
[2] -	7.18	1.20	Meyerhof	1.90
[3] -	19.33	2.20	Meyerhof	2.31
[4] -	27.78	6.00	Meyerhof	2.30

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	1.01	0.30	0.68	24.83	46.64	9.39
[2] -	7.18	1.20	31.37	61.82	75.17	26.42
[3] -	19.33	2.20	49.33	91.52	95.21	50.23
[4] -	27.78	6.00	48.9	89.5	88.06	61.17

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specification)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	1.01	0.30	27.29	20.29	28.28	33.28	29.93	0	<30	18.89	27.3	18.95	19.49
[2] -	7.18	1.20	29.05	22.05	30.01	32.65	32.57	0	<30	25.38	29.15	25.99	26.98
[3] -	19.33	2.20	32.52	25.52	33.41	32.29	36.87	40.81	30-32	32.03	32.8	29.02	34.66
[4] -	27.78	6.00	34.94	27.94	35.78	30.79	39.16	40.53	32-35	35.41	35.33	28.45	38.57

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	1.01	0.30	1.01	---	8.08	---	---	---
[2] -	7.18	1.20	7.18	---	57.44	---	---	---
[3] -	19.33	2.20	19.33	313.82	154.64	228.79	324.98	171.65
[4] -	27.78	6.00	27.78	376.22	222.24	328.50	388.35	213.90

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	1.01	0.30	1.01	---	29.54	7.17	42.50
[2] -	7.18	1.20	7.18	---	42.21	50.98	70.02
[3] -	19.33	2.20	19.33	115.98	67.17	137.24	124.21
[4] -	27.78	6.00	27.78	166.68	84.53	197.24	161.90

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	1.01	0.30	1.01	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	7.18	1.20	7.18	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	19.33	2.20	19.33	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[4] -	27.78	6.00	27.78	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.01	0.30	1.01	Meyerhof et al.	1.35
[2] -	7.18	1.20	7.18	Meyerhof et al.	1.63
[3] -	19.33	2.20	19.33	Meyerhof et al.	1.98
[4] -	27.78	6.00	27.78	Meyerhof et al.	2.11

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	1.01	0.30	1.01	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.86
[2] -	7.18	1.20	7.18	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[3] -	19.33	2.20	19.33	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.98
[4] -	27.78	6.00	27.78	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.03

**PROVA Nr.11 (DP11)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 10/11/2023

Profondità prova 6.00 m

Quota 258.40 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	0	0.857	0.00	0.00	0.00	0.00
0.20	7	0.855	19.98	23.38	1.00	1.17
0.30	11	0.853	31.32	36.73	1.57	1.84
0.40	15	0.801	40.11	50.09	2.01	2.50
0.50	13	0.799	34.68	43.41	1.73	2.17
0.60	11	0.847	31.11	36.73	1.56	1.84
0.70	10	0.845	28.22	33.40	1.41	1.67
0.80	9	0.843	25.35	30.06	1.27	1.50
0.90	8	0.842	21.33	25.35	1.07	1.27
1.00	7	0.840	18.63	22.18	0.93	1.11
1.10	6	0.838	15.93	19.01	0.80	0.95
1.20	6	0.836	15.90	19.01	0.80	0.95
1.30	6	0.835	15.87	19.01	0.79	0.95
1.40	5	0.833	13.20	15.85	0.66	0.79
1.50	5	0.831	13.17	15.85	0.66	0.79
1.60	4	0.830	10.52	12.68	0.53	0.63
1.70	6	0.828	15.74	19.01	0.79	0.95
1.80	7	0.826	18.33	22.18	0.92	1.11
1.90	9	0.825	22.38	27.14	1.12	1.36
2.00	9	0.823	22.34	27.14	1.12	1.36
2.10	10	0.822	24.77	30.15	1.24	1.51
2.20	9	0.820	22.25	27.14	1.11	1.36
2.30	9	0.819	22.21	27.14	1.11	1.36
2.40	10	0.817	24.64	30.15	1.23	1.51
2.50	13	0.766	30.01	39.20	1.50	1.96
2.60	12	0.814	29.46	36.18	1.47	1.81
2.70	16	0.763	36.80	48.24	1.84	2.41
2.80	19	0.761	43.62	57.29	2.18	2.86
2.90	26	0.710	53.08	74.76	2.65	3.74
3.00	25	0.709	50.94	71.88	2.55	3.59
3.10	28	0.707	56.95	80.51	2.85	4.03
3.20	43	0.606	74.93	123.64	3.75	6.18
3.30	46	0.605	79.98	132.27	4.00	6.61
3.40	44	0.603	76.34	126.52	3.82	6.33
3.50	43	0.602	74.45	123.64	3.72	6.18
3.60	45	0.601	77.75	129.39	3.89	6.47
3.70	44	0.600	75.86	126.52	3.79	6.33
3.80	40	0.598	68.83	115.02	3.44	5.75
3.90	41	0.597	67.29	112.67	3.36	5.63
4.00	39	0.596	63.88	107.18	3.19	5.36
4.10	42	0.595	68.66	115.42	3.43	5.77
4.20	43	0.594	70.16	118.17	3.51	5.91
4.30	43	0.593	70.02	118.17	3.50	5.91
4.40	42	0.591	68.26	115.42	3.41	5.77
4.50	44	0.590	71.38	120.92	3.57	6.05
4.60	40	0.589	64.77	109.92	3.24	5.50
4.70	38	0.638	66.64	104.43	3.33	5.22
4.80	40	0.587	64.54	109.92	3.23	5.50
4.90	39	0.586	60.15	102.63	3.01	5.13
5.00	41	0.585	63.12	107.89	3.16	5.39
5.10	41	0.584	63.01	107.89	3.15	5.39
5.20	46	0.583	70.57	121.05	3.53	6.05
5.30	44	0.582	67.39	115.79	3.37	5.79
5.40	40	0.581	61.16	105.26	3.06	5.26
5.50	39	0.580	59.53	102.63	2.98	5.13
5.60	38	0.629	62.91	100.00	3.15	5.00

5.70	41	0.578	62.38	107.89	3.12	5.39
5.80	45	0.577	68.36	118.42	3.42	5.92
5.90	42	0.576	61.11	106.03	3.06	5.30
6.00	44	0.575	63.92	111.08	3.20	5.55

## TERRENI COESIVI

### Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sanglerat	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M .S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	2.66	0.20	0.17	0.33	0.15-0.25	0.11	0.26	0.35	0.24	0.63	0.13	0.45	0.33
[2] -	9.13	0.70	0.62	1.14	0.50-1.00	0.37	0.90	1.20	0.81	1.13	0.46	1.53	1.14
[3] -	4.77	1.80	0.30	0.60	0.25-0.50	0.19	0.46	0.60	0.43	0.79	0.24	0.63	0.60
[4] -	7.7	2.60	0.48	0.96	0.25-0.50	0.31	0.75	0.92	0.69	1.02	0.39	1.02	0.96
[5] -	17.35	3.10	1.17	2.17	1.00-2.00	0.68	1.71	2.00	1.49	1.84	0.87	2.64	2.17
[6] -	31.94	6.00	2.16	3.99	0.00	1.19	3.18	3.43	2.57	3.30	1.60	4.76	3.99

### Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Qc (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	2.66	0.20	Robertson (1983)	5.32
[2] -	9.13	0.70	Robertson (1983)	18.26
[3] -	4.77	1.80	Robertson (1983)	9.54
[4] -	7.7	2.60	Robertson (1983)	15.40
[5] -	17.35	3.10	Robertson (1983)	34.70
[6] -	31.94	6.00	Robertson (1983)	63.88

### Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	2.66	0.20	12.20	39.90	28.92	33.25
[2] -	9.13	0.70	41.89	--	94.91	114.13
[3] -	4.77	1.80	21.89	71.55	50.44	59.63
[4] -	7.7	2.60	35.33	--	80.33	96.25
[5] -	17.35	3.10	79.60	--	178.75	173.50
[6] -	31.94	6.00	146.54	--	327.56	319.40

### Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	2.66	0.20	10.19	26.60
[2] -	9.13	0.70	84.60	91.30
[3] -	4.77	1.80	34.46	47.70
[4] -	7.7	2.60	68.15	77.00
[5] -	17.35	3.10	179.13	173.50
[6] -	31.94	6.00	346.91	319.40

### Classificazione AGI

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	2.66	0.20	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] -	9.13	0.70	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] -	4.77	1.80	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE

[4] -	7.7	2.60	A.G.I. (1977)	MODERAT. CONSISTENTE
[5] -	17.35	3.10	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE
[6] -	31.94	6.00	A.G.I. (1977)	ESTREM. CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.66	0.20	Meyerhof	1.61
[2] -	9.13	0.70	Meyerhof	1.94
[3] -	4.77	1.80	Meyerhof	1.75
[4] -	7.7	2.60	Meyerhof	1.89
[5] -	17.35	3.10	Meyerhof	2.09
[6] -	31.94	6.00	Meyerhof	2.20

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.66	0.20	Meyerhof	1.86
[2] -	9.13	0.70	Meyerhof	2.13
[3] -	4.77	1.80	Meyerhof	1.88
[4] -	7.7	2.60	Meyerhof	1.90
[5] -	17.35	3.10	Meyerhof	2.30
[6] -	31.94	6.00	Meyerhof	2.43

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	2.66	0.20	15.36	40.47	80.59	14.32
[2] -	9.13	0.70	37.49	71.81	95.26	31.04
[3] -	4.77	1.80	21.66	47.68	53.36	20.22
[4] -	7.7	2.60	27.78	55.63	57.83	27.68
[5] -	17.35	3.10	42.78	79.03	79.26	47.08
[6] -	31.94	6.00	51.3	93.93	92.24	65.41

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specification)	Japanese National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	2.66	0.20	27.76	20.76	28.74	35.55	30.67	0	<30	21.32	27.8	22.65	22.29
[2] -	9.13	0.70	29.61	22.61	30.56	34.05	33.34	0	<30	26.7	29.74	27.08	28.51
[3] -	4.77	1.80	28.36	21.36	29.34	30.77	31.57	0	<30	23.46	28.43	24.07	24.77
[4] -	7.7	2.60	29.2	22.2	30.16	30.31	32.77	0	<30	25.75	29.31	25.23	27.41
[5] -	17.35	3.10	31.96	24.96	32.86	31.02	36.25	39.06	30-32	31.13	32.21	27.82	33.63
[6] -	31.94	6.00	36.13	29.13	36.94	30.85	40.08	41.15	32-35	36.89	36.58	28.73	40.27

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertmann (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni a ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	2.66	0.20	2.66	---	21.28	---	---	---
[2] -	9.13	0.70	9.13	---	73.04	108.43	---	---
[3] -	4.77	1.80	4.77	---	38.16	---	---	---

[4] -	7.7	2.60	7.7	---	61.60	---	---	---
[5] -	17.35	3.10	17.35	297.32	138.80	205.43	310.12	161.75
[6] -	31.94	6.00	31.94	403.40	255.52	377.59	419.55	234.70

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	2.66	0.20	2.66	---	32.93	18.89	49.86
[2] -	9.13	0.70	9.13	---	46.22	64.82	78.72
[3] -	4.77	1.80	4.77	---	37.26	33.87	59.27
[4] -	7.7	2.60	7.7	---	43.28	54.67	72.34
[5] -	17.35	3.10	17.35	104.10	63.10	123.19	115.38
[6] -	31.94	6.00	31.94	191.64	93.07	226.77	180.45

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	2.66	0.20	2.66	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	9.13	0.70	9.13	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[3] -	4.77	1.80	4.77	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[4] -	7.7	2.60	7.7	Classificazione A.G.I	POCO ADDENSATO
[5] -	17.35	3.10	17.35	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[6] -	31.94	6.00	31.94	Classificazione A.G.I	ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.66	0.20	2.66	Meyerhof et al.	1.43
[2] -	9.13	0.70	9.13	Meyerhof et al.	1.70
[3] -	4.77	1.80	4.77	Meyerhof et al.	1.53
[4] -	7.7	2.60	7.7	Meyerhof et al.	1.65
[5] -	17.35	3.10	17.35	Meyerhof et al.	1.94
[6] -	31.94	6.00	31.94	Meyerhof et al.	2.15

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	2.66	0.20	2.66	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.87
[2] -	9.13	0.70	9.13	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.91
[3] -	4.77	1.80	4.77	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.89
[4] -	7.7	2.60	7.7	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.90
[5] -	17.35	3.10	17.35	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.96
[6] -	31.94	6.00	31.94	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.05

**PROVA Nr.12 (DP12)**

Strumento utilizzato DPM (DL030 10) (Medium)

Prova eseguita in data 14/11/2023

Profondità prova 4.00 m Quota 230.60 m

Falda non rilevata

Tipo elaborazione Nr. Colpi: Medio

Profondità (m)	Nr. Colpi	Calcolo coeff. riduzione sonda Chi	Res. dinamica ridotta (kg/cm <sup>2</sup> )	Res. dinamica (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile con riduzione Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )	Pres. ammissibile Herminier – Olandesi (kg/cm <sup>2</sup> )
0.10	1	0.857	2.86	3.34	0.14	0.17
0.20	1	0.855	2.85	3.34	0.14	0.17
0.30	3	0.853	8.54	10.02	0.43	0.50
0.40	4	0.851	11.36	13.36	0.57	0.67
0.50	6	0.849	17.01	20.04	0.85	1.00
0.60	6	0.847	16.97	20.04	0.85	1.00
0.70	8	0.845	22.58	26.72	1.13	1.34
0.80	13	0.793	34.44	43.41	1.72	2.17
0.90	15	0.792	37.63	47.54	1.88	2.38
1.00	18	0.790	45.05	57.04	2.25	2.85
1.10	19	0.788	47.45	60.21	2.37	3.01
1.20	22	0.736	51.33	69.72	2.57	3.49
1.30	16	0.785	39.78	50.70	1.99	2.54
1.40	15	0.783	37.21	47.54	1.86	2.38
1.50	13	0.781	32.18	41.20	1.61	2.06
1.60	14	0.780	34.59	44.37	1.73	2.22
1.70	13	0.778	32.05	41.20	1.60	2.06
1.80	16	0.776	39.36	50.70	1.97	2.54
1.90	15	0.775	35.04	45.23	1.75	2.26
2.00	25	0.723	54.51	75.38	2.73	3.77
2.10	28	0.722	60.92	84.42	3.05	4.22
2.20	29	0.720	62.97	87.44	3.15	4.37
2.30	28	0.719	60.67	84.42	3.03	4.22
2.40	30	0.717	64.87	90.45	3.24	4.52
2.50	34	0.666	68.24	102.51	3.41	5.13
2.60	38	0.664	76.10	114.57	3.81	5.73
2.70	39	0.613	72.06	117.59	3.60	5.88
2.80	38	0.661	75.78	114.57	3.79	5.73
2.90	40	0.610	70.16	115.02	3.51	5.75
3.00	41	0.609	71.76	117.89	3.59	5.89
3.10	37	0.657	69.93	106.39	3.50	5.32
3.20	40	0.606	69.70	115.02	3.48	5.75
3.30	35	0.655	65.89	100.64	3.29	5.03
3.40	39	0.603	67.67	112.14	3.38	5.61
3.50	41	0.602	70.99	117.89	3.55	5.89
3.60	42	0.601	72.57	120.77	3.63	6.04
3.70	40	0.600	68.97	115.02	3.45	5.75
3.80	39	0.598	67.11	112.14	3.36	5.61
3.90	39	0.597	64.01	107.18	3.20	5.36
4.00	45	0.596	73.71	123.66	3.69	6.18

**TERRENI COESIVI****Coesione non drenata (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Terzaghi -Peck	Sangler at	Terzaghi-Peck (1948)	U.S. D.M .S.M	Schmertmann 1975	Sunda (1983) Benassi e Vannelli	Fletcher (1965) Argilla di Chicago	Houston (1960)	Shioi - Fukui 1982	Begemann	De Beer
[1] -	3.15	0.70	0.20	0.39	0.15-0.25	0.13	0.31	0.42	0.29	0.67	0.16	0.48	0.39
[2] -	11.99	1.90	0.81	1.50	0.50-1.00	0.48	1.18	1.50	1.05	1.37	0.60	1.87	1.50
[3] -	27.79	4.00	1.88	3.47	1.00-2.00	1.05	2.76	3.19	2.28	2.86	1.39	4.35	3.47

**Qc (Resistenza punta Penetrometro Statico)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Q <sub>c</sub> (kg/cm <sup>2</sup> )
[1] -	3.15	0.70	Robertson (1983)	6.30
[2] -	11.99	1.90	Robertson (1983)	23.98
[3] -	27.79	4.00	Robertson (1983)	55.58

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Stroud e Butler (1975)	Vesic (1970)	Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner	Buisman-Sanglerat
[1] -	3.15	0.70	14.45	47.25	33.92	39.38
[2] -	11.99	1.90	55.01	--	124.08	119.90
[3] -	27.79	4.00	127.50	--	285.23	277.90

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Schultze	Apollonia
[1] -	3.15	0.70	15.83	31.50
[2] -	11.99	1.90	117.49	119.90
[3] -	27.79	4.00	299.19	277.90

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Classificazione
[1] -	3.15	0.70	A.G.I. (1977)	POCO CONSISTENTE
[2] -	11.99	1.90	A.G.I. (1977)	CONSISTENTE
[3] -	27.79	4.00	A.G.I. (1977)	MOLTO CONSISTENTE

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	3.15	0.70	Meyerhof	1.64
[2] -	11.99	1.90	Meyerhof	2.02
[3] -	27.79	4.00	Meyerhof	2.14

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Correlazione	Peso unità di volume saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	3.15	0.70	Meyerhof	1.86
[2] -	11.99	1.90	Meyerhof	2.22
[3] -	27.79	4.00	Meyerhof	2.30

**TERRENI INCOERENTI****Densità relativa (%)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Gibbs & Holtz 1957	Meyerhof 1957	Schultze & Menzenbach (1961)	Skempton 1986
[1] -	3.15	0.70	17.42	42.83	62.63	15.73
[2] -	11.99	1.90	39.98	75.16	81.92	37.22
[3] -	27.79	4.00	53.04	97.78	96.65	61.18

**Angolo di resistenza al taglio**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof 1956	Meyerhof (1956)	Sowers (1961)	Malcev (1964)	Meyerhof (1965)	Schmertmann (1977) Sabbie	Mitchell & Katti (1981)	Shioi-Fukuni 1982 (Road bridge specificatio n)	Japanes e National Railway	De Mello	Owasaki & Iwasaki
[1] -	3.15	0.70	27.9	20.9	28.88	33.06	30.88	0	<30	21.87	27.94	23.13	22.94
[2] -	11.99	1.90	30.43	23.43	31.36	32.16	34.41	38.52	<30	28.41	30.6	27.52	30.49
[3] -	27.79	4.00	34.94	27.94	35.78	31.56	39.16	41.69	32-35	35.42	35.34	29.39	38.58

**Modulo di Young (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Terzaghi	Schmertman (1978) (Sabbie)	Schultze-Menzenbach (Sabbia ghiaiosa)	D'Appolloni ed altri 1970 (Sabbia)	Bowles (1982) Sabbia Media
[1] -	3.15	0.70	3.15	---	25.20	---	---	---
[2] -	11.99	1.90	11.99	247.16	95.92	142.18	269.92	134.95
[3] -	27.79	4.00	27.79	376.28	222.32	328.62	388.43	213.95

**Modulo Edometrico (kg/cm<sup>2</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Buisman-Sanglerat (sabbie)	Begemann 1974 (Ghiaia con sabbia)	Farrent 1963	Menzenbach e Malcev (Sabbia media)
[1] -	3.15	0.70	3.15	---	33.93	22.36	52.05
[2] -	11.99	1.90	11.99	71.94	52.09	85.13	91.48
[3] -	27.79	4.00	27.79	166.74	84.55	197.31	161.94

**Classificazione AGI**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Classificazione AGI
[1] -	3.15	0.70	3.15	Classificazione A.G.I	SCIOLTO
[2] -	11.99	1.90	11.99	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO
[3] -	27.79	4.00	27.79	Classificazione A.G.I	MODERATAMENTE ADDENSATO

**Peso unità di volume (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità' di Volume (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	3.15	0.70	3.15	Meyerhof et al.	1.46
[2] -	11.99	1.90	11.99	Meyerhof et al.	1.79
[3] -	27.79	4.00	27.79	Meyerhof et al.	2.11

**Peso unità di volume saturo (t/m<sup>3</sup>)**

Strato	N <sub>SPT</sub>	Prof. Strato (m)	Nspt corretto per presenza falda	Correlazione	Peso Unità Volume Saturo (t/m <sup>3</sup> )
[1] -	3.15	0.70	3.15	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.88
[2] -	11.99	1.90	11.99	Terzaghi-Peck 1948-1967	1.93
[3] -	27.79	4.00	27.79	Terzaghi-Peck 1948-1967	2.03

## Correlazioni geotecniche terreni incoerenti

Correzione  $N_{spt}$  in presenza di falda

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

$N_{spt}$  è il valore medio nello strato

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

### Angolo di Attrito

- Peck-Hanson-Thornburn-Meyerhof (1956) - Correlazione valida per terreni non molli a prof. < 5 m; correlazione valida per sabbie e ghiaie rappresenta valori medi. - Correlazione storica molto usata, valevole per prof. < 5 m per terreni sopra falda e < 8 m per terreni in falda (tensioni < 8-10 t/mq)
- Meyerhof (1956) - Correlazioni valide per terreni argillosi ed argillosi-marnosi fessurati, terreni di riporto sciolti e coltri detritiche (da modifica sperimentale di dati).
- Sowers (1961) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. < 4 m. sopra falda e < 7 m per terreni in falda)  $\sigma > 5$  t/mq.
- De Mello - Correlazione valida per terreni prevalentemente sabbiosi e sabbioso-ghiaiosi (da modifica sperimentale di dati) con angolo di attrito < 38°.
- Malcev (1964) - Angolo di attrito in gradi valido per sabbie in genere (cond. ottimali per prof. > 2 m e per valori di angolo di attrito < 38°).
- Schmertmann (1977) - Angolo di attrito (gradi) per vari tipi litologici (valori massimi). N.B. valori spesso troppo ottimistici poiché desunti da correlazioni indirette da  $D_r$  %.
- Shioi-Fukuni (1982) - ROAD BRIDGE SPECIFICATION, Angolo di attrito in gradi valido per sabbie - sabbie fini o limose e limi.
- Shioi-Fukuni (1982) - JAPANESE NATIONALE RAILWAY, Angolo di attrito valido per sabbie medie e grossolane fino a ghiaiose.
- Angolo di attrito in gradi (Owasaki & Iwasaki) valido per sabbie - sabbie medie e grossolane-ghiaiose (cond. ottimali per prof. > 8 m sopra falda e > 15 m per terreni in falda)  $s > 15$  t/mq.
- Meyerhof (1965) - Correlazione valida per terreni per sabbie con % di limo < 5% a profondità < 5 m e con (%) di limo > 5% a profondità < 3 m.
- Mitchell e Katti (1965) - Correlazione valida per sabbie e ghiaie.

### Densità relativa (%)

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

### Modulo di Young ( $E_y$ )

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

**Modulo Edometrico**

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

**Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977

**Peso di Volume**

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

**Peso di volume saturo**

- Terzaghi-Peck (1948-1967)

**Modulo di deformazione di taglio (G)**

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

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)**

- Robertson (1983) - Qc

**Correlazioni geotecniche terreni coesivi****Coesione non drenata**

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

**Resistenza alla punta del Penetrometro Statico (Qc)**

- Robertson (1983) - Qc

**Modulo Edometrico-Confinato (Mo)**

- Stroud e Butler (1975) - per litotipi a media plasticità, valida per litotipi argillosi a media-medio-alta plasticità - da esperienze su argille glaciali.
- Stroud e Butler (1975), per litotipi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ), valida per litotipi argillosi a medio-bassa plasticità ( $IP < 20$ ) - da esperienze su argille glaciali.
- Vesic (1970), correlazione valida per argille molli (valori minimi e massimi).
- Trofimenkov (1974), Mitchell e Gardner Modulo Confinato - $M_o$  (Eed) (kg/cm<sup>2</sup>), valida per litotipi argillosi e limosi-argillosi (rapporto  $Q_c/N_{spt}=1.5-2.0$ ).
- Buismann- Sanglerat, valida per argille compatte ( $N_{spt} < 30$ ) medie e molli ( $N_{spt} < 4$ ) e argille sabbiose ( $N_{spt} = 6-12$ ).

#### **Modulo Di Young ( $E_y$ )**

- Schultze-Menzenbach - (Min. e Max.), correlazione valida per limi coerenti e limi argillosi con I.P. > 15.
- D'Appollonia ed altri (1983), correlazione valida per argille sature-argille fessurate.

#### **Stato di consistenza**

- Classificazione A.G.I. 1977.

#### **Peso di Volume**

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

#### **Peso di volume saturo**

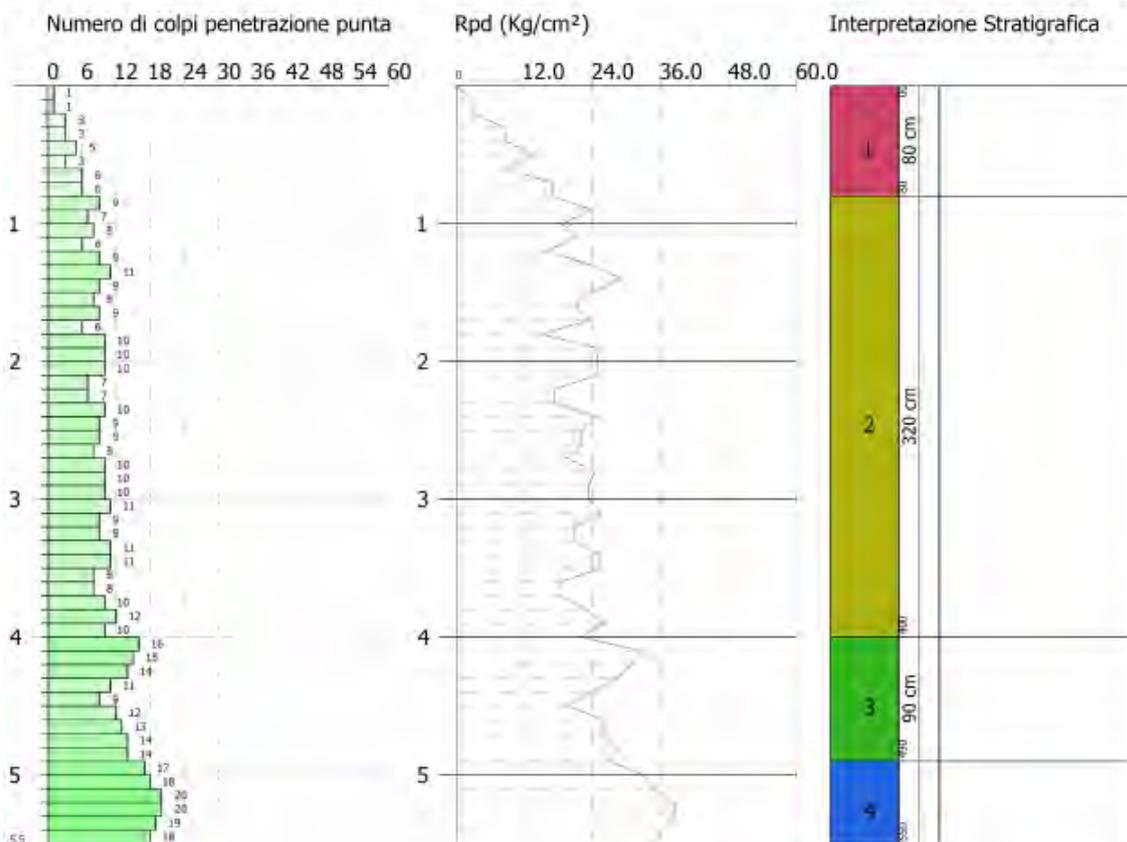
- Meyerhof ed altri.

## Diagramma prova penetrometrica DP1

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

14/11/2023

Scala 1:49

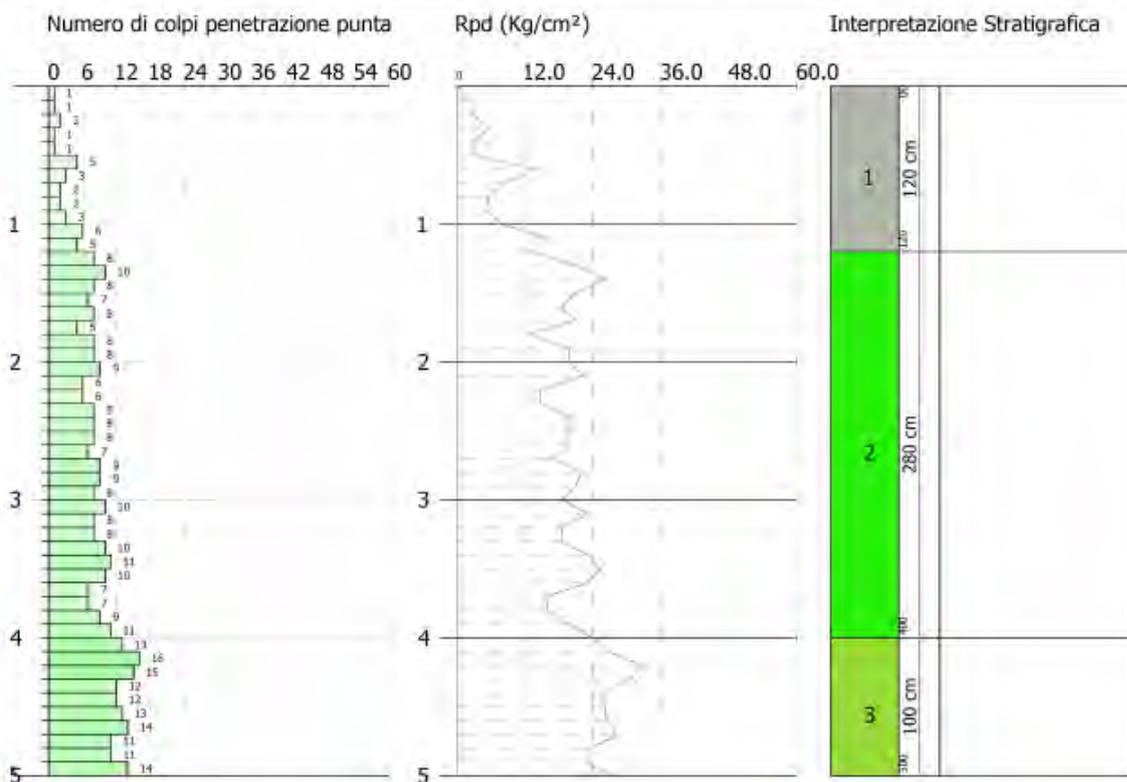


## Diagramma prova penetrometrica DP2

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

14/11/2023

Scala 1:49

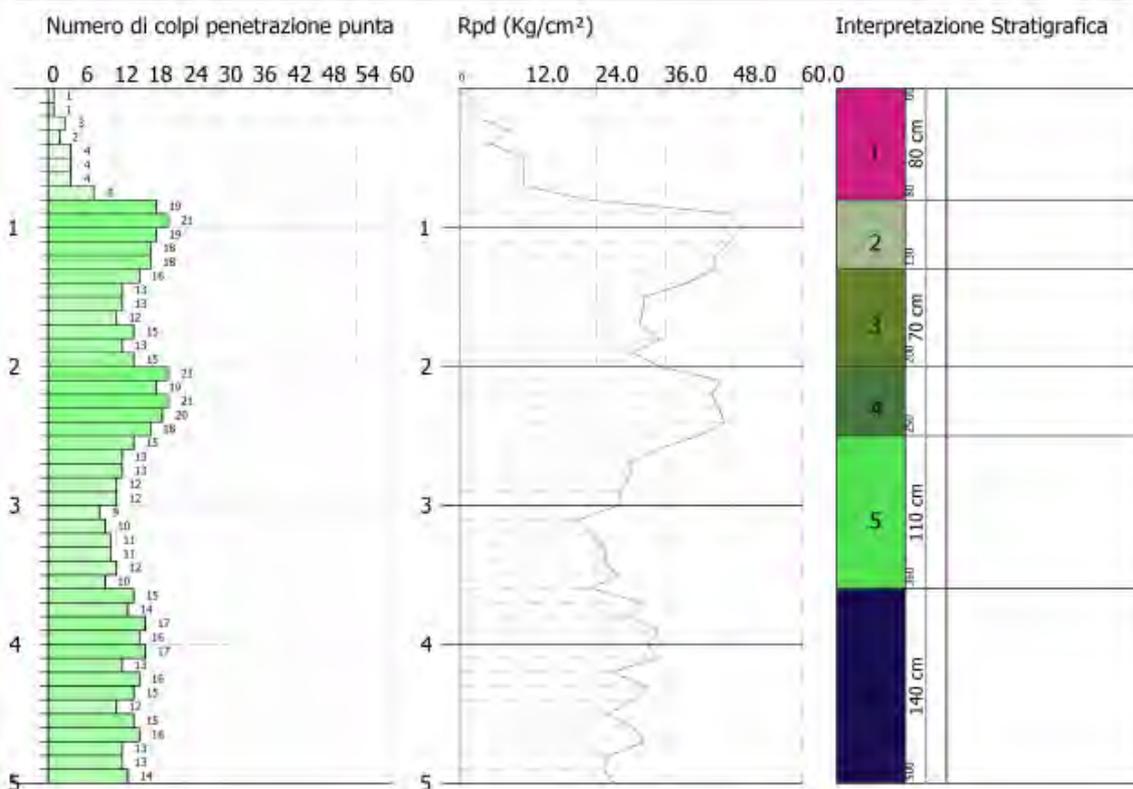


## Diagramma prova penetrometrica DP3

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

14/11/2023

Scala 1:49

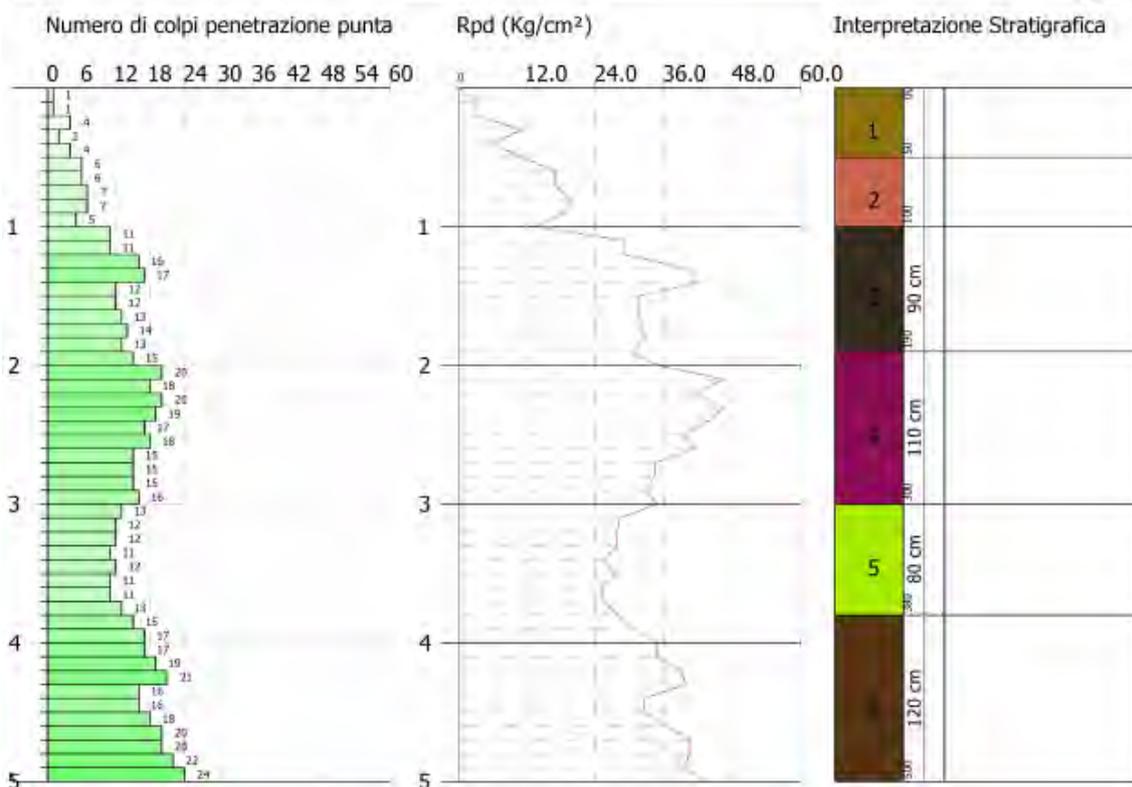


## Diagramma prova penetrometrica DP4

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

14/11/2023

Scala 1:49

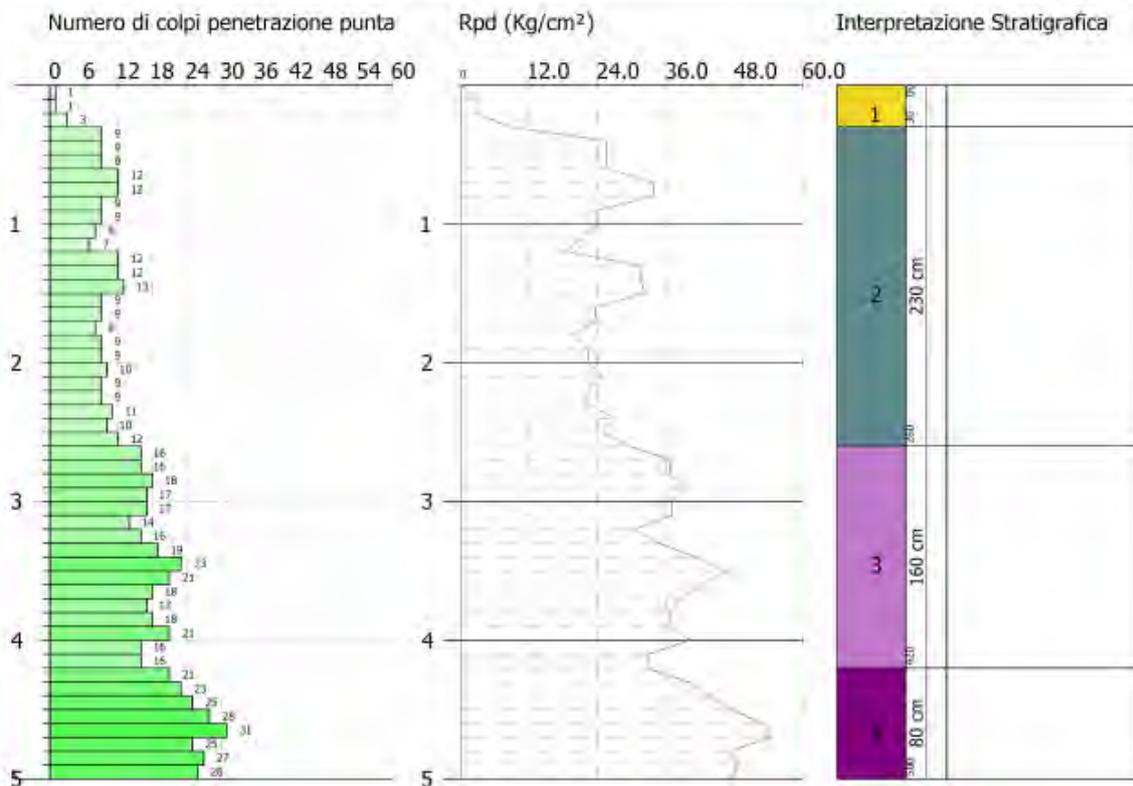


## Diagramma prova penetrometrica DP5

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

13/11/2023

Scala 1:49

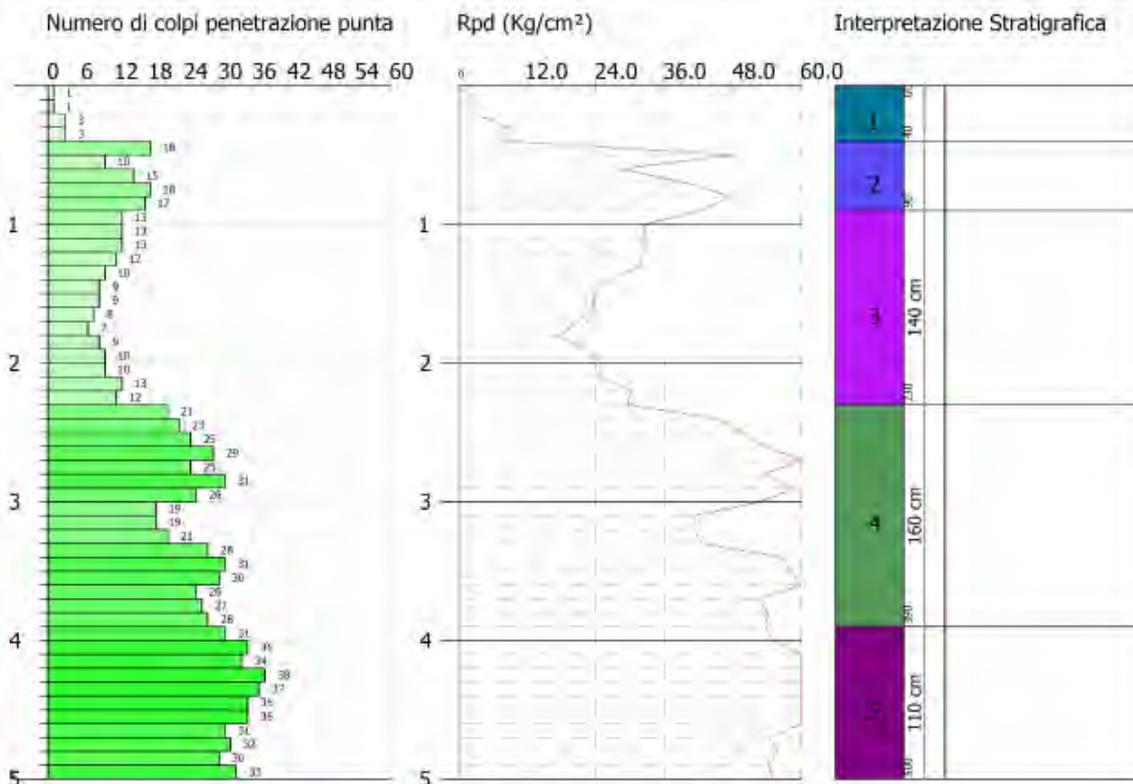


## Diagramma prova penetrometrica DP6

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

13/11/2023

Scala 1:49

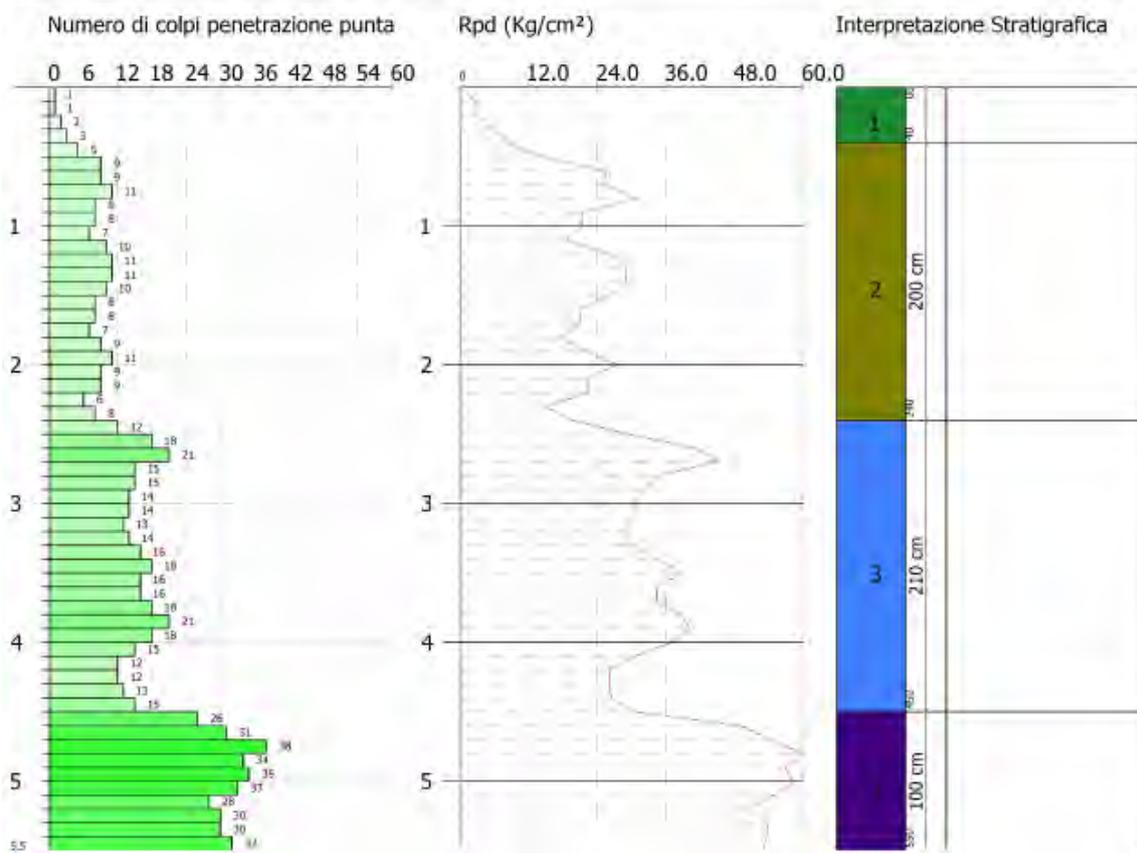


## Diagramma prova penetrometrica DP7

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

13/11/2023

Scala 1:49

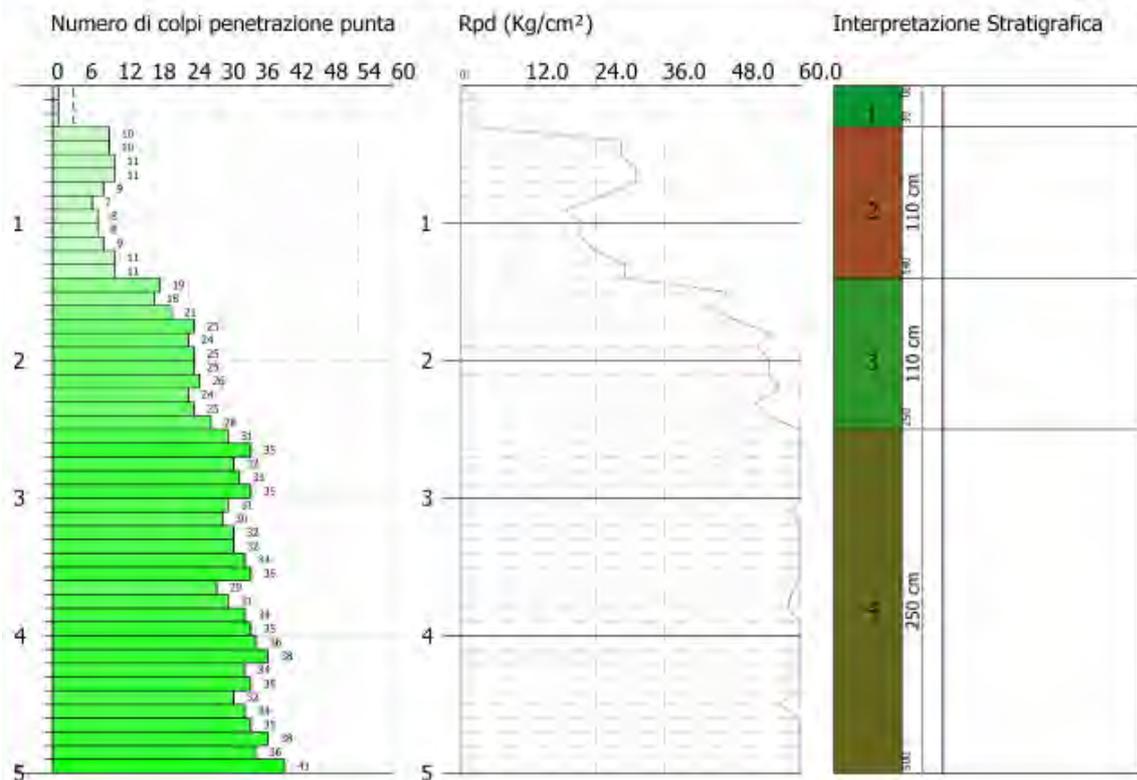


## Diagramma prova penetrometrica DP8

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

13/11/2023

Scala 1:49

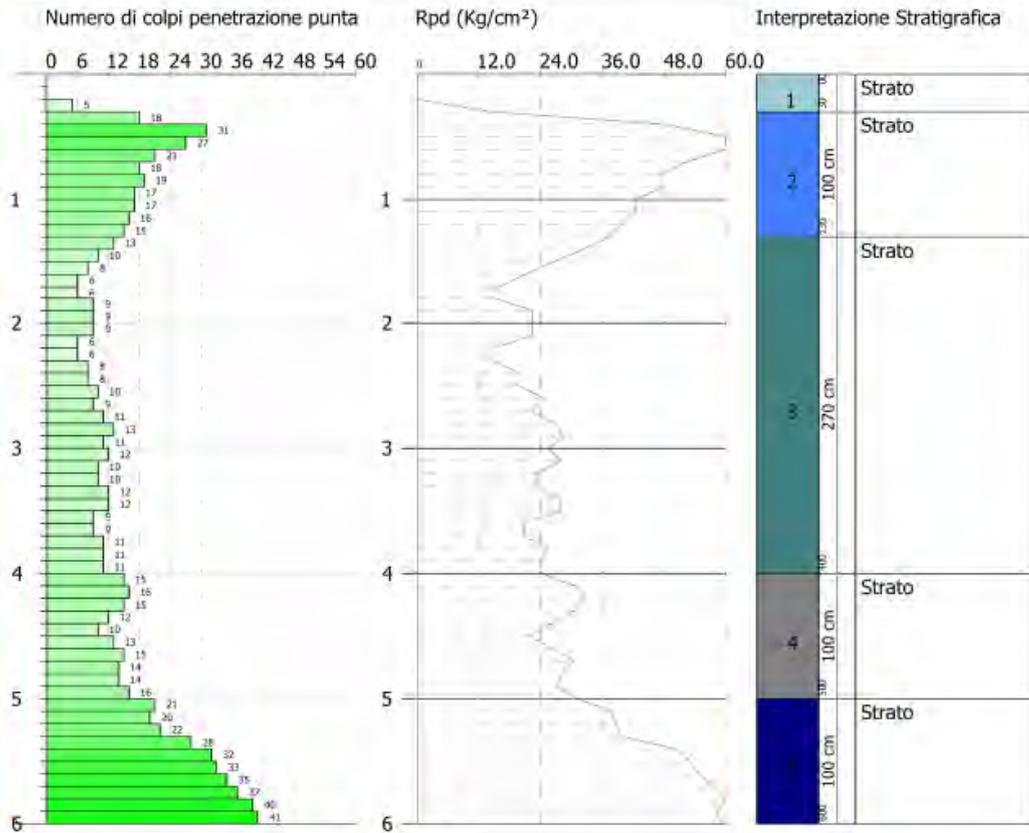


## Diagramma prova penetrometrica DP9

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

10/11/2023

Scala 1:49

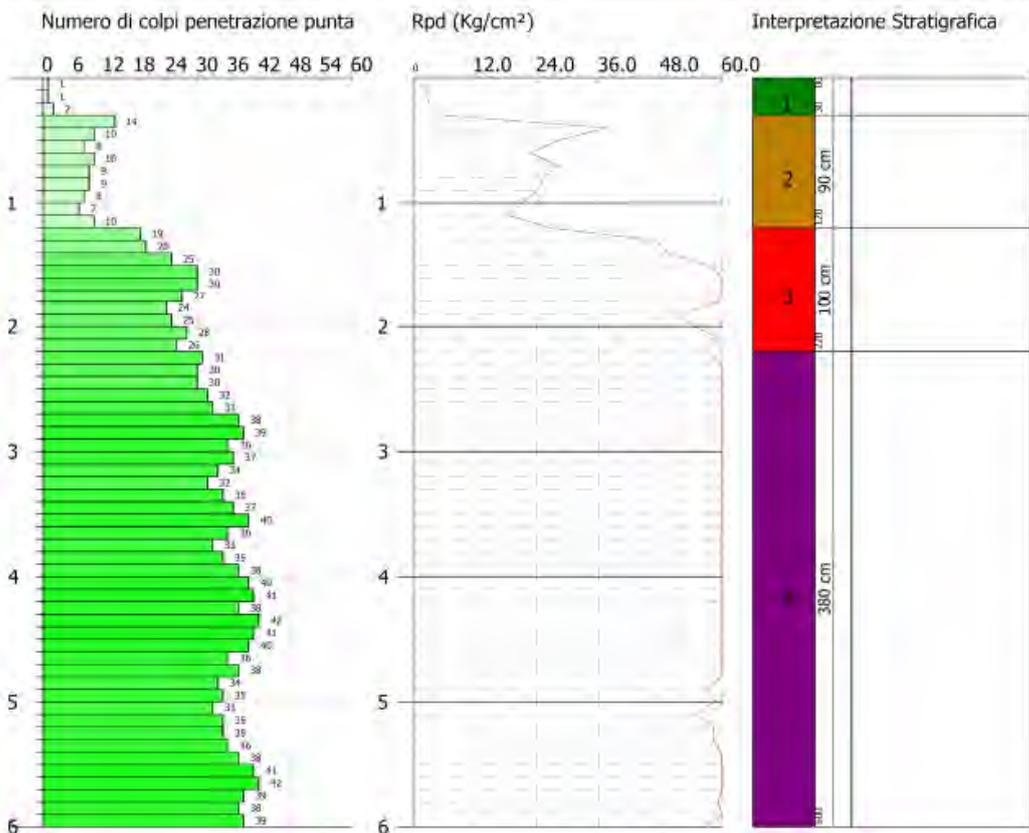


## Diagramma prova penetrometrica DP10

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

10/11/2023

Scala 1:49

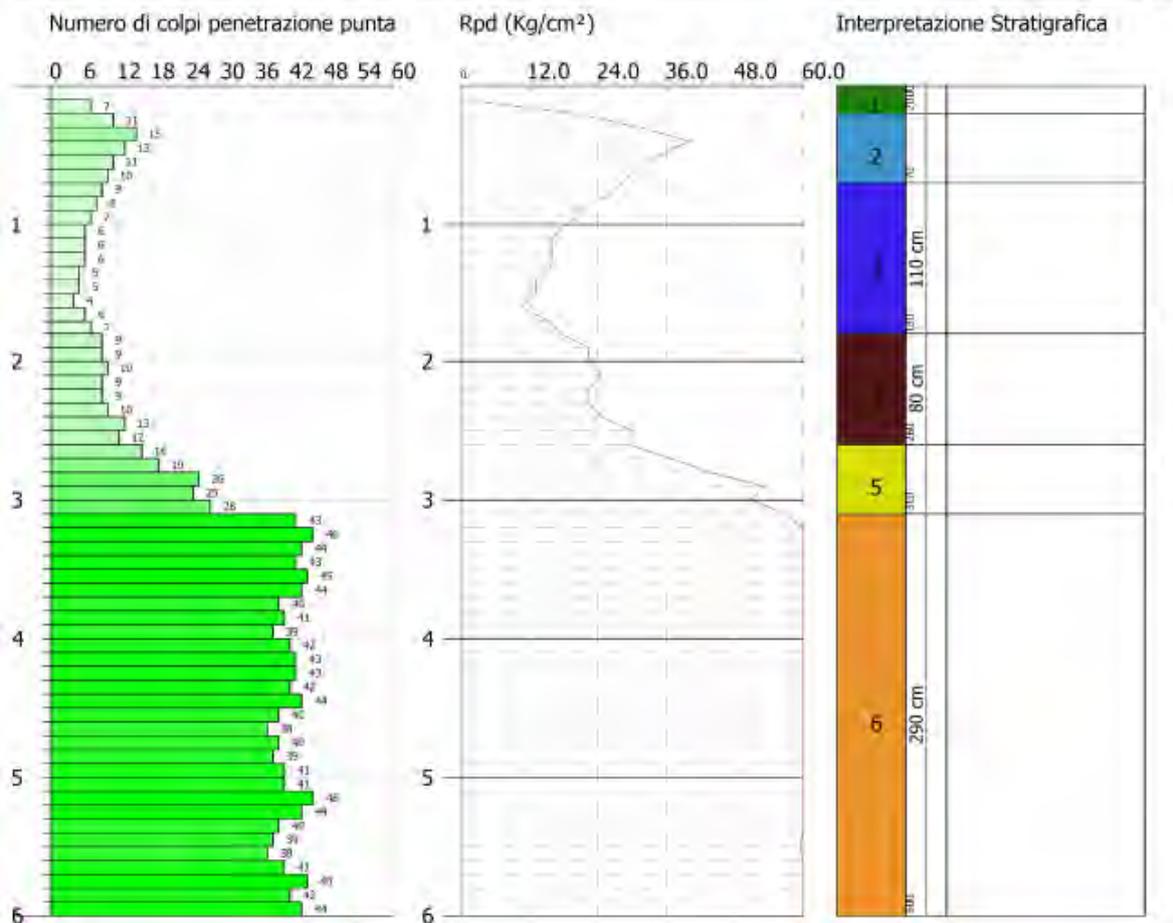


## Diagramma prova penetrometrica DP11

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

10/11/2023

Scala 1:49

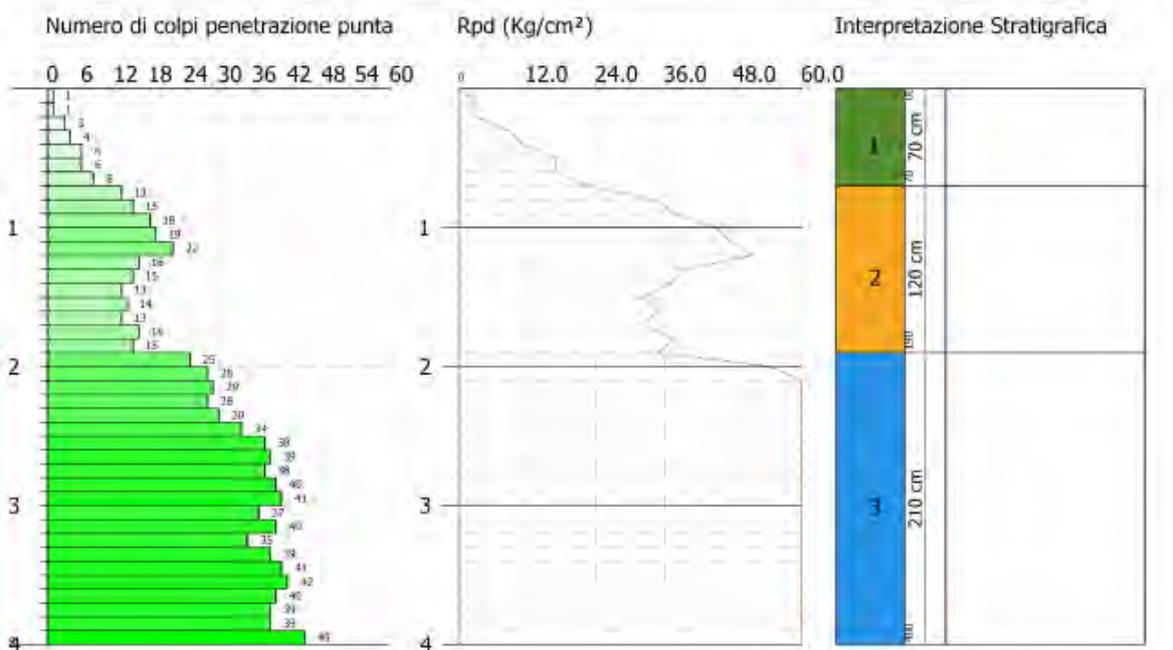


## Diagramma prova penetrometrica DP12

Committente: Arcadis Italia S.r.l.  
 Descrizione: Progetto impianto agrivoltaico  
 Localita': C.da Marcanza, Monreale (PA)

14/11/2023

Scala 1:49



## DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA



Postazione DP1



Postazione DP2



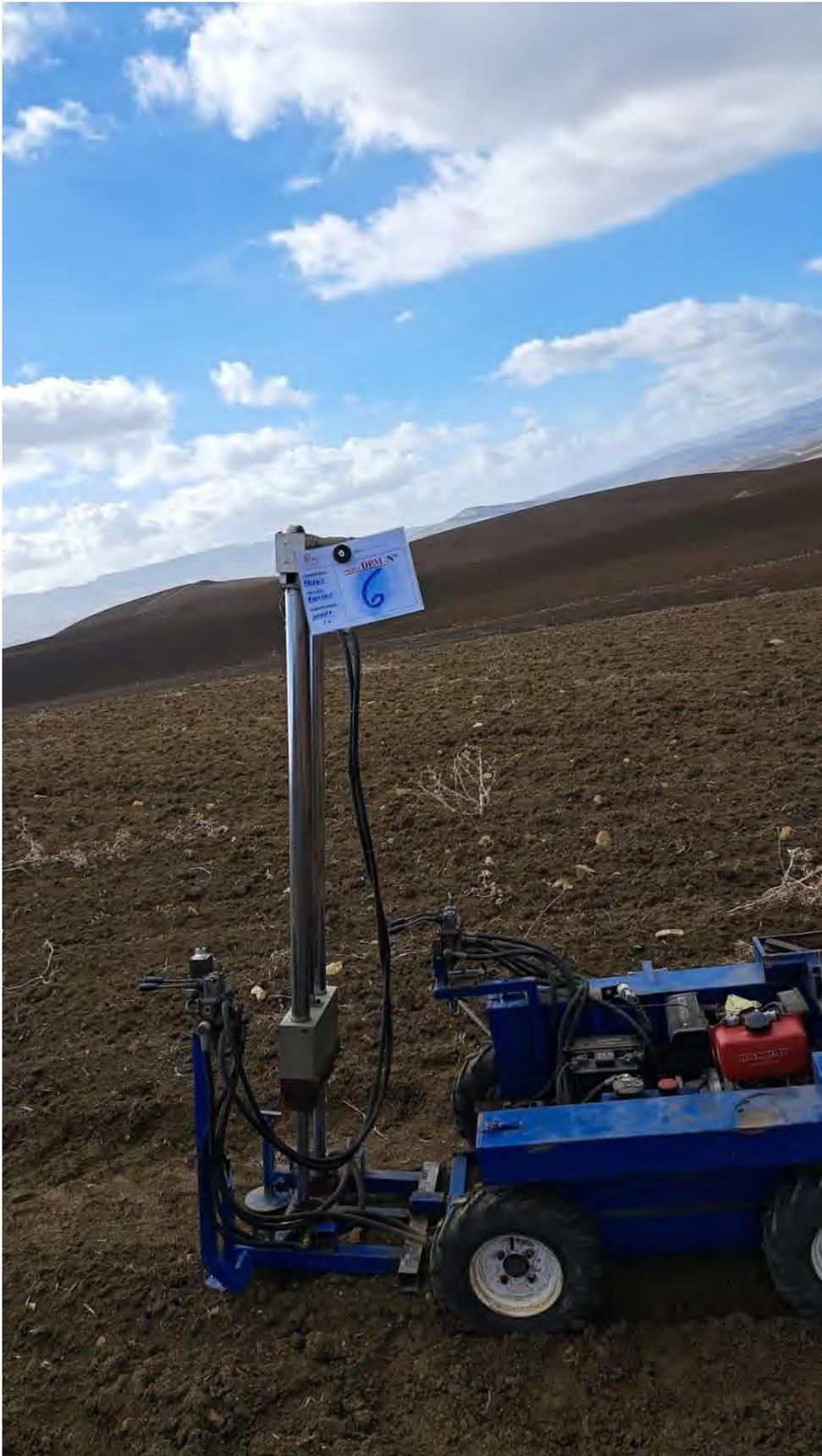
Postazione DP3



Postazione DP4



Postazione DP5



Postazione DP6



Postazione DP7



Postazione DP8



Postazione DP9



Postazione DP10



Postazione DP11



Postazione DP12

## RELAZIONE PROVE MASW

Oggetto: **Progetto NEX088a**  
**Impianto agrifotovoltaico in comune di Monreale (PA)**

Località: C.da Marcanza - Monreale (PA)

Numero Commessa: 078AS/23

Redatto: Il Direttore Tecnico      Tecnici Specialisti      Allegato n. 02b

Geol. Alfonso SPERA



*Alfonso Spiera*

Geol. Giuseppe Avellone

*Giuseppe Avellone*

Geol. Roberto De Domenico



*Roberto De Domenico*

Approvato: L'Amministratore Unico

Geol. Pietro Chiavetta

**GEOPROJECT srl**  
Amministratore Unico  
Dr. Pietro CHIAVETTA  
*Pietro Chiavetta*

Il Committente:

**ARCADIS ITALIA s.r.l.**

Data Consegna:

Novembre 2023

**GEOPROJECT srl**

C.da Crete Ferrigna snc - 90029 Valledolmo (PA) - tel/fax 091/5640657 - mail: info@geoprojectsrl.eu; web site: www.geoprojectsrl.eu

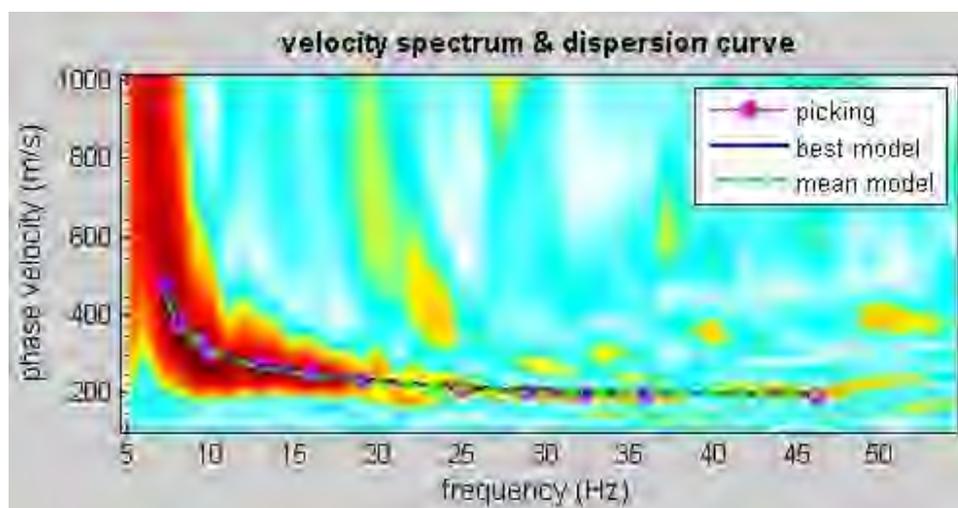
P.IVA: 05714710828 - Iscrizione CCAIA-REA: 272167

COMUNE DI MONREALE  
Città Metropolitana di Palermo

Proponente: MONREALE S.R.L

*Impianto Agrifotovoltaico sito in Comune di Monreale (PA)*  
*Progetto NEX088a*

***PROVE MASW***



## **MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)**

Per il rilievo dei dati geofisici delle prove MASW è stata utilizzata una strumentazione multicanale (sismografo DOREMI – SARA) dotata di microprocessore e convertitore A/D a 64 bit, caratterizzata da un'alta frequenza di campionamento (da 100 a 1.000 microsec), da una lunghezza record dati da 50 ms a 60 s, nonché da sistemi di acquisizione ad incremento di segnale, preview, possibilità di congelamento delle tracce, sistema di filtri per la riduzione del noise, sistema di amplificazione a virgola flottante, AGC, ecc.. L'energizzazione del terreno è stata ottenuta tramite una massa da 10 kg battente verticalmente su una piastra metallica di accoppiamento al terreno, mentre per il rilievo delle onde sismiche sono stati utilizzati geofoni ad alto guadagno a 4.5 Hz di tipo verticale.

Per ottimizzare il rilievo delle onde superficiali di Rayleigh, sono state utilizzate le geometrie e i parametri di acquisizione, schematizzati nella seguente tabella 1.

<b>Lunghezza stesa (m)</b>	<b>Spaziatura geofoni (m)</b>	<b>Offset (m)</b>	<b>Campionamento / Tempo acquisizione (s)</b>	<b>N.tracce</b>
38	2.0	6 / 8	0.00025 / 1.5	20

**Tabella 1 – Geometrie e parametri di acquisizione dell'indagine MASW.**

Nelle prove sono state effettuate n. 2 acquisizioni, con numerose ripetizioni (mediamente 4 battute), a distanza differente per poi scegliere quella di migliore qualità. Sono state anche acquisiti segnali sismici operando energizzazioni all'altro estremo dello stendimento, per evidenziare, in fase interpretativa, eventuali variazioni dovute a eccessive inclinazioni degli strati.

L'acquisizione dei dati non ha comportato particolari difficoltà, soprattutto per il basso livello di rumore ambientale dell'area e l'ottimo accoppiamento dei geofoni sul terreno vegetale, producendo, di conseguenza, dei sismogrammi molto ben delineati. Le registrazioni delle tracce sismiche sono state visualizzate direttamente in sito, dove sono state eseguiti i controlli di qualità dei dati (verifica qualitativa del carattere dispersivo delle onde di superficie); tali registrazioni, successivamente, sono state trasferite e memorizzate su supporto magnetico per la seguente fase di trattamento ed elaborazione al computer.

I dati acquisiti, che consistono nelle registrazioni dei treni d'onda a partire dall'istante di energizzazione, per un intervallo di tempo di 1.5 s, sono stati elaborati, operando mediante analisi delle velocità di fase della porzione di segnale relativo alle onde superficiali di Rayleigh. L'elaborazione dei dati acquisiti è stata condotta utilizzando uno specifico software (WinMasw) che consente di gestire il sismogramma digitale, selezionare le tracce utili, eseguire l'analisi spettrale, individuare le curve di dispersione delle onde di superficie ed effettuare le procedure di inversione per l'interpretazione in termini di modello sismostratigrafico di Vs. In particolare, per l'inversione dei dati, il software applica metodi euristici (Algoritmi genetici) che meglio gestiscono la soluzione di problemi multimodali, quali quello di derivare i parametri di un modello sismostratigrafico in funzione della curva di dispersione sperimentale delle onde di Rayleigh. Uno degli aspetti critici nella utilizzazione dei dati ricavati da prove

sismiche per onde superficiali (attive e/o passive) per scopi ingegneristici è infatti dato dalla non-unicità della soluzione. Diverse combinazioni dei parametri di modello possono essere infatti associate a curve di dispersione molto simili e praticamente equivalenti rispetto ai dati sperimentali disponibili. L'utilizzo di metodi di inversione deterministici con ricerca locale del minimo, quale ad esempio il metodo dei minimi quadrati, portano all'individuazione di un unico profilo di  $V_s$ , spesso fortemente condizionato dalla scelta del modello iniziale. I metodi euristici non richiedono la definizione di un modello di partenza, ma è sufficiente definire un intervallo di valori per ogni parametro (spazio dei parametri) all'interno del quale vengono valutate le possibili soluzioni. Lo scopo dell'intera procedura è identificare il modello la cui curva di dispersione meno si scosta dai dati osservati. Tale modello sarà evidentemente caratterizzato dal minor errore di adattamento (misfit o funzione obiettivo), che in questo caso è rappresentato dalla deviazione standard tra le velocità di fase osservate e calcolate. Oltre al modello con la migliore "funzione obiettivo", è però anche possibile definire un modello medio "pesato" sulla base del valore della stessa. Tale modello medio è spesso più stabile e quindi affidabile e offre anche una stima delle deviazioni standard dei parametri considerati. In generale l'elevato numero di modelli valutati (durante una procedura euristica) consente inoltre la valutazione statistica della significatività della soluzione.

Con le tecniche descritte sono stati analizzati i dati delle prove MASW eseguite, i cui risultati, rappresentati, per ogni prova, da n°2 tavole grafiche, sono riportati in allegato alla presente relazione. Per quanto attiene a tali elaborati allegati, in particolare, si può osservare che nella prima tavola, oltre ai dati generali sui parametri di acquisizione e ubicazione della prova, è raffigurato il sismogramma con le tracce normalizzate, mentre nella seconda sono rappresentati graficamente i risultati dell'inversione della curva di dispersione (spettro di velocità con "picking" e modello migliore e medio; evoluzione dell'errore di adattamento, profilo verticale di  $V_s$  con tracciati i diversi modelli e lo spazio di ricerca) con evidenziati i valori di  $V_{s_{eq}}$  del modello migliore e medio. Da segnalare che prima di effettuare il picking della curva spettrale e procedere all'inversione, è stata effettuata una modellazione diretta tenendo in conto anche i dati di rilievi geologici, geognostici e geofisici disponibili per le aree in studio. Questi modelli sismostratigrafici diretti sono stati utilizzati come base per selezionare gli intervalli di ricerca dei valori dei parametri geofisici.

In sintesi, le prove MASW effettuate hanno fornito dei modelli interpretativi migliore e medio multistrati, simili tra loro, con errori sufficientemente bassi, ben correlati e congrui con l'assetto litostratigrafico locale. In particolare, vengono evidenziate in tutte le prove caratteristiche sismico-dinamiche modeste per i primi livelli del sottosuolo che migliorano con l'approfondimento fino a raggiungere, intorno a 14-16.5 m dal p.c., valori di velocità sismica tipici di un substrato abbastanza integro, assimilabile alla formazione pelitico-sabbiosa tortoniana. Da segnalare che la prova MW1 è stata ubicata in un'area di affioramento del membro sabbioso della Fm. Terravecchia, mentre la prova MW2 nella zona di affioramento del membro pelitico-argilloso della stessa formazione.

In generale l'incertezza sui parametri (velocità e spessore) è comunque abbastanza elevata, in particolare per gli strati più profondi, ed è valutabile mediamente intorno al 20%. Per quanto riguarda le correlazioni stratigrafiche, si segnala infine che i fondamenti teorici del metodo MASW fanno riferimento ad un semispazio stratificato con strati paralleli e orizzontali; quindi, il profilo stratigrafico delle onde di taglio ( $V_s$ ) è relativo ad un dato mediato, riferito per convenzione al centro dello stendimento, che non tiene conto di eventuali eterogeneità laterali nelle caratteristiche elasto-dinamiche e della presenza di pendenze significative.

Dai dati sismostratigrafici del modello migliore e medio ricavati dall'interpretazione della prova MASW è possibile calcolare le stime delle velocità equivalente delle onde di taglio, definita dalla seguente relazione:

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

dove  $h_i$  e  $V_i$  indicano lo spessore (in m) e la velocità delle onde di taglio dello strato  $i$ -esimo, per un totale di  $N$  strati presenti al di sopra del tetto del substrato rigido ( $V_s > 800$  m/s) riscontrato alla profondità  $H$ . In questo caso, non avendo riscontrato, entro 30 m di profondità, un livello stratigrafico caratterizzato da  $V_s > 800$  m/s, si pone la profondità  $H$  pari a 30 m, secondo le indicazioni della normativa suddetta.

Nella tabella seguente sono riepilogati i valori di  $V_{S,eq}$  ricavati dai modelli interpretativi finali, congiuntamente all'errore di adattamento ai dati sperimentali.

Prova MASW	Modello Migliore $V_{S,eq}$ (m/s)	Modello Medio $V_{S,eq}$ (m/s)	Errore best fit
MW1	434	432	3,5
MW2	352	352	1,1

**Tabella 2**

Si osserva che le prove MASW eseguite rilevano valori di  $V_{S,eq}$ , che ai sensi delle NTC2018, risultano compresi in uno stretto intervallo tra il limite inferiore della categoria **B** (*“Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*) e il limite superiore della categoria **C** dei suoli di fondazione (*“Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*).

La differenza tra i risultati delle prove MASW può essere indicativa della diversa composizione, granulometria e stato di addensamento dei due litotipi prevalenti (membro sabbioso – prova MW1 e membro pelitico-argilloso – prova MW2) della Fm. Terravecchia presenti in affioramento nell'area di progetto.

Tenendo conto che l'unità pelitico-argillosa rappresenta di gran lunga il litotipo maggiormente presente nel sottosuolo della zona del progettato impianto fotovoltaico e che il  $V_{s_{eq}}$  è molto condizionato dal valore dell'ultimo strato rilevato, che, inoltre, risulta anche quello con maggiore incertezza statistica, si ritiene che assegnare la categoria **C** dei suoli di fondazione al complesso dei terreni di fondazione dell'area in studio sia la scelta più idonea e non estremamente conservativa.

Per ogni ulteriore considerazione di dettaglio relativa ai risultati della prospezione sismica, si rimanda ad un'analisi degli elaborati allegati.

Valledolmo, 25 novembre 2023

## Geoproject srl

Geol. Alfonso Spera



## Tecnici specialisti

Geol. Giuseppe Avellone



Geol. Roberto De Domenico



## MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

### MW1 – Contrada Marcanza (quota s.l.m.: 258,2 m) - Monreale (PA)

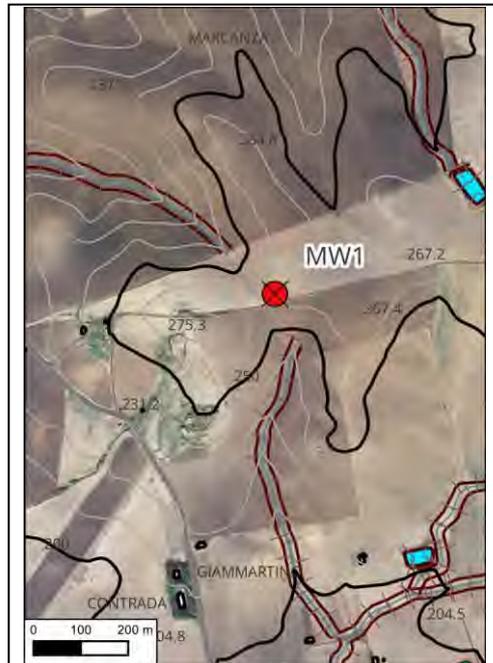
Geometrie e parametri di acquisizione

Prova MASW	Lunghezza stesa (m)	Spaziatura geofoni (m)	Offset (m)	Campionamento / Tempo acquisizione (s)	N.tracce
MW1	38	2	2 / 6	0.0025 / 1.5	20

Centro dello stendimento, Coordinate ETRS89-UTM33N: 325558,59718; 4192773,98171

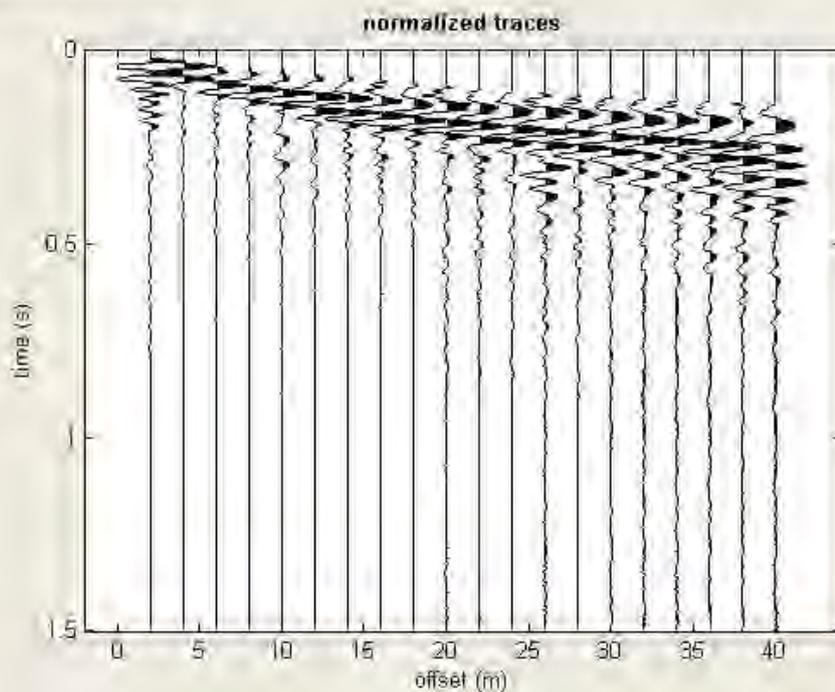


Operazioni di acquisizione **MASW1**



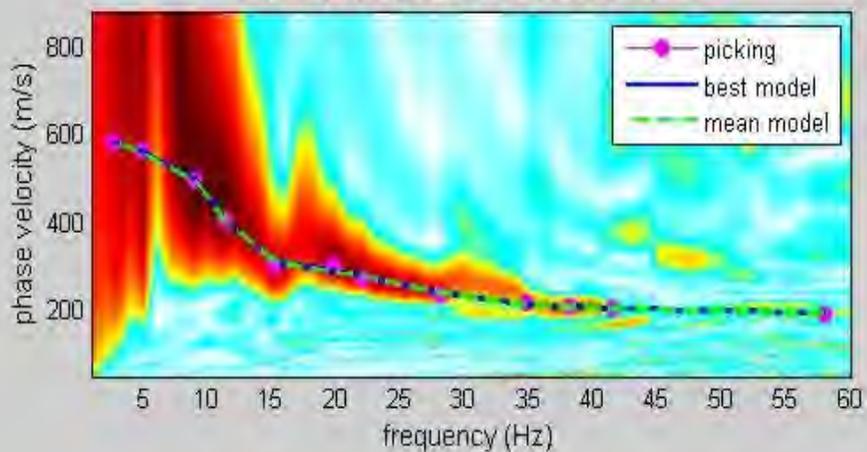
Stralcio C.T.R. e ortofoto (S.I.T.R.)

dataset: 2023-11-09\_2-11-55\_4000\_0150\_20\_tckSm\_s\_E02.dat  
 minimum offset: 2 m  
 geophone spacing: 2 m  
 sampling: 0.25 ms

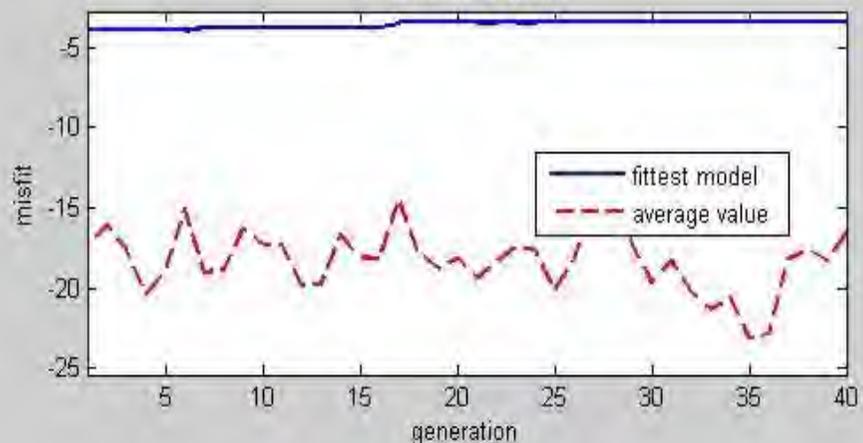


Sismogramma

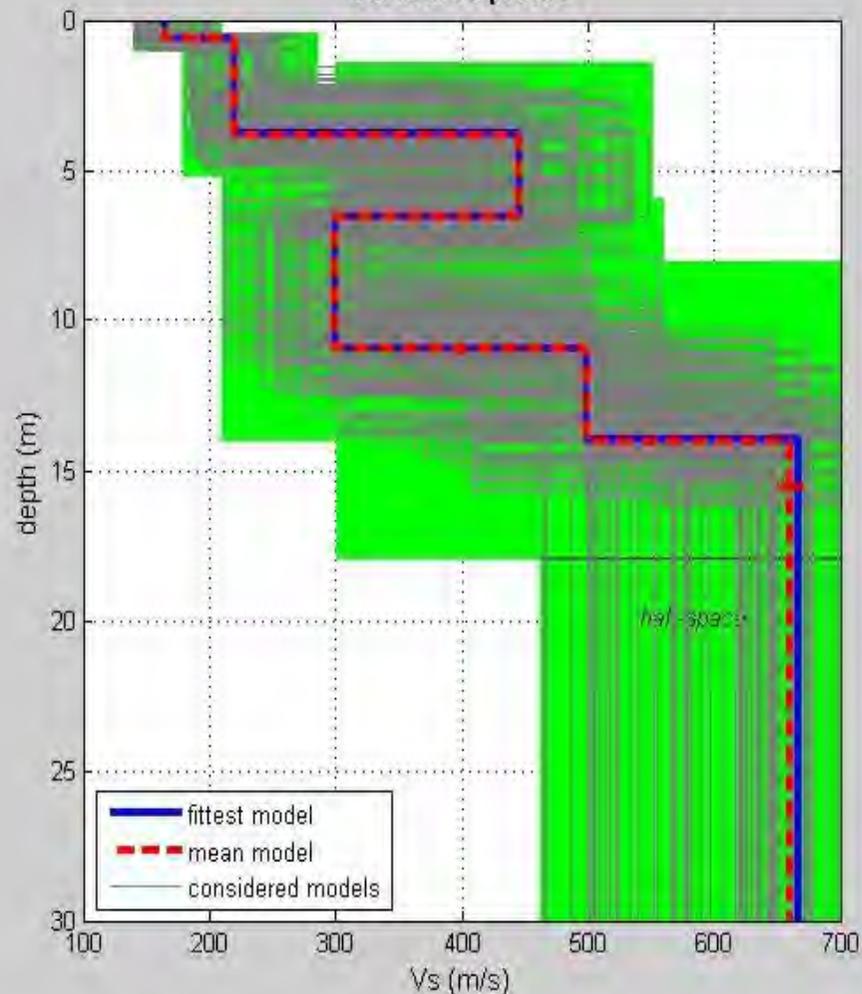
velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution



Vertical Vs profile



Risultato finali del processo di inversione dei dati (errore best fit = 3.5)

Modello migliore			Modello medio (13 dati)		
Prof. letto (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Prof. letto (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
0.6	0.6	165	0.6	0.6	165
3.8	3.2	220	3.8	3.2	220
6.5	2.7	446	6.5	2.7	446
10.9	4.4	300	10.9	4.4	300
13.9	3.0	499	13.9	3.0	499
---	---	667	---	---	660

$V_{seq}$  (best model) = 434 m/s

$V_{seq}$  (mean model) = 432 m/s

## MASW (Multichannel Analysis of Surface Waves)

### MW2 – Contrada Marcanza (quota s.l.m.: 222,6 m) - Monreale (PA)

Geometrie e parametri di acquisizione

Prova MASW	Lunghezza stesa (m)	Spaziatura geofoni (m)	Offset (m)	Campionamento / Tempo acquisizione (s)	N.tracce
MW2	38	2	2 / 6	0.0025 / 1.5	20

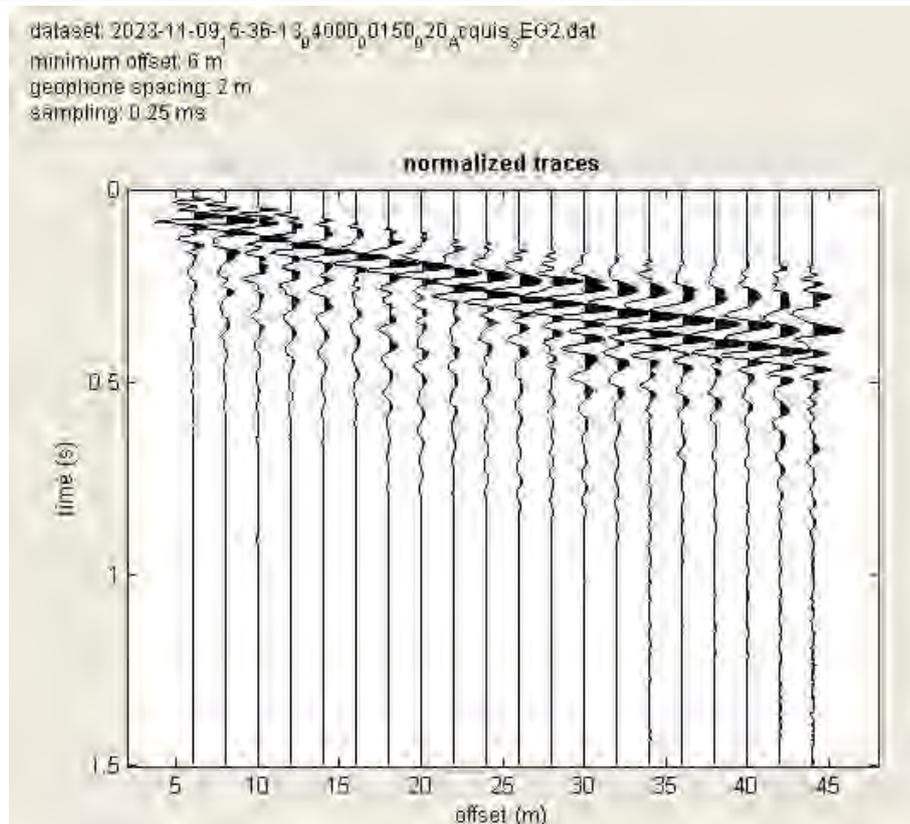
Centro dello stendimento, Coordinate ETRS89-UTM33N: 325022,85824; 4193217,88219



Operazioni di acquisizione **MASW2**

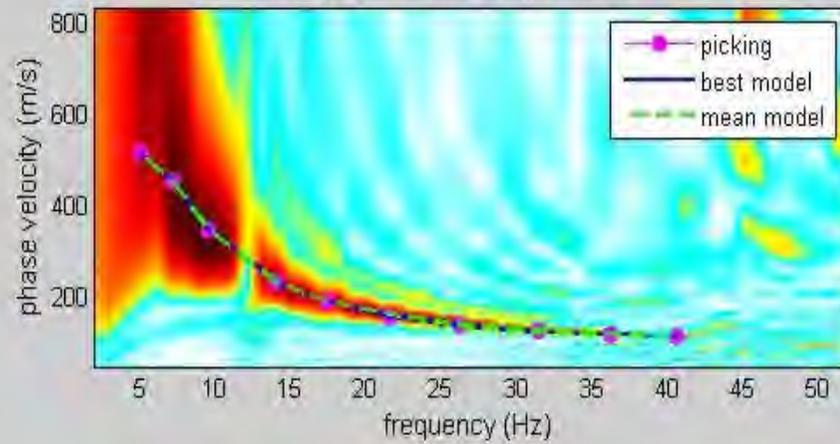


Stralcio C.T.R. e ortofoto (SITR)

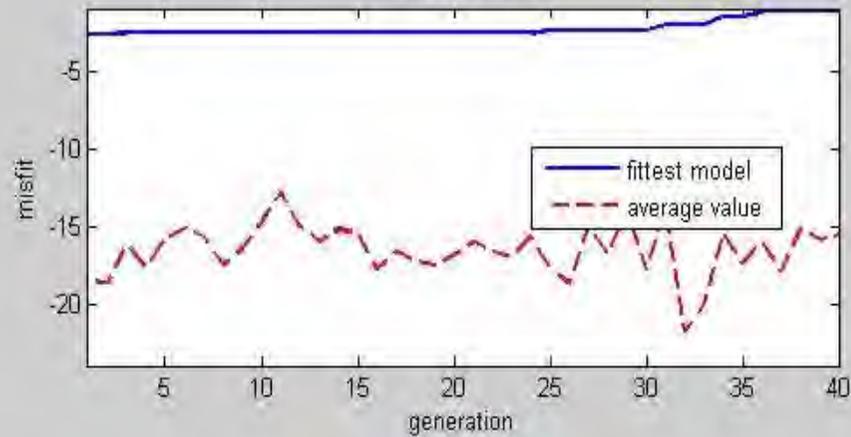


Sismogramma

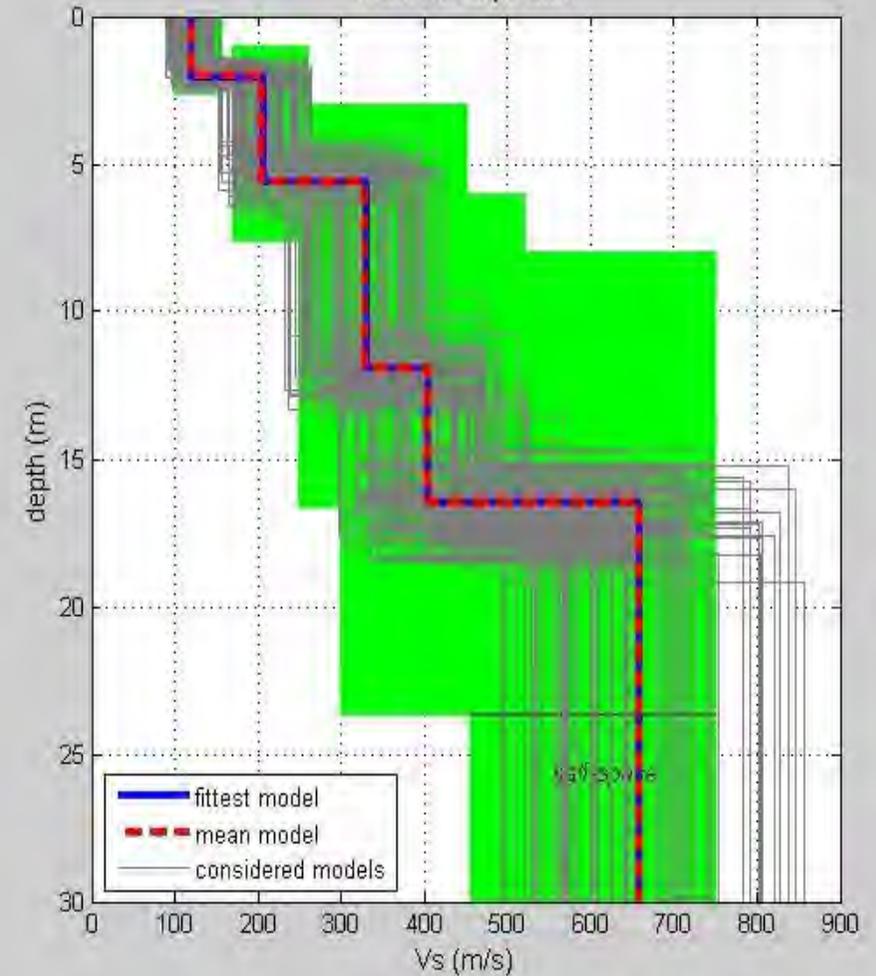
velocity spectrum & dispersion curve



misfit evolution



Vertical Vs profile



Risultato finali del processo di inversione dei dati (errore best fit = 1.1)

Modello migliore			Modello medio (12 dati)		
Prof. letto (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)	Prof. letto (m)	Spessore (m)	Vs (m/s)
2.1	2.1	121	2.0	2.0	121
5.7	3.6	207	5.6	3.6	206
12.0	6.3	330	11.9	6.3	330
16.5	4.5	404	16.5	4.6	404
---	---	659	---	---	659

**Vs<sub>eq</sub> (best model) = 352 m/s**

**Vs<sub>eq</sub> (mean model) = 352 m/s**