

# **COMUNE DI ACATE**

**- LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA -**

## **RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA**

### **Progetto definitivo**

*“Progetto per la realizzazione di un impianto agro fotovoltaico per la produzione di energia elettrica, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili denominato  
BIDDINE”*

**Comm.: Studio BLC s.r.l.** per conto di  
**Renantis Sicilia S.r.l.**

**Data: Giugno 2023**



**Dott. Geol. Ignazio Giuffrè**

Via Mazzini, 9 - 90018 Termini Imerese (PA) Tel. 338.4373063  
P. IVA: 04698200823 E Mail – ignazio.giuffre@gmail.com



## COMUNE DI ACATE

- LIBERO CONSORZIO COMUNALE DI RAGUSA -

RELAZIONE GEOLOGICO – TECNICA

### Progetto definitivo

*“Progetto per la realizzazione di un impianto agro fotovoltaico per la produzione di energia elettrica, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili denominato BIDDINE”*

#### **Premessa**

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto per la realizzazione di un impianto agro fotovoltaico per la produzione di energia elettrica, delle opere connesse e delle infrastrutture indispensabili denominato *BIDDINE*.

Il lavoro è stato commissionato allo scrivente dallo studio *BLC s.r.l.*, per conto della *Renantis Sicilia S.r.l.*

Il tale ottica e per fornire al progettista, gli elementi di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico, in ottemperanza alle norme riportate nelle *N.T.C. 2018 - Norme tecniche per le costruzioni* (D.M. 17 Gennaio 2018), sono stati eseguiti diversi sopralluoghi, in modo da acquisire quanti più elementi possibili per una esatta ricostruzione delle condizioni generali caratterizzanti l'area in studio.



Il presente studio viene redatto in conformità all'art. 15 della L. R. 16/16 ex art. 13 L. 64/74, per la richiesta di parere di compatibilità geomorfologica.

Lo studio geologico è stato inoltre redatto in conformità alla Circolare n. 3 DRA del 20.06.2014 - Prot. n. 28807 del 20.06.2014 – “*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).

I dati rilevati unitamente a quelli noti allo scrivente, per essersi interessato in passato a studi su terreni di analoga facies petrografica, sono stati in ultimo correlati con quanto indicato in merito dalla letteratura specializzata esistente (“*Carta geologica del settore centro meridionale dell’Altopiano Ibleo*”, redatta dal Mario Grasso e pubblicata a cura dell’Istituto di Geologia e Geofisica dell’Università di Catania ed elaborata in scala 1:50.000).

Molte informazioni di carattere geologico e stratigrafico sono state desunte dall’analisi dei numerosi fronti di scavo presenti nei pressi dell’area di interesse.

In ultimo sono state eseguite indagini geofisiche con sismica a rifrazione applicando il metodo *MASW*, al fine di approfondire le conoscenze sui terreni oggetto di studio, ed in particolare per la definizione della categoria di suolo di fondazione ai sensi dell’Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri, ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006 e dalla Circolare 21/01/2019, n. 7 “*Istruzioni per l’applicazione dell’aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni*” di cui al *D.M. 17 gennaio 2018*” (G. U. Serie Generale n.35 del 11-02-2019 - Suppl. Ordinario n. 5).

Sarà compito del progettista, sulla scorta dei dati di seguito riportati e da quelli emersi dalle indagini eseguite, effettuare le verifiche e le scelte progettuali così come previsto dalle norme vigenti (*parere del Consiglio di Stato n°154 del 02.06.1994*).

Il lavoro è stato , quindi, articolato sviluppando il seguente schema:

1. inquadramento dell’area ed opere previste in progetto;
2. lineamenti geologici;
3. lineamenti geomorfologici;



4. lineamenti idrogeologici;
5. considerazioni di carattere climatico;
6. considerazioni geologico - tecniche;
7. considerazioni litotecniche;
8. Sismica a rifrazione - tecnica MASW;
  - 8.1. classificazione del suolo di fondazione con il metodo MASW;
  - 8.2. risultati delle analisi MASW;
  - 8.3. categoria di suolo individuata;
9. pericolosità sismica locale;
10. zonizzazione del territorio;
11. conclusioni.

Risultano allegati alla presente relazione i seguenti elaborati:

- stralcio topografico in scala 1:25.000;
- aerofotogrammetria in scala 1:10.000;
- carta geologica in scala 1:10.000;
- carta geomorfologica in scala 10.000;
- carta idrogeologica in scala 1:10.000;
- carta litotecnica in scala 1:10.000;
- carta delle pericolosità geologiche in scala 1:10.000;
- carta della pericolosità sismica in scala 1:10.000;
- indagini sismiche;
- documentazione fotografica.



## 1. Inquadramento dell'area

L'area oggetto del presente studio è localizzata nel settore centro meridionale della Sicilia.

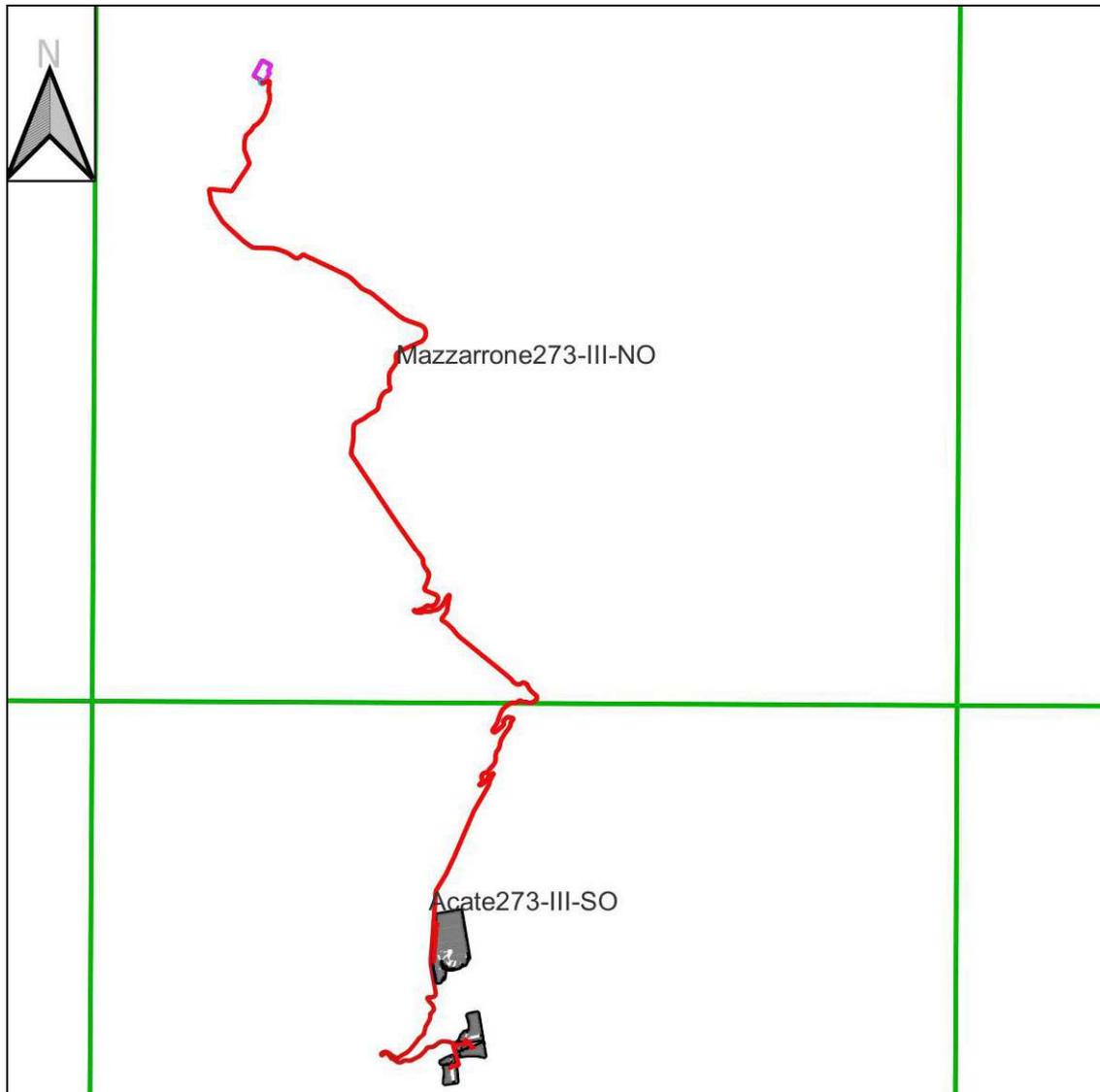
In dettaglio ci troviamo su un'area, facente parte del territorio comunale di Acate (RG) e ricadente nella contrada denominata *Biddine*, mentre le opere di connessione ricadono in contrada *Marfisa* nel comune di Caltagirone (CT).



Topograficamente, il sito rientra nella Tavoletta "Acate", Foglio n° 273, Quadrante III, Orientamento S. O., redatte dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000 e le opere di connessione nella Tavoletta "Mazzarrone", Foglio n° 273, Quadrante III, Orientamento N. O..



Inoltre l'impianto ricade nelle Sezioni 644100, 644110, 644140 e 644150 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000 e le opere di connessione nelle Sezioni 644060 e 644020.



*Quadro d'unione delle tavolette IGMI 1:25.000 con ubicazione dell'impianto*

Il sito è identificato al catasto del comune di Acate, con le particelle sotto elencate, mentre la stazione di consegna è identificata al catasto al comune di Caltagirone, con le sotto elencate particelle:

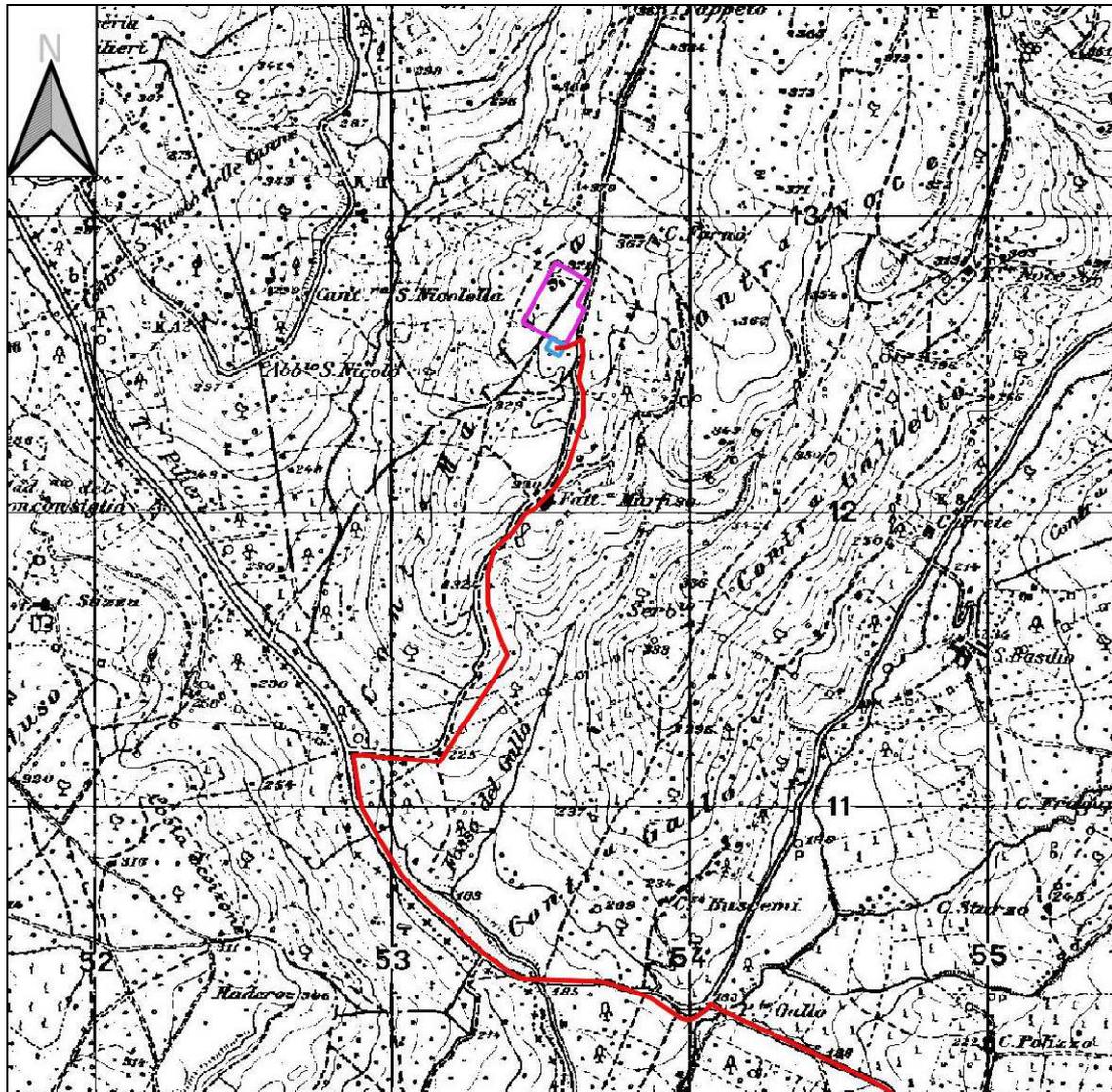


Area impianto FV		
Comune	Foglio	Particella
Acate	2	268
		254
		261
		280
		40
		245
		246
		247
		248
		259
		260
		270
		272
		273
		274
		275
277		
291		

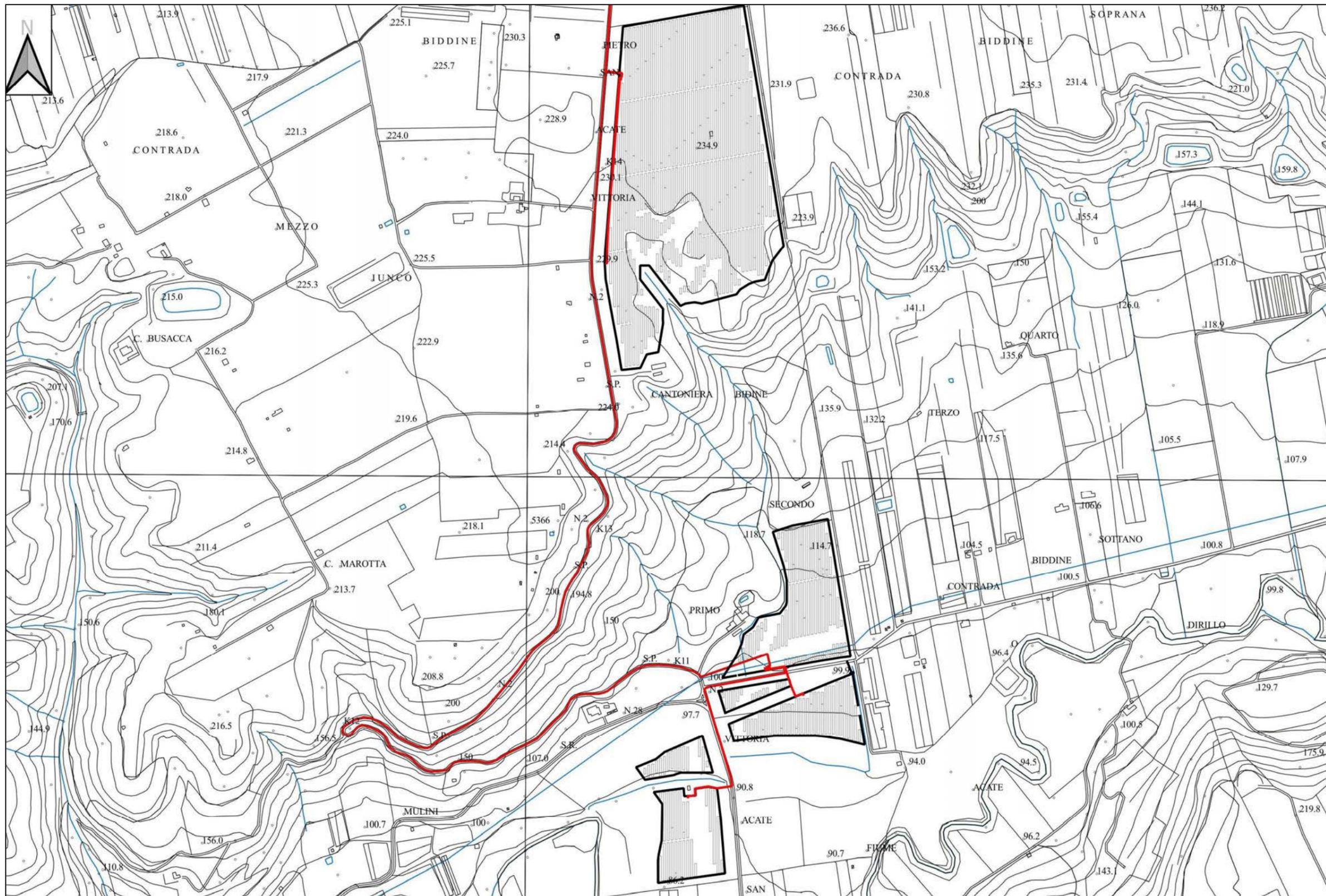
Area stazione di consegna		
Comune	Foglio	Particella
Caltagirone	239	210
		116
		118
		436
		218



Stralcio tavoletta I.G.M.I. in scala 1:25.000 (area impianto)



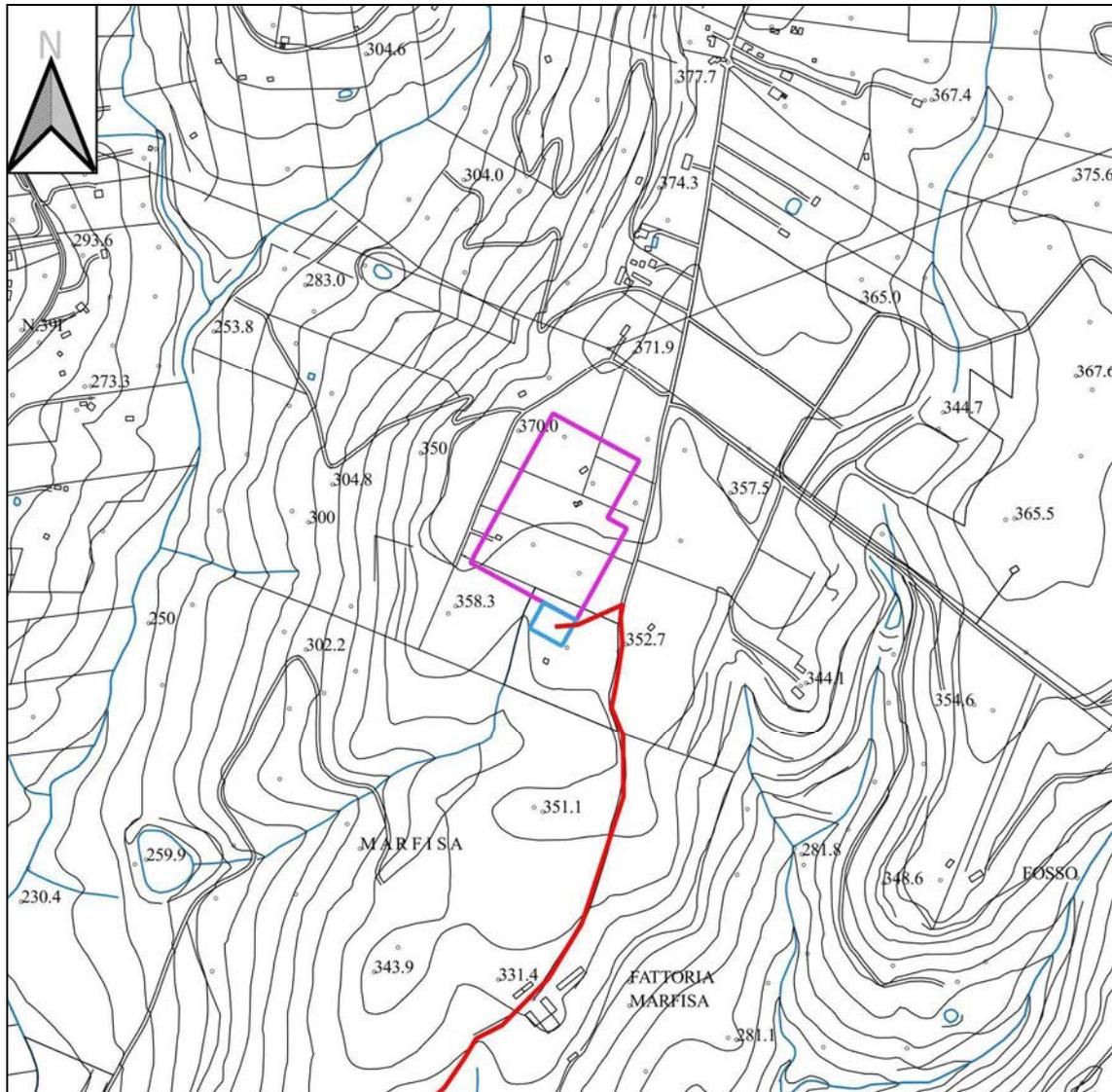
Stralcio tavoletta I.G.M.I. in scala 1:25.000 (area stazione di consegna)



Stralcio aerofotogrammetrico in scala 1:10.000 (area impianto)



Ortofoto in scala 1:10.000 (area impianto)



*Stralcio aerofotogrammetrico in scala 1:10.000 (area stazione di consegna)*

L'impianto è distinto nei seguenti lotti tutti ricadenti all'interno del territorio comunale di Acate (RG):



DATI IMPIANTO			
LOTTO	Comune di Acate - Foglio 2 - Particelle	Area impianto ha	Potenza MWp
A	268-291	29,85	24,25
B	254-261-280-40	7,74	4,94
C	245-246-248-247	3,65	2,94
D	259-260-270-272-273-274-275-277	5,00	2,88

L'area dell'impianto fotovoltaico (strutture sostegno pannelli, viabilità, cabine, fascia tagliafuoco etc.) è pari a: 46.2 ha ca. entro cui ricadono:

- Area per le colture/allevamenti di cui alla Relazione Progetto Agrovoltaiico: 27.7ha ca. tra i filari di pannelli;
- Fascia tagliafuoco: 3.4ha ca. (non pannellata);
- Area fasce di 10 m contermini agli impluvi e canali preesistenti: 1.5 ha ca. (non pannellata).

Pertanto si prevede di lasciare incolte soltanto le aree strettamente non coltivabili al di sotto delle strutture di sostegno pannelli ed in corrispondenza della viabilità e cabine, per un totale pari a 6.6 ha ca..

La committenza si impegna inoltre a realizzare su aree al di fuori dei 46.2 ha ca. d'impianto e comunque nella propria disponibilità, ulteriori aree a verde per: 20 ha ca. di cui:

- Area fascia arborata di 10 m. di separazione e protezione dell'impianto fotovoltaico: 6.9 ha ca.;



- Aree esterne: 13.1 ha ca. entro cui ricadono le colture/allevamenti di cui alla Relazione Progetto Agrovoltaico.

Conformemente al preventivo di connessione di cui alla nota del 19/10/2020 del gestore di rete e successiva modifica di cui alla note del 23/02/2023, TERNA s.p.a. la connessione dell'impianto alla Rete di Trasmissione dell'energia Elettrica (RTN) avverrà in antenna a 36kV con una nuova stazione di smistamento 220 kV della RTN da inserire in entra - esce sulla linea RTN a 220 kV "Favara – Chiaramonte Gulfi".

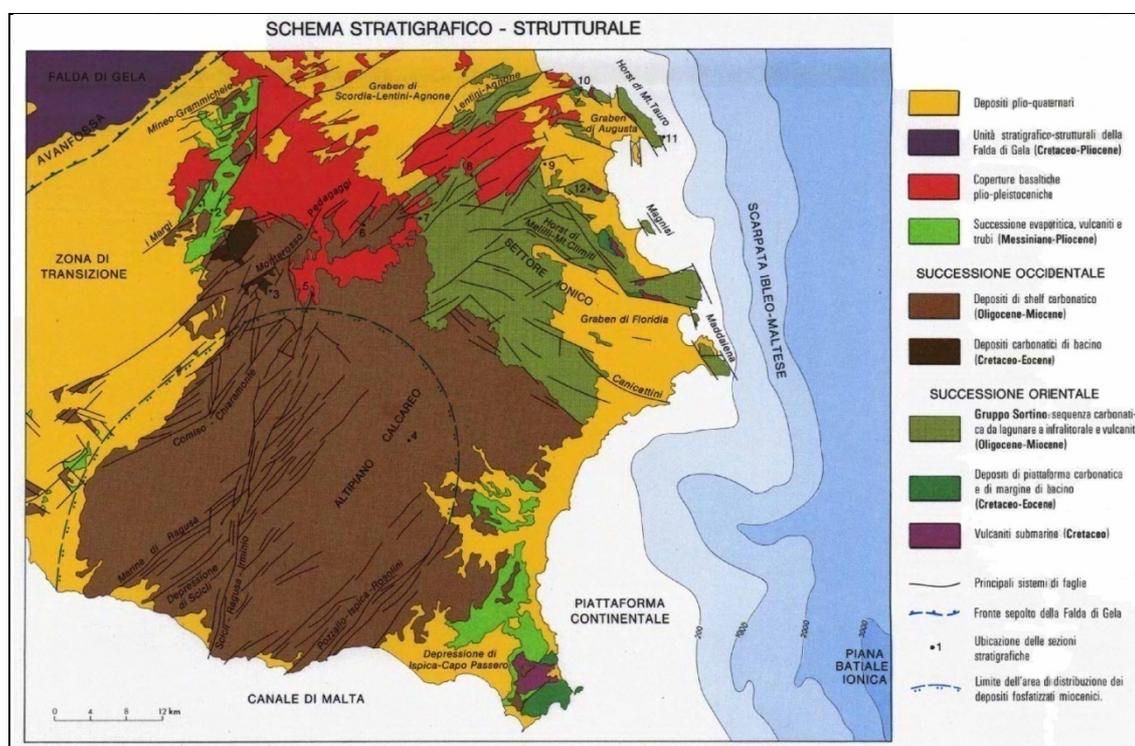




## 2. Lineamenti geologici

Dal punto di vista geologico l'area in esame ed un suo ampio intorno fanno parte dei Monti Iblei.

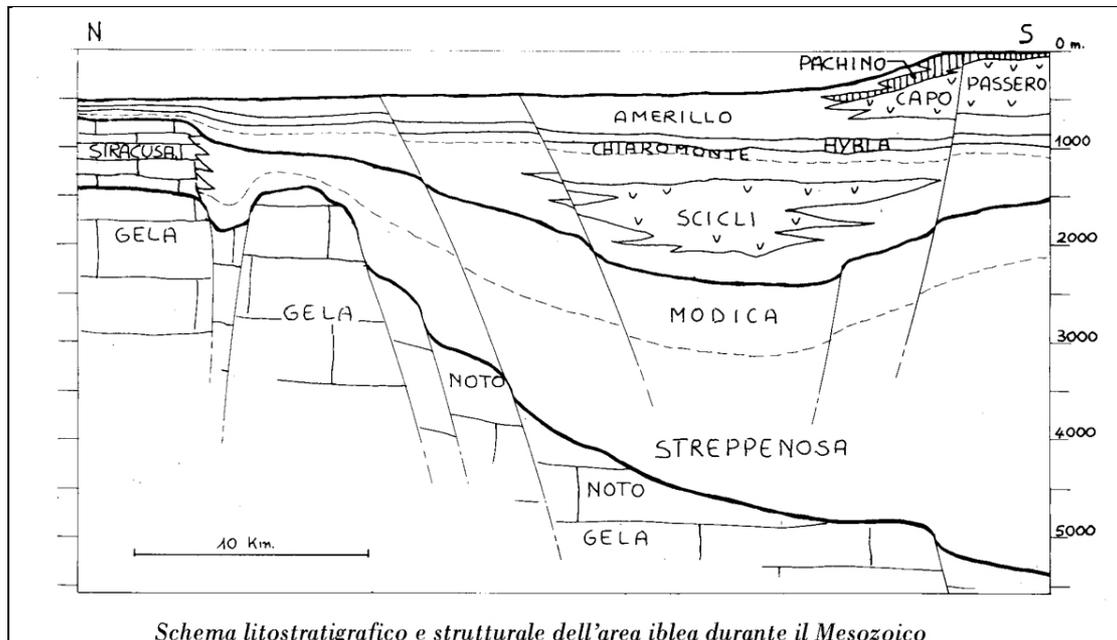
Tali struttura costituisce il settore più settentrionale dell'avampaese africano che verso Nord e Nord-Ovest va a formare l'avanfossa e al di là della congiungente Gela - Catania sparisce in sottosuolo al di sotto delle coltri della falda di Gela.



*Schema stratigrafico strutturale dei Monti Iblei*

Insieme alle aree sommerse questo settore dell'avampaese fa parte del Blocco Pelagiano che costituisce, nel complesso, una zona stabile estesa dalla Scarpata Ibleo-Maltese fino alla Tunisia, formata da una potente successione meso-cenozoica prevalentemente carbonatica con ripetute intercalazioni di vulcaniti basiche.

Non si hanno informazioni dirette del substrato pretriassico, ma viene ipotizzata la presenza di un ulteriore intervallo carbonatico del Trias medio sovrapposto ad una successione clastica del Permo - Trias.



Verso Est la continuità del Plateau è interessata dalla Scarpata Ibleo-Maltese, generata da un sistema di faglie a gradinata che delimitano la Piana Abissale ionica. Questo sistema, a direzione NNW-SSE, è stato particolarmente attivo durante gli ultimi 5 M.A. e sarebbe legato ad un progressivo collasso del bordo occidentale del Bacino Ionico.

L'avampaese Ibleo, lungo il suo bordo settentrionale ed occidentale è invece bordato da una avanfossa, con sedimentazione silico-plastica prevalentemente alimentata dai quadranti settentrionali durante il Plio-Quaternario. Questo settore del Plateau è stato interessato dalla tettagenesi plio-quadernaria che ha prodotto l'accavallamento del fronte più esterno della catena (Falda di Gela) sulle parti più periferiche dell'avampaese. Questo sottoscorrimento avviene con sistemi di faglie ad andamento NE - SO sul bordo settentrionale, mentre il margine occidentale è interessato da un complicato sistema in cui si intrecciano direttrici N-S o NNE-SSO (linea di Scicli - F. Irminio) con direttrici NE-SE (linea di Ispica a SE) e sistema di Comiso - Chiaramonte a Ovest).

Dal rilevamento geologico di dettaglio eseguito nell'area in esame, e da quanto riportato in letteratura tecnica specializzata (*"Carta geologica del settore centro*



meridionale dell'Altopiano Ibleo", redatta dal Mario Grasso e pubblicata a cura dell'Istituto di Geologia e Geofisica dell'Università di Catania ed elaborata in scala 1:50.000) litostratigraficamente dall'alto verso il basso possiamo distinguere i seguenti terreni:

- *Alluvioni recenti e attuali (a)*
- *Sabbie marine e calcareniti (Qms)*
- *Sabbie gialle (Qs)*
- *Silt argillosi (Qsa)*
- *Argille grigio azzurre (Qa)*

Il *suolo agrario (sa)* di taglia sabbioso-limosa, si è formato per alterazione pedogenetica dei depositi sottostanti, dai quali ne ha ereditato in gran parte i caratteri. Si presenta, generalmente, di colore marrone rossastro, con inclusi litici di piccole dimensioni ed ha uno spessore che raramente supera un paio di metri. Presenta, inoltre, , nella parte superficiale, frequenti residui di sostanze organiche e frammenti di apparati radicali.

Le *alluvioni fluviali (a)* sono rappresentate da sedimenti terrazzati disposti in vari ordini, costituite da ciottoli carbonatici arrotondati in abbondante matrice sabbiosa generalmente rossastra di spessore oltre i 10 metri. (*Pleistocene medio – Olocene*).

*Sabbie marine e calcareniti (Qms)*. Si tratta di sabbie marine a volte con impronte di corrente, fini, gialle e rossastre e calcareniti della Piana di Vittorio, che poggiano in discordanza su diverse unità del substrato infra pleistocenico e pre pleistocenico (Pleistocene medio)

*Argille grigio azzurre (Qa)* laterali delle calcareniti affioranti nei dintorni di Vittoria che aumentano progressivamente di spessore verso ovest fino a raggiungere in corrispondenza della foce del Fiume Acate spessori fino a 600-700 metri. Contengono *Hyalinea baltica*, *Natica millipunctata*, *Neverita iosephina*, *Turritella tricarinata pliocenens*, *Pecten jacobeus* e *Artica islandica*, che indica un ambiente da circalitorale a batiale. Nella media e bassa valle del Fiume Acate le argille grigio azzurre (Qa) passano verso l'alto ad alternanze costituite da *silts argillosi (Qsa)*, contenenti *Pecten jacobeus*, *Ostrea edulis*, *Clamys s.p.*; *Neverita iosephina*, *Natica millipunctata*, *Dentalium s.p.* ed

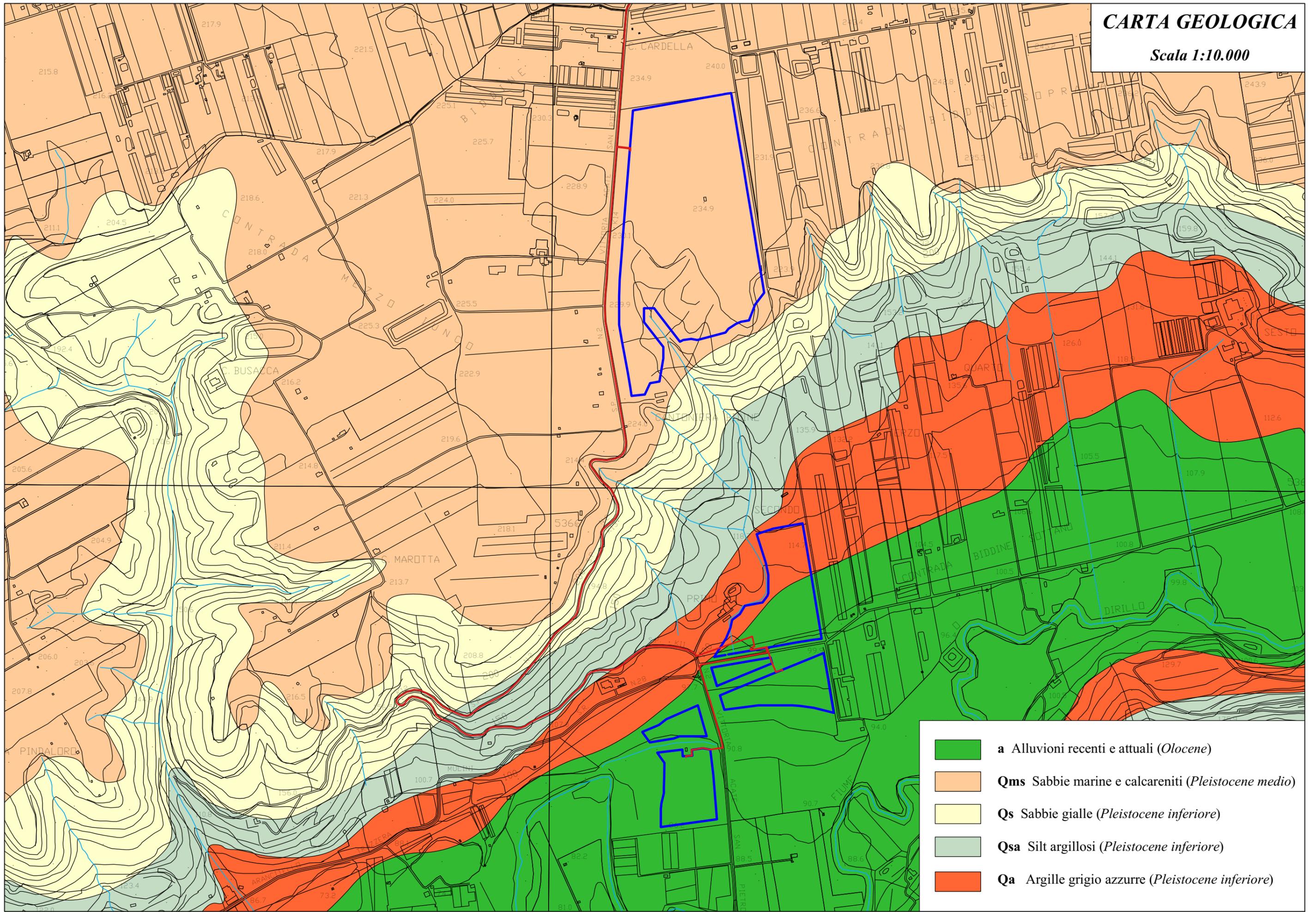


infine *sabbie gialle (Qs)* contenenti associazioni faunistiche di mare sottile a *Corbula gibba* e *Ditrupa arietina*.

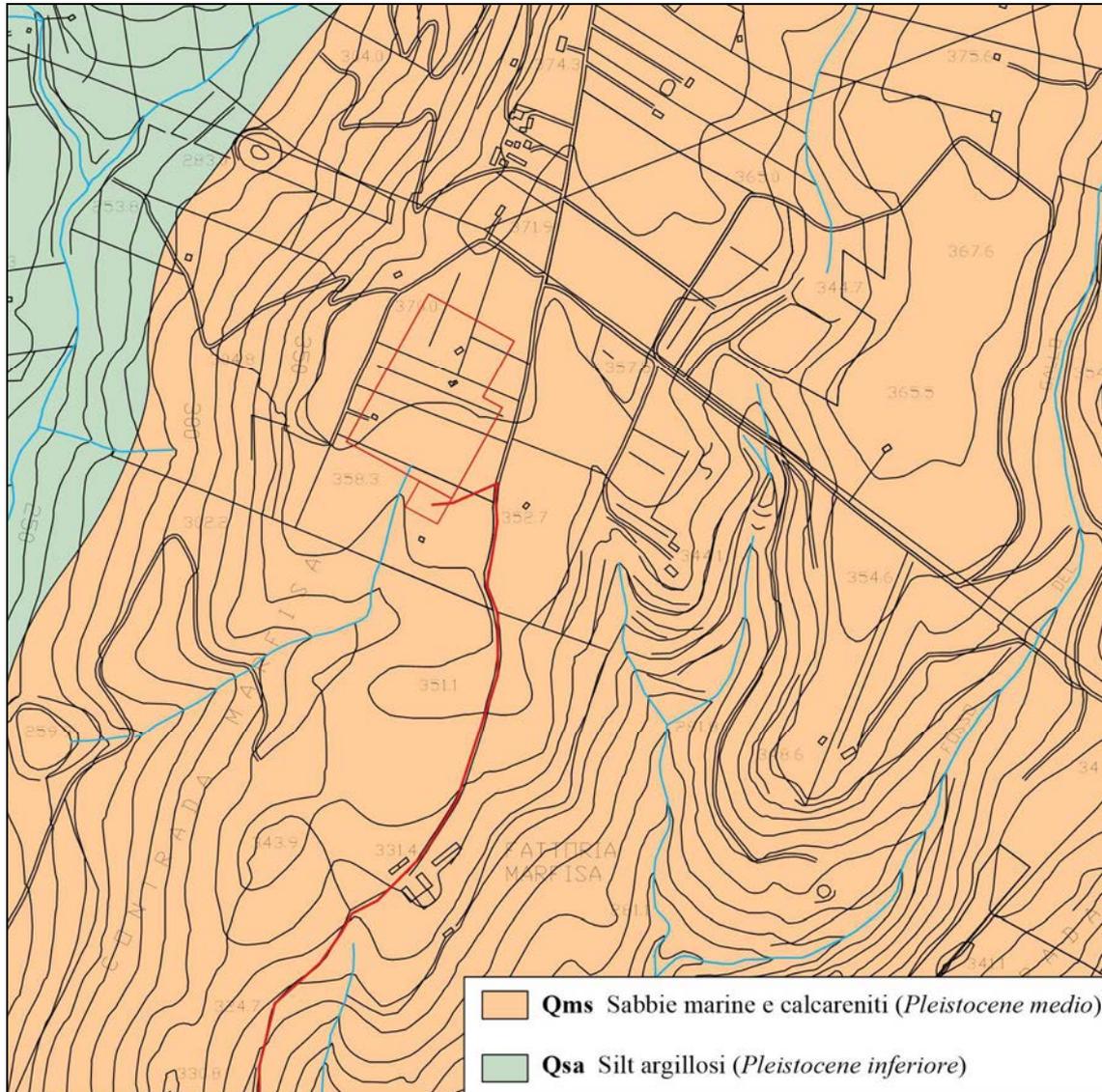
Quanto fin qui descritto, è stato rappresentato nell'allegata carta geologica in scala 1:10.000.

# CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000



-  **a** Alluvioni recenti e attuali (*Olocene*)
-  **Qms** Sabbie marine e calcareniti (*Pleistocene medio*)
-  **Qs** Sabbie gialle (*Pleistocene inferiore*)
-  **Qsa** Silt argillosi (*Pleistocene inferiore*)
-  **Qa** Argille grigio azzurre (*Pleistocene inferiore*)



*Carta geologica in scala 1:10.000 (area stazione di consegna)*



### **3. Lineamenti geomorfologici**

La morfologia di un'area è in stretta relazione con la natura dei terreni affioranti e con le vicissitudini tettoniche che, nel tempo, hanno interessato l'intero settore.

Tutto l'altopiano ibleo si presenta oggi profondamente inciso dalle forre scavate dai torrenti, localmente denominate "cave", lunghe e profonde gole, strette fra ripide scarpate e rupi di calcare bianco e assimilabili per la loro morfologia ai "canyon" del Nord-America.

I numerosi rilievi che, oltre al Monte Lauro, superano gli 800 metri di altitudine danno un'idea della vastità dell'altopiano. Elenchiamo i principali ricadenti nell'area in studio: Monte Contessa (914 m s.l.m.), Monte Chiusa Grande (870 m s.l.m.), Monte Pavone (834 m s.l.m.), Monte San Germano (706 m s.l.m.), Cozzo Tre Grotte (947 m s.l.m.).

L'alternarsi dei tavolati calcarei e delle cave dà origine ad un paesaggio unico, tipico degli Iblei, in cui i pianori sommitali calcarei, aridi per il fenomeno del carsismo, si alternano, con forte contrasto, alle profonde cave che, al contrario, si presentano lussureggianti di vegetazione a causa della costante presenza dell'acqua di fiumi e torrenti e del limitato soleggiamento diurno, condizioni queste che consentono a molte specie vegetali di sopravvivere alla lunga e siccitosa estate siciliana.

Dal punto di vista morfologico la maggior parte dell'area è costituita da un altipiano che a partire da quota 1000 m s.l.m. in corrispondenza dei rilievi basaltici di Monte Lauro va gradualmente a degradare verso Sud e verso Est fino al livello del mare. Il suddetto plateau, prevalentemente carbonatico, risulta profondamente inciso da una rete dendritica di valli che drenano il deflusso superficiale nel settore sud-occidentale verso sud con recapito nel Mare Mediterraneo, nel settore settentrionale e orientale verso Est con recapito nel Mare Ionio.

Le valli o cave incise nella serie carbonatica miocenica, presentano particolari morfologie fluvio-carsiche prodotte della erosione meccanica delle acque e della corrosione chimica dei calcari da parte delle acque acide. La diffusa carsificazione, soprattutto nel settore orientale dell'area, si manifesta sia con morfologie superficiali



tipo karren sui versanti, vaschette di dissoluzione e solchi di vario tipo, sia con condotti carsici fossili a vari livelli. Sui fondovalle sono presenti inghiottitoi, nella maggior parte dei casi sepolti al di sotto di materiale alluvionale e grotte-sorgenti, che alimentano il deflusso superficiale, emergenti in corrispondenza dei punti di affioramento dei locali livelli piezometrici. L'alimentazione dei corsi d'acqua perenni, anche durante i periodi non piovosi, può altresì avvenire in modo puntiforme attraverso polle ubicate in corrispondenza di fratture lungo il subalveo roccioso.

L'area in esame ed un suo ampio intorno sono caratterizzate da una superficie topografica regolare caratterizzata dalla presenza di depositi quaternari (*a, Qa, Qs, Qsa, Qms*)

Tali morfotipi risultano legati all'azione geomorfologica del mare del Pleistocene superiore che ha ripetutamente invaso quest'area, lasciando come tracce evidenti della sua azione i terrazzamenti prima detti.

Questi terrazzamenti sono il prodotto delle diverse oscillazioni eustatiche del livello marino avvenuti, come già detto, nel Pleistocene superiore e dei movimenti orogenetici a cui è stata sottoposta l'area in studio in tempi successivi.

In generale, le spianate prodotte risultano comprese principalmente intorno a tre quote topografiche differenti, formando tre "ordini" di terrazzi, formati in tre periodi diversi del Pleistocene.

Durante le fasi di sopralluogo, l'area ove si prevede di realizzare l'impianto fotovoltaico e la sottostazione, risultano interessate da fenomeni erosivi legati alle acque di scorrimento superficiale, che rientrano in una normale dinamica evolutiva dei versanti.

Viceversa in alcune aree, esterne all'area d'impianto, sono stati individuati e riportati in apposita carta geomorfologica, movimenti franosi e fenomeni di ruscellamento concentrato.

Le considerazioni svolte scaturiscono dai rilievi superficiali effettuati, la cui sintesi è riportata in una **carta geomorfologica** in scala 1:10.000, allegata.

In sintesi sono stati osservati i seguenti morfotipi:

- ***alveo in approfondimento*** – si registra un'evoluzione piuttosto rapida in seguito



a precipitazioni di forte intensità e lunga durata, in considerazione della natura argillosa del letto dei piccolissimi valloni presenti, caratterizzati da carattere torrentizio, con portate elevate solo nei periodi piovosi; tali dissesti sono localizzati al di fuori dell'impianto da realizzare.

- **frane** – sono stati localizzati dei dissesti superficiali, posti al di fuori del parco da realizzare, classificabili come colamenti lenti e deformazioni superficiali lente.

In ogni caso nelle aree dove verranno realizzati l'impianto e la sottostazione, allo stato attuale non sono stati rinvenuti dissesti in atto che possano enfiare la futura installazione degli stessi.

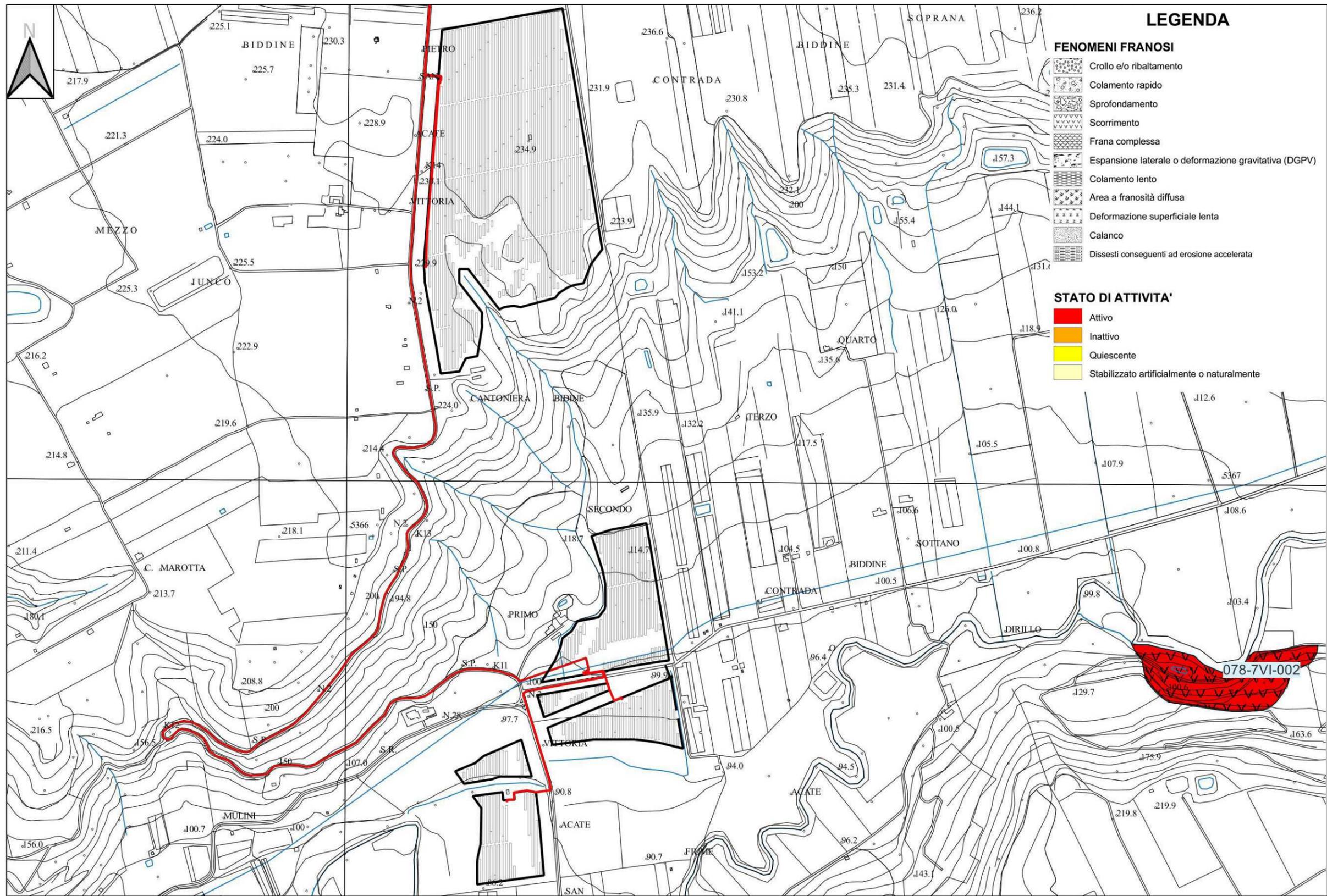
Quanto fin qui detto è stato riportato nell'allegata carta geomorfologica in scala 1.10.000.

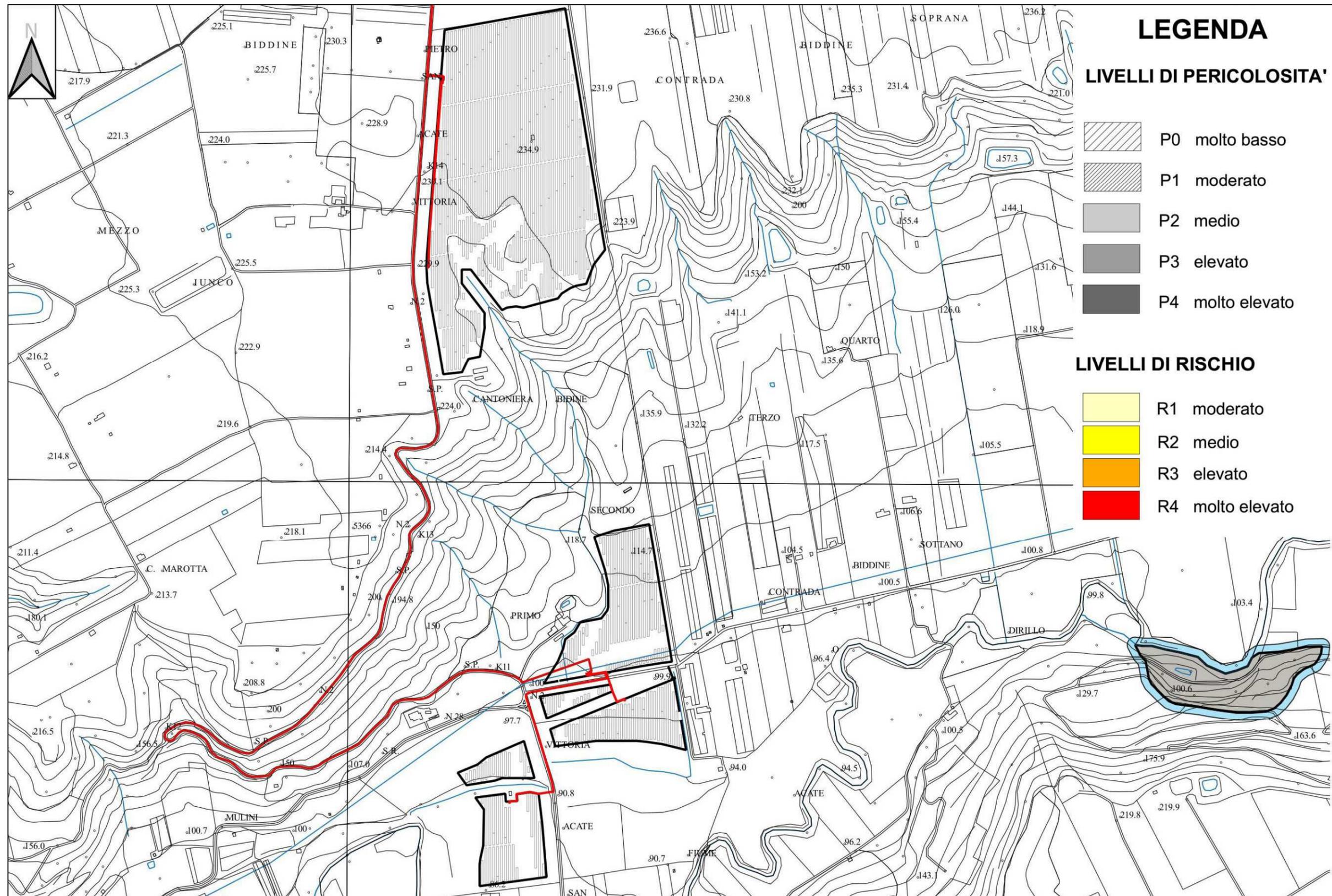
In ultimo, è stato preso in esame il P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) relativo al *bacino idrografico del F. Acate Dirillo (078)*, redatto dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, approvato con Decreto Presidenziale del 08.10.2004, e pubblicato sulla G:U.R.S. n° 52 del 03.12.2004 e successive modifiche ed integrazioni, e la zona di stretto interesse, non ricade ne in aree in dissesto, ne in aree a rischio, ne in aree a pericolosità, ai sensi del predetto P.A.I..

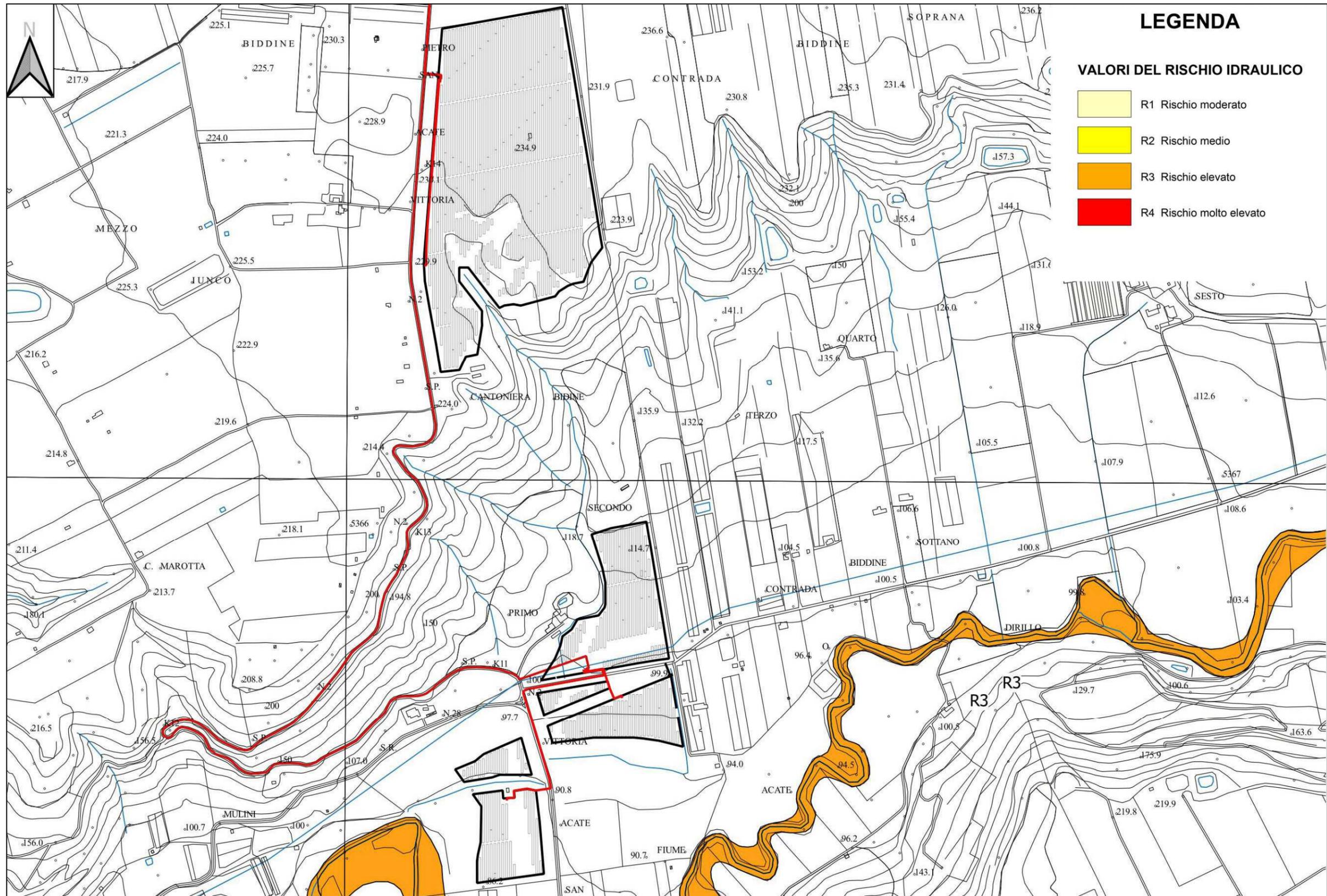
Pertanto, da quanto osservato, si desume che l'area è stabile e che l'installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie, non comporterà l'innescarsi di fenomeni di instabilità anche localizzati.

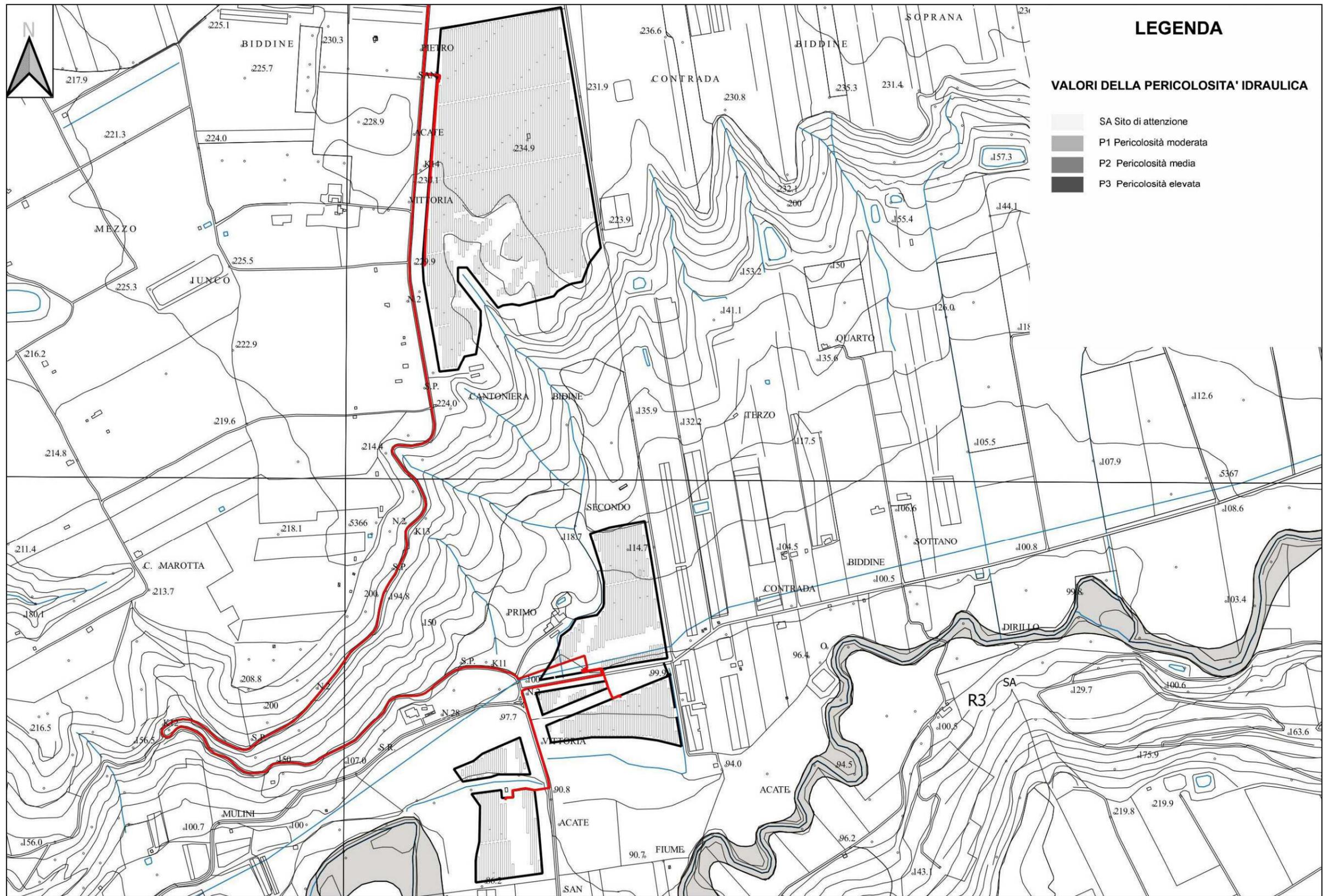
Di seguito si allegano inoltre i seguenti stralci, relativi al bacino idrografico in esame, con l'ubicazione delle aree di intervento:

- *Carta dei dissesti;*
- *Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico;*
- *Carta del rischio idraulico per fenomeni di esondazione;*
- *Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione.*















#### 4. Lineamenti idrogeologici

Dal punto di vista della “*permeabilità*”, cioè dell’attitudine che hanno le rocce nel lasciarsi attraversare dalle acque di infiltrazione efficace, si possono distinguere vari tipi di rocce:

- *rocce impermeabili*, nelle quali non hanno luogo percettibili movimenti d’acqua per mancanza di meati sufficientemente ampi attraverso i quali possono passare, in condizioni naturali di pressione, le acque di infiltrazione;
- *rocce permeabili*, nelle quali l’acqua di infiltrazione può muoversi o attraverso i meati esistenti fra i granuli che compongono la struttura della roccia (*permeabilità per porosità e/o primaria*), o attraverso le fessure e fratture che interrompono la compagine della roccia (*permeabilità per fessurazione e fratturazione e/o secondaria*).

Inoltre, in alcuni litotipi si manifesta una permeabilità “*mista*”, dovuta al fatto che rocce aventi una permeabilità primaria, sottoposte a particolari genesi, acquistano anche quella secondaria.

Le formazioni litologiche affioranti nell’area rilevata, in base alle loro caratteristiche strutturali ed al loro rapporto con le acque di precipitazione, sono state classificate in una scala di permeabilità basata sulle seguenti quattro classi:

1. *rocce permeabilità per porosità*;
2. *rocce impermeabili*.

Per quanto riguarda le rocce ricadenti nella prima classe (*rocce permeabili per porosità*), sono stati incluse le *Alluvioni recenti e attuali (a)*, le *Sabbie marine e calcareniti (Qms)*, le *Sabbie gialle (Qs)* ed i *Silt argillosi (Qsa)*.

In generale, tali litotipi costituiscono facili vie d’accesso alle acque di precipitazione, le quali in tempi relativamente brevi si infiltrano (“infiltrazione efficace”) ed accumulano nel sottosuolo (“falde freatiche”).

A causa dei loro spessori, sovente variabili, tali litotipi costituiscono adunamenti idrici di spessore e potenza variabile.



Sono state incluse nella seconda classe (*rocce impermeabili*), i litotipi afferenti alle *Argille grigio - azzurre (Qa)*. Tali terreni presentano una permeabilità primaria da bassa a nulla ed una assenza di falde acquifere; al contrario, in particolari zone d'alterazione, può esistere una lenta circolazione idrica organizzata in filetti discontinui che dipende esclusivamente dal regime pluviometrico variabile nelle stagioni.

Solitamente, come detto prima, tali terreni sono il substrato impermeabile dei litotipi prima citati costituendo il limite inferiore di tali elementi idrogeologici e permettendo, così, l'accumulo sotterraneo delle acque di infiltrazione efficace.

Quanto detto finora, viene accuratamente riassunto nella tabella allegata, riportante, tra l'altro, il range di valori del coefficiente di permeabilità (**K**) dei diversi litotipi presenti.

<b>LITOTIPO</b>	<b>TIPO DI PERMEABILITÀ</b>	<b>GRADO DI PERMEABILITÀ</b>	<b>COEFFICIENTE DI PERMEABILITÀ</b>
<i>Alluvioni recenti e attuali (a); Sabbie marine e calcareniti (Qms); Sabbie gialle (Qs); Silt argillosi (Qsa)</i>	<i>Porosità</i>	<i>alta</i>	$10^{-1}-10^{-3}$
<i>Argille grigio azzurre (Qa)</i>	<i>Impermeabili</i>	<i>da bassa a molto bassa</i>	$10^{-7}-10^{-9}$

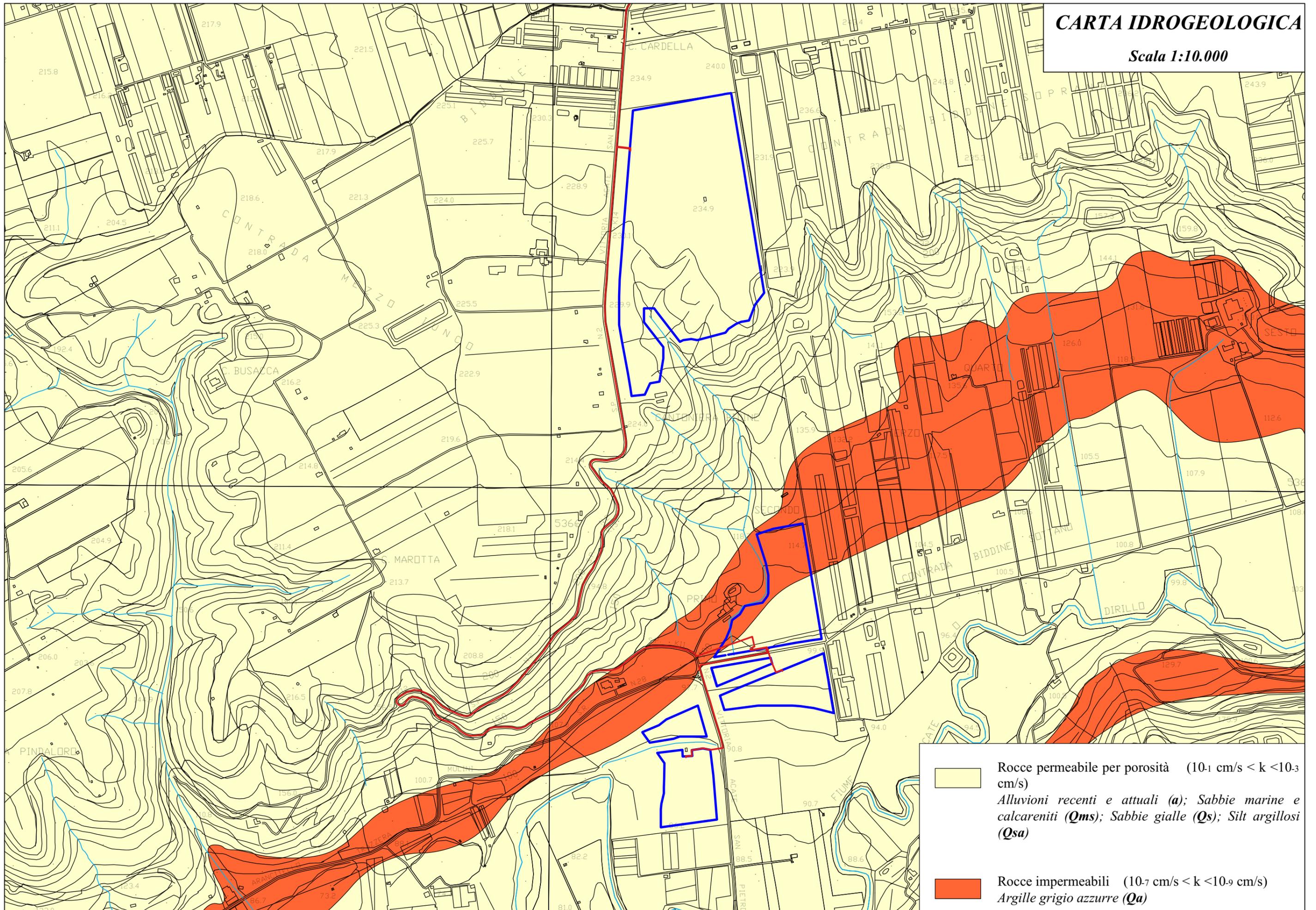
*Schema riepilogativo*

Si sottolinea infine che nessuna sorgente ricade nelle vicinanze del parco fotovoltaico da realizzare e si può inoltre asserire che l'intero impianto da non turberà l'equilibrio idrico sotterraneo e che le opere di fondazione non interferiranno con le eventuali falde presenti.

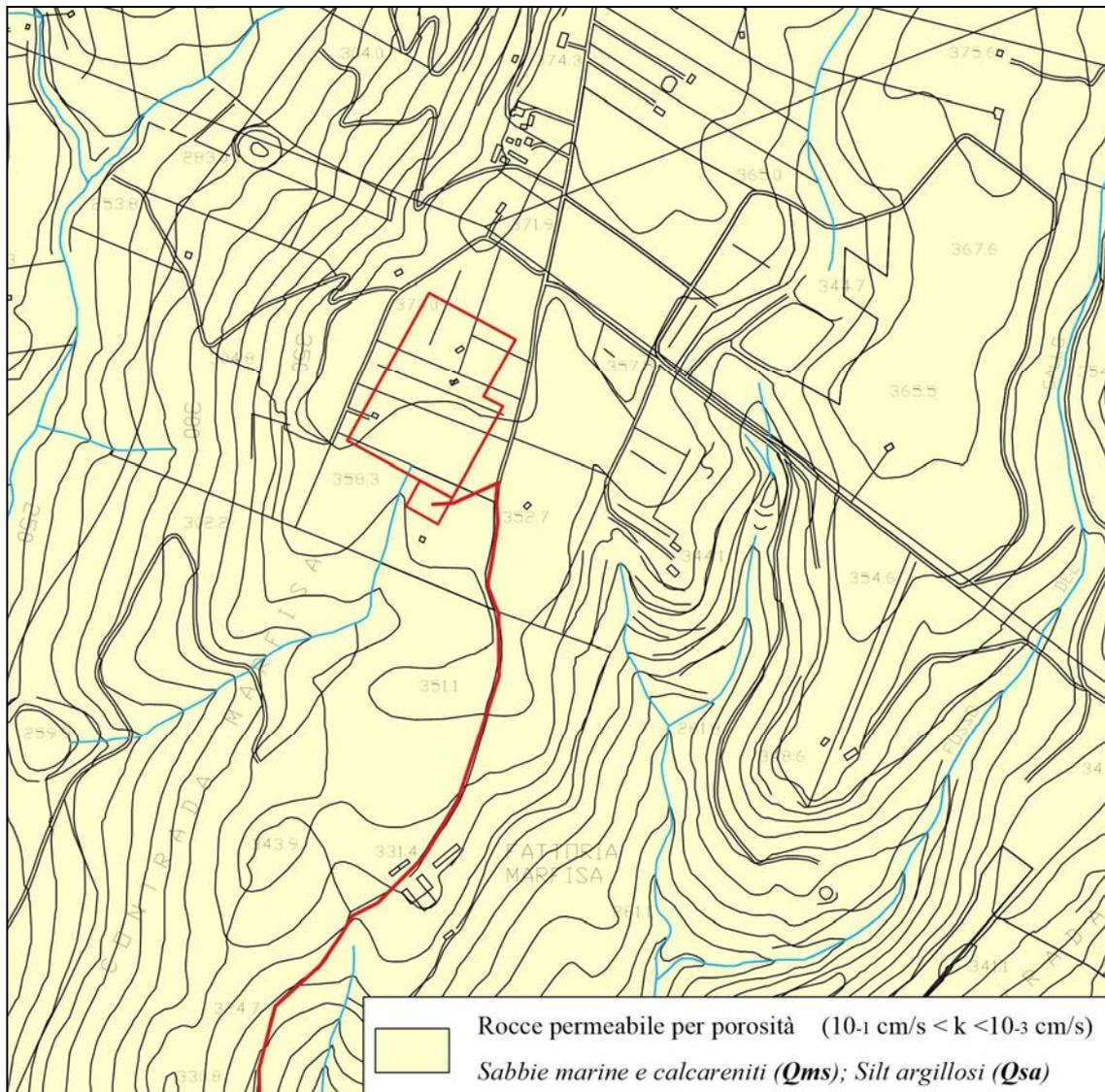
Quanto fin qui detto è stato riportato nelle allegate carte idrogeologiche in scala 1.10.000.

# CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:10.000



-  Rocce permeabile per porosità ( $10^{-1} \text{ cm/s} < k < 10^{-3} \text{ cm/s}$ )  
*Alluvioni recenti e attuali (a); Sabbie marine e calcareniti (Qms); Sabbie gialle (Qs); Silt argillosi (Qsa)*
-  Rocce impermeabili ( $10^{-7} \text{ cm/s} < k < 10^{-9} \text{ cm/s}$ )  
*Argille grigio azzurre (Qa)*



Carta idrogeologica in scala 1:10.000 (area stazione di consegna)



## 5. Considerazioni di carattere climatico

Le caratteristiche climatiche di una determinata area di un territorio, sono legate all'insieme complessivo delle condizioni atmosferiche che si riscontrano in quell'area nel corso di un anno e su un periodo di diversi anni (valori medi climatici calcolati in periodi di 35 anni).

In generale, le condizioni atmosferiche di una data area, come pure quelle climatiche, sono il risultato di un'incessante circolazione generale di masse d'aria nell'atmosfera, della latitudine a cui è posta l'area, della natura della superficie terrestre e dei suoi rapporti con le acque circostanti, sia che siano terrestri, sia che siano marine, oltre che dalla vegetazione presente.

Più direttamente, riferendoci all'area del territorio in studio, come estrapolazione di una regione climatica di dimensioni maggiori, è necessario conoscere le variazioni atmosferiche che la caratterizzano, e quindi quelle climatiche, al fine di poter effettivamente classificare tale settore siciliano, e l'influenza che tale "tipo" di clima ha sulla flora e sulla fauna presente.

Al fine di poter delineare il range di variazioni climatiche che caratterizzano la zona in oggetto, bisogna prendere in considerazione i dati termometrici e pluviometrici, rilevati dalle stazioni meteorologiche e pubblicati negli annali idrologici editi dal Ministero dei Lavori Pubblici; in particolare, si ci è riferiti ai dati caratterizzanti il decennio 1977-1996.

In merito alla direzione dei venti, che nell'area risulta essere prevalentemente NE e SW, ed alla intensità degli stessi, non si sono potuti raccogliere dati numerici certi, in quanto nella zona non esistono stazioni di misura dotate di anemografi.

Per quanto riguarda i valori delle *precipitazioni mensili ed annue*, si è proceduto calcolando le medie dei valori di massima e minima (decennali) riportati sugli annali idrogeologici presi in considerazione.

In riferimento alle medie mensili di acqua di precipitazione, la quantità di pioggia caduta è stata pari a :

- **massima**                    82.15 mm nel mese di Novembre;



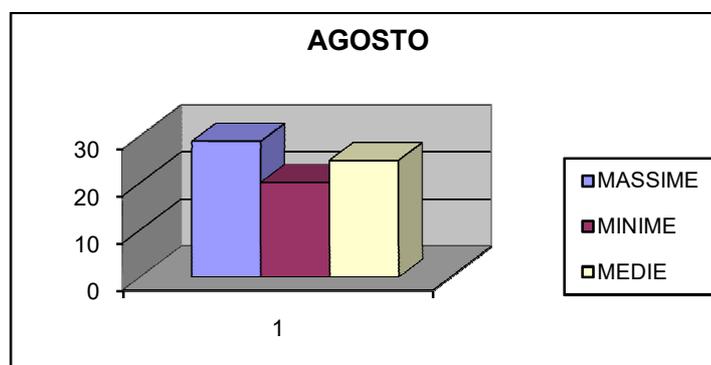
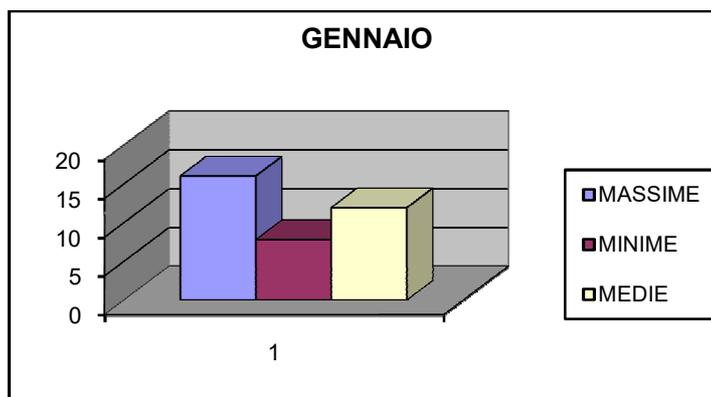
- **minima** 1.76 mm nel mese di Luglio.

L'altezza media annua delle piogge cadute in tale settore, risulta essere di circa 750.76 mm e la loro frequenza delle stesse risulta essere di 75 g. p./a.

In riferimento ai valori delle *temperature mensili e stagionali*, si è proceduto calcolando le medie dei valori di massima e minima (decennali) riportati sugli annali idrogeologici presi in considerazione.

Per quanto riguarda i valori medi mensili delle temperature di massima, minima e medie, questi risultano variare rispettivamente:

<i>TEMPERATURE</i>	<i>Gennaio</i>	<i>Agosto</i>
<i>MASSIME</i>	<i>16,2 °C</i>	<i>28,8 °C</i>
<i>MINIME</i>	<i>7,8 °C</i>	<i>20,1 °C</i>
<i>MEDIE</i>	<i>11,9 °C</i>	<i>24,8 °C</i>





Da quanto si può osservare dalla tabella sopra riportata, le temperature medie caratterizzanti le massime non superano i 30° C e i valori minimi non scendono al di sotto dello 0° C.

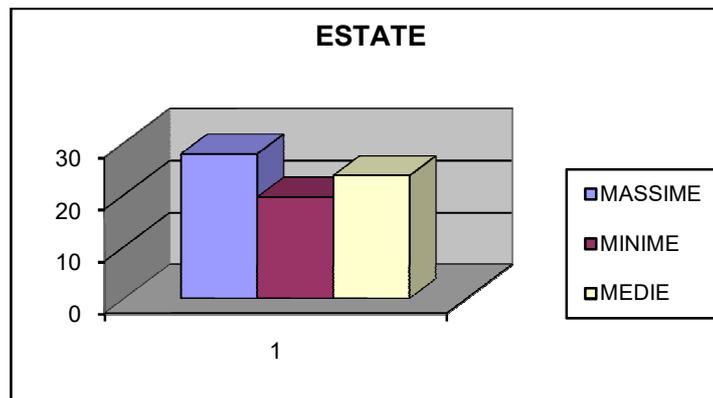
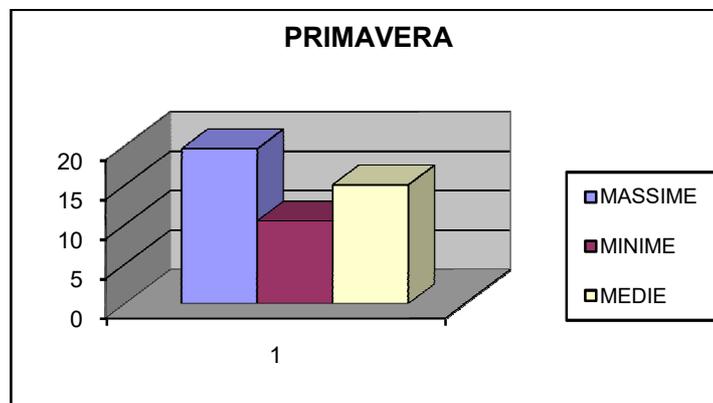
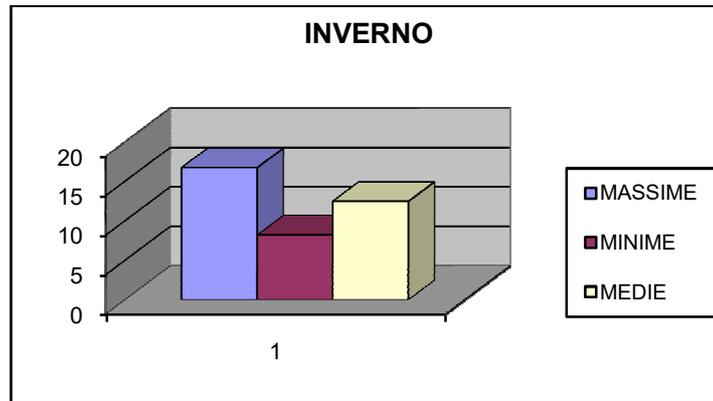
Da quanto sopra riportato, ed utilizzando la *classificazione dei climi secondo Koppen (1936)*, di seguito riportata, si deduce come il regime climatico presente nell'area in studio sia del tipo "C", caratteristico dei climi piovosi delle medie latitudini, caratterizzati da inverni dolci.

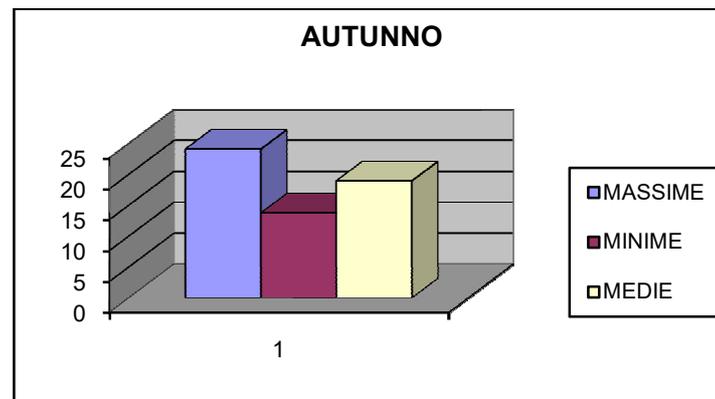
<b>TIPO</b>	<b>DESCRIZIONE</b>	<b>NOTE</b>
<i>A</i>	<i>Climi tropicali piovosi senza stagione fredda</i>	<i>la Temperatura del mese più freddo è sempre maggiore di 18° C</i>
<i>BW</i>	<i>Clima arido desertico</i>	<i>eccesso dell'evaporazione</i>
<i>BS</i>	<i>Clima semiarido della steppa</i>	<i>sulla precipitazione</i>
<i>C</i>	<i>Climi piovosi delle medie latitudini caratterizzati da inverni dolci</i>	<i>la Temperatura media del mese più freddo risulta essere compresa tra -3° &lt; T &lt; 18° C</i>
<i>D</i>	<i>Climi piovosi delle medie latitudini caratterizzati da inverni rigidi</i>	<i>la Temperatura del mese più caldo risulta maggiore di 10° C la Temperatura del mese più freddo minore di 3° C</i>
<i>ET</i>	<i>Clima polare della Tundra</i>	<i>la Temperatura media risulta</i>
<i>EF</i>	<i>Clima polare del gelo perenne</i>	<i>essere sempre sotto lo 0° C</i>

*Classificazione dei climi secondo Koppen (1936)*

Relativamente ai valori delle *temperature stagionali*, verranno di seguito riportati i valori medi trimestrali stagionali, in quanto nel calcolo di tali valori si ci è riferiti alla suddivisione dell'anno in Inverno (Dicembre, Gennaio e Febbraio), Primavera (Marzo, Aprile e Maggio), Estate (Giugno, Luglio e Agosto) e Autunno (Settembre, Ottobre e Novembre):

<b>TEMPERATURE</b>	<b>INVERNO</b>	<b>PRIMAVERA</b>	<b>ESTATE</b>	<b>AUTUNNO</b>
<i>MASSIME</i>	<i>16,7 °C</i>	<i>19,6 °C</i>	<i>27,9 °C</i>	<i>24,1 °C</i>
<i>MINIME</i>	<i>8,2 °C</i>	<i>10,5 °C</i>	<i>19,6 °C</i>	<i>13,8 °C</i>
<i>MEDIE</i>	<i>12,4 °C</i>	<i>15,1 °C</i>	<i>23,7 °C</i>	<i>18,9 °C</i>





Inoltre, per quanto riguarda “*l’escursione termica stagionale*”, questa presenta un valore basso in Estate, prossimo a 8.3° C ed un valore alto in Autunno con 8.8° C; infine, “*l’escursione termica mensile*”, il valore più basso si è riscontrato in Dicembre con un valore di 7.9° C, mentre quello più alto è stato registrato in Ottobre con 9.2° C.

Dall’esame di quanto finora riportato, si può concludere che il regime climatico che caratterizza l’area interessata, come pure un suo più ampio intorno, risulta, come detto, del tipo “C” secondo la classificazione di Koppen (1936), cioè con climi piovosi caratterizzato da inverni dolci, dove la temperatura media del mese più freddo risulta compresa tra  $-3^{\circ} < T < 18^{\circ}$  C.

Inoltre, questa appartiene, considerando una classificazione più ampia di *Koppen et alii*, 1939, alla regione mesotermica di tipo “Csa”, sottotipo del precedente, conosciuto come “*clima mediterraneo marittimo*”.



## 6. Considerazioni geologico - tecniche

Da quanto osservato dal rilevamento geologico, e da quanto rilevato durante l'esecuzione delle indagini geognostiche, si può affermare che nell'area ove si prevede di realizzare l'impianto, affiorano i seguenti litotipi:

- *Alluvioni recenti e attuali (a)*
- *Sabbie marine e calcareniti (Qms)*
- *Argille grigio azzurre (Qa)*

Le *Alluvionale attuali e recenti (a)*, fanno rilevare, relativamente alla componente fine, fusi granulometrici che rientrano, in termini di percentuale, nel campo dei limi, sabbie fini, sabbie limose e/o argillose, ed argille sabbiose con frazione minima di materiale ghiaioso. Anche tali litotipi, dal punto di vista geotecnico, vengono classificati come “*rocce incoerenti*”, il cui stato varia da sciolto ad addensato. Questi materiali, inoltre, possono presentare una coesione ( $c'$ ) derivante dalla presenza di minerali argillosi nel fino. Quindi, l'argilla, anche in bassa percentuale (5% - 8%), può conferire a tali terreni una certa coesione, variabile a seconda della dimensione dei granuli e del tipo di minerale argilloso presente. Inoltre, laddove prevale la componente sabbiosa, la coesione ( $c'$ ) è da ritenersi nulla.

Nelle linee generali, è possibile caratterizzare, dal punto di vista geotecnico, i materiali descritti, attribuendo loro il seguente range di valori:

- $\gamma = 18,00 \text{ KN/m}^3$       peso dell'unità di volume
- $c' = 0 \text{ KN/m}^2$       coesione
- $\phi' = 26^\circ$       peso dell'unità di volume

Le *Sabbie marine e calcareniti (Qms)*, sono costituite da alternanze di calcareniti di colore da giallo ocra a giallo paglierino, da moderatamente cementate a cementate e sabbie limose e limi bianco giallastri. I fusi granulometrici nel settore in oggetto non appaiono uniformi. Tale variabilità è legata alla genesi deposizionale dei sedimenti in



oggetto, denotata dalle eteropie di facies tra elementi più grossolani ed elementi meno grossolani, diversificando così sia le fasi deposizionali.

Trattasi di rocce esogene (sedimentarie) di natura meccanica (rocce clastiche), provenienti dal disfacimento di formazioni calcaree, dolomitiche, arenacee ed in parte da formazioni argillose fortemente preconsolidate.

Studi effettuati su tali materiali (A. Pellegrini “*Proprietà geotecniche dei materiali a grana grossa*” e R. Jappelli “*Proprietà geotecniche di tipiche rocce sciolte a grana media e grossa della Sicilia*”), dimostrano che dal punto di vista granulometrico, la frazione  $d < 0.2$  mm è presente in percentuale assai modesta e che all’interno di ciascun deposito è stata riscontrata una elevata variabilità della granulometria sia in senso verticale che orizzontale.

Per avere utili indicazioni sul comportamento meccanico di tali materiali si è fatto riferimento ai risultati delle sperimentazioni eseguite in materiali simili, riportati nella letteratura tecnica specializzata.

Le ricerche effettuate si riferiscono all’esecuzione di prove di laboratorio su campioni ricostituiti ed a prove e misure in sito su rocce sciolte a grana grossa di varia origine (depositi fluviali, glaciali, conglomeratici ecc.).

Durante l’esecuzione dei sondaggi geognostici non è stato possibile prelevare campioni indisturbati da sottoporre ad analisi e prove di laboratorio a causa dell’elevata cementazione, pertanto per la parametrizzazione geomeccanica si farà riferimento a dati di letteratura tecnica specializzata e a prove SPT eseguite durante la campagna geognostica.

Dai dati di letteratura, le prove di rottura per compressione triassiale forniscono valori dell’angolo di attrito che hanno raggiunto anche i  $45^\circ$  in funzione del grado di addensamento  $D_r$ , mentre la coesione è risultata praticamente nulla.

I parametri geotecnici ricavati dalla letteratura su tali materiali possono così essere riassunti:

- $\gamma = 19.02 - 21.47 \text{ KN/m}^3$  peso dell’unità di volume
- $c' = 0 \text{ KN/m}^2$  coesione
- $\phi' = 30^\circ - 44^\circ$  peso dell’unità di volume



Le *argille grigio azzurre (Qa)*, rientrano nella categoria delle “*rocce pseudocoerenti*”; in questa categoria rientrano i materiali che hanno un comportamento geomeccanico variabile in relazione al contenuto d’acqua. Infatti si comportano come materiali coerenti se asciutti e consistenti, e come materiali incoerenti se imbibiti d’acqua e quindi con un indice di plasticità elevato.

Per la loro genesi tali materiali assumono una struttura abbastanza complessa e la giacitura appare spesso caotica per tettonizzazione. E’ quasi sempre presente un orizzonte d’alterazione superficiale il cui spessore risulta variabile ma contenuto mediamente entro i primi 6.00 - 7.00 metri e solo in particolari circostanze può superare i 10.00 metri. Tale strato, presenta una colorazione giallastra e/o marrone chiaro, un elevato grado di umidità e di plasticità e sono generalmente presenti superfici traslucide di discontinuità, che condizionano spesso la stabilità dei versanti costituita da tali materiali. Gradatamente, si passa al sottostante orizzonte inalterato caratterizzato da una buona consistenza e da una colorazione generalmente brunastra. Tralasciando le eventuali intercalazioni calcaree ed arenacee che influenzano in maniera del tutto trascurabile il comportamento globale di tali terreni, è da annoverare come la struttura acquisita dai sopraddetti terreni sia l’effetto combinatorio delle diverse pressioni sviluppatesi nel corso degli eventi tettonici cui sono stati sottoposti nelle ere geologiche. Tali argille appaiono sovraconsolidate ed interessate da una fitta rete di discontinuità che li suddivide in frammenti o “scaglie” dalla forma irregolare e dalle dimensioni variabili dal millimetro a qualche centimetro.

Caratteristica peculiare di detti terreni è la naturale variabilità che tali materiali mostrano su campioni prelevati anche a breve distanza, sia sull’orientamento delle scaglie, sia nelle dimensioni e nell’entità del sistema di fessurazione presente.

Da quanto detto, risulta evidente, quindi, dalla complessità della struttura dei materiali in esame, come sia poco agevole una caratterizzazione geomeccanica generale per l’intera formazione, poiché i risultati delle prove geotecniche sono fortemente influenzate dalle caratteristiche fisico-meccaniche delle singole scaglie, dal grado di alterazione (ammorbidimento delle scaglie per imbibizione d’acqua e fenomeni di “softening” per scarico tensionale) e dalla modalità di esecuzione delle prove. Inoltre,



appare non indifferente il problema del disturbo arrecato a tali terreni nelle fasi di campionamento. Le argille allorquando si presentano “molle” hanno un tenore d’acqua pari al 100%, generalmente vicino al limite di liquidità, ed un peso specifico secco debole  $\gamma_d$  (spesso inferiore a 10 kN/ m<sup>3</sup>). Esse risultano inoltre contenere materie organiche dal 2 al 10 %, una debole coesione non drenata ( $C_u$ ), una forte compressibilità dando luogo a dei cedimenti secondari, una debole permeabilità, uno stato normal consolidato.

Per espulsione della propria acqua, l’argilla diventa plastica e poi secca, ciò denota come tale materiale possa presentare valori abbastanza diversi, in relazione al suo stato idrometrico.

Una proprietà importante ai fini dell’utilizzo urbanistico delle aree interessate da sedimenti argillosi è il “*rigonfiamento*”, infatti le argille fanno registrare un aumento di volume allorquando si imbibiscono d’acqua, specie se il minerale predominante di cui sono costituite è rappresentato dalla montmorillonite.

Di contro si ha una diminuzione di volume in seguito ad una diminuzione del contenuto d’acqua, tale caratteristica prende il nome di “*ritiro*”.

Appare evidente che i terreni interessati da litotipi argillosi necessitano di accurate indagini, analisi, prove e studi preliminari, sia essi di carattere geologico che geotecnico. Infatti, i maggiori dissesti vengono registrati laddove la componente argillosa è predominante e la causa è sempre da ricercare al variare di una o più caratteristica citata.

Sulla base di studi e ricerche effettuati su terreni appartenenti a tale formazione è possibile stimare i seguenti valori:

- $\gamma = 19,12 \text{ KN/m}^3$       peso dell’unità di volume
- $c' = 19 \text{ KN/m}^2$       coesione
- $\phi' = 24^\circ$       peso dell’unità di volume

Da un confronto dei dati sperimentali ottenuti sui campioni indisturbati, dalle prove in situ e da quanto riportato in letteratura specializzata, cautelativamente, sono



stati assunti i seguenti valori di coesione ( $c'$ ) ed angolo d'attrito interno ( $\phi'$ ) per i diversi spessori di terreno rilevati, potendo così ricostruire la seguente colonna geotecnica:

<b>LITOTIPO</b>	<b>CARATTERISTICHE FISICO / MECCANICHE</b>	<b>VALORI</b>
<i>Alluvionale attuali e recenti (a)</i>	<i>peso dell'unità di volume coesione angolo di attrito interno</i>	<i>18.00 KN/m<sup>3</sup> 0.0 KN/m<sup>2</sup> 26°</i>
<i>Sabbie marine e calcareniti (Qms)</i>	<i>peso dell'unità di volume coesione angolo di attrito interno</i>	<i>19.02 KN/m<sup>3</sup> 0.0 KN/m<sup>2</sup> 30°</i>
<i>Argille grigio azzurre (Qa)</i>	<i>peso dell'unità di volume coesione angolo di attrito interno</i>	<i>19.12 KN/m<sup>3</sup> 19 KN/m<sup>2</sup> 24°</i>

**Colonna geotecnica riepilogativa**



## 7. Considerazioni litotecniche

Relativamente alle caratteristiche geomeccaniche dei terreni ricadenti nell'area in studio, oltre ai dati in possesso dello scrivente, alle indagini dirette eseguite e quelli tratti dalla letteratura tecnica specializzata per analoghe facies petrografiche, si sono potuti suddividere i litotipi costituenti l'intero territorio da oggetto di variante urbanistica ed un suo ampio intorno in, "unità litotecniche", che sono state opportunamente riportate nell'allegata cartografia litotecnica redatta in scala 1:10.000.

Tali unità, secondo quanto riportato nella Circolare n. 3 DRA del 20.06.2014 - Prot. n. 28807 del 20.06.2014 – "Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici", vengono distinte in due insiemi, di cui uno relativo ai litotipi che costituiscono in "substrato" e l'altro a quelli caratterizzanti i terreni di "copertura".

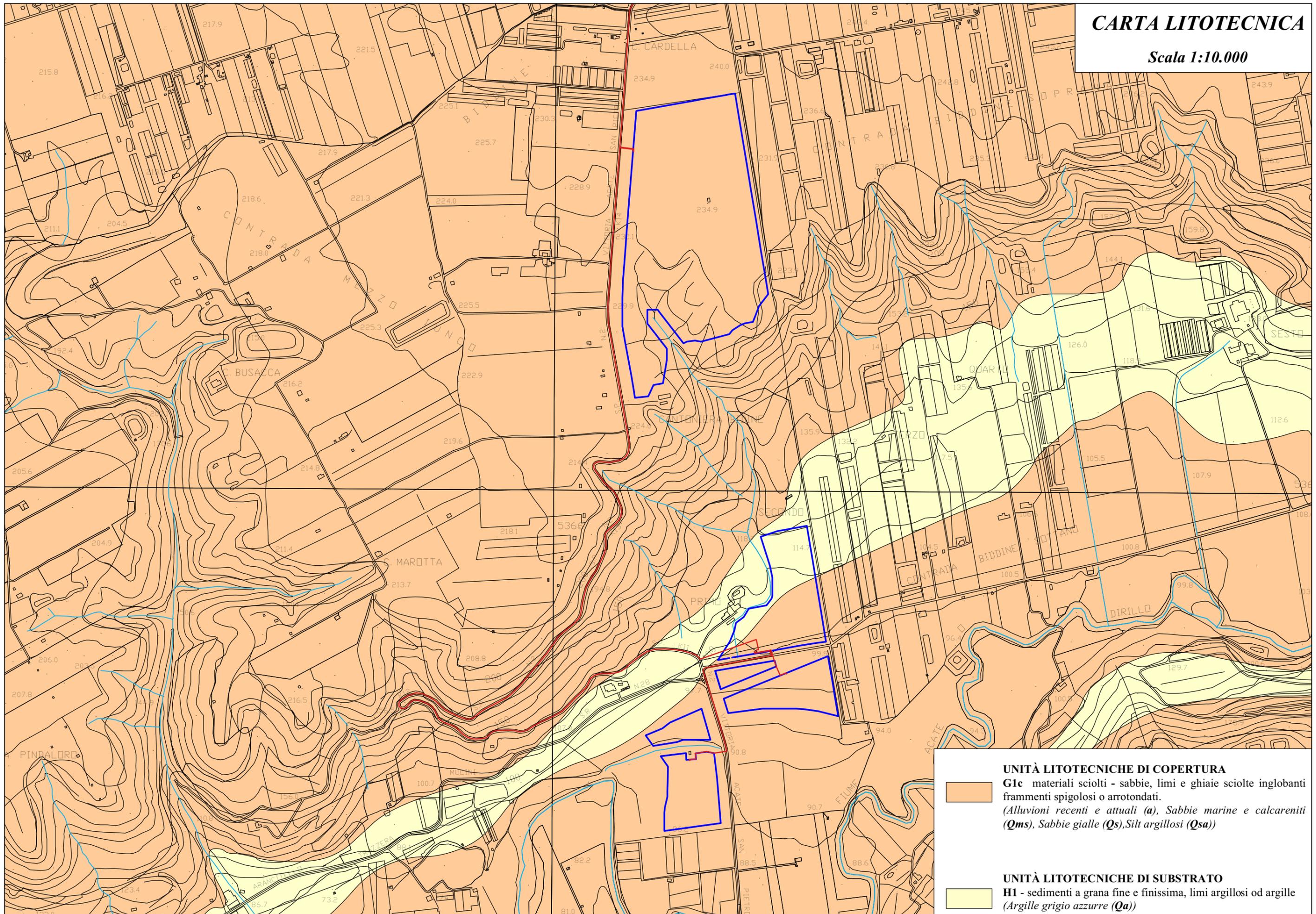
Passando in rassegna i terreni presenti nel territorio in esame, relativamente alle **unità litotecniche di copertura** queste sono rappresentate dalle *Alluvioni recenti e attuali (a)*, *Sabbie marine e calcareniti (Qms)*, *Sabbie gialle (Qs)*, *Silt argillosi (Qsa)*: si tratta di sedimenti sciolti, costituiti da sabbie, limi e ghiaie inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati. Queste litologie vengono attribuite all'unità litotecnica **G1c**.

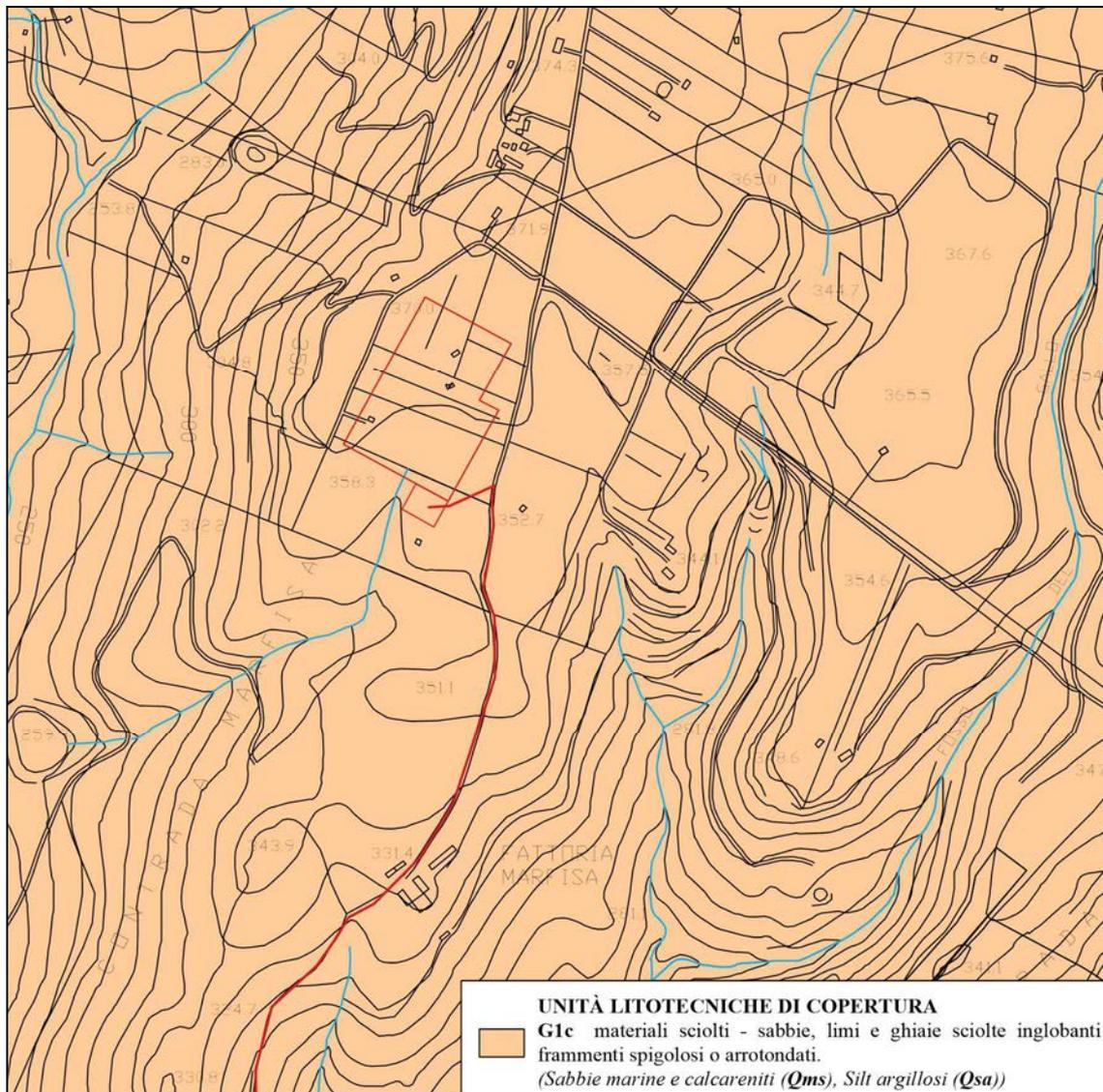
I terreni presenti nel territorio in esame, relativamente alle **unità litotecniche di substrato**, sono rappresentate dalla *Argille grigio - azzurre (Qa)*: si tratta di sedimenti a grana fine e finissima, limi argillosi od argille. Queste litologie vengono attribuite all'unità litotecnica **H1**.

Quanto fin qui esposto è stato rappresentato nelle allegate carte litotecniche in scala 1:10.000.

# CARTA LITOTECNICA

Scala 1:10.000





*Carta litotecnica in scala 1:10.000 (Area stazione di consegna)*



## **8. Sismica a rifrazione – Tecnica MASW**

Sull'area ove si propone la realizzazione dell'impianto fotovoltaico, sono state eseguite indagini geofisiche con sismica a rifrazione applicando il metodo "MASW", al fine di approfondire le conoscenze sui terreni oggetto di studio, ed in particolare per la definizione della categoria di suolo di fondazione ai sensi dell'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri, ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006.

La sismica a rifrazione classica considera i tempi di propagazione delle onde elastiche generate al suolo da impatti con una mazza battente su un piatto rigido.

Nel caso in questione, per risalire alle velocità delle onde orizzontali o di taglio  $V_s$  nei primi trenta metri dal p.c., si è invece finalizzata l'indagine per l'applicazione del metodo "MASW" (Multichannel Analysis of Surface Waves) che è una tecnica non invasiva che individua il profilo di velocità delle onde di taglio verticali  $V_s$  basandosi sulla misura delle onde superficiali in termini di onde di Rayleigh. Queste onde viaggiano con una velocità correlata alla rigidità della porzione di terreno interessata dalla propagazione delle onde. In un mezzo stratificato le onde di Rayleigh hanno la caratteristica di essere "dispersive", cioè si propagano con diverse velocità di fase e di gruppo in dipendenza alla frequenza di propagazione. In base alla necessità d'indagine abbiamo usato la configurazione del metodo masw "attivo", che sfrutta l'alta frequenza (5 hz – 70 hz) delle onde propagate che, con lunghezza d'onda corta, sono adatte a studi entro i primi 30-50 m dal p.c.

L'intero processo comprende tre passi successivi:

1. l'acquisizione delle onde superficiali (ground roll) con sismografo e sensori adatti e nella configurazione corretta;
2. la costruzione di una curva di dispersione (il grafico della velocità di fase rispetto alla frequenza) che si ottiene con programmi di sviluppo;
3. l'inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle  $V_s$ .

Per ottenere un profilo  $V_s$  bisogna produrre un treno d'onde superficiali a banda larga e registrarlo minimizzando il rumore. Una molteplicità di tecniche diverse sono



state utilizzate nel tempo per ricavare la curva di dispersione, ciascuna con i suoi vantaggi e svantaggi, ma questa è giudicata quanto di meglio utilizzabile per l'attendibilità del risultato, i costi limitati e la tecnica non invasiva.

L'inversione della curva di dispersione viene realizzata iterativamente, utilizzando la curva di dispersione misurata come riferimento sia per la modellizzazione diretta che per la procedura ai minimi quadrati.

Il valore del rapporto di Poisson e la stima della densità sono necessari per ottenere il profilo verticale  $V_s$  dalla curva di dispersione e vengono solitamente stimati utilizzando misure prese in loco o valutando le tipologie dei materiali. Quando si generano le onde piane della modalità fondamentale delle onde di Reyleigh, vengono generate anche una molteplicità di tipi diversi di onde. Fra queste le onde di corpo, le onde superficiali non piane, le onde riverberate (back scattered) dalle disomogeneità superficiali, il rumore ambientale e quello imputabile alle attività umane. Le onde di corpo sono in vario modo riconoscibili in un sismogramma multicanale. Quelle rifratte e riflesse sono il risultato dell'interazione fra le onde e l'impedenza acustica (il contrasto di velocità) fra le superfici di discontinuità, mentre le onde di corpo dirette viaggiano, come è implicito nel nome, direttamente dalla sorgente ai ricevitori (geofoni). Le onde che si propagano a breve distanza dalla sorgente sono sempre onde superficiali. Queste onde, in prossimità della sorgente, seguono un complicato comportamento non lineare e non possono essere trattate come onde piane.

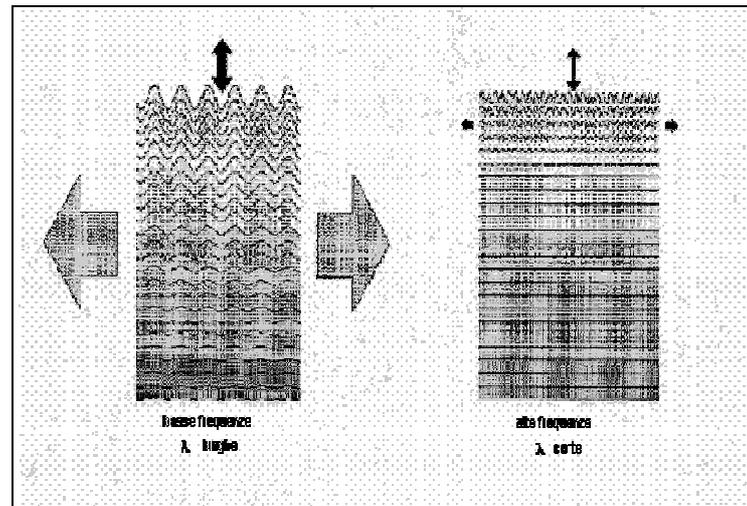
Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza e la distanza dalla sorgente. Ciascun rumore, inoltre, ha diverse velocità e proprietà di attenuazione che possono essere identificate sulla registrazione multicanale grazie all'utilizzo di modelli di coerenza e in base ai tempi di arrivo e all'ampiezza di ciascuno. La scomposizione di un campo di onde registrate in un formato a frequenza variabile consente l'identificazione della maggior parte del rumore, analizzando la fase e la frequenza dipendentemente dalla distanza dalla sorgente.



La scomposizione può essere quindi utilizzata in associazione con la registrazione multicanale per minimizzare il rumore durante l'acquisizione.

La scelta dei parametri di elaborazione così come del miglior intervallo di frequenza per il calcolo della velocità di fase, può essere fatto con maggior accuratezza utilizzando dei sismogrammi multicanale. Una volta scomposto il sismogramma, una opportuna misura di coerenza applicata nel tempo e nel dominio della frequenza può essere utilizzata per calcolare la velocità di fase rispetto alla frequenza. La velocità di fase e la frequenza sono le due variabili ( $x$ ;  $y$ ), il cui legame costituisce la curva di dispersione. E' anche possibile determinare l'accuratezza del calcolo della curva di dispersione analizzando la pendenza lineare di ciascuna componente di frequenza delle onde superficiali in un singolo sismogramma. In questo caso MASW permette la miglior registrazione e separazione ad ampia banda ed elevati rapporti S/N. Un buon rapporto S/N assicura accuratezza nel calcolo della curva di dispersione, mentre l'ampiezza di banda migliora la risoluzione e la possibile profondità di indagine del profilo  $V_s$  di inversione. Le onde di superficie sono facilmente generate da una sorgente sismica quale, ad esempio, una mazza battente. La configurazione base di campo e la routine di acquisizione per la procedura MASW sono generalmente le stesse utilizzate in una convenzionale indagine a riflessione (CMP). Però alcune regole operative per MASW sono incompatibili con l'ottimizzazione della riflessione. Questa similitudine permette di ottenere, con la procedura MASW, delle sezioni superficiali di velocità che possono essere utilizzate per accurate correzioni statiche dei profili a riflessione.

L'illustrazione mostra le proprietà di dispersione delle onde di superficie. Le componenti a bassa frequenza (lunghezze d'onda maggiori), sono caratterizzate da forte energia e grande capacità di penetrazione, mentre le componenti ad alta frequenza (lunghezze d'onda corte), hanno meno energia e una penetrazione superficiale. Grazie a queste proprietà, una metodologia che utilizzi le onde superficiali può fornire informazioni sulle variazioni delle proprietà elastiche dei materiali prossimi alla superficie al variare della profondità. La velocità delle onde S ( $V_s$ ) è il fattore dominante che governa le caratteristiche della dispersione.



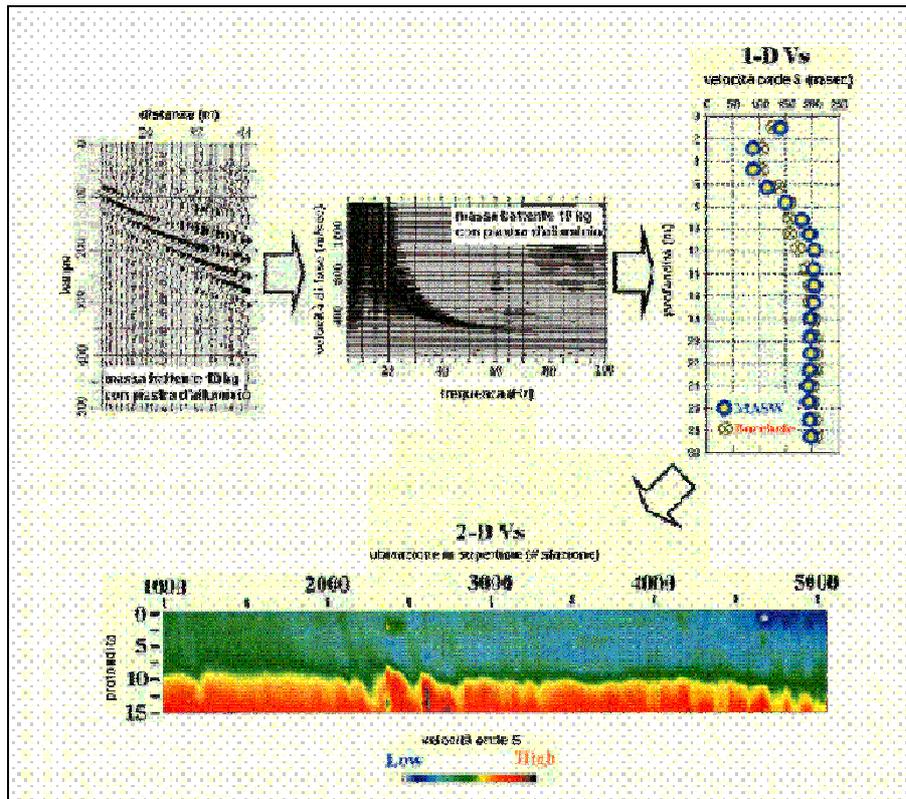
La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- acquisizione dei dati di campo;
- estrazione della curva di dispersione;
- inversione della curva di dispersione per ottenere il profilo verticale delle Vs (profilo 1-D) che descrive la variazione di Vs con la profondità

Una mappa bidimensionale (mappa 2-D) può essere costruita accostando e sovrapponendo più profili 1-D consecutivi ed utilizzando un contouring software.

Il principale vantaggio di un metodo di registrazione multicanale è la capacità di riconoscimento dei diversi comportamenti, che consente di identificare ed estrarre il segnale utile dall'insieme di varie e differenti tipi di onde sismiche. Quando un impatto è applicato sulla superficie del terreno, tutte queste onde vengono simultaneamente generate con differenti proprietà di attenuazione, velocità e contenuti spettrali. Queste proprietà sono individualmente identificabili in una registrazione multicanale e lo stadio successivo del processo fornisce grande versatilità nell'estrazione delle informazioni utili.

Con le apparecchiature usate è stato possibile ottenere i primi impulsi sufficientemente netti anche quando i rumori di fondo erano elevati. Questo si è potuto realizzare in quanto la registrazione veniva immagazzinata da una memoria elettronica e successivamente tracciata su un display con la possibilità di discernere i segnali veri da quelli spuri.



*Descrizione generale della procedura MASW*

Le misure rilevate hanno consentito di costruire le curve tempi/distanze (Dromocrone) relative allo scoppio di andata, di ritorno e di determinare gli spessori dei vari rifrattori elaborando colonne sismostratigrafiche.

Per l'interpretazione dei sondaggi, si è riportato sulle ordinate di un diagramma cartesiano i tempi di percorrenza impiegati dai fronti d'onda generati dalla massa battente, mentre sulle ascisse si sono disposte le distanze tra il punto in cui è avvenuto lo scoppio e la posizione in cui si trovano i geofoni che hanno rilevato le onde sismiche.

### **8.1 Classificazione del suolo di fondazione con il metodo MASW**

L'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri ripresa e completata con la OPCM n. 3519/2006, integrata con le NTC 2008 e le NTC 2018 ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica, che ci adegua allo standard europeo (Eurocodice 8).



Infatti nel caso in cui si ha contezza delle condizioni stratigrafiche e delle proprietà dei terreni, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio,  $V_S$ , ottenuti mediante specifiche prove.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

- $h_i$  spessore dell' $i$ -esimo strato;
- $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;
- $N$  numero di strati;
- $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S,30}$ , ottenuto ponendo  $H = 30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono di seguito rappresentate:



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

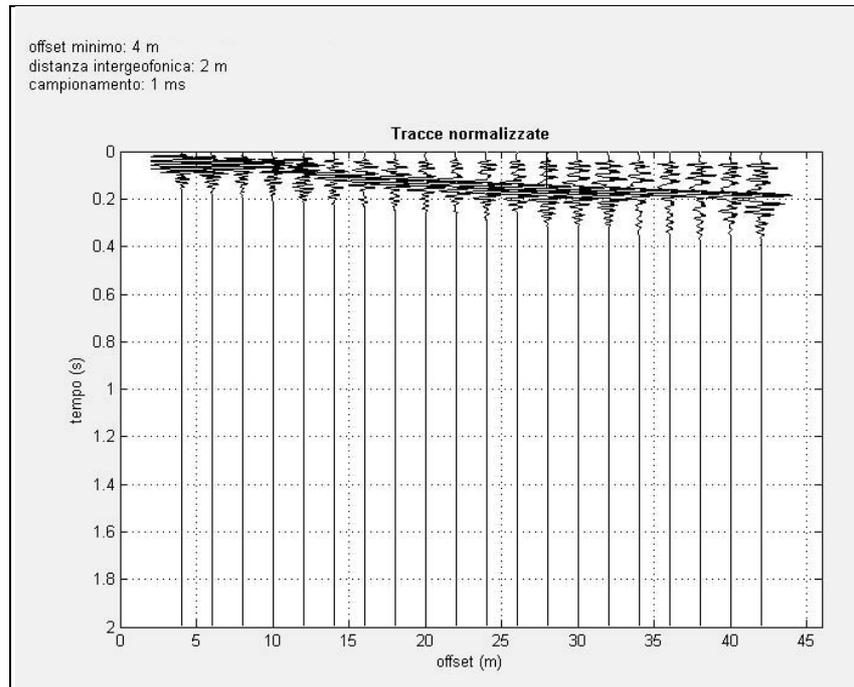
Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

## 8.2 Risultati delle analisi MASW

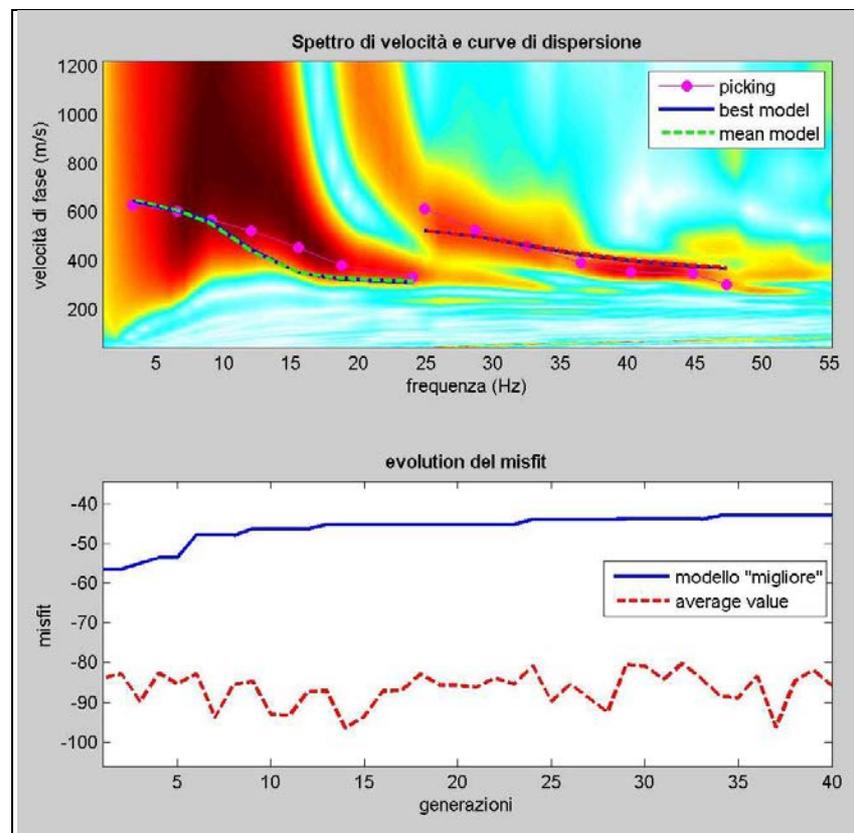
Nel sito in esame in dettaglio sono state eseguite due stese sismiche a rifrazione interpretate con tecnica MASW e di seguito vengono riportati i dati ottenuti.

### Dati sperimentali MASW ST 1

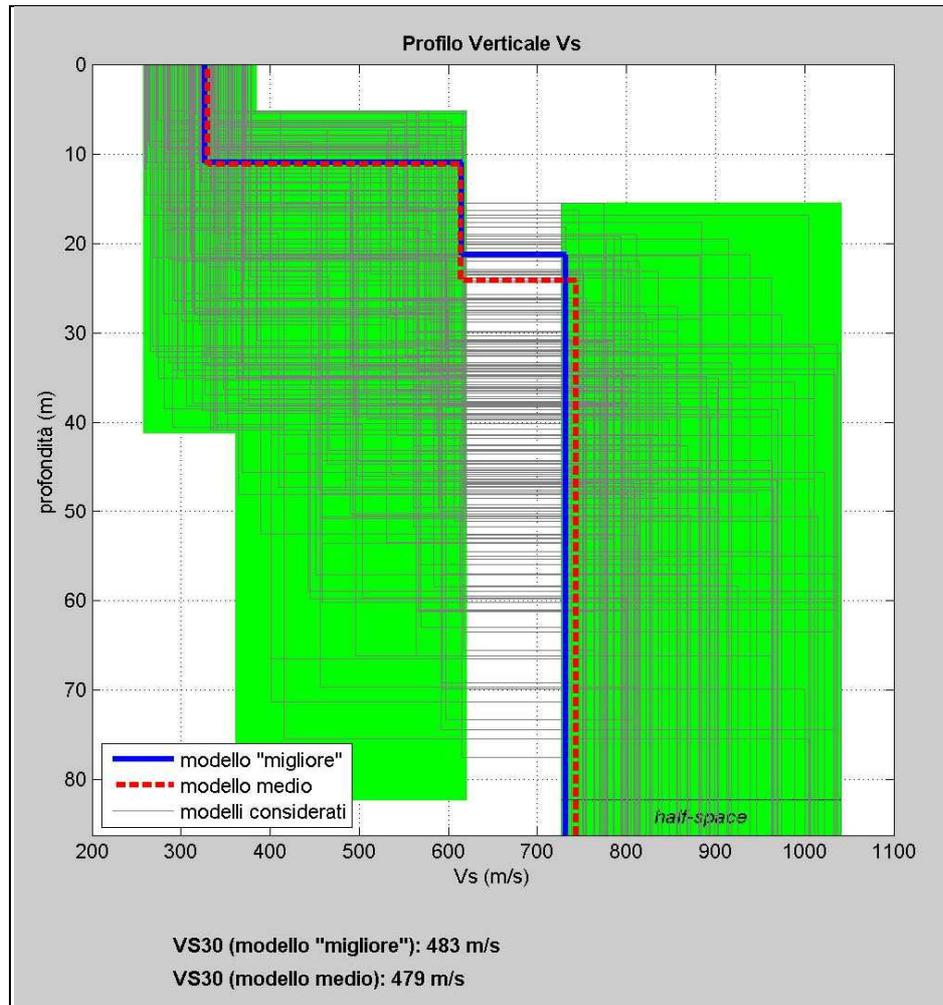
Numero di ricevitori	20
Distanza intergeofonica in metri	2
Tipologia geofoni utilizzati	verticale a 4,5 Hz
Energizzazione	massa da 10 kg



Tracce sperimentali



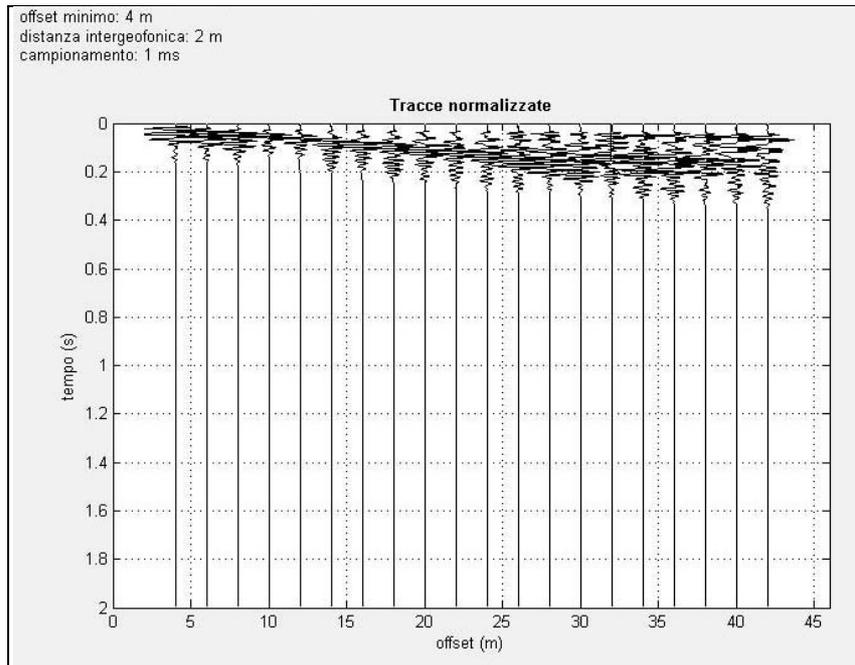
Curva di dispersione



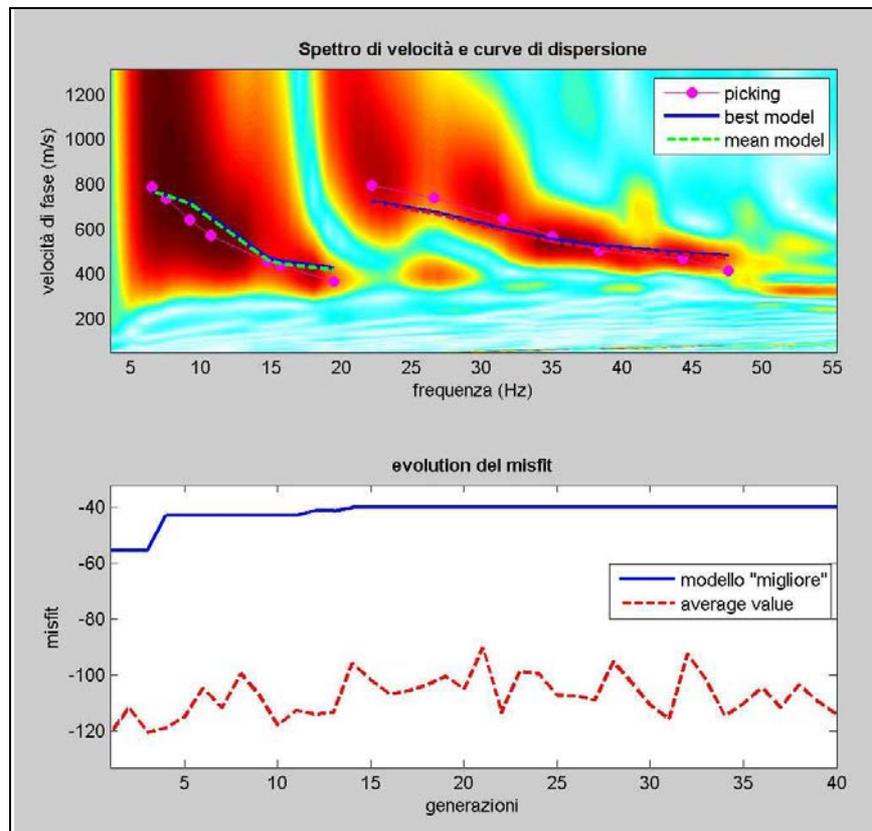
*Elaborazione modelli equivalenti*

### Dati sperimentali MASW ST 2

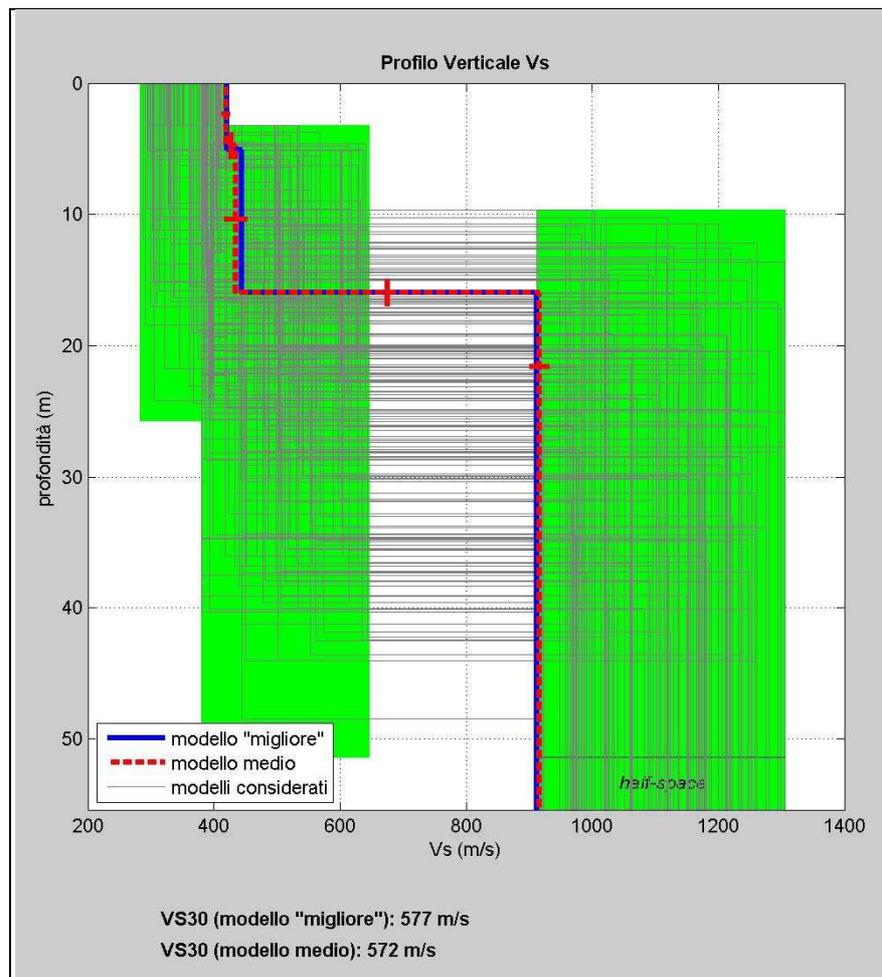
Numero di ricevitori	20
Distanza intergeofonica in metri	2
Tipologia geofoni utilizzati	verticale a 4,5 Hz
Energizzazione	massa da 10 kg



Tracce sperimentali



Curva di dispersione



*Elaborazione modelli equivalenti*

### 8.3. Categorie di suolo individuata

L'elaborazione MASW delle due stese sismiche eseguita ha definito un valore della velocità  $V_{S30}$  dei terreni pari a **479** m/s per MASW\_1 e **572** m/s per MASW\_2.

Pertanto, ai sensi dell'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006 e successivamente con il D.M. 17.01.2018, i terreni in esame rientrano nel tipo di suolo **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).



## 9. Pericolosità sismica locale

La pericolosità sismica di un territorio va intesa come la stima dello scuotimento del suolo previsto in un certo sito durante un certo periodo di tempo a causa dei terremoti.

La progettazione di strutture in zona sismica, a parità di criteri progettuali e metodi di verifica, assume, per una stessa costruzione, una forte differenziazione a seconda del sito dove viene edificata. Appare evidente infatti che la progettazione sia influenzata in maniera determinante dalla probabilità che ha il sito, in un determinato periodo di tempo, di essere soggetto ad eventi sismici di una certa magnitudo. Per poter eseguire una corretta progettazione strutturale è allora necessario conoscere questo livello di pericolosità sismica della zona dove si andrà ad edificare la struttura. Operativamente le informazioni che quantificano le probabilità che i terremoti di una certa magnitudo, con specifico periodo di ritorno, colpiscano le varie zone di un territorio, costituiscono la classificazione sismica. Per essa si intende appunto una suddivisione del territorio nazionale in zone alle quali vengono attribuiti valori differenziali del grado di sismicità, atti a definire il livello di rischio sismico per le costruzioni che in esse sono edificate. Per questo motivo la classificazione sismica viene anche chiamata mappa della pericolosità sismica.

In Italia la normativa in merito è stata aggiornata con l'Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003 *“Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”*.

L'aspetto di maggiore rilievo introdotto dall'Ordinanza 3274 è costituito senza dubbio dai nuovi criteri di classificazione sismica del territorio nazionale, necessari proprio per coprire questa grave lacuna lasciata irrisolta dalla normativa precedente. L'Ordinanza suddivide a tal fine l'intero territorio nazionale in quattro zone di sismicità, individuate in base a valori decrescenti di “accelerazioni massime” al suolo (Figura 1).

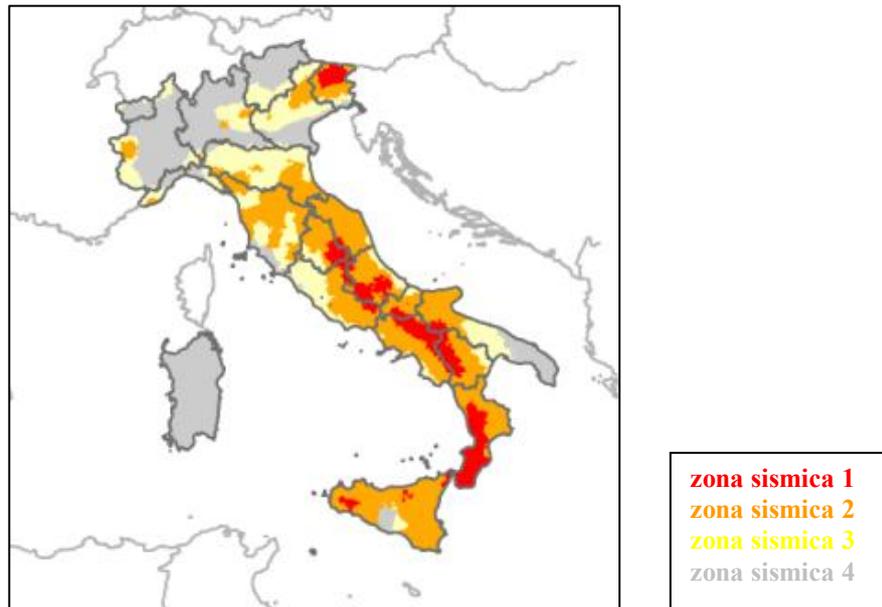
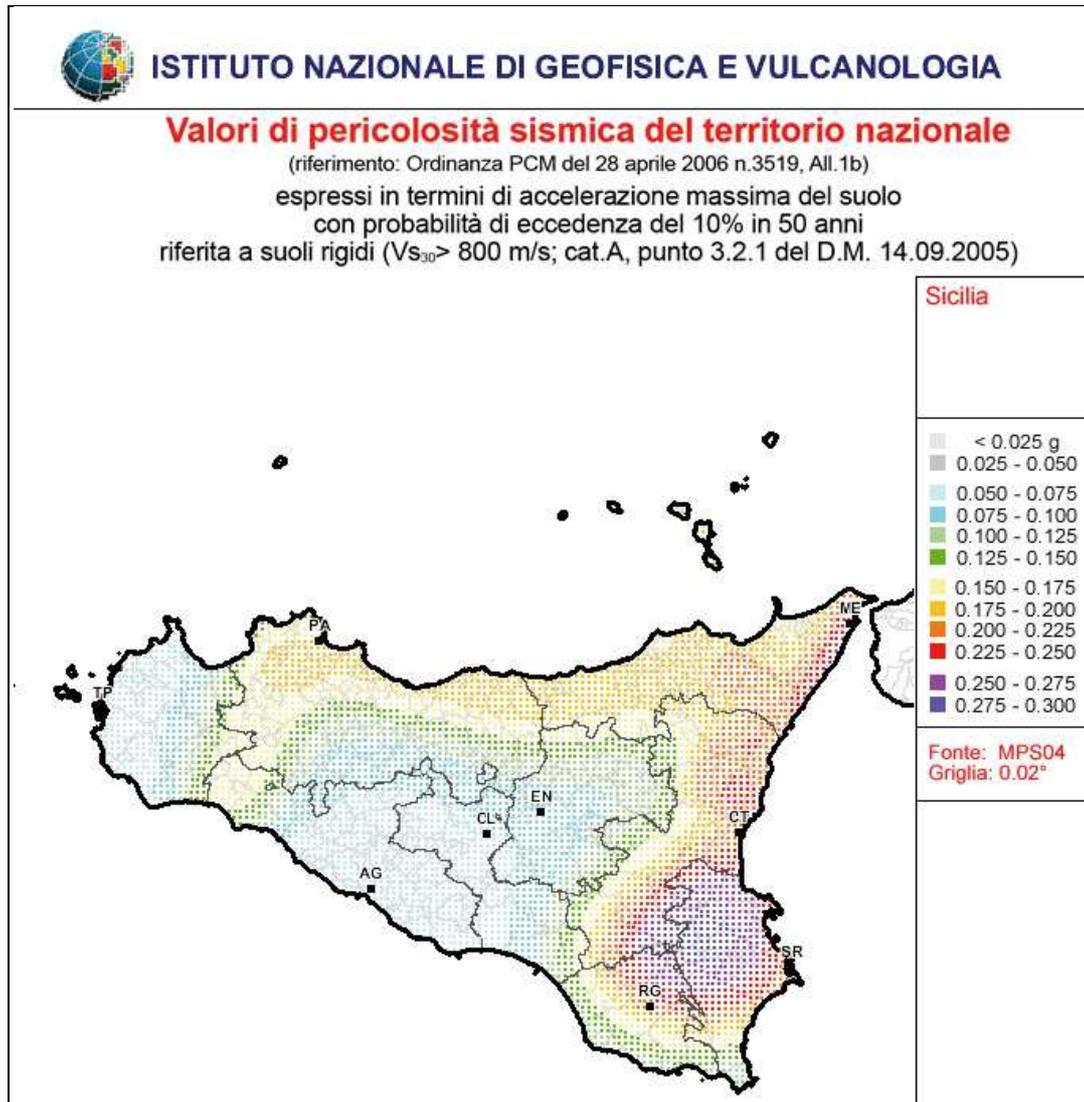


Figura 1

Per queste zone le norme indicano quattro valori di accelerazioni orizzontali ( $a_g/g$ ) di ancoraggio dello spettro di risposta elastico. In particolare ciascuna zona è individuata secondo valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo  $a_g$ , con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo la tabella seguente:

Zona Sismica	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni [ $a_g/g$ ]	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico [ $a_g/g$ ]
1	> 0,25	0,35
2	0,15 – 0,25	0,25
3	0,05 – 0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

L'assegnazione di un territorio ad una delle quattro zone suddette avviene mediante le valutazioni di  $a_g$  (con tolleranza 0,025g) rappresentate in termini di curve di livello con passo 0,025g.



L'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003 disciplina la progettazione e la costruzione di nuovi edifici soggetti ad azione sismica, nonché la valutazione della sicurezza e gli interventi di adeguamento su edifici esistenti soggetti al medesimo tipo di azioni. L'obiettivo fondamentale della norma è di assicurare che in caso di evento sismico sia protetta la vita umana, siano limitati i danni e rimangano funzionanti le strutture essenziali agli interventi della Protezione Civile. Rispetto alla normativa nazionale precedente, basata su concetti di carattere convenzionale e puramente prescrittivi, l'Ordinanza 3274 punta a favore di una impostazione esplicitamente prestazionale, nella quale gli obiettivi della progettazione che la norma si prefigge



vengono dichiarati, ed i metodi utilizzati allo scopo (procedure di analisi strutturale e di dimensionamento degli elementi) vengono singolarmente giustificati. A tal fine, novità di assoluto rilievo, è l'adozione di un solo e unico metodo per le procedure di calcolo e verifica strutturale, il "metodo agli stati limite", con il conseguente abbandono definitivo del "metodo delle tensioni ammissibili".

Il territorio di Acate, da quanto riportato nella Gazzetta Ufficiale della Repubblica n. 105 del 08.05.2003 - supplemento ordinario n. 72, ai sensi dell'Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003, "*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*" è stato definito di classe "1".



## 10. Zonizzazione del territorio

La zonizzazione del territorio è stata effettuata così come previsto dalla Circolare n. 3 DRA del 20.06.2014 - Prot. n. 28807 del 20.06.2014 – “*Studi geologici per la redazione di strumenti urbanistici*” (G.U.R.S. n° 28 del 11.7.2014), attraverso lo sviluppo di una cartografia di analisi ed una cartografia di sintesi così come rappresentato nei diagrammi a blocco di seguito riportati.

In tale ottica sono state redatte le seguenti carte:

1. *carta delle pericolosità geologiche;*
2. *carta della pericolosità sismica;*
3. *carta della suscettività all'edificazione.*

La **carta delle pericolosità geologiche**, è una carta di sintesi che tende ad evidenziare, attraverso la rappresentazione grafica, le aree di un determinato territorio che sono interessate da pericolosità geologiche (frane, erosioni, esondazioni, vulnerabilità dell'acquifero, colate laviche, fenomeni di fratturazione al suolo cosismico e/o per creep asismico, tipici nelle aree vulcaniche etnee, etc.).

Nello specifico sono state individuate tre classi;

- *Classe 1 - Pericolosità Nulla* – Riguarda le aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico tecniche e morfologiche. In essa ricadono le aree pianeggianti caratterizzate dalla presenza di litotipi con buone caratteristiche geotecniche. (*Alluvioni recenti e attuali (a)*); *Sabbie marine e calcareniti (Qms)*; *Sabbie gialle (Qs)*; *Silt argillosi (Qsa)*)
- *Classe 2 - Pericolosità bassa* – Non sono presenti fenomeni di dissesto, tuttavia le condizioni geologico - tecniche sono tali da far ritenere che a seguito di specifici eventi possono innescarsi fenomeni di dissesto. In essa ricadono le aree da poco a moderatamente acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche favorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi, pur possibili, coinvolgono porzioni di territorio di ampiezza limitata. (*Argille grigio – azzurre (Qa)*)



- *Classe 3 - Pericolosità elevata* – In questa classe ricadono aree interessate da fenomeni di dissesto. Riguarda le aree interessate da fenomeni di erosione e sedimentazione e le aree considerate sito di attenzione per pericolo esondazione censite nel PAI (*Aree in frana*).

L'area d'impianto ricade in massima parte in **Classe 1** (*Pericolosità nulla*) ed in piccolissima parte in **Classe 2** (*Pericolosità bassa*).

L'area della stazione di consegna ricade in **Classe 2** (*Pericolosità bassa*)

# CARTA PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Scala 1:10.000

## CLASSE 1 - PERICOLOSITA' NULLA

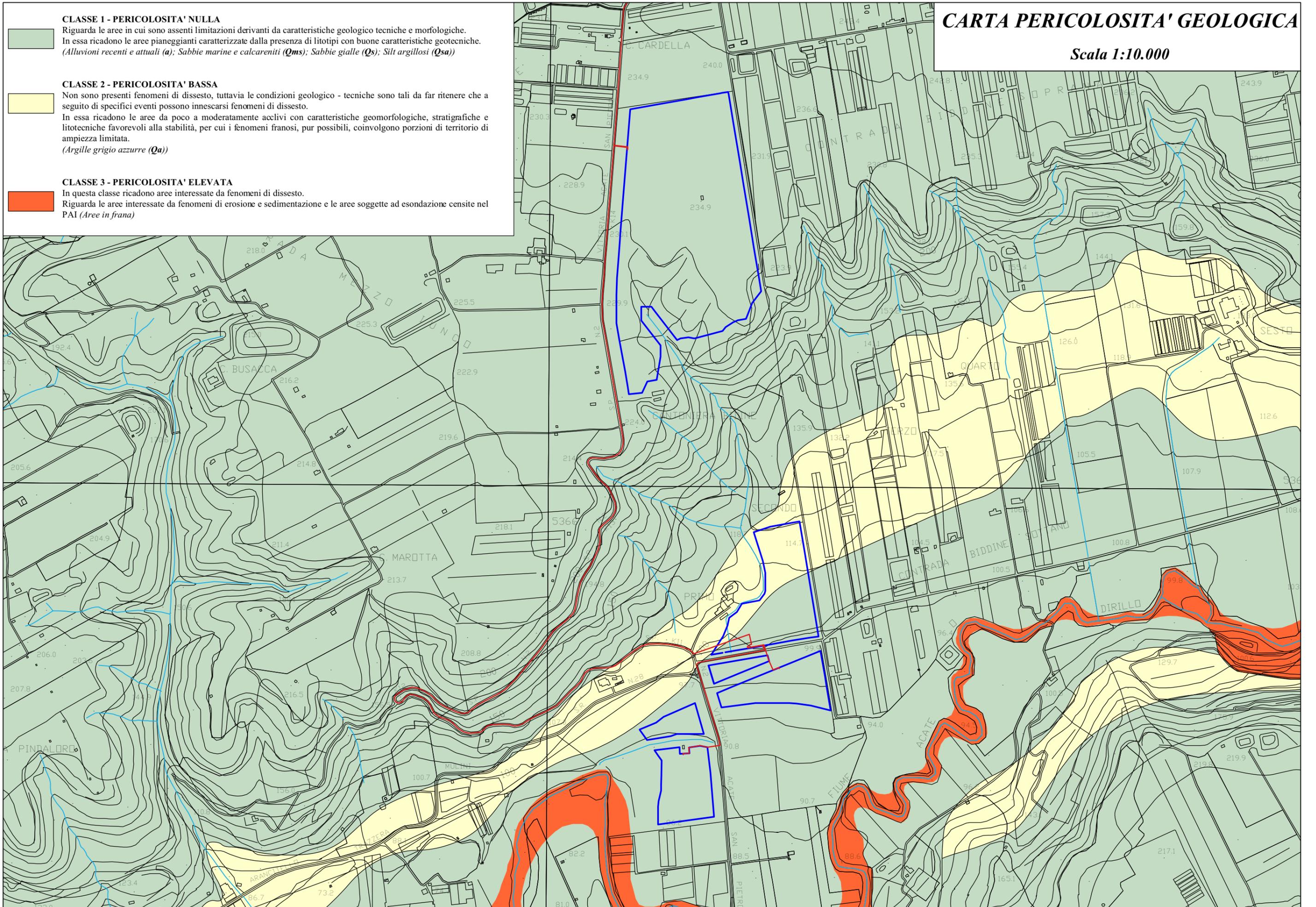
Riguarda le aree in cui sono assenti limitazioni derivanti da caratteristiche geologico tecniche e morfologiche. In essa ricadono le aree pianeggianti caratterizzate dalla presenza di litotipi con buone caratteristiche geotecniche. (Alluvioni recenti e attuali (a); Sabbie marine e calcareniti (Qms); Sabbie gialle (Qs); Silt argillosi (Qsa))

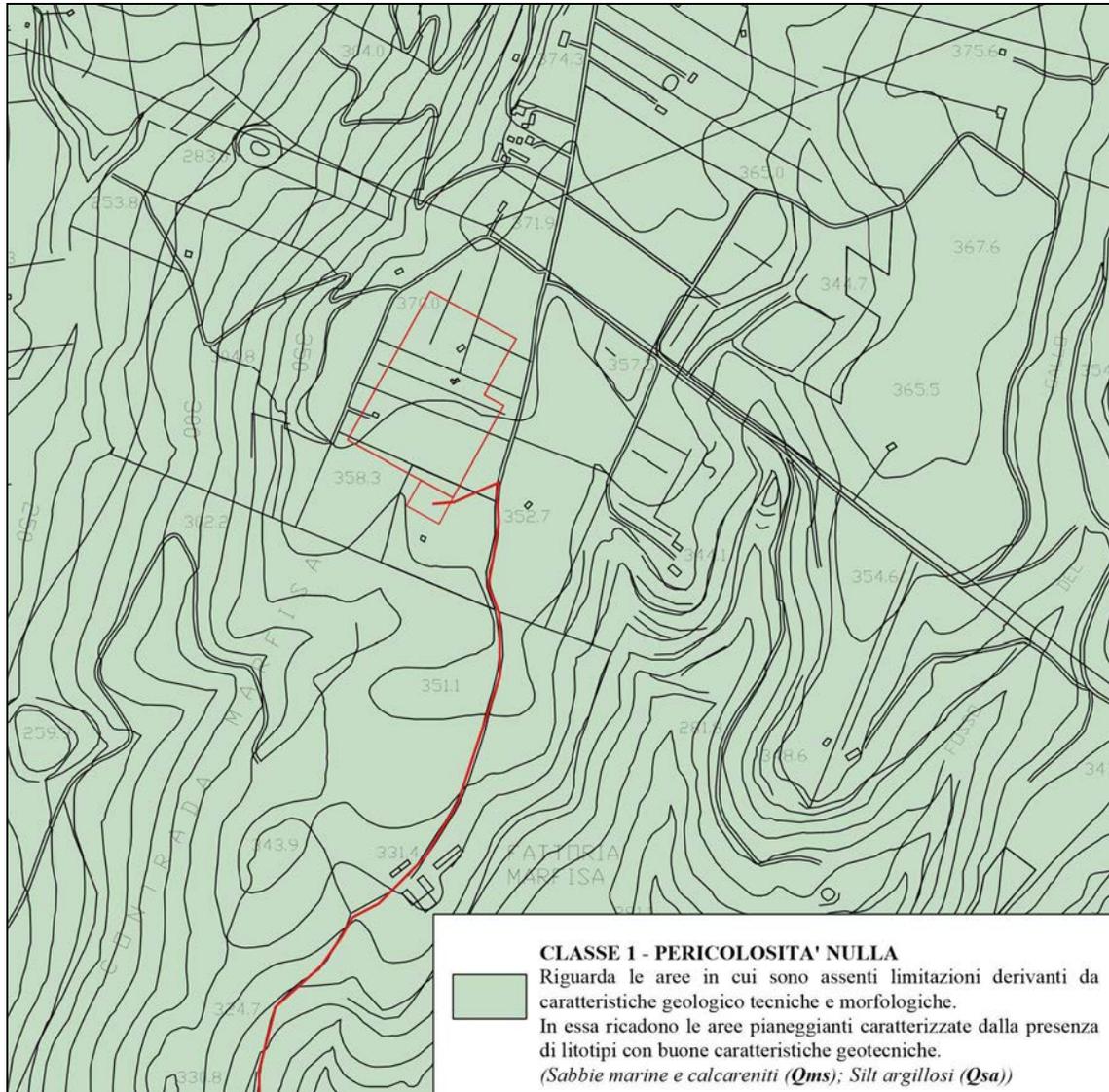
## CLASSE 2 - PERICOLOSITA' BASSA

Non sono presenti fenomeni di dissesto, tuttavia le condizioni geologico - tecniche sono tali da far ritenere che a seguito di specifici eventi possono innescarsi fenomeni di dissesto. In essa ricadono le aree da poco a moderatamente acclivi con caratteristiche geomorfologiche, stratigrafiche e litotecniche favorevoli alla stabilità, per cui i fenomeni franosi, pur possibili, coinvolgono porzioni di territorio di ampiezza limitata. (Argille grigio azzurre (Qa))

## CLASSE 3 - PERICOLOSITA' ELEVATA

In questa classe ricadono aree interessate da fenomeni di dissesto. Riguarda le aree interessate da fenomeni di erosione e sedimentazione e le aree soggette ad esondazione censite nel PAI (Aree in frana)





*Carta pericolosità geologica in scala 1:10.000 (Area stazione di consegna)*



La *Carta della pericolosità sismica* è una carta dove devono essere individuate sia le problematiche geologiche che gli effetti di sito attendibili nell'area in studio in cui devono essere distinte le zone interessate prevalentemente da: fenomeni franosi in atto e quiescenti; aree potenzialmente franose; aree di fondovalle; aree suscettibili a potenziali fenomeni di liquefazione, etc.

Nello specifico è stato individuati due gruppi:

- *I Gruppo*. Assenza di pericolosità sismica locale. Zone stabili ove ricadono aree da pianeggianti a moderatamente acclivi, caratterizzate da litotipi pelitici, e/o sabbiosi, a volte tettonizzati.  
(*Alluvioni recenti e attuali (a)*; *Sabbie marine e calcareniti (Qms)*; *Sabbie gialle (Qs)*; *Silt argillosi (Qsa)*; *Argille grigio azzurre (Qa)*)
- *II Gruppo*. Zone instabili ove si possono verificare o riattivare fenomeni franosi preesistenti in caso di sisma. (*Frane*)

L'area in oggetto ove si prevede di realizzare il parco fotovoltaico e l'area della stazione di consegna, ricadono nel Gruppo I.

# CARTA PERICOLOSITA' SISMICA

Scala 1:10.000

## I GRUPPO

Assenza di pericolosità sismica locale. Zone stabili ove ricadono aree da pianeggianti a moderatamente acclivi, caratterizzate da litotipi pelitici, e/o sabbiosi e calcarei, a volte tettonizzati.

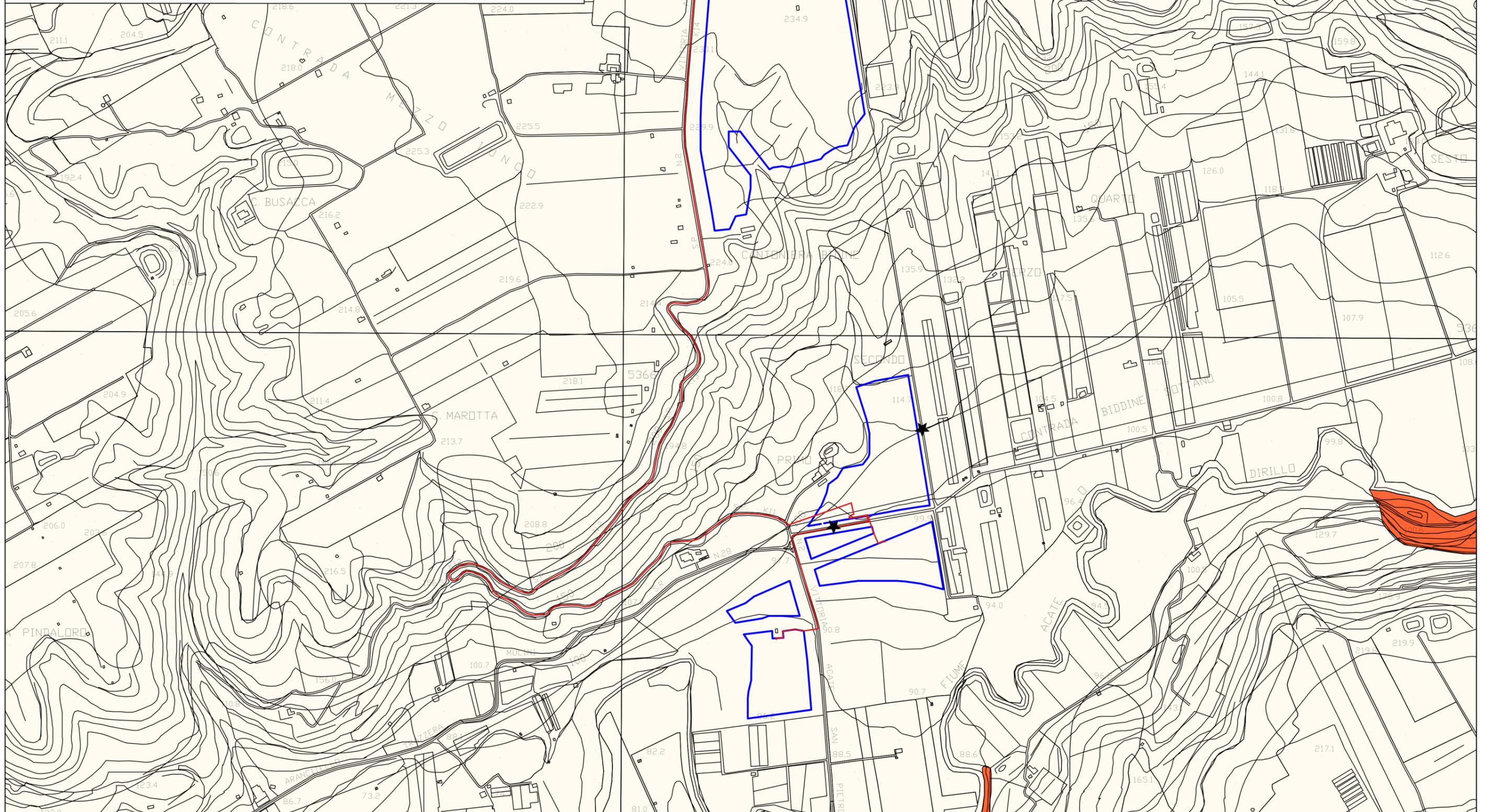
(Alluvioni recenti e attuali (a); Sabbie marine e calcareniti (Qms); Sabbie gialle (Qs); Silt argillosi (Qsa); Argille grigio azzurre (Qa))

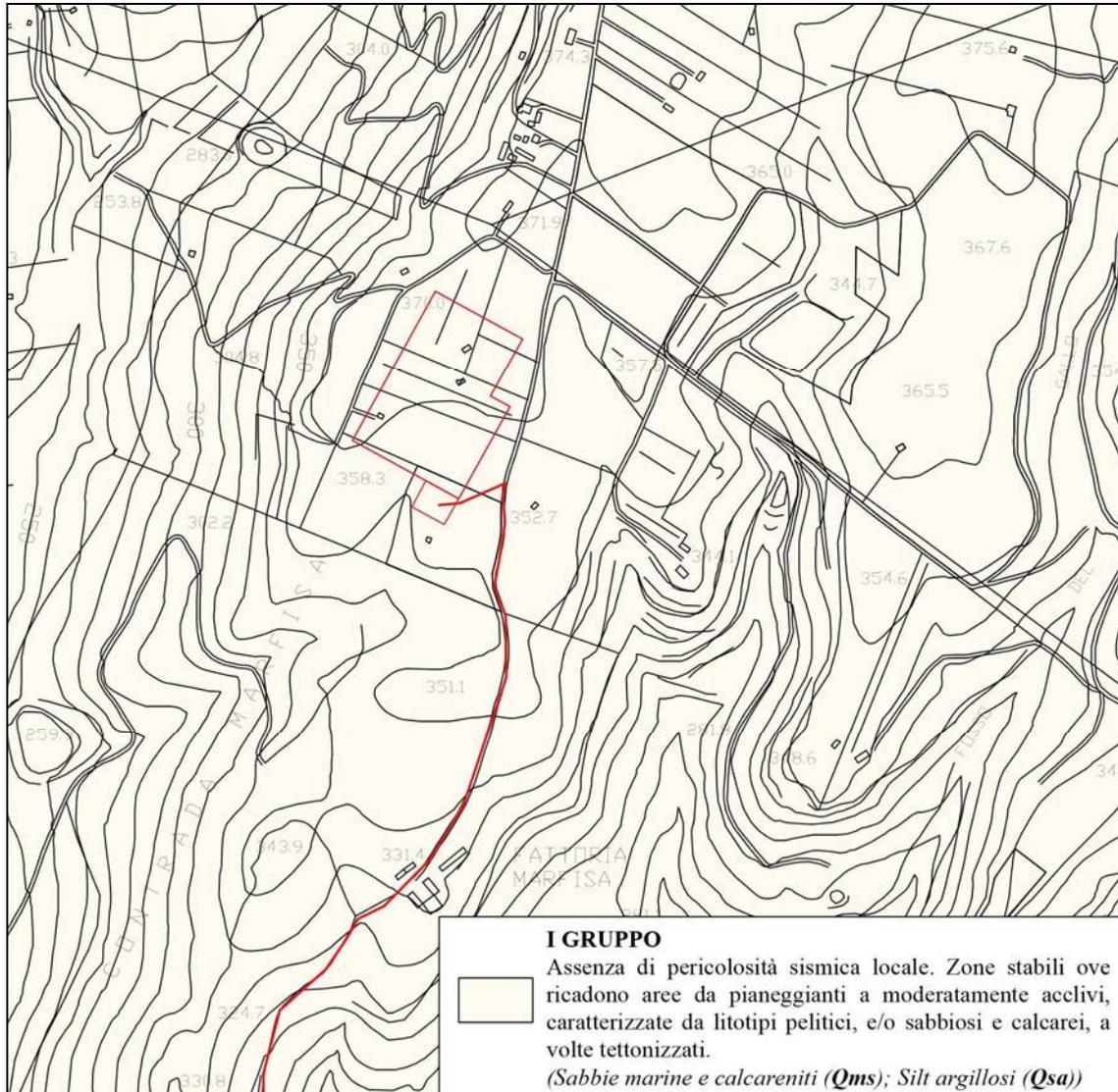
## II GRUPPO

Zone instabili ove si possono verificare o riattivare fenomeni franosi preesistenti in caso di sisma.

(Frane)

★ Punti di esecuzione analisi MASW





*Carta della pericolosità sismica locale in scala 1:10.000 (Area stazione di consegna)*



## 11. Conclusioni

L'area oggetto del presente studio è localizzata nel settore centro meridionale della Sicilia.

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto agrofotovoltaico con potenza di picco del generatore pari a 35 MWp ca., da realizzarsi nel territorio del comune di Acate (RG) con opere di connessione nel comune di Caltagirone (CT) denominato *BIDDINE*.

In dettaglio l'impianto è suddiviso in quattro lotti, ricadenti all'interno del territorio comunale di Acate (RG) e l'area dell'impianto fotovoltaico (strutture sostegno pannelli, viabilità, cabine, fascia tagliafuoco etc.) è pari a: 46.2 ha ca.

Dal punto di vista geologico l'area dell'impianto è caratterizzata dai seguenti litotipi:

- *Alluvioni recenti e attuali (a)*
- *Sabbie marine e calcareniti (Qms)*
- *Argille grigio azzurre (Qa)*

Morfologicamente, la stabilità d'insieme dell'area appare buona e allo stato attuale non sono stati rilevati fenomeni franosi in atto e non sono stati riscontrati dissesti e/o segni di sconnesione o lesioni negli edifici esistenti nelle vicinanze.

In ultimo, è stato preso in esame il P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) relativo al *bacino idrografico del F. Acate Dirillo (078)*, redatto dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, approvato con Decreto Presidenziale del 08.10.2004, e pubblicato sulla G.U.R.S. n° 52 del 03.12.2004 e successive modifiche ed integrazioni, e la zona di stretto interesse, dal punto di vista geomorfologico, non ricade ne in aree in dissesto, ne in aree a rischio, ne in aree a pericolosità, ai sensi del predetto P.A.I.. Pertanto, da quanto osservato, si desume che l'area è stabile e che l'installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie, non comporterà l'innescarsi di fenomeni di instabilità anche localizzati.

L'elaborazione MASW delle due stese sismiche eseguita ha definito un valore della velocità  $V_{s30}$  dei terreni pari a **479** m/s per MASW\_1 e **572** m/s per MASW\_2.



Pertanto, ai sensi dell'Ordinanza n. 3274/2005 del Presidente del Consiglio dei Ministri ripresa e completata con la O.P.C.M. n. 3519/2006 e successivamente con il D.M. 17.01.2018, i terreni in esame rientrano nel tipo di suolo **B** (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.*)

I lavori previsti per la realizzazione di quanto in progetto, non porteranno alcuna modifica al deflusso superficiale delle acque meteoriche né alcuna interferenza con l'assetto idrogeologico delle acque di circolazione profonda.

Pertanto, da quanto osservato, si desume che l'area è stabile e che l'installazione dei pannelli fotovoltaici e delle opere accessorie, non comporterà l'innescarsi di fenomeni di instabilità anche localizzati.

Termini Imerese, Giugno 2023



Il Geologo

(Dott. Ignazio Giuffrè)