

# REGIONE SICILIA

PROVINCIA DI PALERMO

## COMUNE DI CASTRONOVO DI SICILIA

LOCALITÀ GROTTICELLI

Oggetto:

**PROGETTO DEFINITIVO PER LA COSTRUZIONE E L'ESERCIZIO DI UN IMPIANTO AGRO-FOTOVOLTAICO AVENTE POTENZA DI PICCO PARI A 15,48 MWp E POTENZA NOMINALE PARI A 14,42 MW E RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE**

Sezione:

**SEZIONE A - RELAZIONI GENERALI**

Elaborato:

**RELAZIONE GEOLOGICA**

Nome file stampa:

**FV.CST01.PD.A.02.1.pdf**

Codifica Regionale:

RS12REL0003AO\_RelazioneGeologica

Scala:

Formato di stampa:

Nome elaborato:

**FV.CST01.PD.A.02**

Tipologia:

**R**

**A4**

Proponente:

**E-WAY 5 S.r.l.**

Piazza San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 16647371000



**E-WAY 5 S.R.L.**  
P.zza di San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 - Roma  
C.F./P.Iva 16647371000  
PEC: e-way5srl@legalmail.it

Progettista:

**E-WAY 5 S.r.l.**

Piazza San Lorenzo in Lucina, 4

00186 ROMA (RM)

P.IVA. 16647371000



CODICE	REV. n.	DATA REV.	REDAZIONE	VERIFICA	VALIDAZIONE
FV.CST01.PD.A.02	00	06/2022	A. Cauceglia	A. Bottone	A. Bottone

E-WAY 5 S.r.l.

Sede legale  
Piazza San Lorenzo in Lucina, 4  
00186 ROMA (RM)  
PEC: e-way5srl@legalmail.it tel. +39 0694414500



**RELAZIONE GELOGICA**

CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	1 di 45

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>8</b>
<b>2 INTRODUZIONE .....</b>	<b>9</b>
<b>3 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO TERRITORIALE .....</b>	<b>10</b>
<b>4 CARATTERI GEOLOGICI .....</b>	<b>12</b>
4.1 Sintesi metodologica per la caratterizzazione geologica e litostratigrafica dell'area parco ai fini della risoluzione Modello Geologico di Riferimento (MGR) ai sensi delle NTC 2018 §6.2.1. ....	12
4.2 Inquadramento Geologico Regionale .....	14
4.3 Assetto Geologico Locale .....	16
<b>5 CARATTERI GEOMORFOLOGICI .....</b>	<b>20</b>
5.1 Geomorfologia Area Vasta.....	20
5.2 Caratteri Geomorfologici Locali.....	23
5.3 Pendenza .....	23
<b>6 CARATTERI IDROGEOLOGICI.....</b>	<b>29</b>
<b>7 CARATTERI SISMICI.....</b>	<b>30</b>
7.1 Normativa Vigente .....	30
7.2 Sismicità del Comune di Castronovo di Sicilia (PA) .....	30
7.3 Accelerazione orizzontale massima attesa $a_g$ .....	31
7.4 Sorgenti Sismogenetiche prossime l'area di progetto .....	34
7.5 Categoria Sismica Suolo di Fondazione .....	35
7.6 Coefficiente di amplificazione topografica .....	37
7.7 Definizione dell'azione sismica .....	40
<b>8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE .....</b>	<b>44</b>



**RELAZIONE GEOLOGICA**

CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	3 di 45



## RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	4 di 45

## INDICE DELLE FIGURE

<i>Figura 1: Inquadramento area impianto su ortofoto.....</i>	<i>9</i>
<i>Figura 2: Inquadramento area di progetto su IGM 1:25.000.....</i>	<i>10</i>
<i>Figura 3: Stralcio dello schema geologico – strutturale della Sicilia Occidentale in scala 1:250000 .....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 4: Unità litostratigrafiche rilevate in corrispondenza del parco fotovoltaico. Le aree interessate dall'installazione dei pannelli fotovoltaici corrispondono alle perimetrazioni in bianco. ....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 5: Contatto discordante tra la litofacies arenacea della Fm. di Terravecchia (A) e le sottostanti Argille Variegate (B). Foto scattata nei pressi della Stazione di Mercato Bianco.....</i>	<i>18</i>
<i>Figura 6- Schematizzazione area di impianto su ortofoto .....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 7- DTM 10X10 con ubicazione area impianto (A), Elevazione (B), Unità Geomorfo-Topografiche (C), Litologia Bacino F.Torto.....</i>	<i>21</i>
<i>Figura 8 – Carta delle elevazioni .....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 9- Carta delle Pendenze .....</i>	<i>25</i>
<i>Figura 10- Carta Litologica.....</i>	<i>27</i>
<i>Figura 11: Modello di Pericolosità Sismica MPS04-S1, Progetto Esse 1.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 12- Sorgenti Sismogenetiche prossime l'area di progetto (riquadro rosso) riprese dal Database of Seismogenic Seismic Sources (DISS) del DISS Working Group (2021) .....</i>	<i>35</i>
<i>Figura 13- Componente orizzontale e verticale dello spettro di risposta per lo Stato Limite SLV.....</i>	<i>43</i>



## RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	6 di 45

## INDICE DELLE TABELLE

<i>Tabella 1: Riferimenti catastali area parco.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 2: Riferimenti cartografici impianto agro-fotovoltaico.....</i>	<i>11</i>
<i>Tabella 3- Sintesi Unità Litostratigrafiche interferenti con le opere di progetto.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabella 4- Storia Sismica Comune di Castronovo di Sicilia (PA); NF: Terremoto non avvertito.....</i>	<i>30</i>
<i>Tabella 5- Contributi delle diverse sorgenti sismiche alla pericolosità sismica per il sito con coordinate lat. 37.735 long. 13.680.....</i>	<i>32</i>
<i>Tabella 6- Valori medi per la coppia Magnitudo-Distanza (M-R).....</i>	<i>33</i>
<i>Tabella 7- Sorgenti Sismogenetiche prossime l'area di progetto.....</i>	<i>34</i>
<i>Tabella 8 – Categorie sismiche suolo NTC 2018.....</i>	<i>35</i>
<i>Tabella 9 - Categoria Topografica NTC 2018.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabella 10- Probabilità di superamento <math>P_{VR}</math> in funzione dello stato limite considerato.....</i>	<i>40</i>
<i>Tabella 11- Riferimenti spaziali parco agro-fotovoltaico per la definizione dell'azione sismica.....</i>	<i>41</i>
<i>Tabella 12- Parametri sismici calcolati per i diversi stati limite considerati.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabella 13- Coefficienti Sismici calcolati per i diversi Stati Limite Considerati.....</i>	<i>42</i>
<i>Tabella 14- Coefficienti sismici orizzontali e verticali (<math>k_h</math> e <math>k_v</math>), accelerazione massima e parametro beta per i diversi stati limite.....</i>	<i>42</i>



## 1. PREMESSA

---

Il presente elaborato è riferito al progetto per la costruzione e l'esercizio di un impianto agro-fotovoltaico di produzione di energia elettrica da fonte solare, sito in agro di Castronovo di Sicilia (PA), località Grotticelli.

In particolare, l'impianto in progetto ha una potenza di picco pari a 15,48 MWp e una potenza nominale di 14,42 MW ed è costituito dalle seguenti sezioni principali:

- Un campo agro-fotovoltaico suddiviso in 4 sottocampi, costituiti da moduli fotovoltaici bifacciali aventi potenza nominale pari a 550 Wp cadauno ed installati su strutture ad inseguimento solare mono-assiali (tracker);
- Una stazione di conversione e trasformazione dell'energia elettrica detta "Power Station" per ogni sottocampo dell'impianto;
- Una Cabina di Raccolta e Misura a 36 kV;
- Linee elettriche a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione delle Power Station con la Cabina di Raccolta e Misura;
- Una linea elettrica a 36 kV in cavo interrato per l'interconnessione della Cabina di Raccolta e Misura con la Futura Stazione Elettrica (SE) 380/150/36 kV.

Titolare dell'iniziativa proposta è la società E-Way 5 S.R.L., avente sede legale in Piazza di San Lorenzo in Lucina, 4 - 00186 Roma (RM), P.IVA 16647371000.

## 2 INTRODUZIONE

La presente relazione analizza l'area d'installazione di un impianto fotovoltaico costituito da una potenza nominale di 14,42 MW da ubicare nel comune di Castronovo di Sicilia (PA) in località *Grotticelli*. Di seguito l'ubicazione dell'area d'intervento su ortofoto:



**Figura 1: Inquadramento area impianto su ortofoto.**

Con riferimento al suddetto intervento progettuale la presente relazione è stata redatta principalmente con lo scopo di ricostruire i principali caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e geotecnici al fine di individuare eventuali criticità e determinare se queste siano causa di condizioni di rischio tali da compromettere la fattibilità del suddetto intervento.

La caratterizzazione dell'area di studio è inoltre indirizzata ad una corretta pianificazione delle indagini geognostiche propedeutiche ai successivi livelli di progettazione.



### 3 INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO TERRITORIALE

L'area su cui verrà installato l'impianto ricade amministrativamente nel territorio comunale di Castronovo di Sicilia ed è localizzata a 5 km circa in direzione SW dal centro abitato di Lercara Friddi e a 9 km circa in direzione N dall'abitato di Cammarata.

Il sito è raggiungibile dalla strada provinciale 78. L'opera nel suo complesso è individuabile su:

- Cartografia Tecnica Regionale – Regione Sicilia in scala 1:10.000 all'interno dei Quadranti: 620080, 621650, 621010, 620040;
- Foglio N°259 II-SO (Valledolmo), 259 II-SE (Lercara Friddi), 267 IV-NE (Cammarata), 667 I-NO (Pizzo Ficuzza) della cartografia IGM in scala 1: 25.000 (Fig. 2);

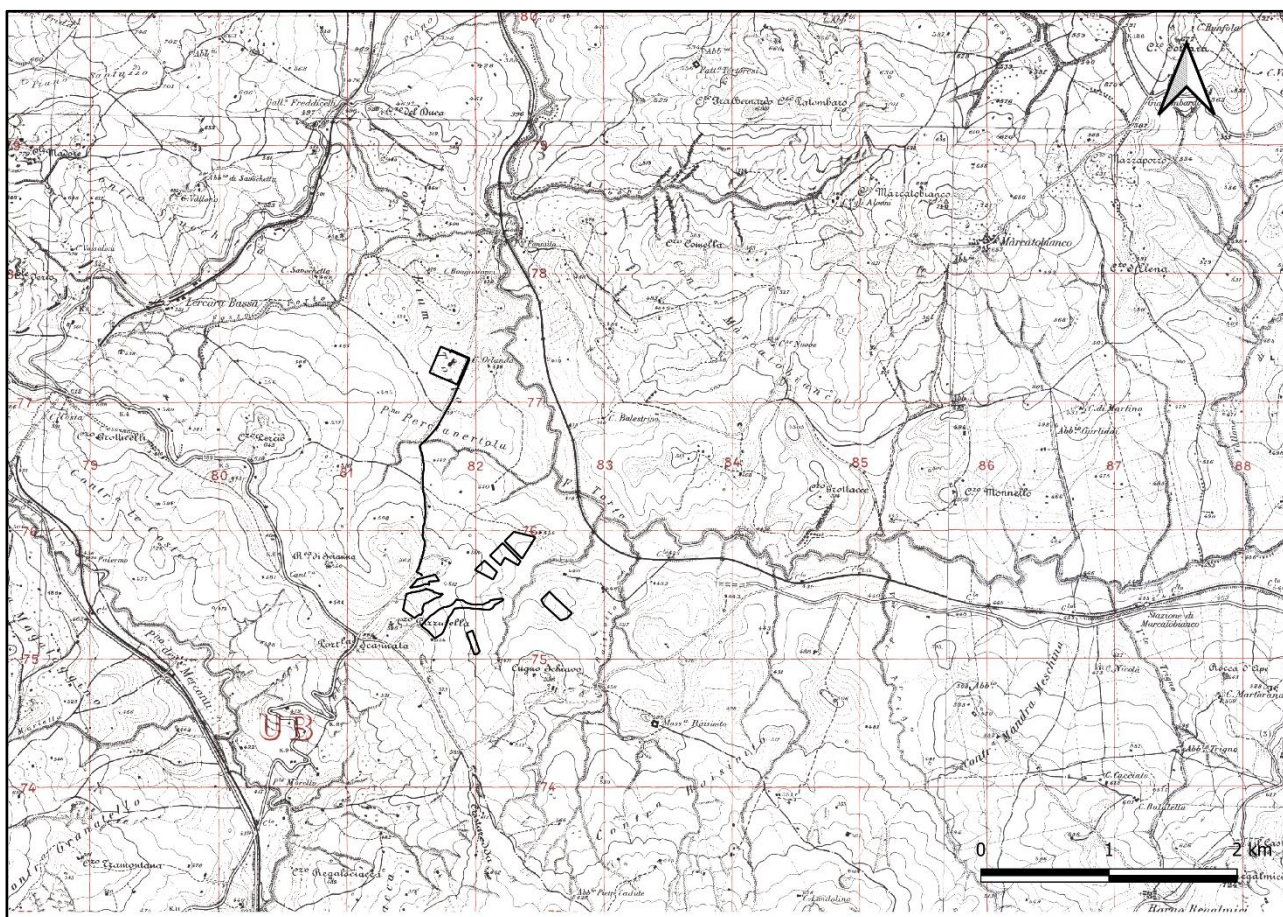


Figura 2: Inquadramento area di progetto su IGM 1:25.000.

**RELAZIONE GEOLOGICA**

CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	11 di 45

Di seguito i riferimenti catastali e cartografici relativi l'area di progetto:

**Tabella 1: Riferimenti catastali area parco.**

Comune	Foglio	Particella
Castronovo di Sicilia	19	368-223-224-104-125-105-108-382-106-341-75-332-371-180-365-630-631-385-120-102-369

**Tabella 2: Riferimenti cartografici impianto agro-fotovoltaico**

Coordinate Parco Agro-fotovoltaico di progetto – Comune di Castronovo di Sicilia (PA)

UTM-WGS 84-FUSO 33		UTM ED-50 FUSO 33		GAUSS BOAGA	
Est	Nord	Est	Nord	Est	Nord
37.714932	13.657202	13.658049	37.715997	1910614.35	4184409.73

## 4 CARATTERI GEOLOGICI

### 4.1 Sintesi metodologica per la caratterizzazione geologica e litostratigrafica dell'area parco ai fini della risoluzione Modello Geologico di Riferimento (MGR) ai sensi delle NTC 2018 §6.2.1.

Le Norme tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) emesse ai sensi delle leggi 5 novembre 1971, n. 1086, e 2 febbraio 1974, n. 64, così come riunite nel Testo Unico per l'Edilizia di cui al DPR 6 giugno 2001, n. 380, e dell'art. 5 del DL 28 maggio 2004, n. 136, convertito in legge, con modificazioni, dall'art. 1 della legge 27 luglio 2004, n. 186 e ss. mm. ii, raccolgono in un unico organico testo le norme prima distribuite in diversi decreti ministeriali.

In funzione del tipo di intervento e della complessità del contesto geologico nel quale si inserisce l'opera da realizzare, il modello geologico di riferimento deve essere sviluppato in maniera tale da fornire elementi di riferimento per inquadrare eventuali criticità sotto il profilo geologico, geomorfologico, idrogeologico e geotecnico. Le scelte progettuali devono tener conto, infatti, oltre che delle prestazioni attese delle opere, anche dei caratteri geologici del sito e delle condizioni ambientali.

In riferimento alla modellazione geologica di riferimento ai sensi delle NTC 2018 di cui al §6.2.1 la norma recita testualmente:

*<<Il modello geologico di riferimento è la ricostruzione concettuale della storia evolutiva dell'area di studio, attraverso la descrizione delle peculiarità genetiche dei diversi terreni presenti, delle dinamiche dei diversi termini litologici, dei rapporti di giustapposizione reciproca, delle vicende tettoniche subite e dell'azione dei diversi agenti morfogenetici... La caratterizzazione e la modellazione geologica del sito deve comprendere la ricostruzione dei caratteri litologici, stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici e, più in generale, di pericolosità geologica del territorio, descritti e sintetizzati dal modello geologico di riferimento.>>*

In aggiunta, lo studio volto alla caratterizzazione geologica contempla inoltre *<< l'identificazione delle formazioni presenti nel sito, lo studio dei tipi litologici, della struttura del sottosuolo e dei caratteri fisici degli ammassi, definisce il modello geologico del sottosuolo, illustra e caratterizza gli aspetti stratigrafici, strutturali, idrogeologici, geomorfologici, nonché i conseguenti livelli delle pericolosità geologiche>>*

Per ciò che concerne la ricostruzione dei caratteri litostratigrafici e strutturali dell'area in esame risulta necessario considerare che il Progetto di Cartografia Geologica (Progetto CARG) in scala 1:50.000 dell'intero

territorio nazionale non è stato ancora attivato per il Foglio in cui ricade l'area oggetto di studio (Foglio 621-Alia).

Di conseguenza, in mancanza di unità litostratigrafiche pienamente formalizzate e validate, la cartografia geologica (vedi elaborato *A.02.2- Carta Geologica*) e la ricostruzione litostratigrafica sono state redatte combinando i risultati emersi dalla mappatura in campo con la cartografia geologica di seguito riportata:

- Carta Geologica in scala 1:50.000, Foglio Termini-Imerese,2 N° 609, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Servizio Geologico D'Italia;
- Carta Geologica in scala 1:50.000, Foglio Caccamo N°608, Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Servizio Geologico D'Italia;
- Carta Litologica in scala 1: 50.000, Bacino Idrografico Fiume Torto (031) e area compresa tra i bacini del F. Torto e F. Imera Settentrionale (031-A), Tav N°1, Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), (2004);
- Carta Litologica in scala 1: 50.000, Bacino Idrografico Fiume Torto (031) e area compresa tra i bacini del F. Torto e F. Imera Settentrionale (031-A), Tav N°2, Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.), (2004);
- Carta Geologica in scala 1: 50.000, Piano Territoriale Provinciale, Provincia Regionale di Palermo, Tav. 1C (2008);
- Carta Geologica della Sicilia in scala 1: 250.000, Memorie Descrittive della Carta Geologica D'Italia, Istituto per la Protezione e la Ricerca Ambientale (ISPRA), Servizio Geologico D'Italia, (2014);
- Carta Geologica semplificata areale di Polizzi redatta da Interbartolo, D.F, Sulli, A. & Di Stefano, I bacini sin-orogenici al tetto della catena siciliana. Evoluzione tra il Serravalliano superiore ed il Messiniano Inferiore (2014).

## 4.2 Inquadramento Geologico Regionale

L'area interessata dall'installazione dell'impianto da un punto di vista strettamente geologico si inquadra all'interno del bacino idrografico del F. Torto in corrispondenza dell'area collinare compresa tra il gruppo montuoso delle Madonie a NE ed i monti Sicani a SW. Tale settore costituisce la porzione centrale del sistema orogenico Appennino-Maghrebide, interessato da processi di raccorciamento tettonico connessi alla collisione obliqua del blocco Sardo-Corso con il margine continentale africano e la simultanea subduzione della litosfera ionica al di sotto dell'Arco Calabro. La compressione tettonica avvenuta a cavallo tra l'Oligocene ed il Miocene inferiore ha portato infatti ad un'intensa deformazione delle successioni sedimentarie carbonatiche, silicoclastiche ed evaporitiche, ognuna appartenente a diversi domini paleogeografici, ora impilate in una serie di falde tettoniche e sigillate da depositi terrigeni Miocenici. In Fig.3 è riportato uno stralcio di carta geologico-strutturale semplificata in scala 1:250.000 con la localizzazione dell'area oggetto di studio.

Considerando lo schema geologico-strutturale di Lentini & Carbone (2014) possono essere identificate diverse Unità Stratigrafico-Strutturali (U.S.S.) in questo settore di catena costituente l'ossatura dell'Appennino Siculo-Maghrebide, caratterizzato sostanzialmente dalla sovrapposizione di corpi pellicolari derivanti dal trasporto e deformazione dei domini di mare profondo meso-cenozoici, accavallati a loro volta sull'avampaese non deformato esposto nel Plateau Ibleo (Avampaese Ibleo).

In particolare, in Sicilia centro-occidentale è possibile distinguere quattro domini categorizzati in Unità S.S. che per le cause sopra esposte si ritrovano tra loro embriciati:

- **Dominio Sicilide** – ascrivibile ad un cuneo tettonico con progressivo assottigliamento fino alla sua completa scomparsa al di sotto della catena Calabrese-Peloritana. L'Unità Sicilide è costituita da successioni sedimentarie di derivazione tetidea, i cui tipici prodotti sono rappresentati dalle Argille Varicolori, le quali passano lateralmente e verso l'alto alle sequenze della Fm. di Polizzi. Si ritrovano generalmente in falda al di sopra delle unità del Flysch Numidico;
- **Dominio Numidico** - scollato dall'originario substrato del dominio carbonatico Imerese e costituito da sequenze silicoclastiche torbiditiche distinte in due orizzonti: *Flysch Numidico esterno*, formato da scaglie embriciate che rappresentano l'originaria copertura della piattaforma carbonatica panormide ed il soprastante orizzonte alloctono denominato *Flysch Numidico Interno* generalmente ricoperto dai depositi tortorniani sinorogenici;
- **Dominio del Bacino di Lercara**- le cui sequenze sono arrangiate in sovrascorrimenti tipo duplex, caratterizzati da successioni terrigene e clastico-carbonatiche permo-triassiche descritte da diversi Autori come mélange tettonici.



CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	15 di 45

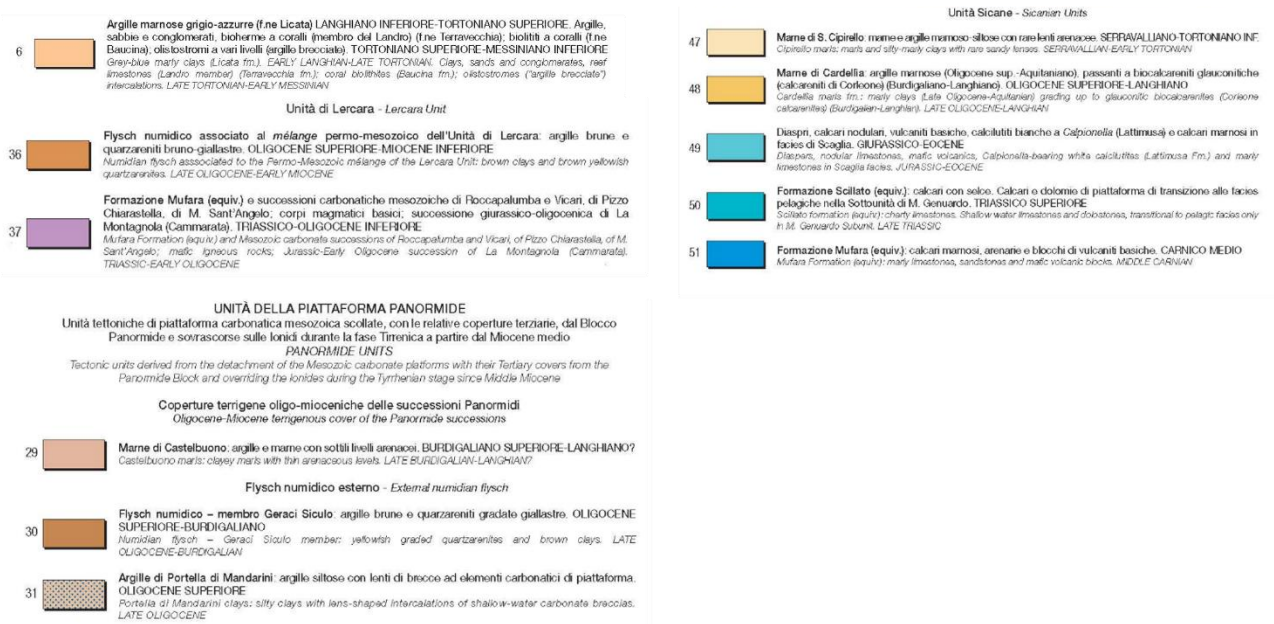
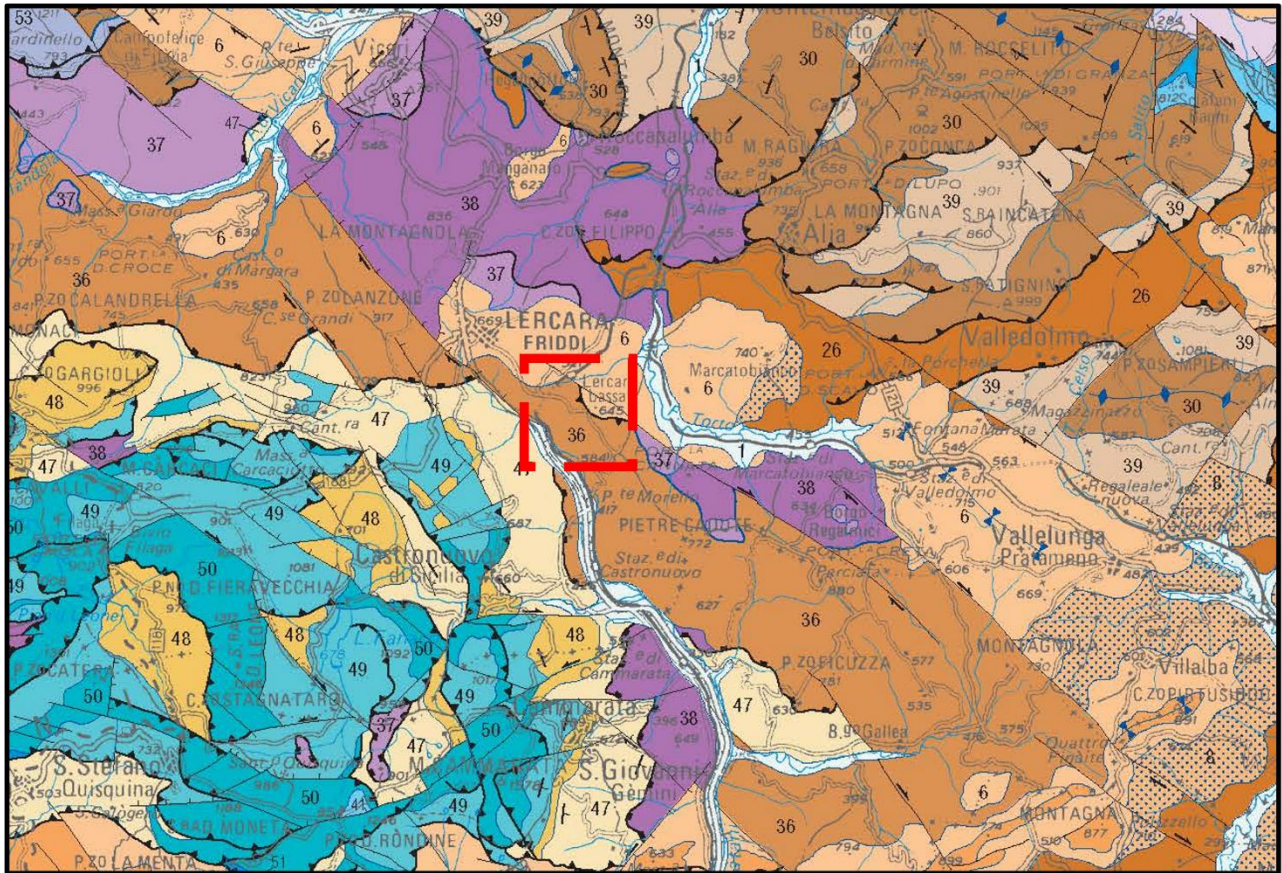


Figura 3: Stralcio dello schema geologico – strutturale della Sicilia Occidentale in scala 1:250000

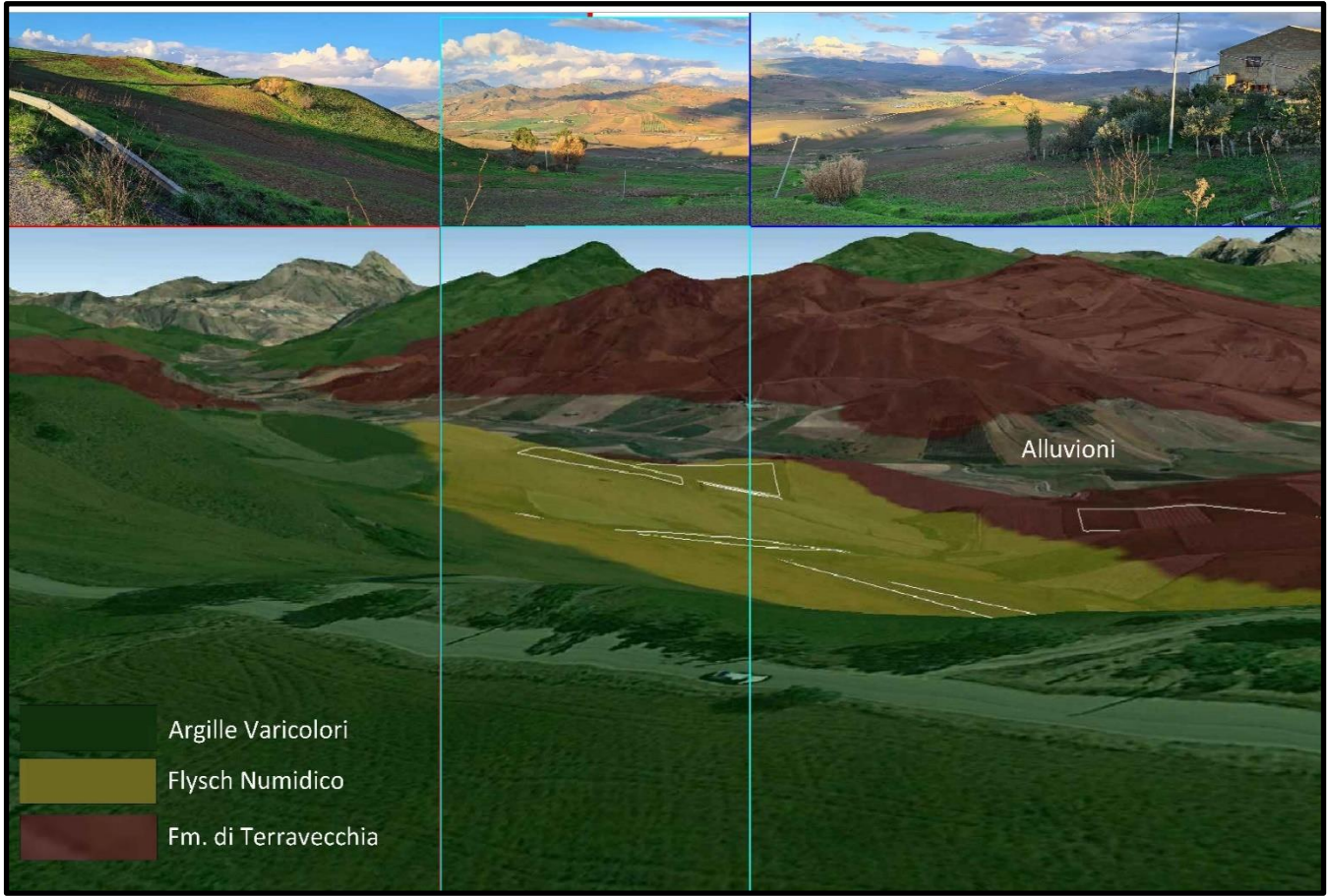


### 4.3 Assetto Geologico Locale

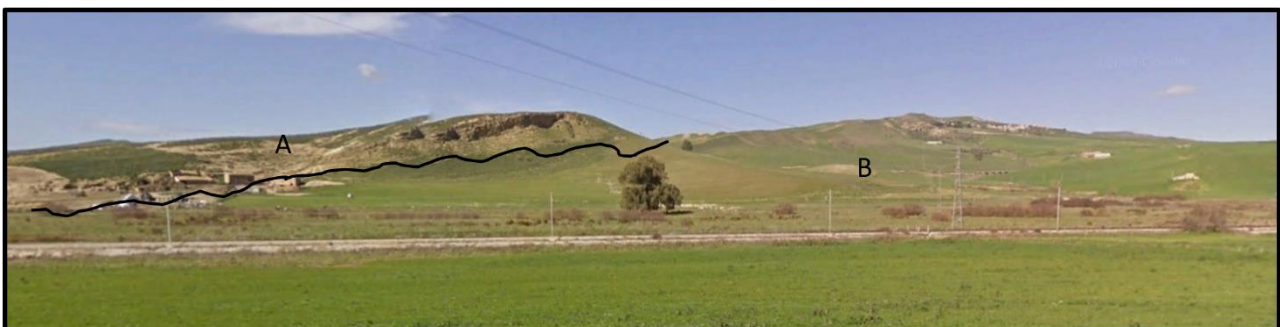
Nell'area oggetto di studio affiorano le litofacies silicoclastiche, attribuibili ai diversi domini mesozoico-terziari sopra descritti (**Dominio Numidico**, **Sicilide** e Lercarese) ed ai terreni tardorogeni. In particolare, le sequenze affioranti rappresentano le unità più interne e geometricamente più alte dell'edificio strutturale della catena Siculo-Maghrebide e derivano essenzialmente dalla deformazione del dominio Sicilide e Numidico. Tali unità litostratigrafiche – interferenti con le opere di progetto- sono di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico:

- **Fm. delle Argille Varicolori** - ARV (*Cretacico – Paleocene*); tale unità litostratigrafica affiora estesamente nell'area dei Nebrodi, dei Monti delle Madonie e Termini Imerese, oltre ad essere esposta lungo tutto l'Appennino Meridionale. Consiste in sequenze di argille rosse, grigie e verdi intensamente tettonizzate ed a struttura caotica, tanto da essere definite anche "*argille scagliose*". A luoghi è possibile rinvenire anche olistoliti di natura calcareo-marnosa. Questa successione è stata inizialmente distinta in *Argille Varicolori Superiori* e *Inferiori* sulla base della relativa posizione strutturale. Tuttavia, successivamente questa distinzione è stata considerata incongruente per un'unica unità litostratigrafica, in quanto risultava essenzialmente connessa alle sole dinamiche tettoniche subite durante le fasi di compressione appenninica. Sulla base dei caratteri sedimentologici, la Fm. delle Argille Varicolori si pensa sia il risultato della deposizione in mare aperto in un ambiente di piana abissale. Nell'area oggetto di studio la si ritrova in contatto tettonico sui depositi del Flysch Numidico ed è localmente sigillata dai depositi terrigeni della Fm. di Terravecchia.
- **Flysch Numidico** – FYN (Oligocene Sup. – Miocene Inf.) – la Formazione del Flysch Numidico è costituita da diverse associazioni di litofacies: *pelitiche* con subordinate arenarie quarzose, *arenacee* e *conglomeratico-arenacee*. Nei Fogli ufficiali resi disponibili dal Progetto di Cartografia Geologica nazionale alla scala 1:50.000 (Progetto CARG), suddette litofacies sono state indicate con il rango di membro, ovvero il *Membro di Portella Colla* e *Membro di Geraci Siculo*. Il primo rappresenta la litofacies pelitico-argillosa, il secondo è ascrivibile invece alla litofacies arenaceo-quarzosa. Il rilevamento effettuato in corrispondenza dell'area di impianto, unitamente al reperimento di cartografia storica e recente ha permesso di identificare le successioni pelitico-argillose nell'area di Castronovo come ascrivibili alla litofacies pelitica della Fm. del Flysch Numidico. La sequenza esposta nell'area di interesse rappresenta la litofacies pelitica del Flysch Numidico, caratterizzata da prevalenti peliti di colore bruno con laminazione piano-parallela in cui si intercalano livelli di arenarie quarzose e gradate.

- **Fm. di Terravecchia** – TRV (Tortoniano sup. – Messiniano inf.); sulle unità delle Argille Varicolori e solo raramente sulle sequenze del Flysch Numidico (litofacies pelitico-argillosa) si ritrovano, in discordanza, le successioni tardorogene della Fm. di Terravecchia. Il letto della successione parte con una sequenza di conglomerati rossastri e giallastri, con inclusi elementi eterometrici carbonatici e vulcanoclastici, passanti verso l'alto a sabbie quarzose grigio-giallastre in cui si ritrovano sottili livelli conglomeratici. La successione a tetto si chiude con una sequenza di argille grigio-bluastre a foraminiferi planctonici. Considerando la successione appena descritta, sono stati formalmente riconosciuti tre diversi membri nella Cartografia Geologica Nazionale a scala 1: 50.000 dei Fogli adiacenti l'area di interesse: un membro pelitico-argilloso (TRV<sub>3</sub>), un membro sabbioso (TRV<sub>2</sub>) ed un membro conglomeratico (TRV<sub>1</sub>). **In corrispondenza dell'area di impianto è stato identificato il solo membro sabbioso (TRV<sub>2</sub>)** in troncatura erosiva al di sopra delle sequenze Numidiche e Sicilidi. Sono infatti riconoscibili affioramenti in giacitura sub-orizzontale di sabbie ed arenarie in banchi, all'interno dei quali si possono osservare sottili livelli conglomeratici. I caratteri sedimentologici di tale formazione consentono di attribuire a questo membro un contesto deposizionale continentale di transizione, da fluviale a costiero.
- **Coltre eluvio-colluviale** – le coltri derivano dall'azione combinata di processi di alterazione *in situ* del substrato roccioso e la locale mobilitazione dei prodotti di alterazione prodotti da dinamiche di versante, principalmente connesse a processi di accumulo per trasporto gravitativo. In corrispondenza dell'area d'impianto le coltri consistono essenzialmente in clasti eterometrici di natura essenzialmente arenacea immersi in una matrice da argillosa ad argilloso-limosa, più raramente limoso sabbiosa, con spessori variabili in funzione delle locali caratteristiche topografiche. Le coltri esposte lungo le principali linee di drenaggio lasciano comunque ipotizzare uno spessore > 1 m per le porzioni di versante con pendenze comprese tra 10° e 20°. Tali depositi si ritrovano principalmente lungo i versanti collinari impostati sull'unità delle Argille Variegate e la litofacies pelitico-argillosa del Flysch Numidico, nelle porzioni di raccordo con i fondivalle e lungo vallecicole. Dai sopralluoghi effettuati in corrispondenza dell'area parco è emerso che le coltri impostate lungo la successione delle Argille Variegate presentano superfici ricche in pietrame di varia pezzatura, le quali derivano dalle originarie intercalazioni lapidee scompagnate e successivamente dilavate dalle acque meteoriche.



**Figura 4: Unità litostratigrafiche rilevate in corrispondenza del parco fotovoltaico. Le aree interessate dall'installazione dei pannelli fotovoltaici corrispondono alle perimetrazioni in bianco.**



**Figura 5: Contatto discordante tra la litofacies arenacea della Fm. di Terravecchia (A) e le sottostanti Argille Variegate (B). Foto scattata nei pressi della Stazione di Mercato Bianco**



Nella tabella seguente sono riportate le unità litostratigrafiche su cui insisteranno le opere di progetto desunte dalla consultazione cartografica e dal rilevamento in sito:

*Tabella 3- Sintesi Unità Litostratigrafiche interferenti con le opere di progetto*

Unità Litostratigrafiche	Area Impianto	Cavidotto di progetto
<i>Fm. Argille Variegatae</i>	Lotto C	Tratto B-B'
<i>Flysch Numidico</i>	Lotto A-B	Tratto C-C'
<i>Fm. di Terravecchia</i>	Lotto A	Tratto A-A'



*Figura 6- Schematizzazione area di impianto su ortofoto*

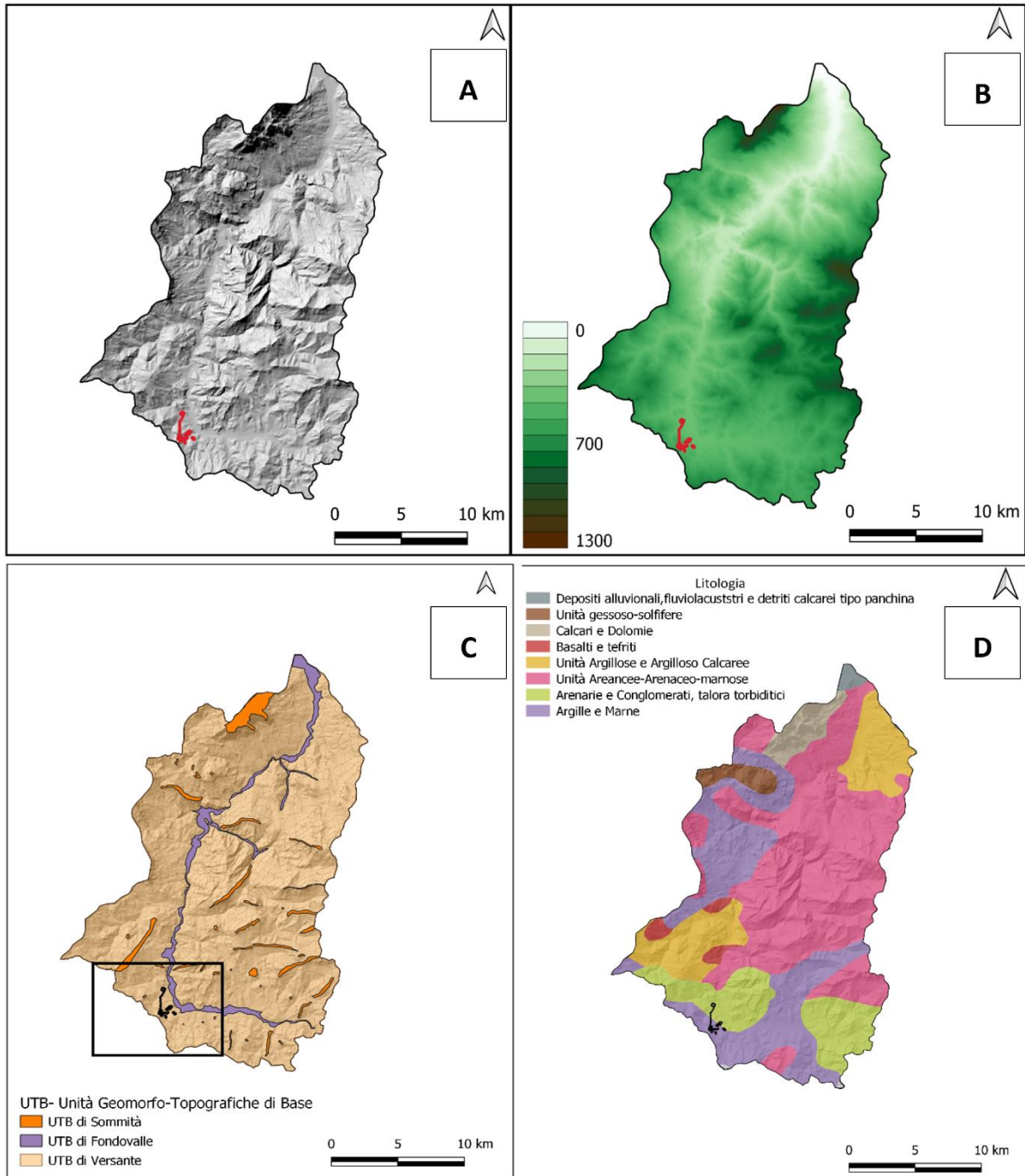
## 5 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

### 5.1 Geomorfologia Area Vasta

L'area d'intervento ricade all'interno del bacino idrografico del F. Torto, ubicato lungo il settore settentrionale della Sicilia con estensione complessiva di circa 423,41 km<sup>2</sup>, sviluppatasi tra il complesso montuoso delle Madonie e i Monti Termini, comprendendo anche la zona interna collinare delimitata a sud dai Monti Sicani. La conformazione geomorfologica è essenzialmente caratterizzata dall'esistenza di due differenti tipologie di paesaggio, di cui uno tipicamente collinare ed un altro prettamente montuoso, peculiare delle aree più elevate. Le aree collinari, le cui quote si attestano dai 400 ai 700 m.s.l.m. sono costituite da rilievi generalmente arrotondati con versanti debolmente inclinati ed essenzialmente modellati da movimenti in massa e dall'azione delle acque superficiali. Le aree montuose, le cui quote si attestano dai 900 ai 1370 m.s.l.m. sono invece dominate da estesi massicci e aspri rilievi, marcati da versanti da mediamente a fortemente inclinati, in cui le forme di rilievo risultano connesse all'azione combinata di processi morfogenetici, morfotettonici e morfoselettivi attivi e relitti. In riferimento a ciò, il carattere lito-strutturale ereditato dalle fasi deformative connesse alla tettonica appenninica ha contribuito notevolmente all'attuale assetto geomorfologico a scala dell'intero bacino. I processi di formazione della catena Siculo-Maghrebide hanno infatti generato alti e bassi topografici, corrispondenti a sistemi di faglie a cinematica e rigetto variabile e, inoltre, hanno contribuito all'aumento del disturbo tettonico delle litologie affioranti. Gli alti strutturali/topografici coincidono inoltre con le unità litoidi meno erodibili, in opposizione alle porzioni ribassate, corrispondenti a terreni argilloso-pelitici più suscettibili ai processi morfoselettivi. Nelle aree collinari del bacino la morfogenesi si esplica primariamente grazie all'azione dei corsi d'acqua e a processi di dilavamento oltre che a frequenti movimenti franosi superficiali. Il deflusso superficiale è invece connesso principalmente alla rete idrografica del F.Torto e Imera Settentrionale, i quali drenano con direzione Nord-Sud, deviando localmente il loro corso in corrispondenza di ostacoli litologici (massicci carbonatici) e topografici (lineamenti tettonici). Le aste di ordine gerarchico inferiore risultano all'incirca ortogonali a quelle principali, e tendono generalmente a ramificarsi laddove l'incisione interessa un substrato di natura argillosa-pelitica. In generale i corsi d'acqua minori danno luogo a valli V o a fondo piatto nel caso di aste di ordine maggiore. Al fine di identificare i principali processi di morfogenetici predominanti ed interferenti con l'area di progetto, l'intero bacino idrografico è stato suddiviso in unità geomorfo-topografiche di base (UTB), mappate mediante l'utilizzo del DTM a 10x10 metri (Fonte: <https://tinality.pi.ingv.it>). Sono state distinte tre

CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	21 di 45

diverse UTB all'interno del bacino Idrografico del F.Torto: *UTB di Sommità, Versante e Fondovalle*. L'area oggetto del presente studio ricade interamente all'interno dell'**UTB di versante**.



**Figura 7- DTM 10X10 con ubicazione area impianto (A), Elevazione (B), Unità Geomorfo-Topografiche (C), Litologia Bacino F. Torto**



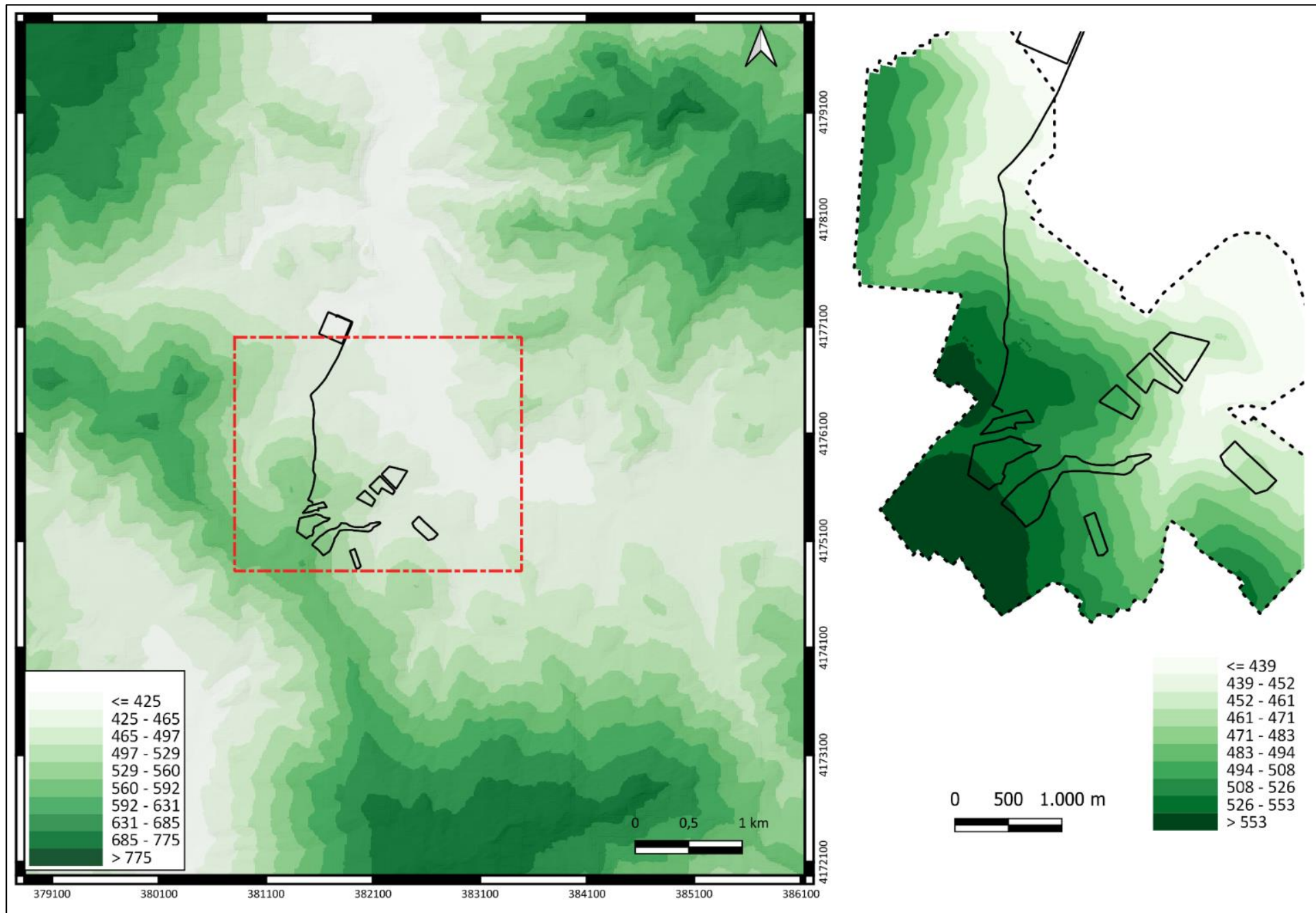


Figura 8 – Carta delle elevazioni

## 5.2 Caratteri Geomorfologici Locali

L'area di progetto è localizzata in un'areale caratterizzato da un paesaggio tipicamente collinare e posto a quote comprese tra i 500 e i 550 m.s.l.m. In questo settore sono esposte le successioni argilloso ed argilloso-pelitiche della Fm. delle Argille Variegate e del Flysch Numidico che, laddove interposte alle unità litoidi ascrivibili ai depositi terrigeni della Fm. di Terravecchia, formano scarpate di morfo-selezione e modesti rilievi monoclinali di tipo *cueta*.

Il carattere litologico predominante è sicuramente quello argilloso, le cui forme risultano connesse a processi di alterazione e degradazione, oltre che ad uno scarso drenaggio, fenomenologie queste che catalizzano i processi gravitativi e di erosione e risultano accentuate su questa tipologia di terreni. Le morfologie possono pertanto essere ricondotte a versanti regolarizzati a bassa inclinazione (< 20%) con sviluppo limitato di suolo e vegetazione in prevalenza erbaceo-arbustiva, in cui possono essere identificate forme di erosione accelerata e di accumulo derivate da colate o da frane con pendenze di circa 5-10°. La scarsa permeabilità delle successioni argillose riduce la capacità di trattenere le acque meteoriche, le quali defluendo prettamente in superficie, originano reti di drenaggio irregolari con un elevato trasporto solido, alimentato principalmente dall'elevata energia dei rilievi. Le ondulazioni e le forme irregolari identificabili dalle curve di livello inoltre sono connesse sia alla presenza di dissesti che a fenomeni di reptazione e plasticizzazione delle coperture eluvio-colluviali e regolitiche.

Come visibile nella carta delle pendenze in Fig. 8, i versanti collinari nell'areale interessato dalle opere di progetto mostrano variazioni morfologiche ed acclività da associare a tratti in cui la successione contiene elementi "esotici" di natura litoide inglobati nella sequenza, nel caso della successione delle Argille Variegate, o interstrati più competenti nel caso dei terreni pelitico-argillosi del Flysch Numidico.

## 5.3 Pendenza

Per la caratterizzazione dei fenomeni geomorfologici che possono avere una particolare importanza ai fini dell'analisi della stabilità dell'area in esame, sia in termini di suscettibilità al dissesto che di risposta sismica locale, sono stati individuati i processi e le forme connesse a **dinamiche gravitative di versante** e **all'azione delle acque correnti superficiali**, le quali determinano ruscellamenti diffusi, forme di erosione lineare ed aree instabili per franosità diffusa e soilcreep.

A tal proposito, uno dei parametri che influenza maggiormente la suscettibilità all'innescio di suddette fenomenologie, a parità di condizioni litotecniche e giaciture, è proprio la pendenza dei versanti.



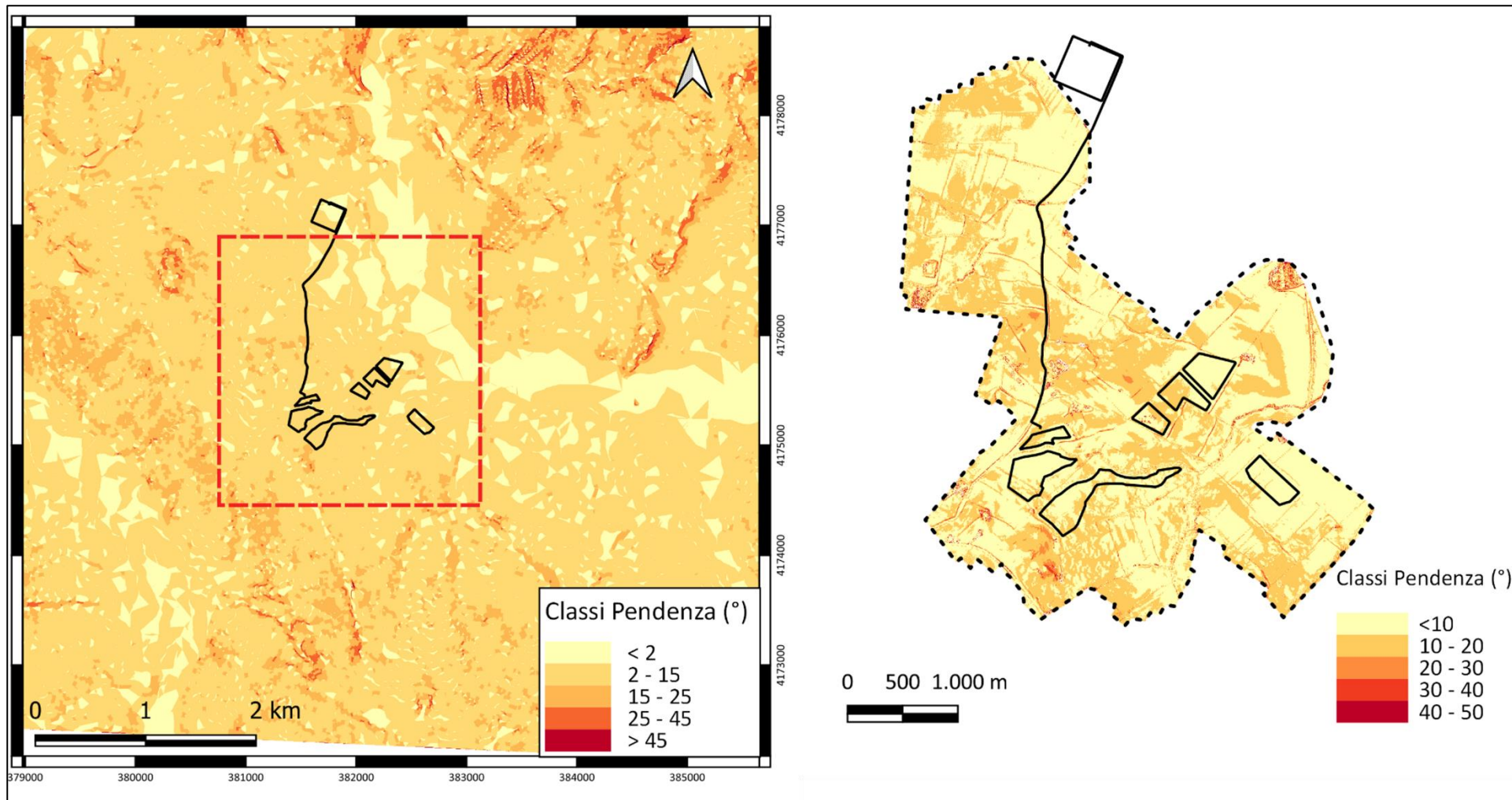
La carta delle pendenze è stata realizzata mediante Modello Digitale di Terreno (DTM) caratterizzato da una mesh di dimensioni 1x1 m ottenuto da rilievo da drone per l'area parco e dal portale del Ministero della Transizione Ecologica (<http://www.pcn.minambiente.it/mattm>) per considerazioni geomorfologiche a scala più ampia. La scelta delle classi di pendenza deriva dal riconoscimento sperimentale di alcuni valori limite in funzione di specifiche finalità operative. Per le considerazioni sulle classi di pendenza in **area vasta** sono state definite le seguenti soglie:

- fino a 2°, superfici pianeggianti
- da 2° a 15°, superfici da sub-pianeggianti a debolmente acclivi
- da 15° a 25°, versanti moderatamente acclivi
- da 25° a 45°, versanti da ripidi a molto ripidi
- oltre 45°, versanti estremamente ripidi

Per le considerazioni a scala dell'**area d'impianto** sono state invece definite le seguenti soglie in classi di 10°:

- fino a 10°, pendenza bassa
- da 10° a 20°, pendenza medio-bassa
- da 20° a 30°, pendenza moderata
- da 30° a 40°, pendenza elevata
- da 40° a 50°, pendenza molto elevata

Risulta opportuno osservare che una maggior inclinazione del versante favorisce l'erosione superficiale, con trasporto a valle del materiale detritico asportato dalle acque di corrivazione. Per contro, inclinazioni minori favoriscono i processi di weathering chimico-fisico del substrato roccioso con formazione di suolo, data la maggior permanenza delle acque di ristagno. In genere per pendenze fino ai 10° non si hanno controindicazioni in termini di stabilità dei versanti. Nelle porzioni con pendenze fino ai 25° possono verificarsi stati di instabilità in litologie costituite da sabbie sciolte, argille e limi con basso grado di consistenza, soprattutto se in presenza di falda superficiale. Per classi di pendenza maggiore possono verificarsi dissesti anche in presenza di rocce poco cementate, alterate o fessurate a causa di fenomeni fisico-meccanici e tettonici.



**Figura 9- Carta delle Pendenze**

In **Figura 8** sono riportate le classi di pendenza identificate a due diverse scale.

Considerando un ambito geomorfologico significativo ai sensi delle NTC 2018 è possibile identificare due settori con versanti da moderatamente acclivi a ripidi associati a classi di pendenza comprese tra i 25° ed i 45°. Nello specifico, la fascia con andamento NE-SW, localizzata a circa 1km a SE dall'area d'impianto e con pendenze comprese tra i 15 e 25° corrisponde al versante destro del F. Platani che in questo tratto incide terreni argillosi, innescando fenomeni di scalzamento al piede. Il settore localizzato a circa 3 km NNW dall'area d'impianto mostra valori di pendenza altrettanto elevati (25-45° a maggiori di 45°) ed ascrivibili alla presenza delle sequenze di natura litoide della Fm. di Terravecchia. L'elevata pendenza è associata al diverso grado di erodibilità rispetto i sottostanti terreni di natura argillosa.

Per una migliore lettura morfometrica dell'areale oggetto del presente studio, oltre la carta delle pendenze in **Figura 8** è stata stilata anche una carta litologica visibile in **Figura 9**.

L'areale interessato dall'installazione delle opere di progetto presenta pendenze generalmente basse, i cui valori si attestano al di sotto dei 10°. Dal confronto delle due carte (Carta Litologica e Carta delle Pendenze) è emerso tuttavia che le locali variazioni di pendenza sono da ritrovarsi principalmente in corrispondenza del contatto tra le diverse unità litostratigrafiche, generate principalmente dal diverso comportamento ai processi di morfoselezione. In particolare, il contatto tra i termini arenacei della Fm. di Terravecchia e le unità argillose e argilloso-pelitiche produce alterazioni morfologiche, in corrispondenza delle quali la pendenza aumenta raggiungendo valori > 10°. Le locali variazioni di pendenza sono ascrivibili anche alla presenza di frammenti "esotici" di natura litoide inglobati all'interno della sequenza argillosa della Fm. delle Argille Variegate e alla natura estremamente eterogenea, dipendente dall'area sorgente, delle coltri eluvio-colluviali.

Dalla sovrapposizione della carta delle pendenze con i dissesti censiti **dall'Autorità di Bacino della Regione Siciliana (Bacino Idrografico F.Torto)** è emerso che, dei 43 dissesti cartografati nell'area considerata dallo scrivente rilevante in riferimento ad un *ambito geomorfologico significativo*, la maggior parte si registra lungo pendii da moderatamente acclivi a molto ripidi. Solo il 6% si imposta su versanti con pendenza <15°, in corrispondenza della fascia di esposizione della Fm. delle Argille Variegate. Le caratteristiche geomorfologiche dell'area di impianto si riflettono nell'ultimo scenario.



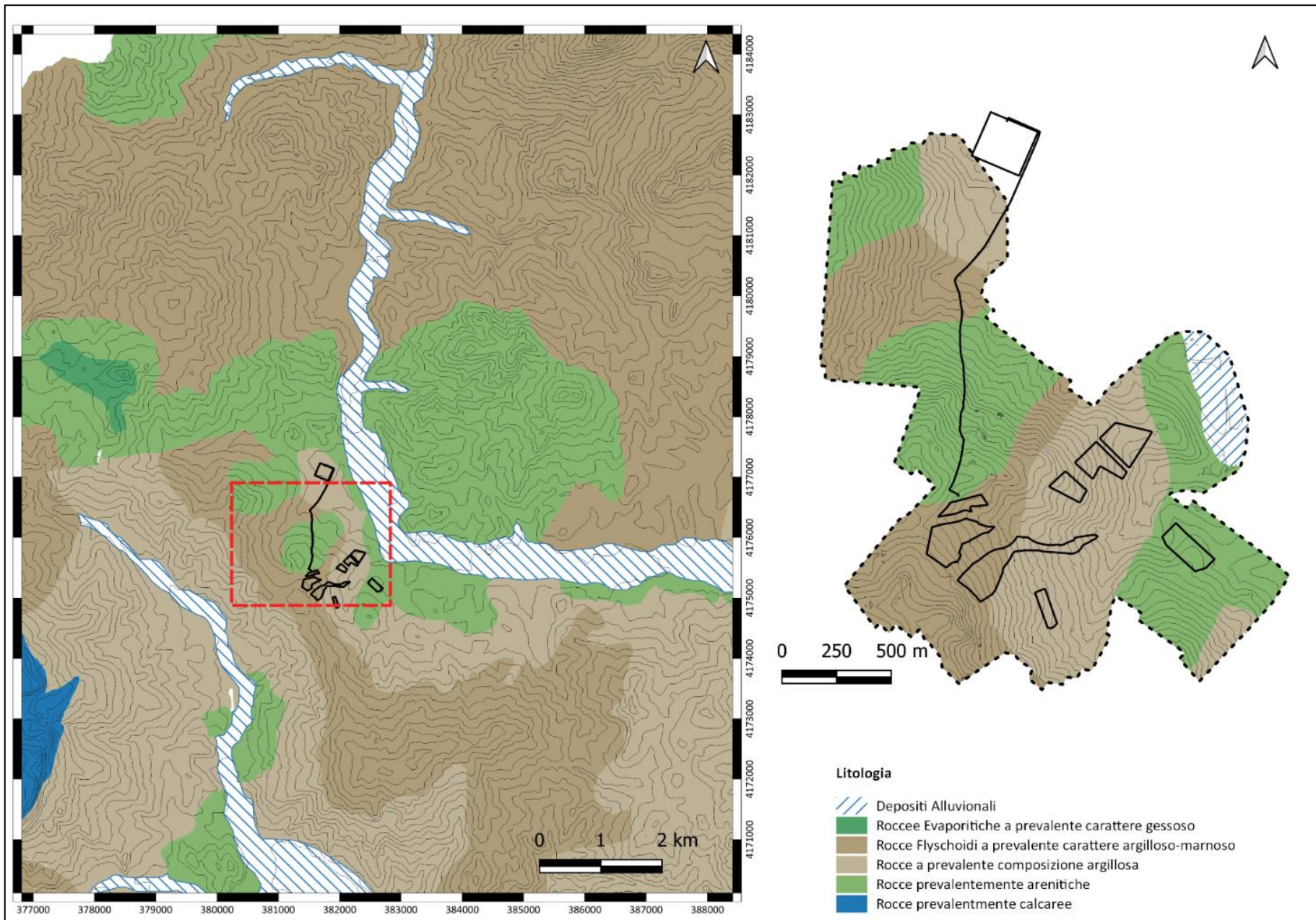


Figura 10- Carta Litologica



## RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	28 di 45

Il sito indagato ricade nei piani stralci per l'assetto idrogeologico dell'**Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia**. Come si evince dalla Carta Geomorfologica (*vedi elaborato A.02.2*) e dalla cartografia resa disponibile dal PAI dell'AdB competente, l'areale di progetto non interferisce direttamente con aree a pericolosità geomorfologica. Tuttavia, in riferimento al presente intervento progettuale, parte del Lotto A lambisce un'area a Pericolosità Geomorfologica Media (PG2), riferibile al dissesto con ID **031-6CS-033**, identificato dal PAI come dissesto dovuto a fenomeni di **Erosione Accelerata**. Tale processo è essenzialmente causato da due distinte azioni: il distacco delle particelle dovute agli urti delle gocce di pioggia che colpiscono il suolo ed i processi fisico-chimici di disgregazione, favoriti in corrispondenza di particolari unità litotecniche, i quali favoriscono il loro successivo distacco e trasporto. Tale problematica sarà notevolmente ridotta in corrispondenza del sito mediante opportune opere di regimazione delle acque superficiali (*vedi Relazione Idraulica- A.07*) in maniera tale da garantire il corretto inserimento dell'opera, senza che questa possa perturbare in alcun modo i precari equilibri idro-geomorfologici. Il corretto convoglio delle acque, infatti, riduce considerevolmente il progressivo incremento della portata, velocità e quindi dell'energia, ovvero del potere di erosione e trasporto delle acque che scorrono in superficie. In aggiunta a ciò, le fasce coltivazione ed arboree/arbustive previste nel piano di coltivazione (*vedi Relazione Pedo-Agronomica*) intercettano il ruscellamento diffuso in quanto favoriscono l'infiltrazione dell'acqua, mantenendo la struttura della coltre in condizioni tali da ridurre il deflusso in caso di eventi meteorici intensi.

## 6 CARATTERI IDROGEOLOGICI

La circolazione idrica sotterranea nell'area oggetto di studio è fortemente influenzata dalla natura dei terreni affioranti, in funzione della quale si verifica l'infiltrazione ed il conseguente accumulo di acqua gravifica con eventuale formazione di falde idriche.

Nella fattispecie, le opere di progetto interessano le litofacies pelitico-argillose dei termini flyschiodi (Flysch Numidico) e le unità argillose della Fm. delle Argille Variegata, le quali rappresentando un insieme di termini litologici simili, aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un prevalente tipo di permeabilità generalmente comune ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene generalmente in un campo di variazione piuttosto ristretto, possono essere raggruppate in un unico complesso idrogeologico, qui denominato **Complesso Idrogeologico Argilloso**. Tale complesso presenta valori di infiltrazione efficace scarsi ed un coefficiente di infiltrazione potenziale di circa 10-20%, con conseguenti valori elevati di ruscellamento superficiale. La circolazione idrica sotterranea risulta esigua in quanto i valori di K risultano molto bassi, attestandosi attorno ai  $10^{-9}$  –  $10^{-10}$  m/s. Nonostante il carattere impermeabile ascrivibile ad una porosità efficace molto bassa, in quanto i pori non risultano interconnessi pur essendo l'indice dei vuoti in genere molto elevato, è eventuale l'ipotesi di una circolazione idrica di modesta entità che viene a crearsi entro le fessure degli orizzonti sovraconsolidati o in corrispondenza delle coltri regolitiche ed eluvio-colluviali, il cui il carattere sciolto favorisce accumuli idrici

La litofacies arenacea della Fm. di Terravecchia costituisce un **Complesso Idrogeologico Arenaceo**, caratterizzato da una permeabilità per fessurazione e subordinatamente per porosità. Il grado di approfondimento della circolazione idrica è legato allo sviluppo di fratture ed allo stato di intasamento delle stesse: risulta quindi potenziale la presenza di acquiferi nei corpi arenaceo-conglomeratici di tale complesso. I depositi alluvionali costituiscono un terzo complesso, denominato **Complesso Idrogeologico Alluvionale** e caratterizzato da permeabilità per porosità piuttosto elevate ma comunque funzione della granulometria. In corrispondenza di livelli ghiaiosi e ciottolosi la permeabilità è piuttosto alta.

Dal quadro idrogeologico descritto pertanto è stata accertata l'assenza di accumuli idrici significativi nei livelli superficiali, oltre che eventuali falde idriche interagenti con le opere di progetto, in quanto queste risultano allocate principalmente in corrispondenza del Complesso Idrogeologico Argilloso.

Si rimanda all'elaborato grafico A.02.4 (*Carta Idrogeologica*) per maggiori dettagli sull'estensione areale dei complessi idrogeologici individuati.

## 7 CARATTERI SISMICI

### 7.1 Normativa Vigente

Le azioni sismiche di progetto vengono definite dalle Norme Tecniche delle Costruzioni (NTC 2018 – D.M. 17/01/2018) e si definiscono a partire dalla Pericolosità Sismica di Base dell'area di indagine e sono funzione delle caratteristiche morfologiche e stratigrafiche che determinano la risposta sismica locale. La pericolosità sismica è definita in termini di accelerazione orizzontale massima attesa  $a_g$  in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale ed ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione  $S_e(T)$  con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVR nel periodo di riferimento VR. I valori di  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T^*c$  sono i parametri su sito rigido orizzontale che definiscono le forme spettrali per ciascuna probabilità di superamento PVR in un determinato periodo di riferimento.

### 7.2 Sismicità del Comune di Castronovo di Sicilia (PA)

La storia sismica del territorio di Castronovo di Sicilia (PA) è stata analizzata attraverso la consultazione Database Macrosismico Italiano DMI15 v.4.0, il quale sostituisce la precedente versione 3.0, considerando una copertura temporale maggiore – dalla fine del 2019 alla fine del 2020. Il set di dati di intensità macrosismica relativo ai terremoti nel territorio italiano è quindi aggiornato nella finestra temporale 1000-2020 e sono raccolti in termini di gradi di intensità macrosismica.

Nel territorio comunale di Castronovo di Sicilia sono riportati 7 eventi sismici avvenuti tra il 1823 ed il 2004, di cui quelli con intensità di 5 e 6 sono riferiti agli eventi del 1823 e 1968 con epicentro in Sicilia Settentrionale e nella Valle del Belice rispettivamente.

*Tabella 4- Storia Sismica Comune di Castronovo di Sicilia (PA); NF: Terremoto non avvertito*

Evento	Anno	Mese	Giorno	Area Epicentrale	Coordinate Epicentrali	$I_0$	MW
1	1823	3	5	Sicilia Settentrionale	34.185 - 14.344	5	5.81
2	1907	1	21	Tirreno Meridionale	38.021 - 13.552	NF	4.14
3	1968	1	15	Valle del Belice	37.756 - 12.981	6	6.41
4	1994	1	5	Tirreno Meridionale	39.163- 15.177	NF	5.82
5	1995	4	11	Sicilia Centrale	37.625- 13.858	NF	4.03
6	1996	12	14	Monti Madonie	37.821-13.899	3	4.27
7	2004	5	5	Isole Eolie	38.547-14.792	NF	5.42



Castronovo di Sicilia è classificata come **zona sismica 2** dove *possono verificarsi forti terremoti* con valori di pericolosità sismica di base, espressa in termini di accelerazione massima su suolo rigido pari a 0.25g. Ai sensi dell'OPCM 3274/2003 è stato adottato uno studio aggiornato di pericolosità di riferimento per tutto il territorio italiano, dotando le regioni di un modello di pericolosità attraverso l'introduzione di intervalli di accelerazione ( $a_g$ ) di picco su terreno rigido con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni da assegnare a 4 zone sismiche. Castronovo di Sicilia ricade tra i Comuni per i quali  $0.25g > a(g) > 0.15g$ . Tali valori di pericolosità non hanno però influenza sulla progettazione con l'entrata in vigore delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni in quanto la definizione dell'azione sismica di riferimento avviene tramite un approccio *sito dipendente* e non più *zona dipendente*, i cui valori di pericolosità sismica di base vengono definiti mediante punti su una maglia quadrata 5x5 estesa in tutto il territorio italiano.

### 7.3 Accelerazione orizzontale massima attesa $a_g$

Con riferimento alle Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 (D.M. 17/01/2018), all'OPCM 3274/2003 E 3519/2006, l'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) ha redatto una mappa di pericolosità (**Progetto Esse1**) espressa in termini di accelerazione orizzontale massima con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi (Categoria A;  $V_s > 800$  m/s. Per il territorio di Castronovo di Sicilia i valori di  $a_g$  indicati sono compresi tra 0.075 e 0.100 (Fig. 7)

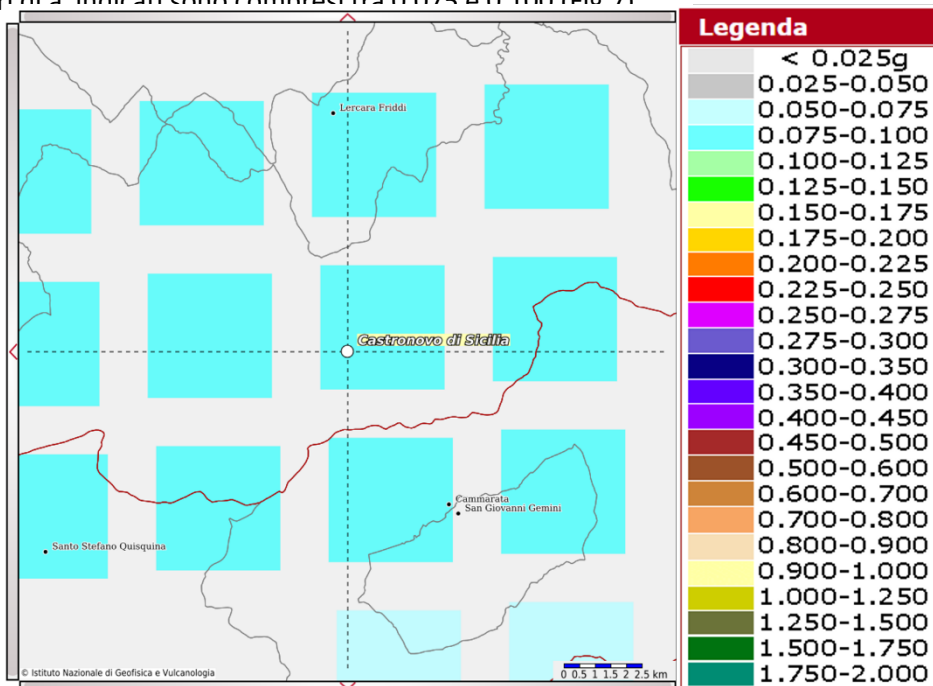


Figura 11: Modello di Pericolosità Sismica MPS04-S1, Progetto Esse 1



Tabella 5- Contributi delle diverse sorgenti sismiche alla pericolosità sismica per il sito con coordinate lat. 37.735 long. 13.680

**DISAGGREGAZIONE DI PGA CON PROBABILITA' DI ECCEDEZZA DEL 10% in 50 ANNI**

Distanza (km)	Magnitudo (MW)										
	3.5-4	4-4.5	4.5-5	5.0-5.5	5.5-6	6.0-6.5	6.5-7	7.0-7.5	7.5-8	8-8.5	8.5-9
<b>0-10</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>10-20</b>	0.0000	1.9900	3.8800	2.4000	1.0500	0.1170	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>20-30</b>	0.0000	6.4000	14.5000	10.2000	5.6900	0.7120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>30-40</b>	0.0000	2.5500	7.9600	7.6700	5.6600	0.8480	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>40-50</b>	0.0000	0.4740	3.6500	5.4000	5.4600	0.9920	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>50-60</b>	0.0000	0.0000	0.6730	2.1600	2.9200	0.6120	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>60-70</b>	0.0000	0.0000	0.0555	0.7290	1.3100	0.3020	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>70-80</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0979	0.2730	0.0664	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>80-90</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0129	0.0795	0.0200	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000
<b>90-100</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0009	0.0396	0.0387	0.0649	0.1040	0.0243	0.0000	0.0000
<b>100-110</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0166	0.0689	0.1770	0.3030	0.0736	0.0000	0.0000
<b>110-120</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0025	0.0475	0.1790	0.3370	0.0853	0.0000	0.0000
<b>120-130</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0250	0.1520	0.3180	0.0838	0.0000	0.0000
<b>130-140</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0093	0.1060	0.2500	0.0684	0.0000	0.0000
<b>140-150</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0014	0.0578	0.1630	0.0465	0.0000	0.0000
<b>150-160</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.2900	0.1070	0.0319	0.0000	0.0000
<b>160-170</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0122	0.0662	0.0209	0.0000	0.0000
<b>170-180</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0440	0.0421	0.0142	0.0000	0.0000
<b>180-190</b>	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0000	0.0013	0.0259	0.0095	0.0000	0.0000

Tabella 6- Valori medi per la coppia Magnitudo-Distanza (M-R)

Valori Medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.2	36.1	1.58

Al fine di individuare i contributi delle diverse sorgenti sismogenetiche alla pericolosità del sito oggetto del presente studio sono stati presi in considerazione i valori di disaggregazione di PGA con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (Tab. 5-6). È stata presa in considerazione la forma di disaggregazione tridimensionale per la terna Magnitudo-Distanza-Epsilon (M-R-ε), ovvero il contributo delle singole sorgenti sismogenetiche capaci di generare terremoti di magnitudo M ad una distanza R. Il parametro ε rappresenta il numero di deviazioni standard per cui lo scuotimento, considerato in scala logaritmica, devia il valore mediano predetto da una data legge di attenuazione. In particolare, in questo caso vengono disaggregati i valori mediani di scuotimento espressi in termini di accelerazione orizzontale di picco (PGA) corrispondenti ad un periodo di ritorno di 50 anni. Ciò porta alla determinazione di un *terremoto di scenario*, inteso come evento sismico che contribuisce maggiormente alla pericolosità sismica del sito. Il calcolo del contributo, U, di ciascuna terna M-R- ε è dato dalla seguente formula:

$$U (m_1 < M < m_2, r_1 < R < r_2, \varepsilon_1 < E < \varepsilon_2 | y^*) = \frac{\sum_{i=1}^{N_s} u_i \int_{m_1}^{m_2} \int_{r_1}^{r_2} \int_{\varepsilon_1}^{\varepsilon_2} f_m(m) f_r(r) f_e(\varepsilon) P[Y > y^* | m, r, \varepsilon] dr dm de}{\lambda_{y^*}}$$

dove:

$u_i$ = numero medio annuo di terremoti con  $m > m_{min}$  per ognuna delle  $N_s$  sorgenti sismogenetiche;

$\lambda_{y^*}$ = tasso medio annuo di eccedenza di un prefissato valore,  $y^*$ , di un dato parametro di scuotimento Y;

$F_M(m)$ = funzione densità di probabilità della magnitudo;

$f_R(r)$ = funzione densità di probabilità della distanza;

$f_E(\varepsilon)$ = funzione densità di probabilità del numero di deviazioni standard ε, per cui il logaritmo dello scuotimento devia dal logaritmo del valore mediano predetto da una data legge di attenuazione dati M ed R;

$P[Y > y^* | m, r, \varepsilon]$ = probabilità di eccedenza di un dato valore di scuotimento,  $y^*$ , dati m, r, ε

L'analisi di disaggregazione della terna M-R-ε viene effettuata per i siti corrispondenti ai nodi della griglia utilizzata per la mappa del territorio nazionale (**Modello MPS04-S1- Progetto Esse1**), di cui è visibile un esempio in Fig.7. Il nodo della griglia analizzato per l'area oggetto del presente studio è quello con ID: **46956**.

Dai dati di disaggregazione di pericolosità sismica (Tab. 5) è emerso che il maggior contributo alla pericolosità (11-15%) è dato da eventi localizzati entro 20-30 km con magnitudo (Mw) moderate comprese tra 4.5 e 5. Gli eventi di magnitudo più elevata compresa tra 5.5 e 6, localizzati tra i 50 ed i 70 km dal nodo della griglia considerato, contribuiscono alla pericolosità con una percentuale esigua (2-4%).

#### 7.4 Sorgenti Sismogenetiche prossime l'area di progetto

Al fine di analizzare le sorgenti sismogenetiche prossime l'area di progetto, si è fatto riferimento al Database delle sorgenti sismogenetiche italiane DISS (Valensise & Pantosti, 2001). Tale database contiene le sorgenti sismogenetiche rappresentate nelle tre dimensioni ed ottenute parametrizzando la geometria e la cinematica di grandi faglie attive ritenute in grado di generare terremoti di magnitudo (Mw) > 5.5. Dalla consultazione del Database DISS è emerso che le sorgenti potenziali di generare eventi sismici con magnitudo maggiori > 5.5 sono connesse al sistema di faglie associate al fronte dei *thrust* del sistema a *fold-and-thrust belt* della catena Siculo-Maghrebide con profondità epicentrali < 10 km.

*Tabella 7- Sorgenti Sismogenetiche prossime l'area di progetto*

Sorgente	DISS-ID	Mw <sub>max</sub>	D <sub>min</sub> *	D <sub>max</sub> *	Direzione (°)	Immersione (°)	Distanza dall'area di progetto**
Sciacca-Gela	ITCS-006	7.2	2	10	260-320	20-40	35-40
Gela-Catania	ITCS-029	7.1	3	10	225-260	20-40	70-75
Mazara-Belice	ITCS-021	6.1	2	6	250-260	30-40	50-55

\*-\*\*distanza espressa in km



Figura 12- Sorgenti Sismogenetiche prossime l'area di progetto (riquadro rosso) riprese dal Database of Seismogenic Seismic Sources (DISS) del DISS Working Group (2021)

## 7.5 Categoria Sismica Suolo di Fondazione

Il D.M. 17/01/2018 ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Tra le importanti novità relative alle metodologie di calcolo delle strutture è stato introdotto l'uso dei coefficienti per la determinazione dello spettro di risposta elastica, dipendente dalla classificazione dei suoli, i quali vengono ripartiti nelle cinque categorie definite in Tab.8 e distinte sulla base dei parametri  $V_{seq}$ , NSPT o  $C_u$

Tabella 8 – Categorie sismiche suolo NTC 2018

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio > 800 m/s eventualmente comprendenti in superficie terreni con caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 metri

- B** Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalente comprese tra 360 m/s e 800 m/s
- C** Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con a profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s
- D** Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine scarsamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 metri, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra i 100 m/s e 180 m/s
- E** Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite dalle categorie C e/o D, con profondità del substrato non superiore a 30 metri

Il parametro  $V_{seq}$  è definito dalla seguente formula:

$$V_{seq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{V_{s,i}}}$$

Per depositi con profondità  $H$  del substrato  $> 30$  m, la velocità equivalente delle onde di taglio è definita dal parametro  $V_{s30}$ . Quest'ultimo parametro si ottiene ponendo  $H=30$ m e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità. Nel caso dell'area oggetto di studio sono state prese in considerazione sismostratigrafie da dati bibliografici sulle porzioni adiacenti l'area di progetto ed aventi caratteristiche litostratigrafiche e geomorfologiche simili, per cui in questa fase si può assumere una **categoria sismica di suolo di tipo B**. Nelle successive fasi progettuali verrà accertato il reale valore di  $V_{seq}$  per la definizione della categoria sismica del suolo di fondazione.

#### **Suolo di tipo C:**

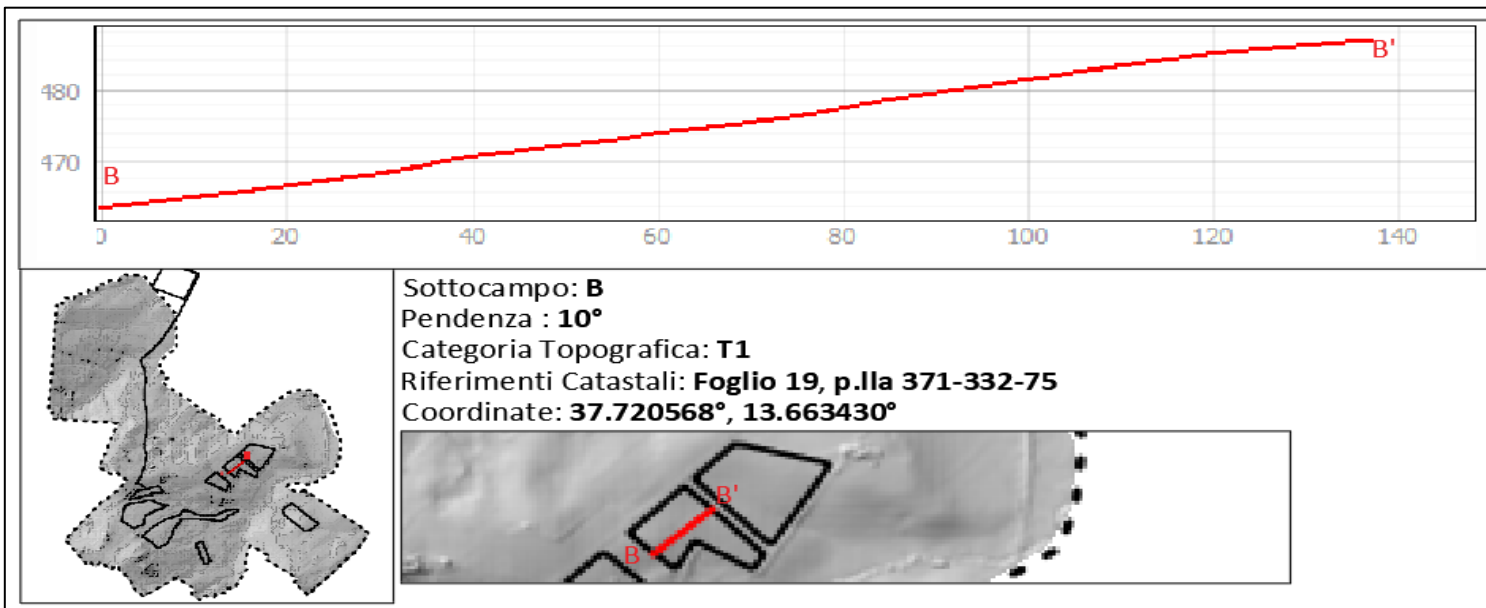
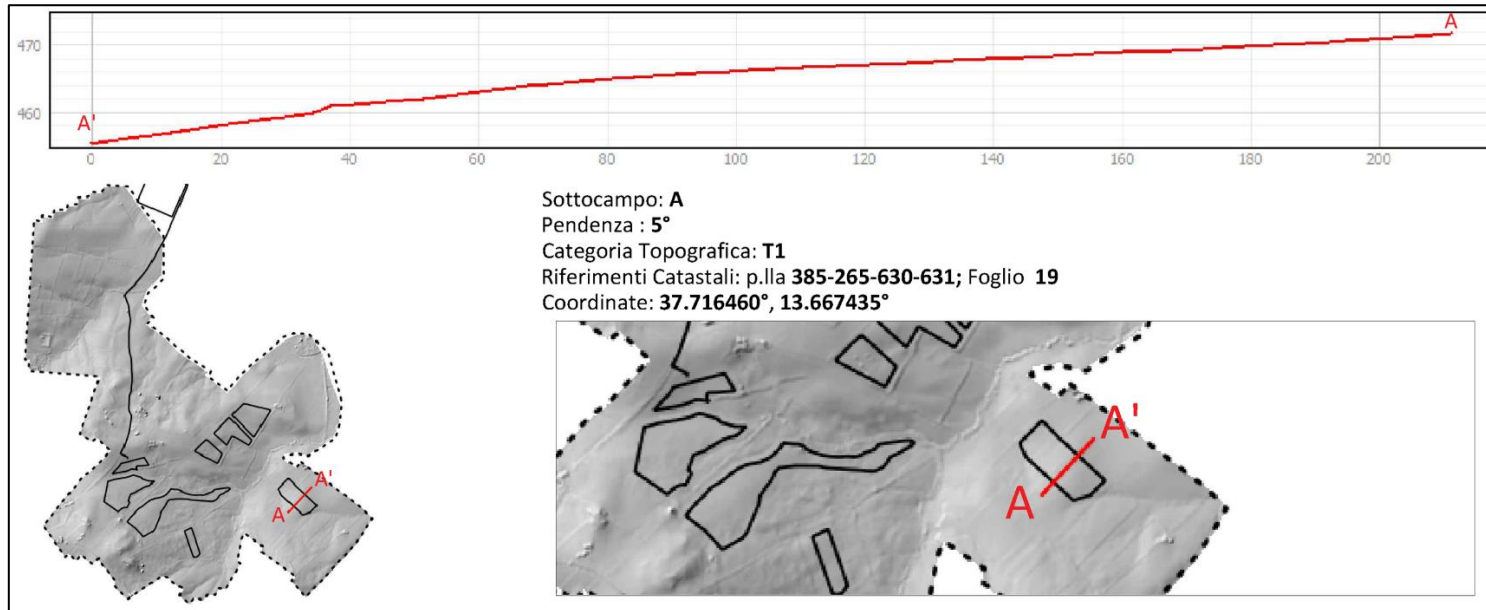
*Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche e da valori di velocità equivalente comprese tra 360 m/s e 800 m/s*

## 7.6 Coefficiente di amplificazione topografica

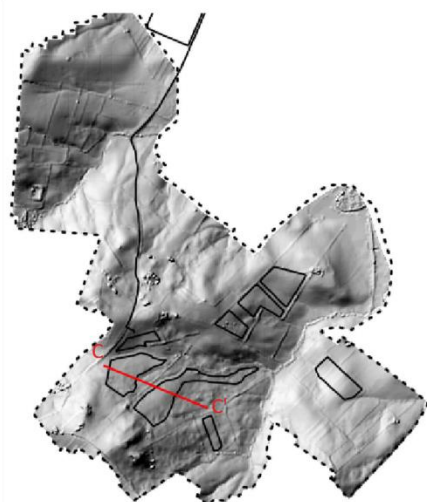
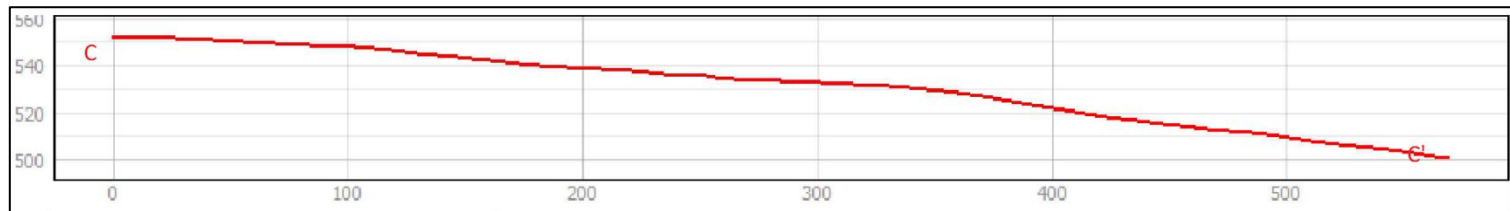
In riferimento alla definizione di Categoria Topografica, il D.M. 17/01/2018 prevede la classificazione indicata in Tabella 9. Ai fini della definizione della Categoria Topografica, sono stati considerati i lotti di terreno interessati dall'installazione dell'impianto, per ognuno dei quali sono riportati i profili topografici e i valori di pendenza calcolati.

*Tabella 9 - Categoria Topografica NTC 2018*

Categoria	Caratteristiche Superficie Topografica	S <sub>T</sub>
T1	Superficie Pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $\geq 15^\circ$	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media pari a $15^\circ$	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	1.4







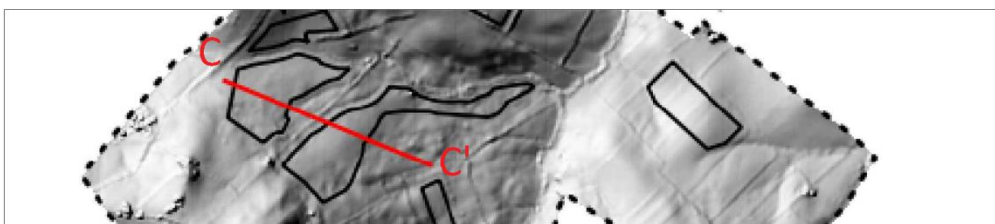
Sottocampo: **C-D**

Pendenza : **5°**

Categoria Topografica: **T1**

Riferimenti Catastali: p.lla **120, 102, 369, 224, 223, 368** Foglio **19**

Coordinate: **37.715225°**, **13.657850°**





### 7.7 Definizione dell'azione sismica

Le azioni sismiche di progetto sono valutate in base ai diversi stati limite considerati e vengono definiti a partire dalla pericolosità sismica di base del sito oggetto di studio. Nei confronti delle azioni sismiche, gli stati limite vengono individuati riferendosi alla costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali e non strutturali. Per ciò che concerne gli stati limite di esercizio (SLE), questi sono:

**Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso non deve subire danni e interruzioni d'uso significative

**Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione subisce danni tali da non mettere a rischio utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e rigidità nei confronti delle azioni verticali e orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Per ciò che riguarda gli stati limite ultimi (SLU), questi sono:

**Stato Limite di Salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici, danni dei componenti strutturali ed una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali.

**Stato Limite di Prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali e danni molto gravi dei componenti strutturali, la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le probabilità di superamento nel periodo  $P_{VR}$ , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati sono riportati nella seguente tabella:

*Tabella 10- Probabilità di superamento  $P_{VR}$  in funzione dello stato limite considerato*

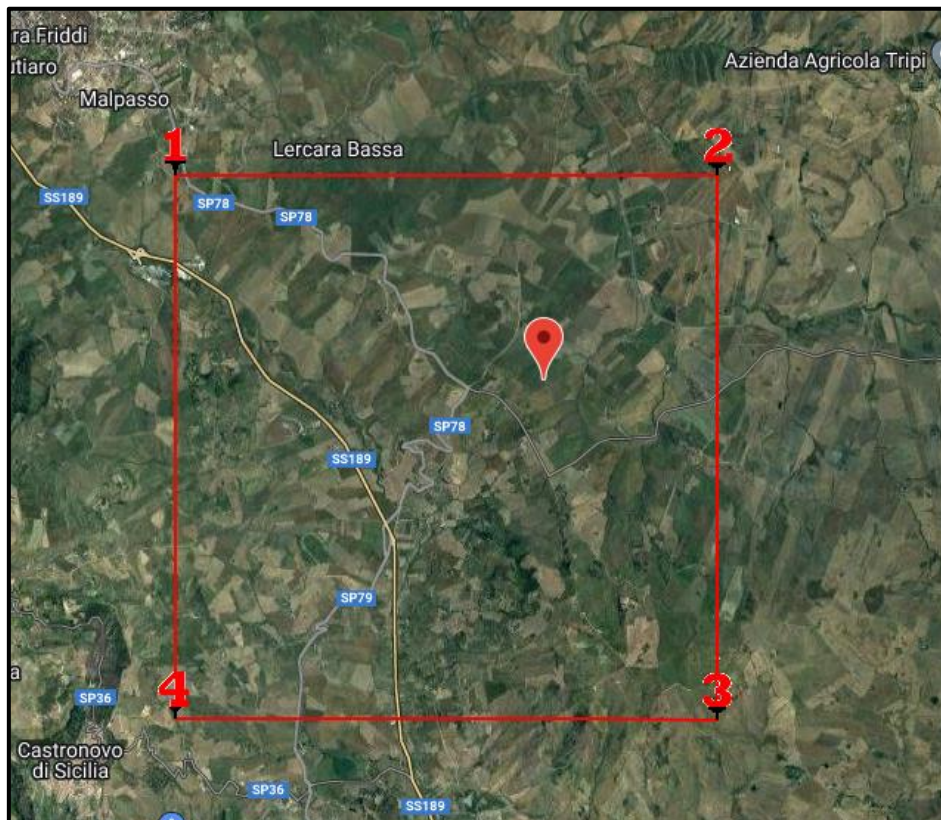
Stati Limite	$P_{VR}$ . Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
<i>SLO</i>	81%
<i>SLD</i>	63%
<i>SLV</i>	10%
<i>SLC</i>	5%

Ai sensi delle NTC 2018 per ogni opera bisogna indicare i valori di accelerazione di picco con relativo spettro di risposta elastico, individuato sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto ed in funzione della vita nominale dell'opera. Considerando una Vita Nominale di 30 anni ed una Classe D'Uso I ( $C_u = 0.7$ ) si ottiene un periodo di riferimento  $V_r$  pari a 30. I parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$ , riferiti a suolo rigido con morfologia orizzontale da utilizzare per la definizione dell'azione sismica del sito di progetto sono stati calcolati mediante il software Geostru. Sulla base di questi dati è possibile ricavare gli spettri di risposta elastici delle componenti orizzontali e verticali del moto per gli stati limite (SLE e SLU) in funzione della categoria topografica e di sottosuolo. Pertanto, il coefficiente di amplificazione stratigrafica  $S_s$  varierà in funzione della categoria di sottosuolo, il coefficiente di amplificazione sarà funzione della categoria topografica per il sito di riferimento.

**Tabella 11- Riferimenti spaziali parco agro-fotovoltaico per la definizione dell'azione sismica**

**Posizione spaziale sito**

<i>Città</i>	Castronovo
<i>Provincia</i>	Palermo
<i>Regione</i>	Sicilia
<i>Latitudine</i>	37.71498
<i>Longitudine</i>	13.658962
<i>Vita Nominale</i>	30
<i>Classe Edificio</i>	I



I valori dei Parametri in Tab.12 per la definizione dell'azione sismica sono stati calcolati come media pesata dei valori assunti nei quattro vertici della maglia del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Fig. 9), utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici, attraverso la seguente espressione:

$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}}$$

nella quale:

p - il valore del parametro di interesse nel punto in esame;

p<sub>i</sub> - valore del parametro di interesse nell'i-esimo punto della maglia elementare contenente il punto in esame;

d<sub>i</sub> - distanza del punto in esame dall'i-esimo punto della maglia;

**Tabella 12- Parametri sismici calcolati per i diversi stati limite considerati**

Stati Limite	Tr (anni)	a <sub>g</sub> (g)	FO	Tc* (s)
Operatività (SLO)	30	0.032	2.421	0.213
Danno (SLD)	35	0.034	2.434	0.226
Salvaguardia Vita (SLV)	332	0.076	2.569	0.341
Prevenzione Collasso (SLC)	682	0.094	2.624	0.0365
Periodo di riferimento per l'azione sismica			35	

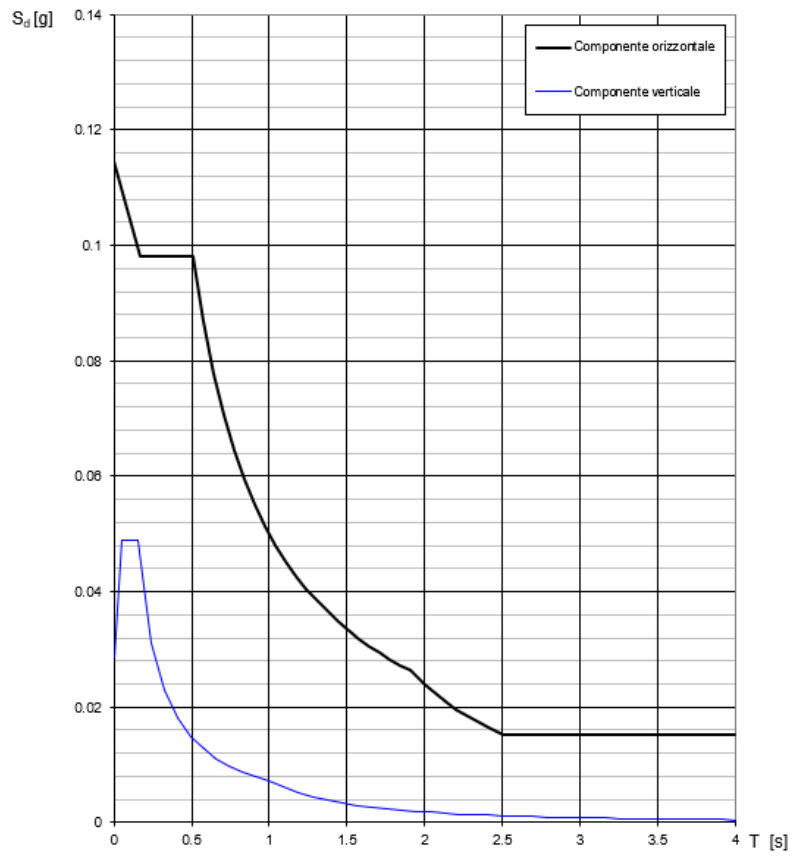
**Tabella 13- Coefficienti Sismici calcolati per i diversi Stati Limite Considerati**

Coefficienti Sismici	SLO	SLD	SLV	SLC
Ss Amplificazione Stratigrafica	1,50	1,50	1,50	1,50
Cc Coeff. Categoria Sottosuolo	1,75	1,72	1,50	1,46
St Amplificazione Topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

**Tabella 14- Coefficienti sismici orizzontali e verticali (kh e kv), accelerazione massima e parametro beta per i diversi stati limite**

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.002	0.002	0.002	0.002
0.001	0.001	0.001	0.001	
Amax (m/s <sup>2</sup> )	0.1	0.1	0.1	0.1
Beta	0.2	0.2	0.2	0.2

CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	43 di 45



**Figura 13- Componente orizzontale e verticale dello spettro di risposta per lo Stato Limite SLV**

C

## 8 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Con il presente studio sono stati esaminati gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici per l'installazione di un impianto agro-fotovoltaico con potenza di picco pari a 15,48 MWp e potenza nominale di 14,42 MW da ubicare all'interno del territorio comunale di Castronovo di Sicilia (PA).

Da un punto di vista **geologico-litologico**, l'area parco si caratterizza per la presenza di unità di natura terrigena ed ascrivibili alle successioni argillose, argilloso-pelitiche, e sabbiose della *Fm. delle Argille Variegate*, il membro pelitico del *Flysch Numidico* ed il membro sabbioso della *Fm. di Terravecchia*. Il passaggio tra le diverse unità litostratigrafiche è marcato principalmente da contatti di natura tettonica ed erosiva. Dai rilievi effettuati in sito è emerso che i versanti posti in corrispondenza dei terreni della *Fm. delle Argille Variegate* e del *Flysch Numidico* sono mantellati da coltri di natura eluvio-colluviale, di spessore variabile, ed esposte principalmente lungo linee di drenaggio in porzioni di versante comprese tra i 10° ed i 20°. Dai sopralluoghi effettuati è emerso che le coltri interferenti con l'area parco presentano superfici ricche in pietrame di varia pezzatura, immerse in una matrice da argillosa ad argilloso-limosa, derivanti da originarie intercalazioni lapidee poste all'interno della *Fm. delle Argille Variegate*, ora scompagnate e dilavate dalle acque meteoriche.

Dal quadro **idrogeologico** è stata accertata l'assenza di accumuli idrici significativi nei livelli superficiali, oltre che eventuali falde idriche interagenti con le opere di progetto, in quanto queste risultano allocate principalmente in corrispondenza del **Complesso Idrogeologico Argilloso**, caratterizzato da valori di K molto bassi ( $\sim 10^{-9} - 10^{-10}$  m/s).

Dalla **caratterizzazione geomorfologica** è emerso che l'area parco si attesta in un'area collinare con pendenze da basse a medio-basse, la cui morfogenesi si esplica essenzialmente grazie all'azione dei corsi d'acqua e ai processi di dilavamento oltre che a frequenti movimenti franosi superficiali. Possono essere identificate forme di erosione accelerata e di accumulo detritico in corrispondenza dell'area parco. In aggiunta, le ondulazioni e le forme irregolari identificabili dalle curve di livello sono connesse a fenomeni di reptazione e plasticizzazione delle coperture eluvio-colluviali e regolitiche. Dalla consultazione cartografica non sono emerse interferenze critiche con aree a Pericolosità Geomorfologica censite dal PAI dell'**Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia**. Tuttavia, al fine di limitare e controllare i processi di erosione idrica superficiale, è stato predisposto un sistema di regimazione ed allontanamento delle acque superficiali tale da minimizzare l'azione modellatrice delle acque meteoriche sulle unità di natura coesiva.





## RELAZIONE GEOLOGICA

CODICE	FV.CST01.PD.A.02.1
REVISIONE n.	00
DATA REVISIONE	06/2022
PAGINA	45 di 45

Sulla scorta di quanto appena esposto si può esprimere un parere favorevole alla fattibilità dell'intervento di progetto non essendo presenti criticità vincolanti da un punto di vista geologico, geomorfologico ed idrogeologico.