



# REGIONE SICILIA

## PROVINCIA DI CATANIA

### COMUNE DI RAMACCA

#### PROGETTO:

*Impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare denominato "CAPEZZANA"*

## Progetto Definitivo

#### PROPONENTE:

**UKA SOLAR RAMACCA, SRL**

**Via Ombrone, 14**

**00198 ROMA**



#### ELABORATO:

**RGT - Relazione Geologico-Tecnica**

#### PROGETTISTA:

BLC s.r.l.

Via Umberto Giordano, 152 - 90144 Palermo (PA)

P.IVA 07007040822

Dott. Geol. Ignazio Giuffrè

Ing. Eugenio Bordonali

Ing. Gabriella Lo Cascio



#### Scala:

-

#### Tavola:

25

#### Data:

04 Settembre 2023

#### Rev.

#### Data

#### Descrizione

00

04/09/2023

prima emissione

# **COMUNE DI RAMACCA**

**- CITTÀ METROPOLITANA DI CATANIA -**

## **RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA**

### **Progetto definitivo**

*“Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare denominato CAPEZZANA”*

**Comm.: *Studio BLC s.r.l.*** per conto di  
***UKA Solar Ramacca s.r.l.***

**Data: *Settembre 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 RAMACCA**  
**- CITTÀ METROPOLITANA DI CATANIA -**

**RELAZIONE GEOLOGICO – TECNICA**

**Progetto definitivo**

*“Progetto per la realizzazione di un impianto agrivoltaico per la produzione di energia elettrica da fonte solare denominato CAPEZZANA”*

**Premessa**

Il presente lavoro costituisce parte integrante di un progetto per la realizzazione di un impianto fotovoltaico da 55,714 MWp ca. da realizzarsi nel territorio del comune di Ramacca denominato “Capezzana” corredato di progetto agrivoltaico e delle relative opere di connessione alla rete elettrica nazionale.

Il lavoro è stato commissionato allo scrivente dallo studio *BLC s.r.l.*, per conto della *UKA Solar Ramacca 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 d’Italia – Foglio 633 Paterno*” a cura di S. Carbone, F. Lentini e S. Branca e “*Carta geologica d’Italia – 296 Paternò*” L. Mazzetti e R. Travaglia - Servizio geologico Italiano 1878).

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 geologico - tecniche;
6. considerazioni litotecniche;
7. Sismica a rifrazione - tecnica MASW;
  - 7.1. classificazione del suolo di fondazione con il metodo MASW;
  - 7.2. risultati delle analisi MASW;
  - 7.3. categoria di suolo individuata;
8. pericolosità sismica locale;
9. zonizzazione del territorio;
10. 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

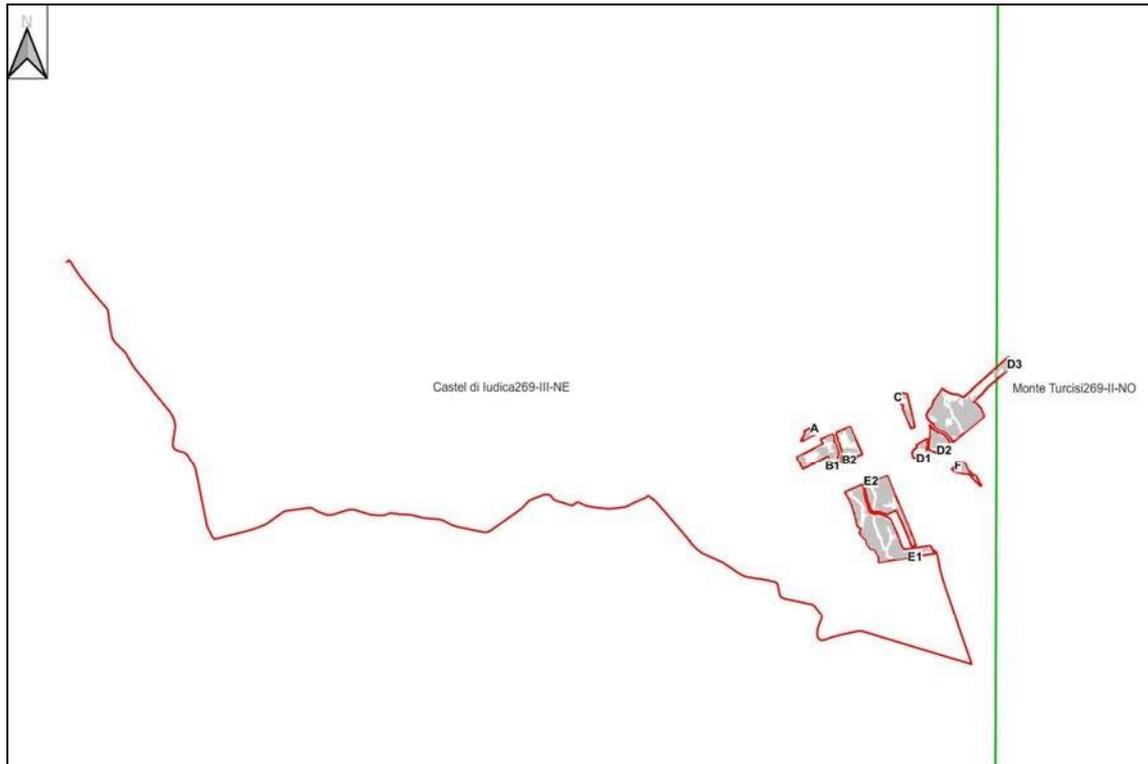
L'area oggetto del presente studio è localizzata nel settore centro meridionale della Sicilia.

In dettaglio ci troviamo su un'area, facente parte del territorio comunale di Ramacca e ricadente nella contrada denominata *Capezzana*.



Topograficamente, il sito rientra nella Tavoletta “*Monte Turcisi*”, Foglio n° 269, Quadrante II, Orientamento N. O., redatte dall'I.G.M.I. alla scala 1:25.000 e la sottostazione nella Tavoletta “*Castel di Iudica*”, Foglio n° 269, Quadrante III, Orientamento N. E..

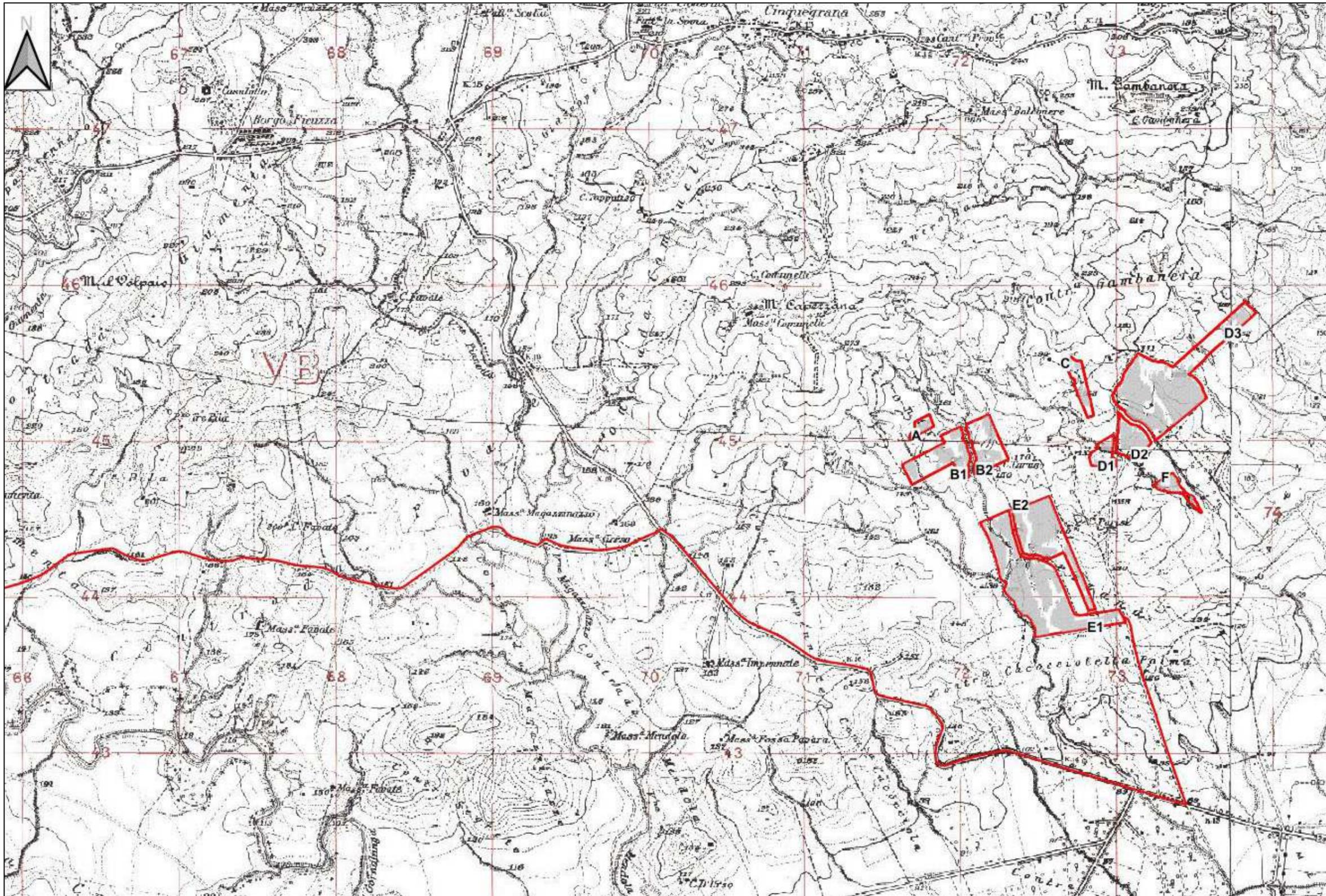
Inoltre ricade nelle Sezioni 632120, 632160, 633130 e 633090 della Carta Tecnica Regionale (C.T.R.) in scala 1:10.000.



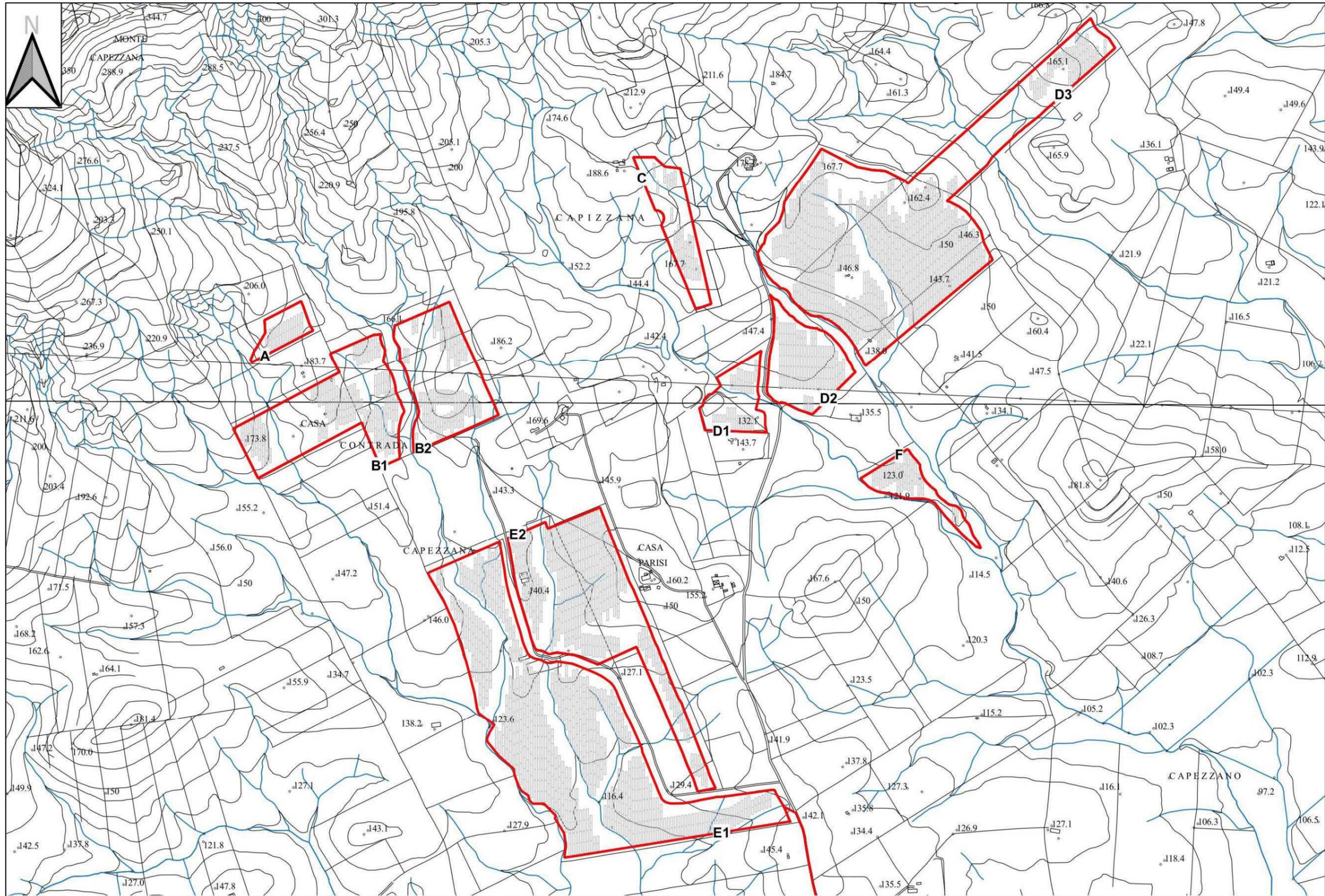
*Quadro d'unione delle tavolette IGMI 1:25.000 con ubicazione dell'impianto*

Il sito è identificato al catasto del comune di Ramacca, con le particelle sotto elencate:

Foglio	Particella	Foglio	Particella
90	83	91	25
	87		27
	65		35
	11		44
	64		3
	66		4
	5		5
	69		11
	70		144
	67		82
	23	69	
	52	68	
	4	70	
	84	86	
	121	83	
	62	84	
	68	85	
	63	117	
	15	67	58
	71	89	15
	88		
	12		
	22		



Stralcio tavoletta I.G.M.I. in scala 1:25.000



Stralcio aerofotogrammetrico in scala 1:10.000 dell'impianto



Ortofoto in scala 1:10.000 dell'area



Ortofoto in scala 1:10.000 dell'area SSE dell'impianto



L'impianto è distinto nei seguenti lotti tutti ricadenti all'interno del territorio comunale di Ramacca:

<b>lotto</b>	<b>sub-lotto</b>	<b>Superficie [ha]</b>
A		1.1
B	B1	7.6
	B2	5.8
C		2.9
D	D1	2.2
	D2	3.9
	D3	24.8
E	E1	23.7
	E2	11.7
F		1.8
<b>Totale</b>		<b>85,5</b>

L'area dell'impianto fotovoltaico (strutture sostegno pannelli, viabilità, cabine, fascia tagliafuoco etc.) è pari a: 85,54 ha ca. entro cui ricadono:

- area per le colture specifiche interne (ad esclusione delle aree al di sotto dei pannelli): 57.82 ha ca.;
- aree al di sotto dei pannelli: 25.31 ha ca.;
- area per fascia tagliafuoco: 7.85 ha ca.;
- area per piantumazioni di salvaguardia degli impluvi e canali preesistenti: 8.47 ha ca.
- aree per viabilità e cabine dell'impianto fotovoltaico: 2.4 ha ca.;



La committenza si impegna inoltre a realizzare su aree al di fuori dei 85,54 ha ca. d'impianto fotovoltaico e comunque nella propria disponibilità, ulteriori aree a verde per: 27 ha ca. di cui:

- area fascia arborata di 10 m. di separazione e protezione dell'impianto fotovoltaico: 14,67 ha ca. perimetrale all'impianto fotovoltaico;
- aree ulteriori colture esterne: 12.33 ha ca. entro cui ricadono ulteriori colture/allevamenti di cui alla Relazione Progetto Agrovoltaiico.
- 



Le opere di rete per la connessione, funzionali alla connessione di una pluralità di iniziative di produzione, sono state oggetto di apposito tavolo tecnico presso il gestore di rete. Nell'ambito di tale tavolo, altro operatore (ITS MEDORA S.R.L. titolare della procedura n° 1235 di VIA-Verifica di Assoggettabilità presso il portale di Valutazioni Ambientali della Regione Sicilia), nella qualità di capofila per la progettazione delle opere di rete, ha provveduto alla progettazione della nuova stazione elettrica di consegna 380/150/36 kV e dei relativi raccordi alla linea RTN a 380 kV "Chiaromonte Gulfi-Ciminna". La stazione è stata prevista in c.da Albospino nel comune di Ramacca (CT) ad una altitudine di 230 m s.l.m. ca..

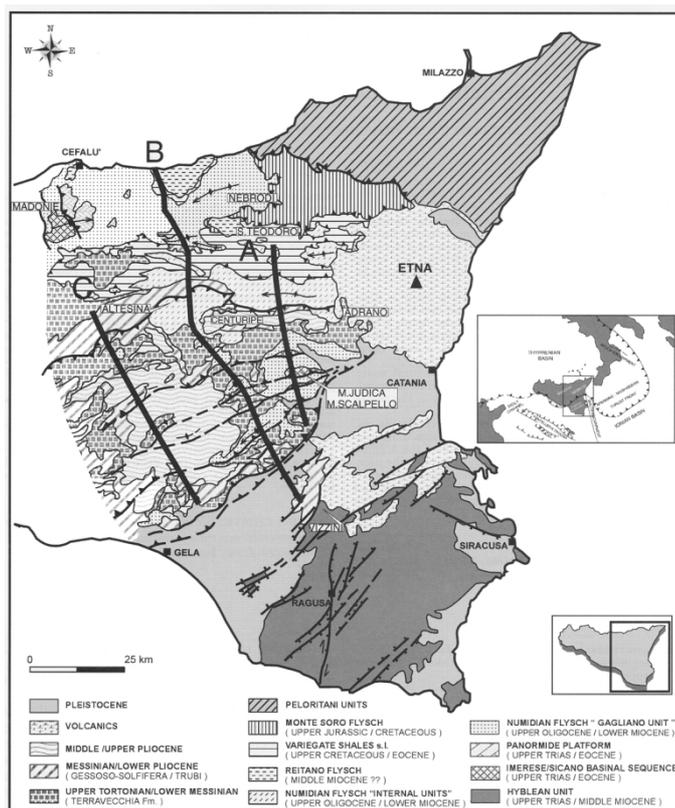


Si prevede di realizzare una stazione elettrica di utenza a 36 kV nei pressi della Stazione RTN al fine di alloggiare le apparecchiature elettromeccaniche di controllo e regolazione.



## 2. Lineamenti geologici

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

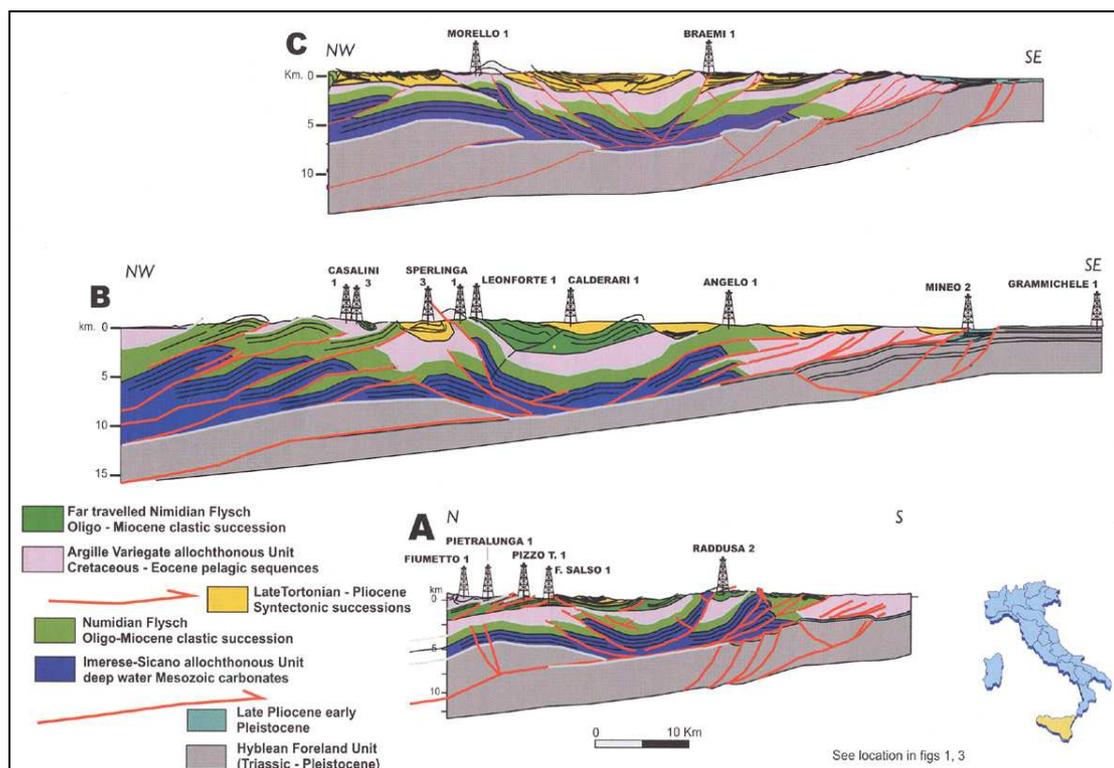


*Quadro strutturale schematico della Sicilia centro-orientale (da Bello et al., 2000)*

I terreni affioranti nell'area, di età compresa tra il Cretaceo superiore ed il Quaternario, sono rappresentati da complessi alloctoni, quali argille scagliose del



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



*Profili geologici crostali attraverso la Sicilia orientale (da BELLO et al., 2000)*

Segue un complesso di calcareniti, sabbie e siltiti, di età compresa tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore, il quale rappresenta l'unità di maggiore interesse



idrogeologico dell'intera area esaminata. Esso è costituito da calcareniti giallastre, ben stratificate, in livelli di spessore variabile da pochi centimetri a qualche metro, con frequenti orizzonti fossiliferi, contenenti faune oligotipiche ad ostreidi e pettinidi, e da sabbie e limi argillosi, in livelli di vario spessore.

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

Dall'analisi degli affioramenti geologici nei dintorni dell'area in esame (*"Carta geologica d'Italia – Foglio 633 Paterno"* a cura di S. Carbone, F. Lentini e S. Branca e *"Carta geologica d'Italia – 296 Paternò"* L. Mazzetti e R. Travaglia - Servizio geologico Italiano 1878) e da quanto osservato in superficie, l'area di stretto interesse è caratterizzata dall'alto verso il basso da:

- *Deposito alluvionale attuale (b<sub>a</sub>)*

Il deposito alluvionale attuale è presente lungo l'asse dei principali fiumi e dei valloni ed è costituito da ghiaie eterometriche a prevalenti clasti sedimentari spigolosi, metamorfici di vario grado appiattiti e/o arrotondati, clasti mineralici di quarzo, lavici smussati; da ghiaie eterometriche a prevalenti clasti sedimentari arrotondati e ghiaie sabbiose; da ghiaie eterometriche a prevalenti clasti sedimentari spigolosi, vulcanici smussati e sub arrotondati, oltre a limi argillosi sempre presenti nei tre corsi fluviali. L'età è Olocene.

- *Deposito alluvionale recente (b<sub>b</sub>)*

I depositi sono stati caratterizzati e suddivisi in funzione della tessitura o gruppi di tessiture che hanno rapporti di lateralità e/o verticalità. I gruppi di tessitura prevalenti sono rappresentati da: limo, più raramente limo-sabbia di colore bruno e limo-ghiaia con ciottoli quarzarenitici di diametro tra 2 e 25 cm; sabbia a grana da fine a grossolana, ghiaia-sabbia (deposito di piana inondabile). Formano corpi sedimentari a geometria lenticolare, tabulare e nastriforme, che passano lateralmente e verticalmente a depositi alluvionali di conoide, di canale e di argine costituiti da ghiaia poligenica ed eterometrica in abbondante matrice sabbiosa, con blocchi angolosi e con intercalazioni di ghiaia-sabbia; sabbia da



grossolana a fine, localmente limo, in strati da sottili a molto spessi, alternata a limo-sabbia e limo, in strati molto sottili e sottili. L'età è Olocene.

- ***Sintema Piana di Catania (SPK)***

Unità alluvionale eterolitica ed eterometrica, costituente i depositi terrazzati, più o meno estesi, di conoide e intervallivi, posti a quote progressive lungo le sponde dei fiumi Simeto, Dittàino e Gornalunga. L'unità è suddivisa, su base morfologica e altimetrica, nei subsintemi di Regalizie (SPK<sub>1</sub>) e di Gerbini (SPK<sub>2</sub>).

- ***Subsintema di Regalizie (SPK<sub>1</sub>)***

È costituito da un'alternanza di livelli sabbiosi di colore giallastro, con lenti di limi e limi sabbiosi, di livelli limoso-argillosi e livelli conglomeratici. Per gran parte della sua estensione tale deposito è coperto da circa 0.5-1 m di suolo agrario. La composizione del deposito è caratterizzata da limi ghiaiosi e/o sabbiosi, lo spessore varia da pochi metri a 15 m. L'età è Pleistocene superiore-Olocene.

- ***Subsintema di Gerbini (SPK<sub>2</sub>)***

Sabbie ghiaiose di colore giallastro, talora rossastro a clasti poligenici ed eterometrici, per lo più arrotondati di diametro da 2 a 20 cm, localmente la frazione ghiaiosa è prevalente (F. Simeto); ghiaie e ghiaie sabbiose (F. Dittàino); limi ghiaiosi (F. Gornalunga). Spessore affiorante fino a 10 m. L'età è Pleistocene superiore-Olocene.

- ***Formazione delle argille grigio-azzurre (FAG)***

La formazione è costituita da argille grigio-azzurre, giallastre all'alterazione, massive o a stratificazione poco evidente. Verso l'alto le argille si arricchiscono di una frazione sabbiosa che si esprime con sottili intercalazioni di lenti sabbiose fini (FAGa), che preludono al passaggio con le soprastanti sabbie. Lo spessore affiorante è circa 200 m, e varie centinaia di metri nel sottosuolo della Piana di Catania. L'età è Pleistocene inferiore-medio.

- ***Formazione Terravecchia (TRV)***



La formazione Terravecchia (Schmidt Di Friedberg, 1962) è una successione argilloso-sabbioso-conglomeratica, di età Tortoniano superiore, caratterizzata da notevole variabilità di facies e di spessori. La litofacies più diffusa è rappresentata da marne argillose di colore grigio-azzurro o bruno e da sabbie quarzose giallastre in sottili livelli, raramente in banchi (TRV<sub>a</sub>); l'altra è caratterizzata da sabbie quarzose giallastre con grosse lenti di conglomerati a clasti eterometrici da piatti a sferici, arrotondati, di natura sia sedimentaria che cristallina di vario grado metamorfico (TRV<sub>b</sub>). L'età è Tortoniano superiore.

- *Formazione di Castellana Sicula (SIC)*

La formazione di Castellana Sicula è costituita da argille siltoso-marnose di colore grigio, a stratificazione indistinta, con intercalazioni di siltiti ed areniti quarzose di colore giallastro, più frequenti nella parte inferiore della formazione. Lo spessore non supera i 200 m. L'età va dal Langhiano al Tortoniano inferiore.

- *Argille Varicolori Inferiore (AVF)*

Argille di colore rosso vinaccia, verde e grigio ferro, scagliettate e a struttura caotica, con intercalazioni sottili di diaspri grigio-verdi a frattura prismatica, siltiti carbonatiche grigie e calcari micritici bianchi. Spessore non valutabile per tettonizzazione. L'età è Paleocene-Eocene.

- *Flysch numidico membro di Monte Salici (FYN<sub>3</sub>)*

La formazione è costituita da un intervallo basale ad argilliti nerastre, passanti verso l'alto ad argille brune, cui si intercalano quarzareniti giallastre. Le argilliti nerastre sono a stratificazione indistinta, le argille brune sono intensamente scagliettate, presentano bande d'alterazione di colore ocreo, noduli limonitici e concrezioni giallo-rossastre. Le arenarie hanno composizione quarzosa, sono generalmente gradate, a granulometria da fine a grossolana, fino a conglomerati, sono clasto-sostenute con scarsa matrice; il cemento, quando presente, è sempre siliceo. Lo spessore degli strati varia da pochi centimetri a banchi plurimetrici. L'età è Oligocene superiore-Burdigaliano.

- *Argille e arenarie glauconiti che di Catenanuova (AAC)*



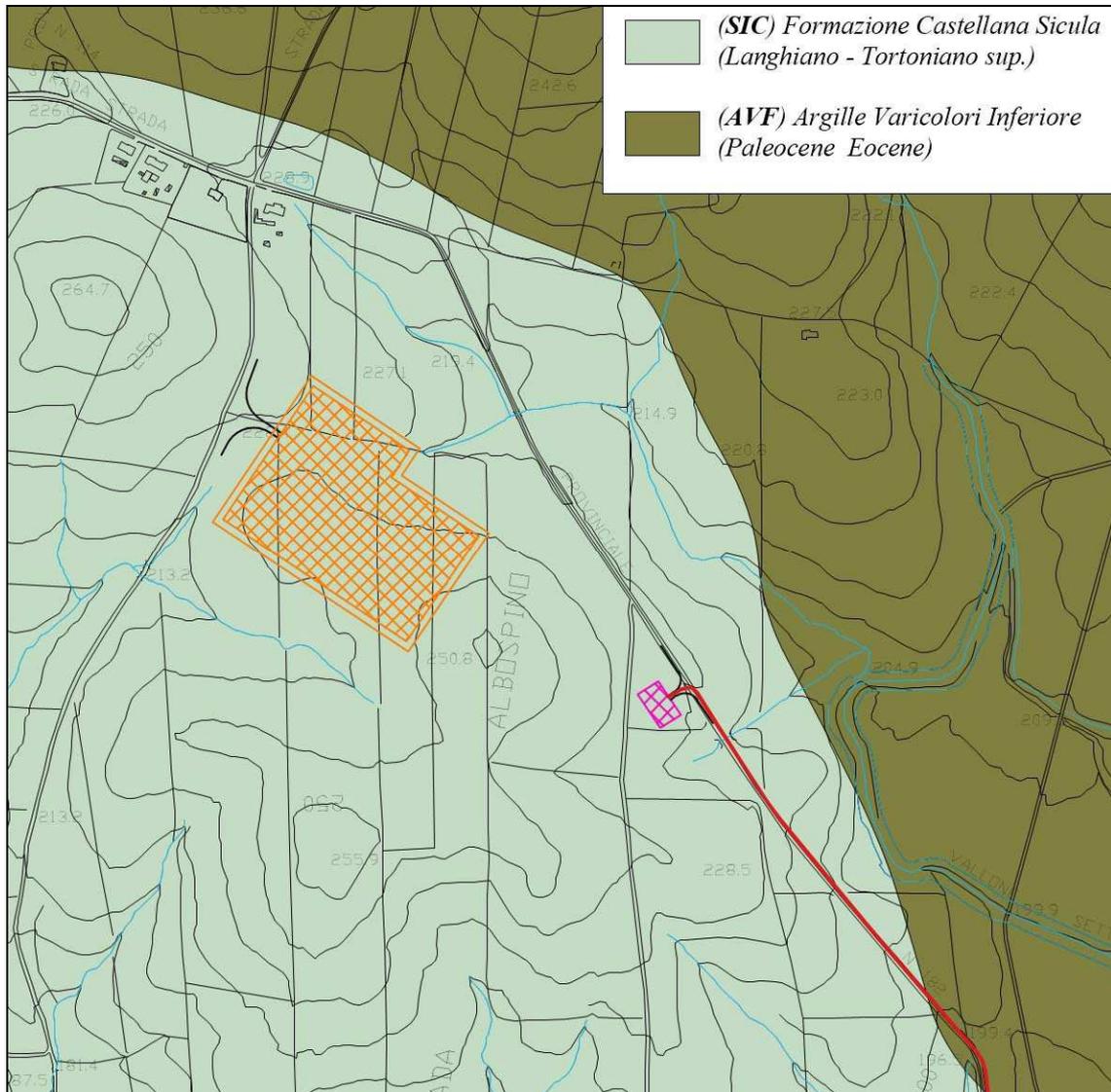
Formazione pelitica, costituita da argille marnose talora siltoso-sabbiose, di colore bruno o grigio-verdastre e che nel suo terzo superiore si arricchisce di intercalazioni arenacee giallo-verdastre, in strati da molto sottili a spessi, talora fino a megastrati nella parte apicale (AACa). Lo spessore è molto variabile e raggiunge il valore massimo di 400 m. L'età è Oligocene superiore-Serravalliano.

Entrando nel dettaglio:

- i lotti A, B1 in parte, B2, E1 in parte, E2 in parte, C, D1, D2 e D3 in parte, ricadono su terreni afferenti alle *Argille ed arenarie glauconitiche di Catenanuova (AAC)*;
- i lotti B1 in parte, E1 in parte, E2 in parte, e D3 in parte ricadono su terreni afferenti alla *Formazione del Flysch Numidico membro di Monte Salici (FYN<sub>3</sub>)*
- il lotto E1 in parte, ricade su terreni afferenti alla *Formazione delle Argille Vericolori (AVF)*.
- la SSE, ricade su terreni afferenti alla *Formazione di Castellana Sicula (SIC)*.

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





Carta geologica SSE in scala 1:10.000



### 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.

In generale il settore in studio fa parte dei *Monti Erei* che costituiscono un insieme di moderati rilievi e di pianori che dalla catena settentrionale dei Nebrodi e delle Madonie si dirigono verso S-SE fino all'Altipiano Ibleo. Queste alture formano una linea di displuvio che attraversa la Sicilia centrale separando i bacini idrografici dello Jonio da quelli del Mediterraneo.

La morfologia dell'area in oggetto è in stretta relazione con la natura dei terreni affioranti e con le vicissitudini tettoniche che, nel tempo, hanno interessato l'intera area.

In dettaglio i litotipi che caratterizzano l'area hanno comportamento fisico meccanico differente; si passa da un comportamento plastico delle argille e delle marne argillose ad un comportamento rigido delle arenarie, dei gessi, dei calcari marnosi e dei calcari di base.

L'area in esame è caratterizzata da una superficie topografica "mossa" e a luoghi interessata da brusche variazioni di pendenza con la presenza di pizzi e creste; ciò è dovuto, come detto precedentemente alla diversità litologica dei litotipi che caratterizzano l'area. L'aspetto morfologico così diversificato dell'area in studio, è legato inoltre al netto dimorfismo esistente tra i diversi litotipi presenti.

Ove affiorano in preponderanza i litotipi a comportamento rigido, questi dominano nettamente il paesaggio dando origine a vari morfotipi sovente dirupati ed aspri, intervallati da ampi pianori, ammantati da coperture di terreni plastici (argillosi) e detritici che meglio si adattano, dando luogo a morfologie continue e dolci.

Nelle formazioni rigide le discontinuità planari, quali la stratificazione e la maglia di fratturazioni legate agli stress tettonici, che hanno nel tempo interessato tali rilievi, vengono poi progressivamente ampliate da lenti processi di degradazione meccanica (degradazione a blocchi) e da fenomeni di alterazione chimica, con formazione di suoli residuali e grossi spessori di detrito.



Al contrario, le zone caratterizzate dai litotipi plastici, composte prevalentemente da argille, presentano un'evoluzione geomorfologica prettamente subordinata ai processi di dilavamento del suolo, legati alle acque di precipitazione meteorica, le quali non potendosi infiltrare nel sottosuolo impermeabile per la presenza di detti litotipi, scorrono superficialmente modellando la superficie topografica. Per quanto attiene alla risposta degli agenti esogeni su tali litotipi, è da rilevare una resistenza bassa all'erosione e quindi un grado di erodibilità elevato. Si rilevano, infatti, impluvi e solchi sia allo stato maturo sia allo stato embrionale, i quali si articolano in forme geometriche, dal tipico andamento "meandriforme".

I versanti costituiti da terreni di natura argillosa, rientrano in una dinamica evolutiva caratterizzata, laddove le pendenze risultano più accentuate, privi di assenze arboree ed erbacee, (il cui duplice effetto sarebbe regimante e fissante), da localizzati fenomeni di dissesto, erosione di sponda ed erosione per dilavamento diffuso ad opera delle acque meteoriche.

L'evoluzione geomorfologica di tali versanti, è quindi subordinata prevalentemente ai processi di dilavamento del suolo, legati alle acque piovane, il cui scorrimento superficiale può produrre un'azione erosiva della coltre di alterazione.

Si possono distinguere vari fenomeni ad intensità crescente, che vanno dall'impatto meccanico delle gocce d'acqua di precipitazione sul terreno (*splash erosion*), ad un'azione di tipo laminare (*sheet erosion*) legata alla "lama" d'acqua scorrente che dilava uniformemente la superficie topografica. Si può altresì passare ad un'azione legata alle acque di ruscellamento embrionale in solchi effimeri (*rill erosion*) ad un'erosione concentrata in solchi già stabilizzati che tendono progressivamente ad approfondirsi (*gully erosion*).

Nella loro generalità, i litotipi argillosi sono costituiti da uno strato di alterazione di spessore variabile e da uno strato sottostante inalterato caratterizzato da una colorazione diversa dal precedente, generalmente più scuro ed intenso; inoltre, le loro caratteristiche meccaniche tendono a migliorare con la profondità.



In generale, quindi, si può affermare che tali tipi di terreni sono soggetti a fenomeni di riassetto di entità variabile, specie nelle zone più acclivi e nelle parti più superficiali.

Trattandosi di terreni argillosi per lo più interessati da una fitta rete di microdiscontinuità di forme irregolari, la resistenza dei singoli elementi è influenzata in modo rilevante, a parità di altre condizioni, dalle pressioni dei fluidi interstiziali. In particolare, la resistenza lungo i giunti è fortemente condizionata dalla pressione dei fluidi contenuti nelle discontinuità; sono, quindi, sufficienti anche modeste variazioni dell'ambiente tensionale per produrre variazioni nei caratteri fisici di tali materiali. Inoltre, è da notare come il rilascio tensionale provoca una sostanziale modifica della struttura che rende possibile il rigonfiamento, con assorbimento di notevole quantità d'acqua, laddove il terreno venga a trovarsi in contatto con essa.

In tali terreni oltre a vere e proprie frane, si hanno lenti movimenti del terreno, quali il "soliflusso" e il "*soil creep*", dovuti principalmente ad un assestamento del tutto normale e naturale, ed in un certo senso continuo, della copertura vegetale.

Le aree caratterizzate da tali morfotipi, poiché gli stessi interessano le coltri superficiali, sono da considerarsi stabili.

Per quanto attiene le frane esse appaiono ben localizzate e con geometrie ben definite. Si tratta in preponderanza di movimenti di massa classificabili come scorrimenti rotazionali che evolvono al piede in colamenti e sporadici crolli si verificano ove affiorano i terreni rigidi.

L'andamento della rete idrografica è di tipo "*dendritico*" nei terreni argillosi e segue linee ad andamento "sub-rettilineo" nei terreni rigidi; infatti, in questi litotipi, le acque di ruscellamento si incanalano naturalmente nelle fratture presenti, le quali, appunto, presentano un andamento pressoché rettilineo.

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.

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.

Si può concludere pertanto che, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica con effetti diretti sia sui manufatti che sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto. Pertanto, vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti e l'inalterata permeabilità delle aree oggetto di installazione dei pannelli fotovoltaici, si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere.

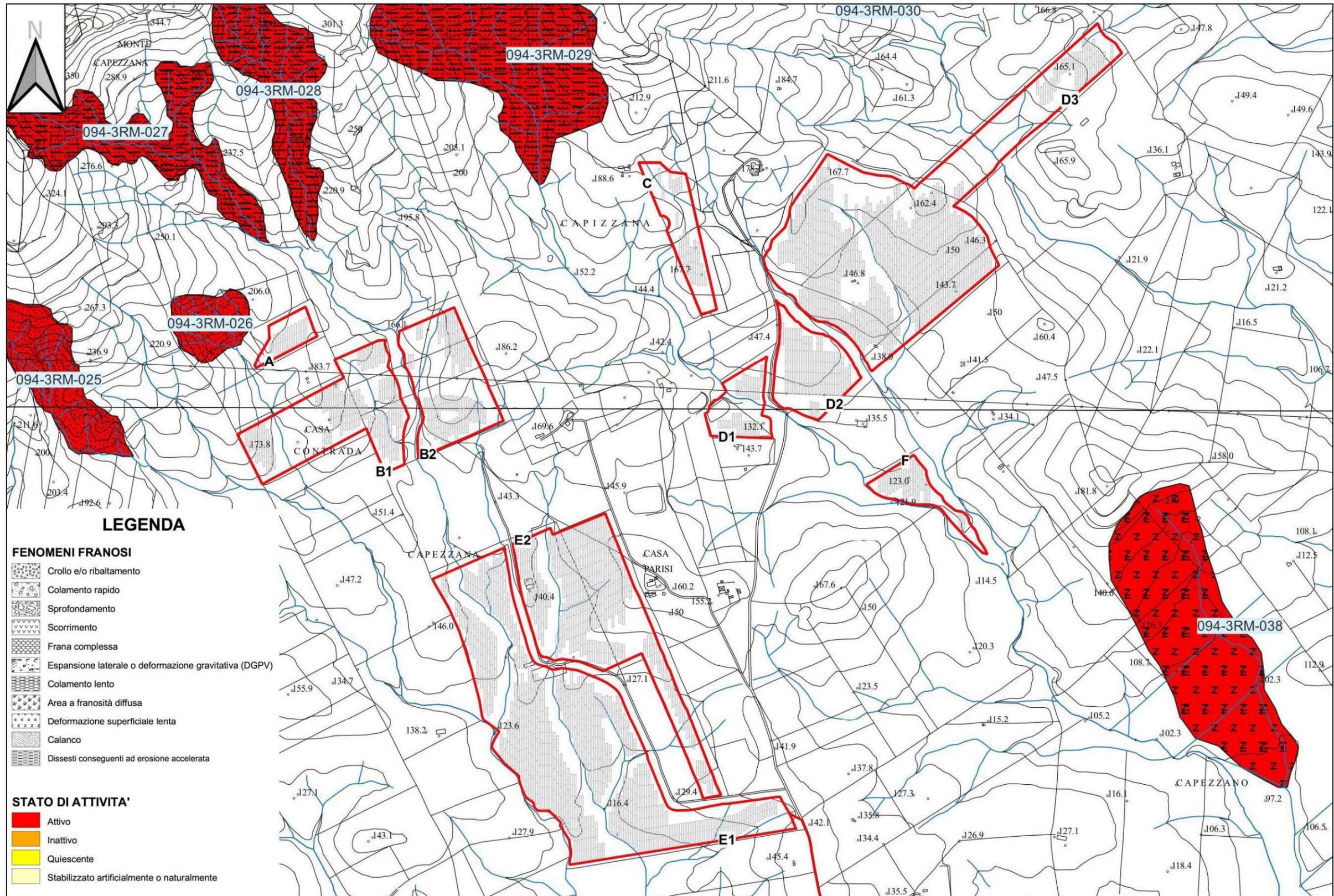
In ultimo, è stato preso in esame il P.A.I. (Piano per l'Assetto Idrogeologico) relativo al *fiume Simeto (094)*, e *area tra i bacini del fiume Simeto, e del fiume San Leonardo (094A)*, *lago di Pergusa (094B)* e *lago di Maletto (94C)*, redatto

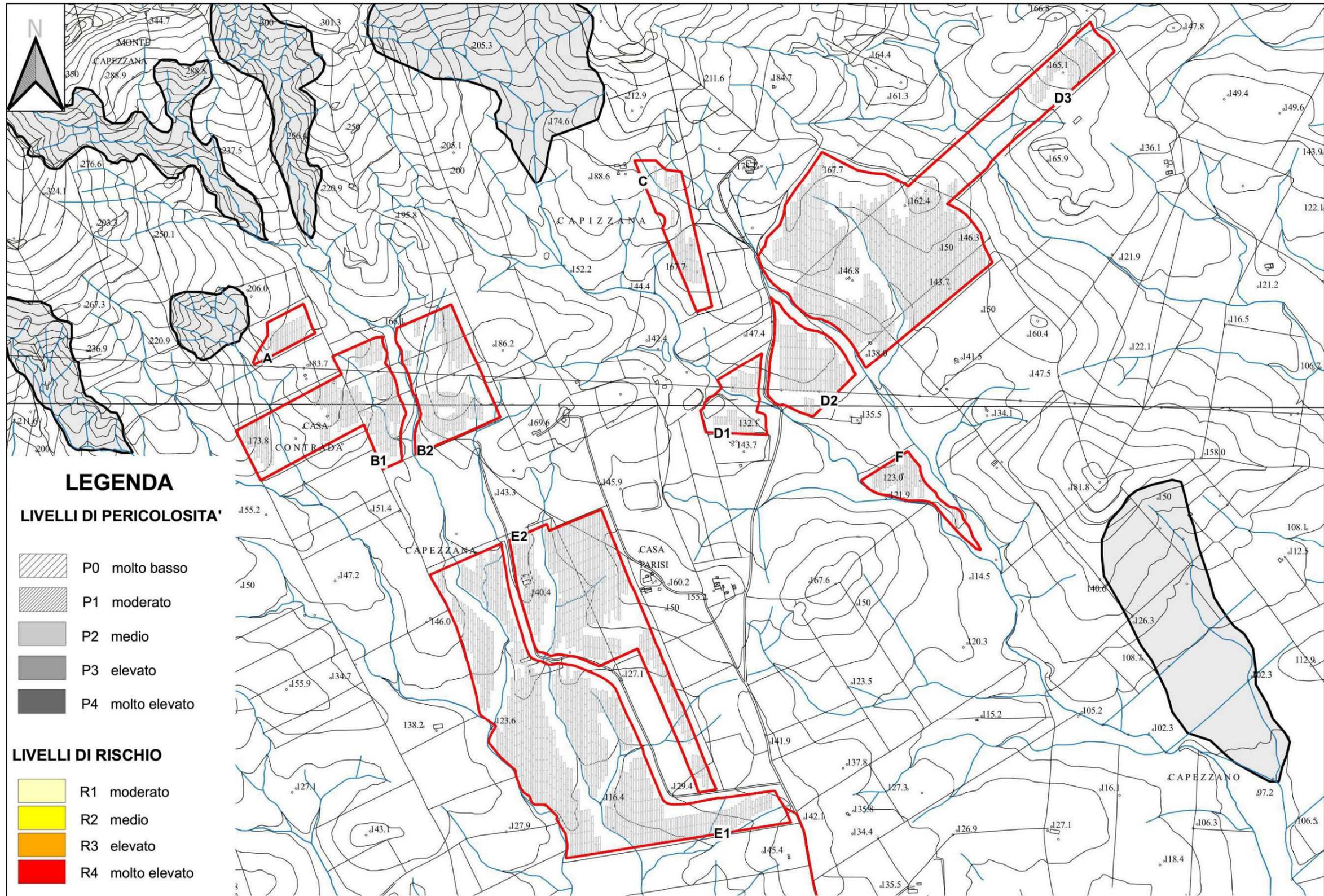


dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, approvato con Decreto Presidenziale n. 538 del 20/09/2006 e successive modifiche ed integrazioni, e la zona di stretto interesse, dal punto di vista geomorfologico, non ricade ne in aree in dissesto, ne in aree a rischio, ne in aree a pericolosità, ai 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.

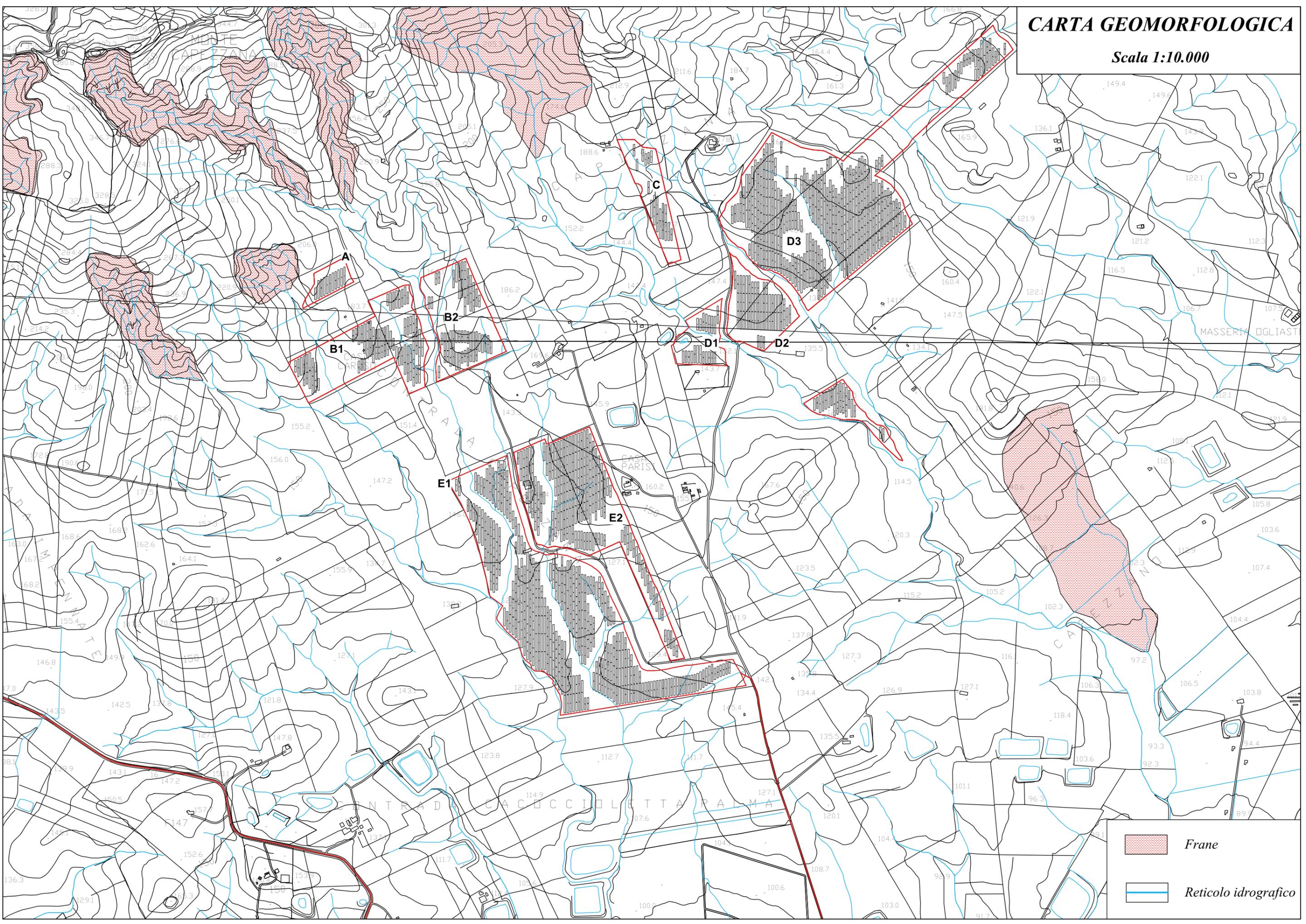
- *Carta dei dissesti;*
- *Carta della pericolosità e del rischio geomorfologico.*

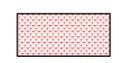




# CARTA GEOMORFOLOGICA

Scala 1:10.000



-  *Frane*
-  *Reticolo idrografico*



#### 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 inclusi i *Deposito alluvionale attuale* ( $\mathbf{b}_a$ ), i *Deposito alluvionale recente* ( $\mathbf{b}_b$ ), il *Subsintema di Regalizie* ( $\mathbf{SPK}_1$ ), il *Subsintema di Gerbini* ( $\mathbf{SPK}_2$ ), e la *Facies sabbiosa della Formazione Terravecchia* ( $\mathbf{TRV}_a$ ).

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 alla *Formazione delle argille grigio azzurre (FAG)*, la *Formazione Castellana Sicula (SIC)*, le *Argille Varicolori Inferiore (AVF)*, il *Flysch numidico membro di Monte Salici (FYN<sub>3</sub>)* e le *Argille e arenarie glauconiti che di Catenanuova (AAC)*. 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>Deposito alluvionale attuale (b<sub>a</sub>); Deposito alluvionale recente (b<sub>b</sub>); Subsintema di Regalizie (SPK<sub>1</sub>); Subsintema di Gerbini (SPK<sub>2</sub>); Facies sabbiosa della Formazione Terravecchia (TRV<sub>a</sub>)</i>	<i>Porosità</i>	<i>alta</i>	$10^{-1}-10^{-3}$
<i>Formazione delle argille grigio azzurre (FAG); Formazione Castellana Sicula (SIC); Argille Varicolori Inferiore (AVF); Flysch numidico membro di Monte Salici (FYN<sub>3</sub>); Argille e arenarie glauconiti che di Catenanuova (AAC)</i>	<i>Impermeabili</i>	<i>da bassa a molto bassa</i>	$10^{-7}-10^{-9}$

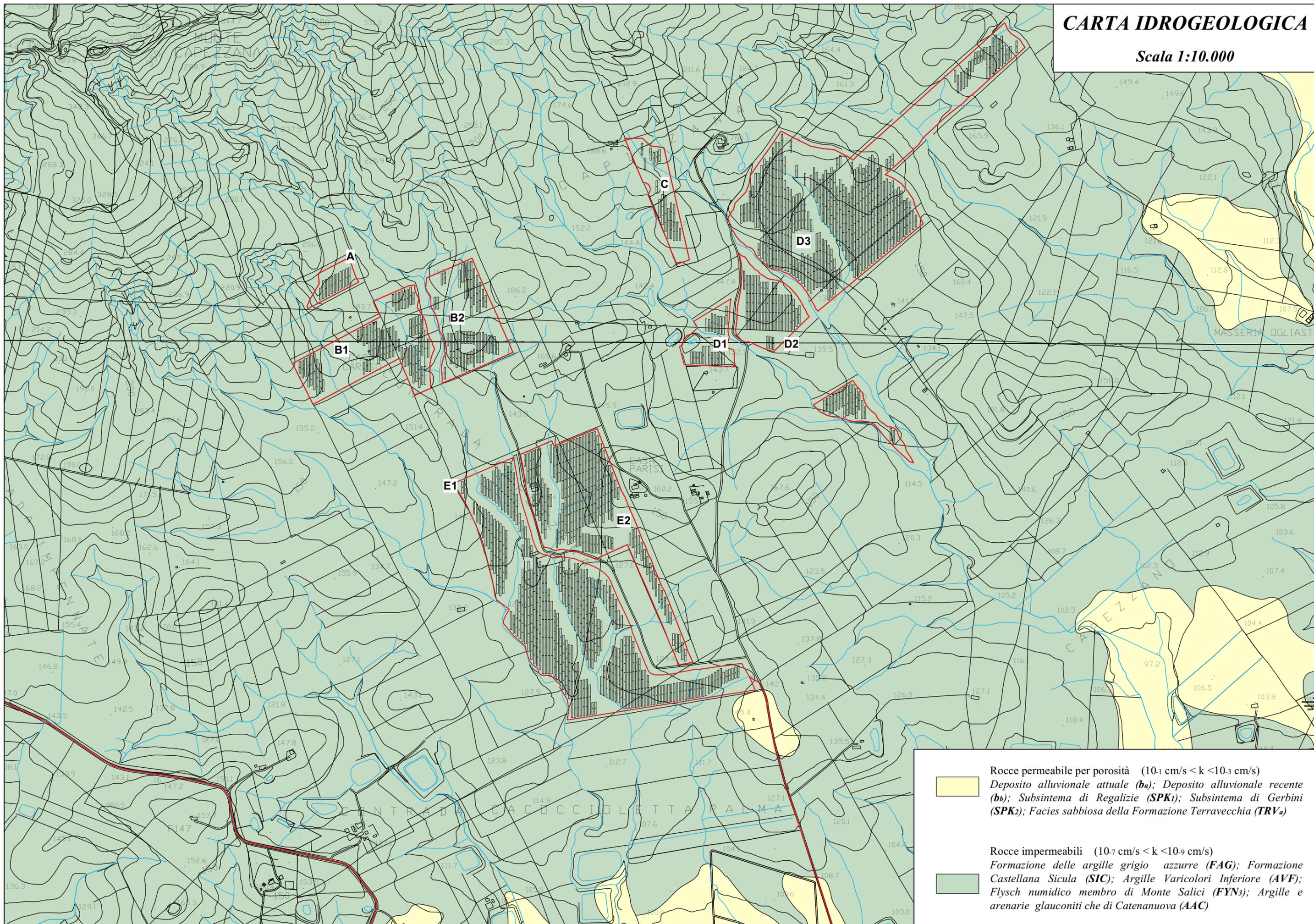
**Schema riepilogativo**

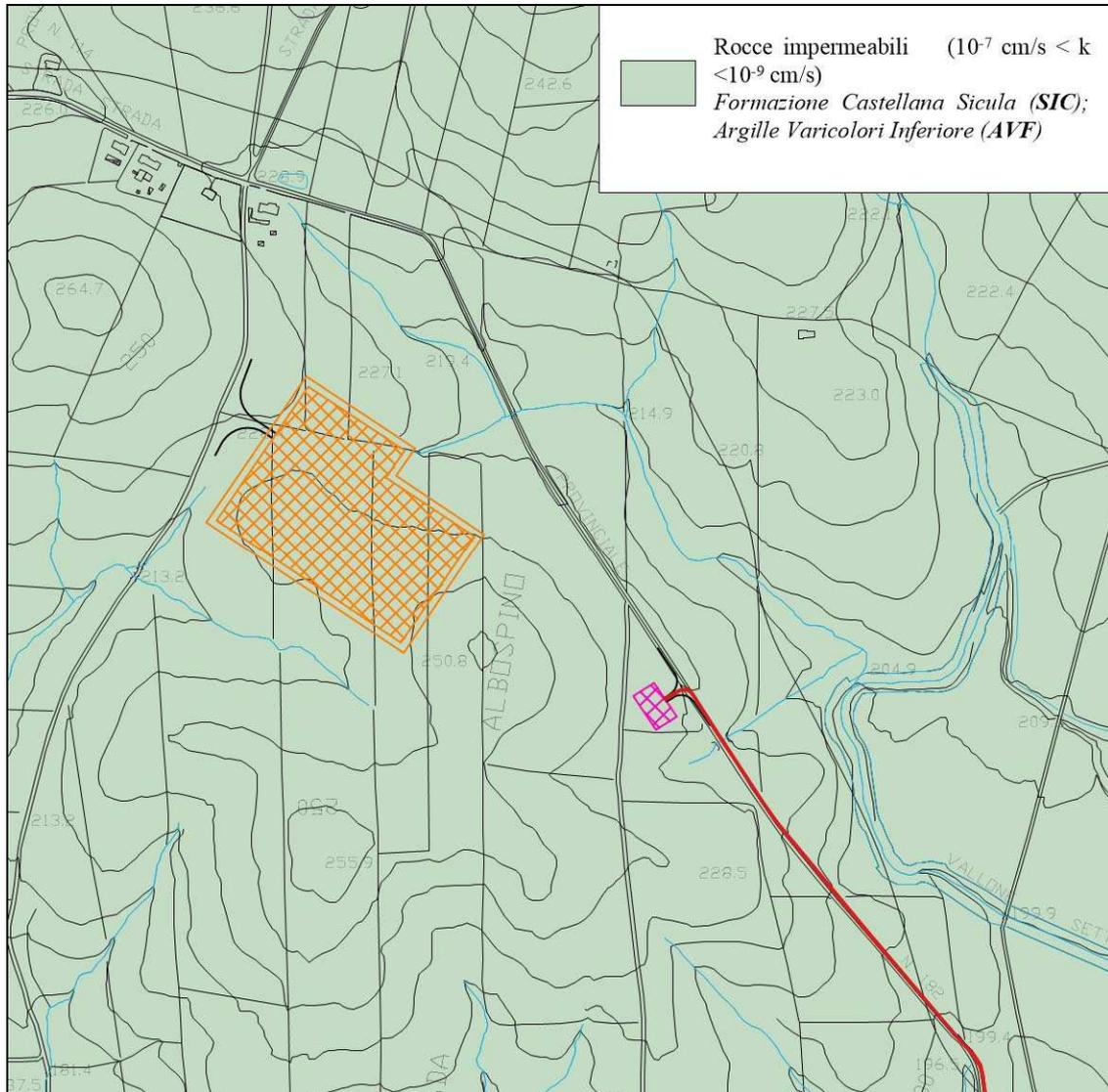
Si sottolinea infine che nessuna sorgente ricade nelle vicinanze del parco fotovoltaico da realizzare e si può inoltre asserire che l'intero impianto da non turberà l'equilibrio idrico sotterraneo e che le opere di fondazione non interferiranno con le eventuali falde presenti.

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

# CARTA IDROGEOLOGICA

Scala 1:10.000





*Carta idrogeologica SSE*



## 5. 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:

- *Argille ed arenarie glauconitiche di Catenanuova (AAC)* (lotti A, parte B1, parte B2, parte E1, parte E2, C, D1, D2 e parte D3);
- *Formazione del Flysch Numidico membro di Monte Salici (FYN<sub>3</sub>)* (parte B1, parte E1, parte E2, parte D3)
- *Formazione delle Argille Varicolori (AVF)* (parte E1)
- *Formazione di Castellana Sicula (SIC)*. (SSE).

*La formazione delle argille grigio-azzurre (FAG) e la formazione di Castellana Sicula (SIC) e Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova (AAC)*, 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



sviluppatasi 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 allorché si presentano “molli” 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 allorché 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:

- $\gamma = 19.00 - 19,12 \text{ KN/m}^3$  peso dell'unità di volume
- $c' = 10 - 19 \text{ KN/m}^2$  coesione
- $\phi' = 24^\circ - 25^\circ$  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>Argille e arenarie glauconitiche di Catenanuova (AAC)</i>	<i>peso dell'unità di volume coesione angolo di attrito interno</i>	<i>19.00 KN/m<sup>3</sup> 10.0 KN/m<sup>2</sup> 25°</i>
<i>Argille Varicolori Inferiore (AVF) Flysch numidico membro di Monte Salici (FYN<sub>3</sub>)</i>	<i>peso dell'unità di volume coesione angolo di attrito interno</i>	<i>19.12 KN/m<sup>3</sup> 19.0 KN/m<sup>2</sup> 24°</i>

**Colonna geotecnica riepilogativa**



## 6. 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".

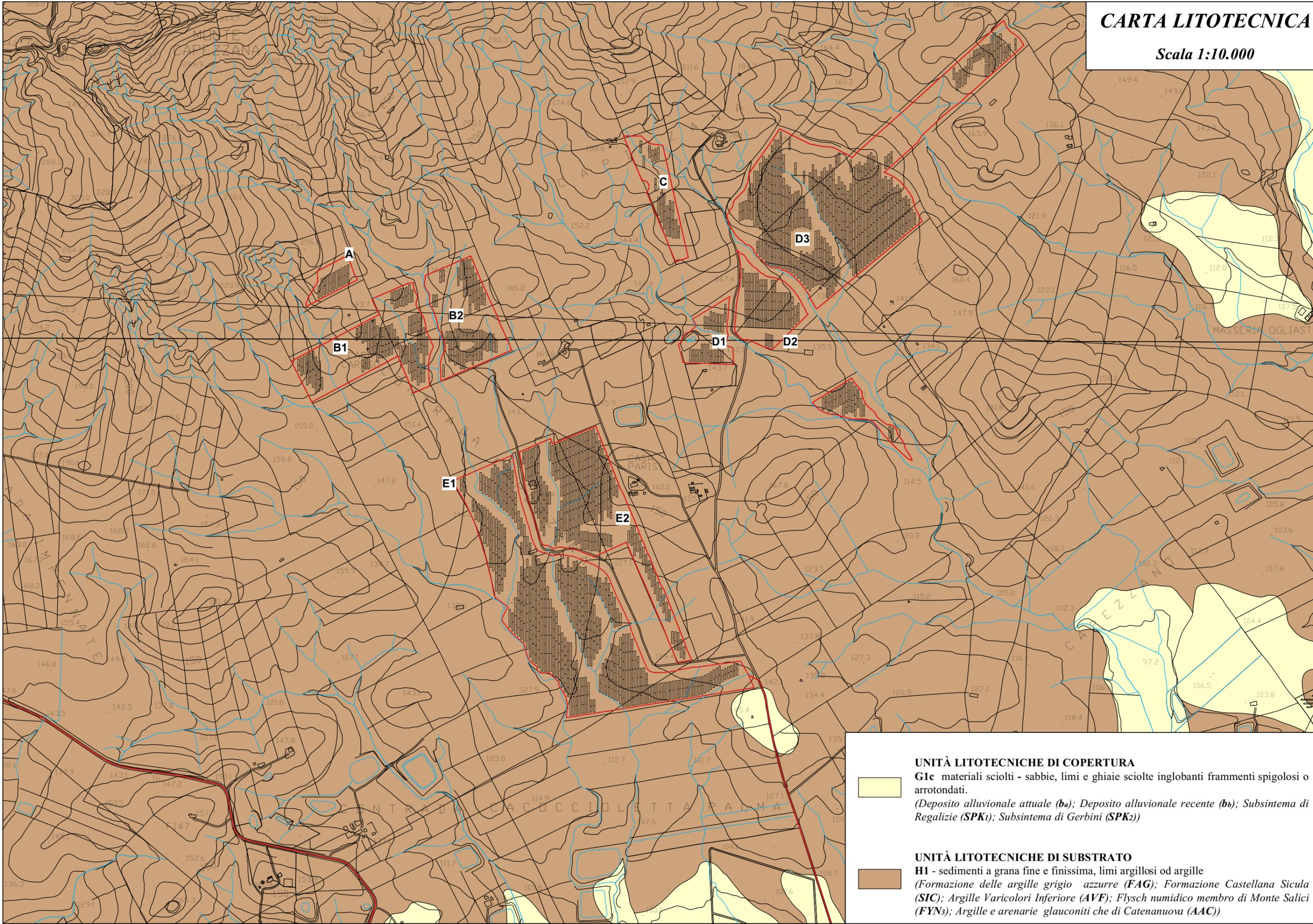
Passando in rassegna i terreni presenti nel territorio in esame, relativamente alle **unità litotecniche di copertura** queste sono rappresentate dai *Deposito alluvionale attuale (b<sub>a</sub>)*, dal *Deposito alluvionale recente (b<sub>b</sub>)*, dai litotipi afferenti al *Subsistema di Regalzie (SPK<sub>1</sub>)* e dai litotipi afferenti al *Subsistema di Gerbini (SPK<sub>2</sub>)*: si tratta di sedimenti sciolti, costituiti da sabbie, limi e ghiaie inglobanti frammenti spigolosi o arrotondati. Queste litologie vengono attribuite all'unità litotecnica **G1c**.

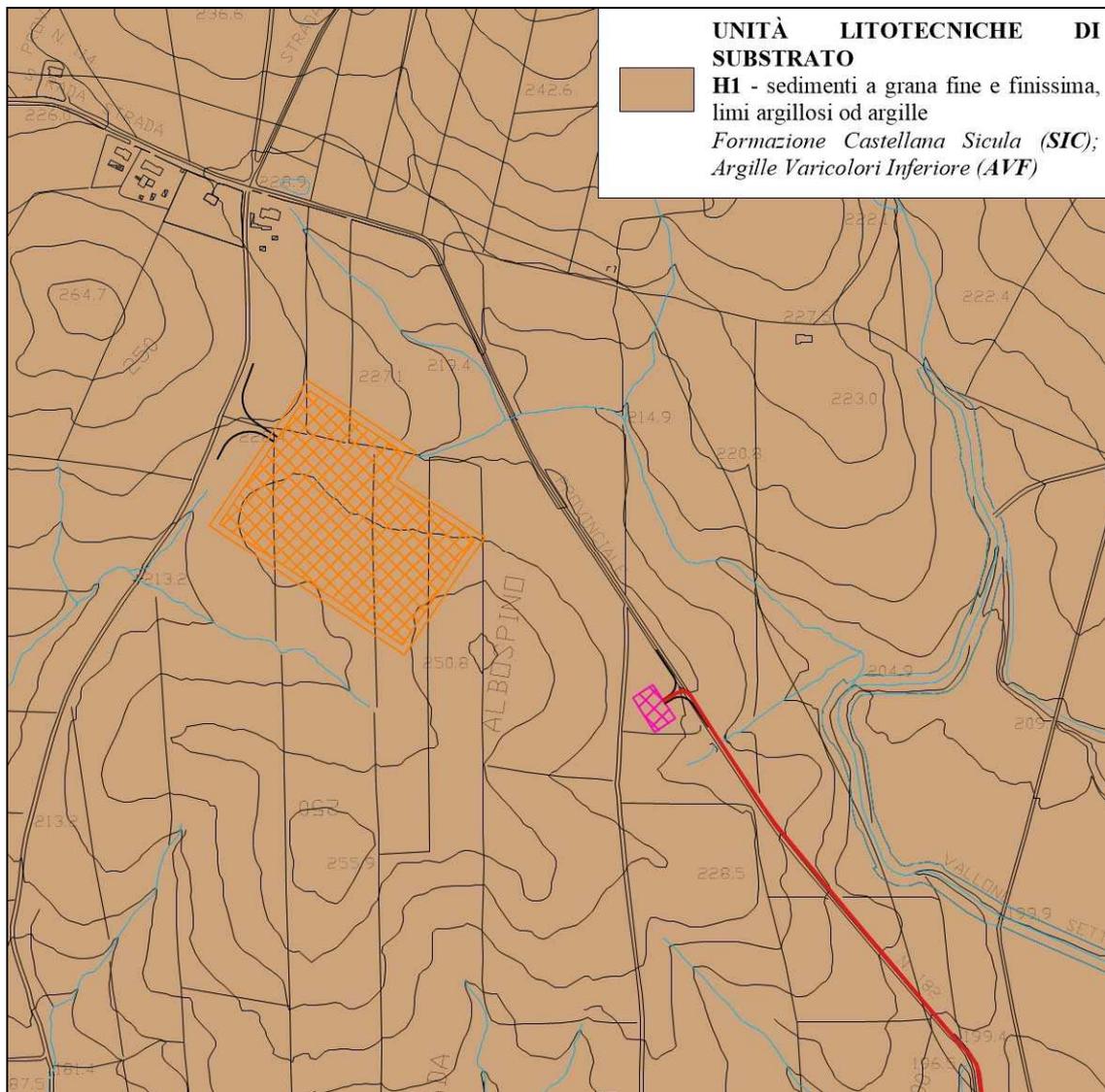
I terreni presenti nel territorio in esame, relativamente alle **unità litotecniche di substrato**, sono rappresentate dalla *Formazione delle argille grigio – azzurre (FAG)*, *Formazione Castellana Sicula (SIC)*, *Argille Varicolori Inferiore (AVF)*, *Flysch numidico membro di Monte Salici (FYN<sub>3</sub>)* e *Argille e arenarie glauconiti che di Catenanuova (AAC)*: 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 SSE in scala 1:10.000*



## **7. 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.

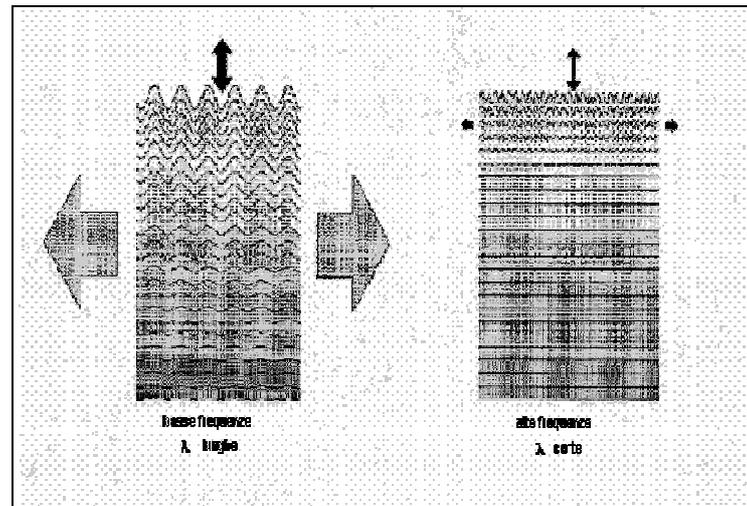
Le onde superficiali riverberate (back scattered) possono essere prevalenti in un sismogramma multicanale se in prossimità delle misure sono presenti discontinuità orizzontali quali fondazioni e muri di contenimento. Le ampiezze relative di ciascuna tipologia di rumore generalmente cambiano con la frequenza 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.



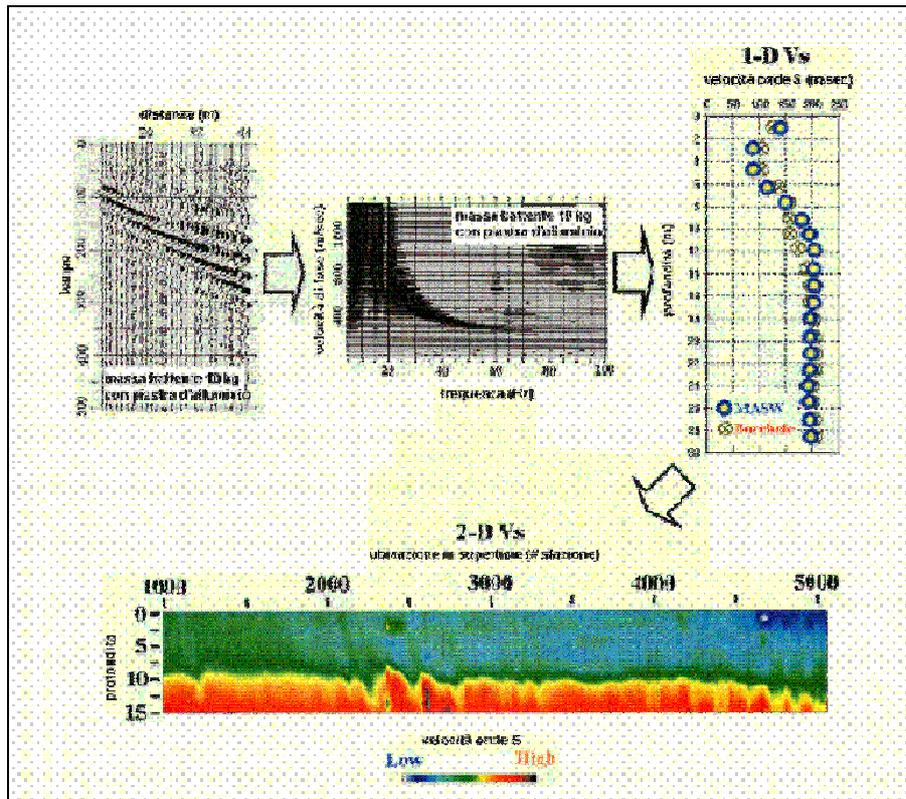
La procedura MASW può sintetizzarsi in tre stadi distinti:

- 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.

### **7.1 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><b>Categoria</b></i>	<i><b>Descrizione</b></i>
<i><b>A</b></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>B</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><b>C</b></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><b>D</b></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><b>E</b></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.

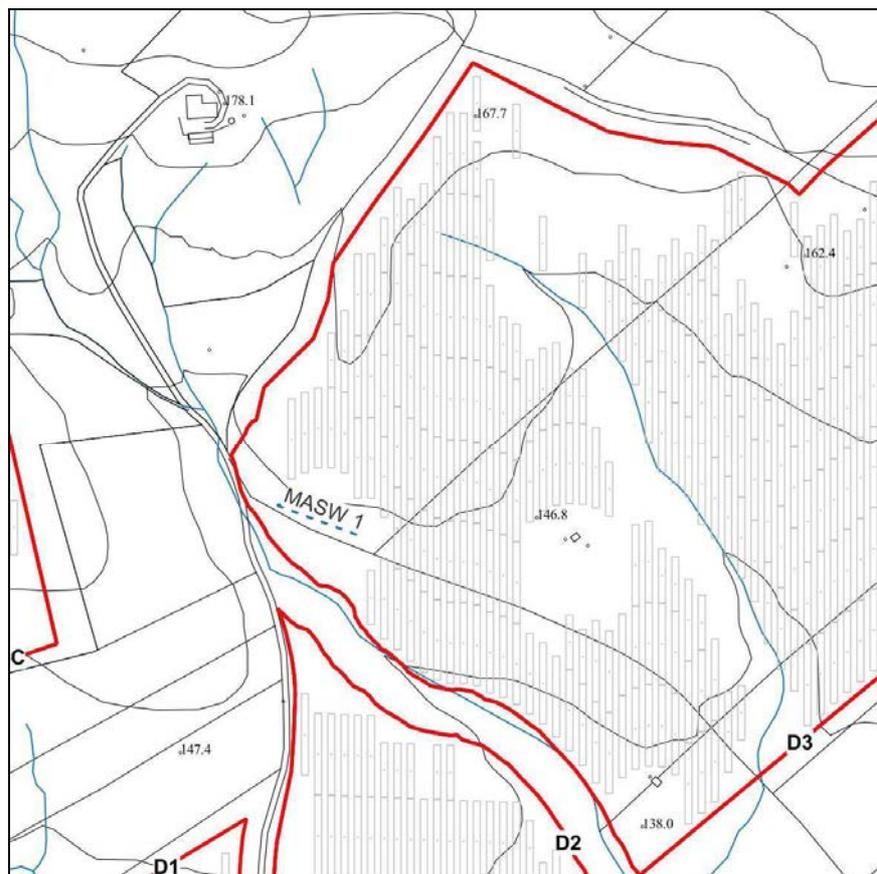
Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.



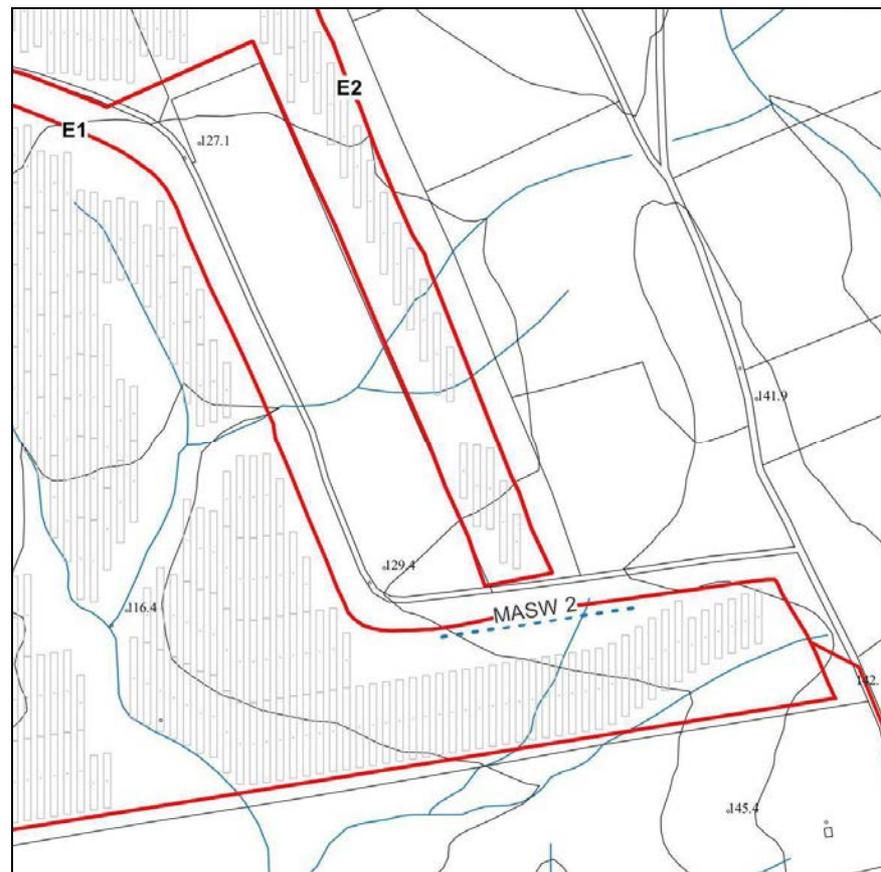
*Stesa sismica ST1*



*Stesa sismica ST2*



*Ubicazione MASW 1*



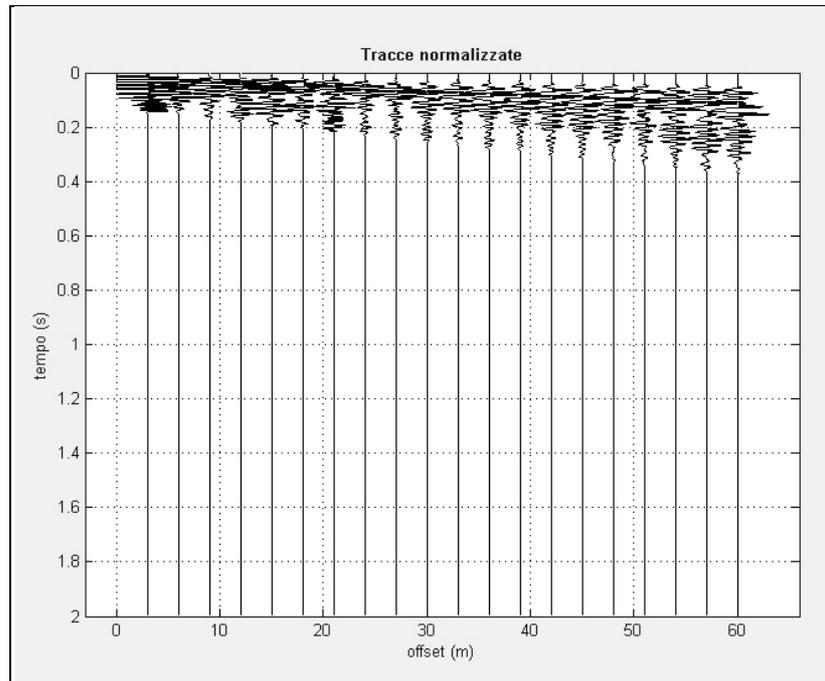
*Ubicazione MASW 1*

## 7.2 Risultati delle analisi MASW

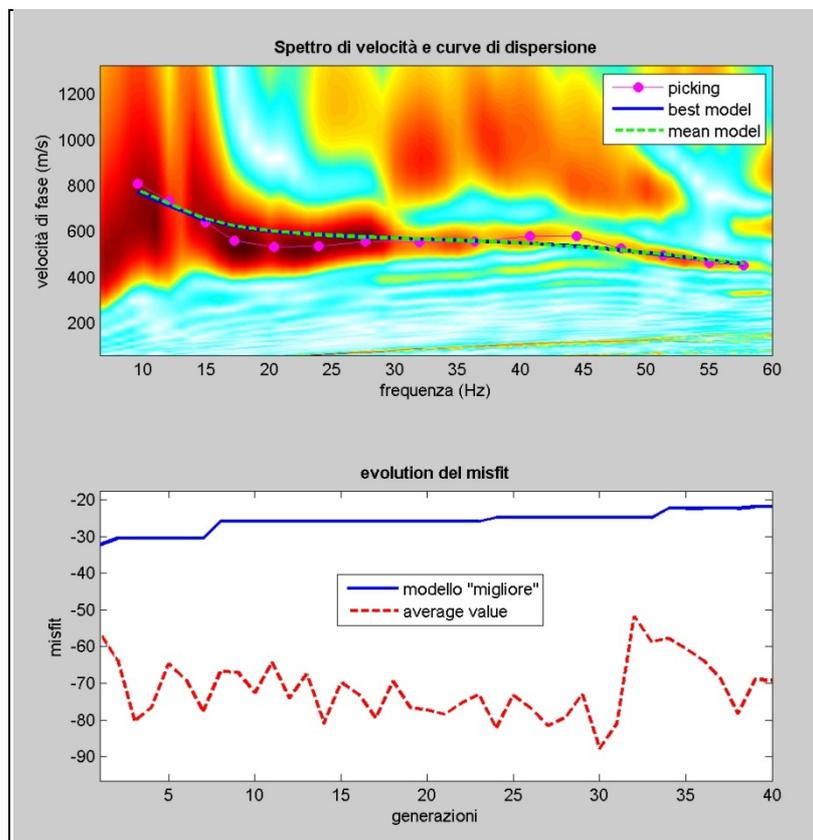
Nel sito in esame in dettaglio sono state eseguite quattro stese sismiche a rifrazione interpretate con tecnica MASW e di seguito vengono riportati i dati ottenuti.

### Dati sperimentali MASW ST 1

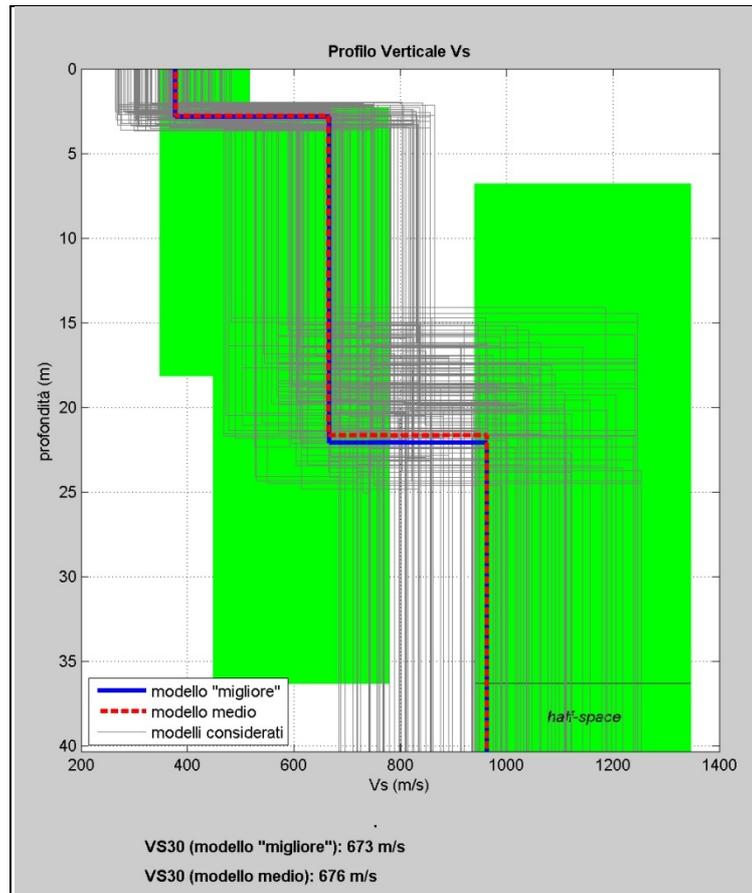
Numero di ricevitori	20
Distanza intergeofonica in metri	2
Tipologia geofoni utilizzati	verticale a 4,5 Hz
Energizzazione	massa da 10 kg
Curva di dispersione analizzata	Capezzana_1.cdp
Coordinante ETSR 89 / UTM zone 33N	
X	472975
Y	4145057



*Tracce sperimentali*



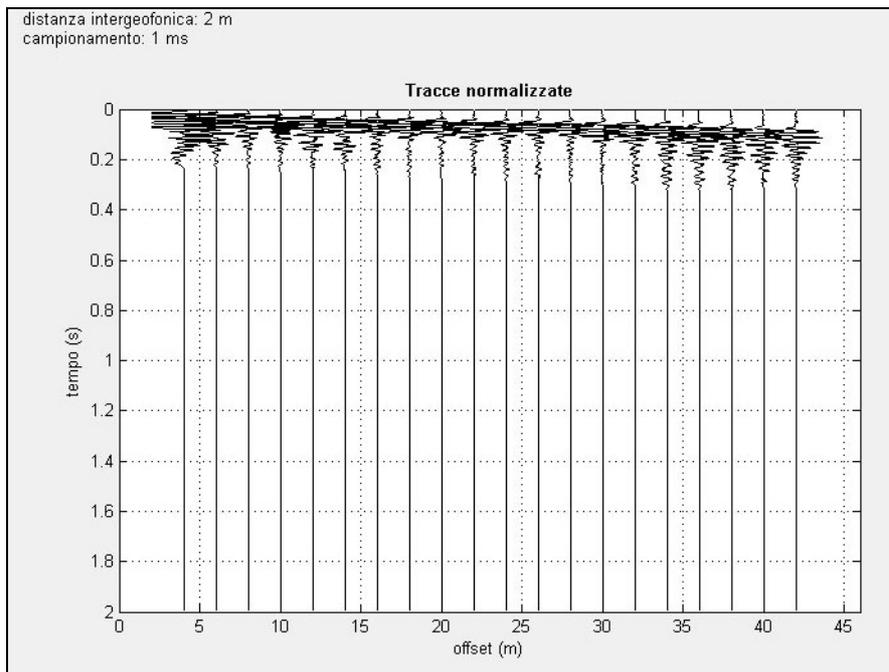
*Curva di dispersione*



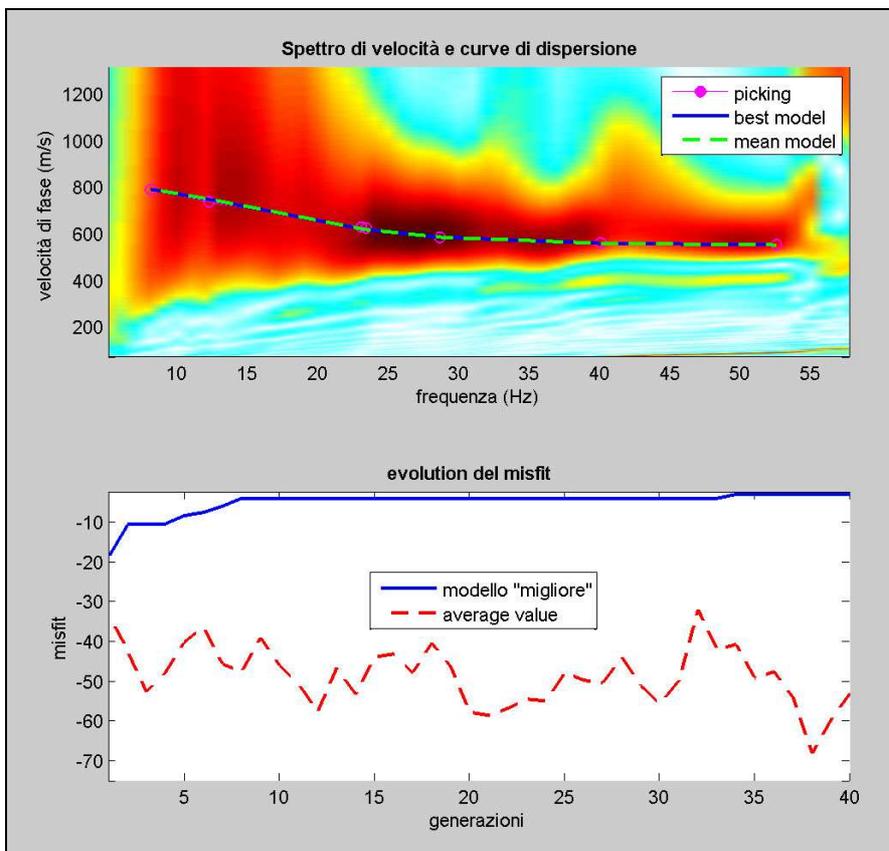
*Elaborazione modelli equivalenti*

### Dati sperimentali MASW ST 2

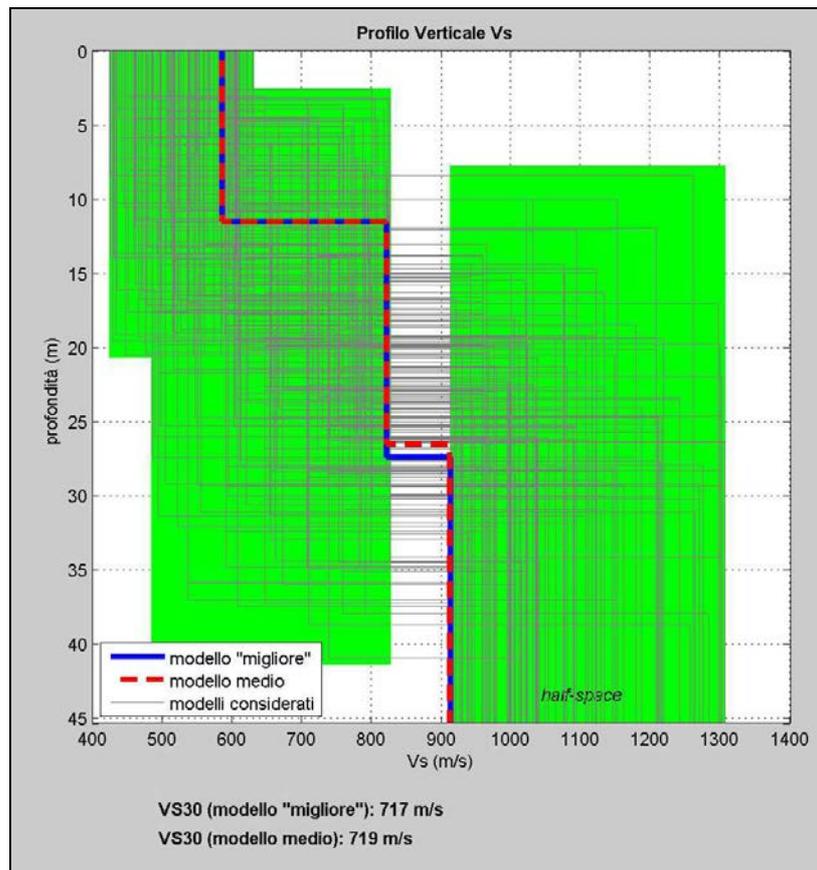
Numero di ricevitori	20
Distanza intergeofonica in metri	2
Tipologia geofoni utilizzati	verticale a 4,5 Hz
Energizzazione	massa da 10 kg
Curva di dispersione analizzata	Longo_Dollarita.cdp
Coordinante ETSR 89 / UTM zone 33N	
X	472818
Y	4143696



Tracce sperimentali



Curva di dispersione



*Elaborazione modelli equivalenti*

### 7.3. Categorie di suolo individuata

L'elaborazione MASW delle due stese sismiche eseguite ha definito un valore della velocità  $V_{s30}$  dei terreni pari a **676** m/s per MASW ST\_1 e **719** m/s per MASW ST\_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.*)



## 8. 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).

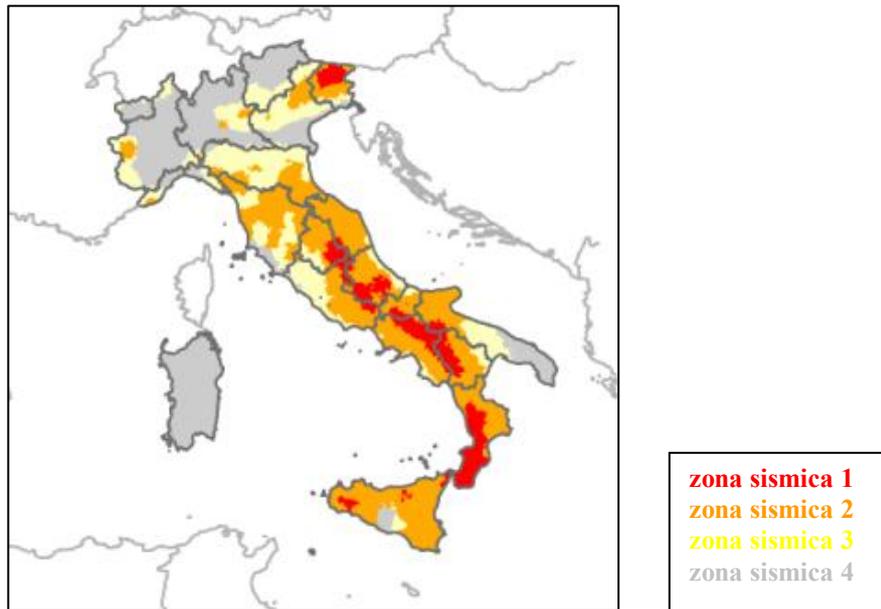
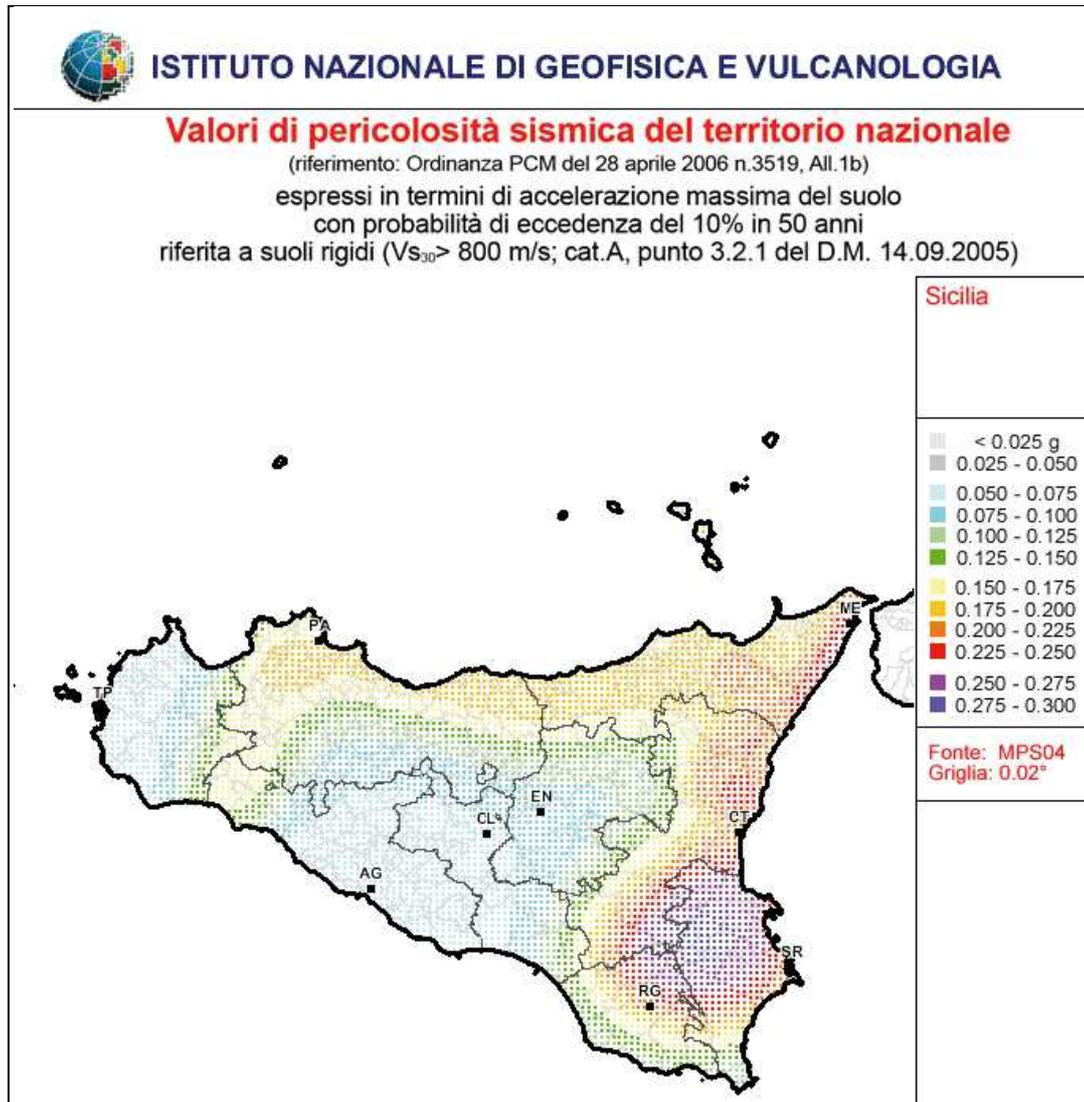


Figura 1

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 Ramacca, 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 "2".



## 9. 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. (*Deposito alluvionale attuale ( $b_a$ ); Deposito alluvionale recente ( $b_b$ ); Subsintema di Regalizie ( $SPK_1$ ); Subsintema di Gerbini ( $SPK_2$ )*)
- **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. (*Formazione delle argille grigio – azzurre ( $FAG$ ); Formazione Castellana*

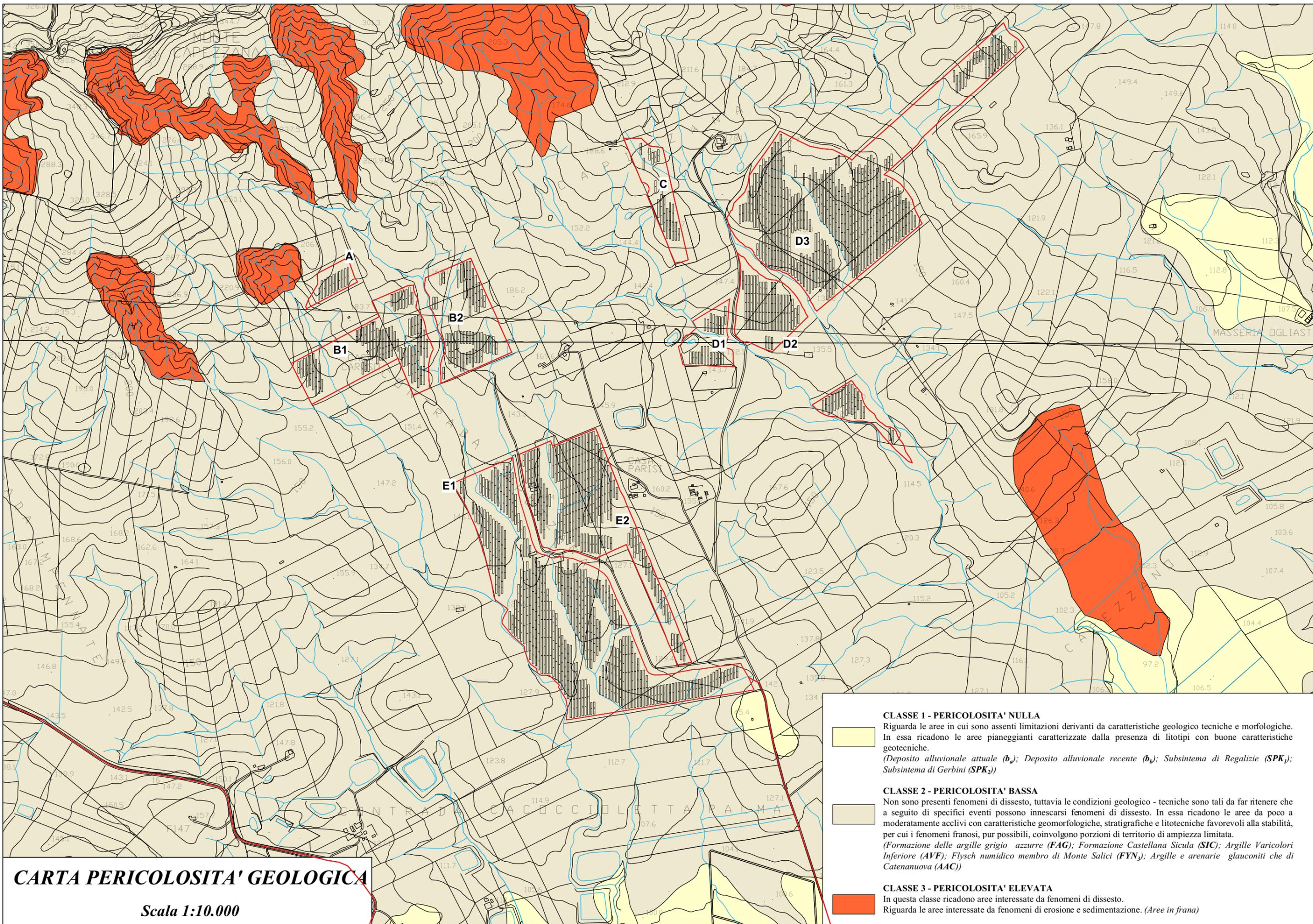


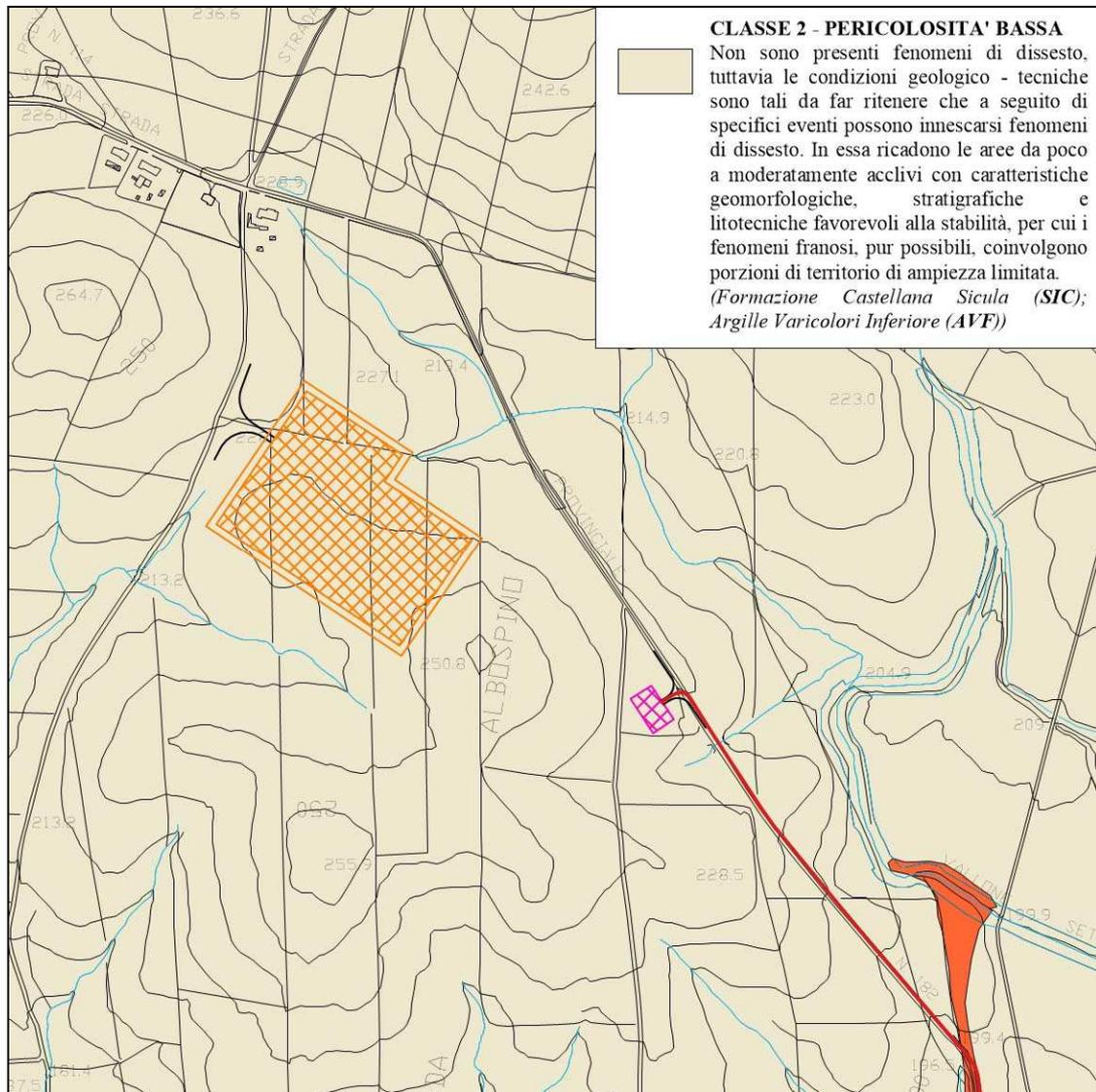
*Sicula (SIC); Argille Varicolori Inferiore (AVF); Flysch numidico membro di Monte Salici (FYN<sub>3</sub>); Argille e arenarie glauconiti che di Catenanuova (AAC))*

- *Classe 3 - Pericolosità elevata* – In questa classe ricadono aree interessate da fenomeni di dissesto. Riguarda le aree interessate da fenomeni di erosione e sedimentazione. (*Aree in frana*).

Tutto l'impianto ricade in area a pericolosità nulla.

L'area della SSE ricade a pericolosità bassa,





Carta pericolosità geologica SSE in scala 1:10.000



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.

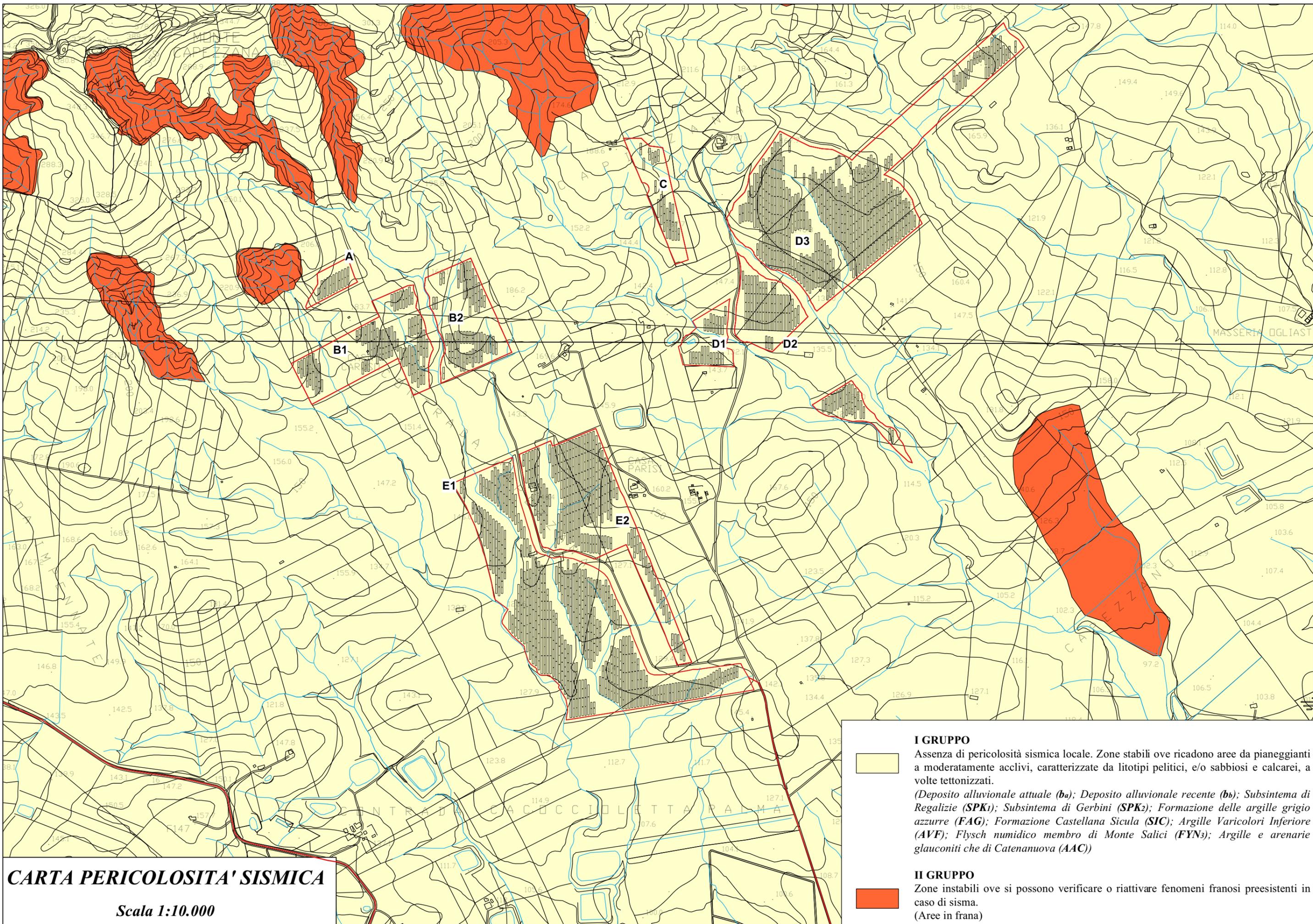
Nello specifico è stato individuati due gruppi:

- *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.

*(Deposito alluvionale attuale (**b<sub>a</sub>**); Deposito alluvionale recente (**b<sub>b</sub>**); Subsistema di Regalizie (**SPK<sub>1</sub>**); Subsistema di Gerbini (**SPK<sub>2</sub>**); Formazione delle argille grigio – azzurre (**FAG**); Formazione Castellana Sicula (**SIC**); Argille Varicolori Inferiore (**AVF**); Flysch numidico membro di Monte Salici (**FYN<sub>3</sub>**); Argille e arenarie glauconiti che di Catenanuova (**AAC**))*

- *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 la sottostazione elettrica, ricadono nel Gruppo I.**



**CARTA PERICOLOSITA' SISMICA**

Scala 1:10.000

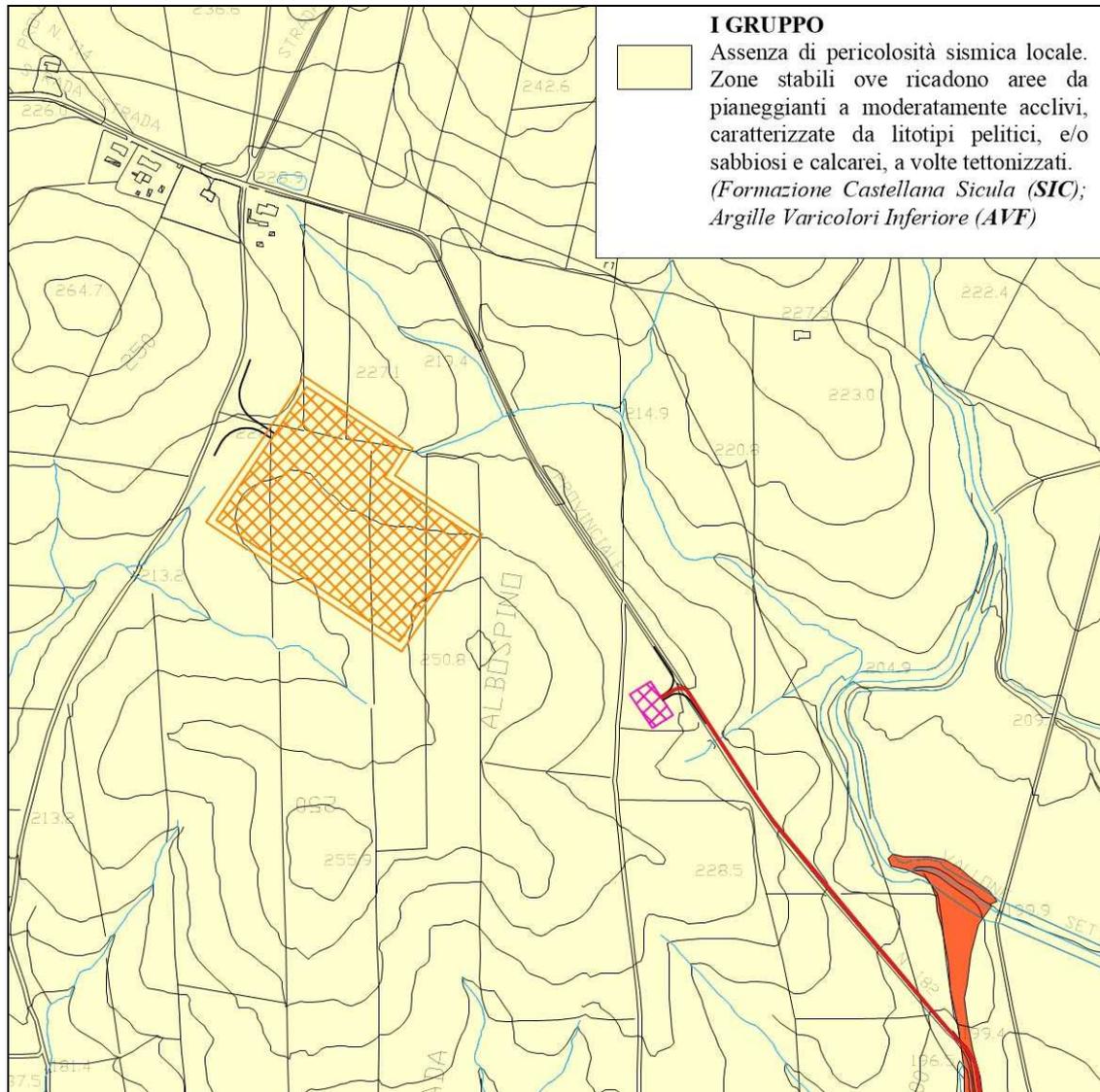
**I GRUPPO**

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.

(Deposito alluvionale attuale (ba); Deposito alluvionale recente (bb); Subsintema di Regalzie (SPK1); Subsintema di Gerbini (SPK2); Formazione delle argille grigio azzurre (FAG); Formazione Castellana Sicula (SIC); Argille Varicolori Inferiore (AVF); Flysch numidico membro di Monte Salici (FYN3); Argille e arenarie glauconiti che di Catenanuova (AAC))

**II GRUPPO**

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



Carta della pericolosità sismica locale SSE in scala 1:10.000



## 10. Conclusioni

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

Il progetto consiste nella realizzazione di un impianto fotovoltaico con potenza di picco del generatore pari a 55,714 MWp ca., distinto in lotti e sito in agro del comune di Ramacca (CT).

In dettaglio ci troviamo su un'area, facente parte del territorio comunale di Ramacca e ricadente nella contrada denominata *Capezzana*.

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

- i lotti A, B1 in parte, B2, E1 in parte, E2 in parte, C, D1, D2 e D3 in parte, ricadono su terreni afferenti alle *Argille ed arenarie glauconitiche di Catenanuova (AAC)*;
- i lotti B1 in parte, E1 in parte, E2 in parte, e D3 in parte ricadono su terreni afferenti alla *Formazione del Flysch Numidico membro di Monte Salici (FYN<sub>3</sub>)*
- il lotto E1 in parte, ricade su terreni afferenti alla *Formazione delle Argille Vericolori (AVF)*.
- la SSE, ricade su terreni afferenti alla *Formazione di Castellana Sicula (SIC)*.

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 sconnessione 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 *fiume Simeto (094)*, e *area tra i bacini del fiume Simeto, e del fiume San Leonardo (094A)*, *lago di Pergusa (094B)* e *lago di Maletto (94C)*, redatto dall'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente, approvato con Decreto Presidenziale n. 538 del 20/09/2006 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 eseguite ha definito un valore della velocità  $V_{s30}$  dei terreni pari a **676** m/s per MASW ST\_1 e **719** m/s per MASW ST\_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.

Si può concludere pertanto che, non si ravvede la possibilità del manifestarsi di condizioni di pericolosità idraulica con effetti diretti sia sui manufatti che sulle aree interessate dalle opere sia sui corpi recettori posti a valle del progetto. Pertanto, vista la sostanziale assenza di modifiche geomorfologiche, la mancanza di modifica delle aree dei bacini scolanti e l'inalterata permeabilità delle aree oggetto di installazione dei pannelli fotovoltaici, si può concludere che il progetto garantisce un risultato di invarianza idraulica sui recettori naturali posti a valle delle opere.

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, Settembre 2023

