

Regione  
**SICILIA**



Provincia  
**CATANIA**



**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO  
AGRIVOLTAICO E DELLE RELATIVE OPERE  
DI CONNESSIONE ALLA RTN**



Comune di Mineo  
Località: "Tre Portelle"

**A. PROGETTO DEFINITIVO DELL'IMPIANTO, DELLE  
OPERE CONNESSE E DELLE INFRASTRUTTURE INDISPENSABILI**

ELABORATI GRAFICI

Codice:	<b>PTL02</b>	<b>Autorizzazione Unica ai sensi del D.Lgs 387/2003 e D.Lgs 152/2006</b>		
N° elaborato: A.2	RELAZIONE GEOLOGICA			
<b>N° Foglio</b>	<b>Tot. Fogli</b>	<b>Formato</b>	<b>Scala</b>	<b>Tipo di documento</b>
<b>1</b>	<b>1</b>	<b>A0</b>	<b>1 : 15.000</b>	<b>Progetto Definitivo</b>

**Progettazione**



**Proponente**



ITSMEDORA srl  
Via Sebastiano Catania n. 317  
95123 CATANIA (CT)  
P.IVA 05767670879

**Rappresentante legale proponente**

Emmanuel MACQUERON

**Data**

Ottobre 2022

**Progettisti**

Ing. Vassalli Quirino

Ing. Speranza Carmine Antonio



Consulenza GEOLOGICA;



Studio di Geologia e GeolIngegneria  
Via del Seminario Maggiore 35  
85100 POTENZA

Dott. Geol. Antonio De Carlo



Revisioni	Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Controllato	Approvato
	00	10/2022	Emissione	De Carlo	QV/AS/DR	QI



---

## INDICE

<b>1. PREMESSA.....</b>	<b>2</b>
<b>2. RIFERIMENTI NORMATIVI E CARTOGRAFICI.....</b>	<b>4</b>
<b>3. UBICAZIONE SITI DI PROGETTO.....</b>	<b>5</b>
<b>4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....</b>	<b>6</b>
<b>5. PRIME CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO.....</b>	<b>10</b>
<b>6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA.....</b>	<b>13</b>
<b>7. VALUTAZIONE RISCHIO FRANE ED ALLUVIONAMENTO.....</b>	<b>16</b>
<b>8. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA ED IDROLOGICA.....</b>	<b>18</b>
<b>9. CONCLUSIONI.....</b>	<b>29</b>

### ALLEGATI:

- -A.12.a.7 – Planimetria ubicazione indagini geognostiche da eseguire (scala 1:5000)
- -A.12.a.8 – Carta Geologica (scala 1:5000)
- -A.12.a.9 – Carta Geomorfologica (scala 1:5000)
- -A.12.a.10 – Carta Idrogeologica (scala 1:5000)
- -A.12.a.11 – Profili Geologici (scala 1:5000)
- -A.12.a.12 – Corografia dei Bacini Idrografici (scala 1:25000)

## 1. PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla società ITS MEDORA S.r.l., lo scrivente ha redatto la relazione geologica per il **Progetto per la realizzazione di un parco agrivoltaico e delle relative opere di connessione alla RTN**, da realizzarsi in Località "Contrada Tre Portelle" nel Comune di Mineo (CT).

Il progetto prevede l'installazione di n°61.056 pannelli fotovoltaici di potenza unitaria fino a 665 Wp, per una potenza complessiva di impianto pari a 35 MWp, da collegarsi mediante elettrodotto interrato in MT ad una stazione di trasformazione di utenza 150/30 kV da realizzarsi nel territorio comunale di Ramacca (CT).

Per verificare la fattibilità geologica del progetto, il presente studio inquadra sotto il profilo geologico, idrogeologico e geomorfologico l'areale coinvolto dall'intervento. Ai fini della rappresentazione preliminare delle caratteristiche geologiche *latu sensu* dell'intera area, e per escludere la presenza di elementi di criticità morfologica, il rilevamento geo-morfologico di superficie si è dimostrato utile al raggiungimento dell'obiettivo. Le informazioni che qui si presentano, tuttavia, devono ritenersi valide nei limiti che questa prima fase cognitiva pone, ovvero acquisizione di dati e notizie preliminari. **Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto definitivo/esecutivo) la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni in affioramento, finalizzate alla ricostruzione del modello litotecnico e sismico dell'areale di sedime di ogni opera da realizzare. In merito, saranno eseguite le indagini geognostiche dirette ed indirette ed analisi e prove geotecniche di laboratorio, così come riportato nell'Allegato: A.12.a.7 Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche da eseguire.** Nel dettaglio saranno eseguite:

- n°05 MASW; n.07 sismiche a rifrazione in onda P;
- n°13 Prove penetrometriche statiche leggere (*Cone Penetration Test*);
- n°06 Sondaggi meccanici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati da sottoporre ad analisi e prove geotecniche di laboratorio.
- n°12 campioni indisturbati di terreno prelevati durante i sondaggi geognostici su cui eseguire prove ed analisi geotecniche di laboratorio su tutti i campioni: 1) Determinazione delle proprietà fisico volumetriche o proprietà indici; Prova di taglio diretto CD (Consolidata-Drenata); Prova di Compressione ad Espansione Laterale Libera.

Gli elaborati cartografici, prodotti in questa fase preliminare dello studio, sono riportati nei seguenti allegati:

- A12.a.7: Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche da realizzare;



- A12.a.8: Carta Geologica;
- A12.a.9: Carta Geomorfologica;
- A12.a.10: Carta Idrogeologica;
- A12.a.11: Profilo geologico;
- A12.a.12: Carta dei bacini idrografici.

## 2. RIFERIMENTI NORMATIVI E CARTOGRAFICI

Nella redazione della presente relazione si è fatto riferimento alla normativa vigente ed alla documentazione cartografica e bibliografica esistente, di seguito riportate:

### ▪ Normativa di riferimento nazionale:

- Regio Decreto Legislativo 30 dicembre 1923, n.3267 "Riordinamento e riforma della legislazione in materia di boschi e terreni montani";
- L.N. n.64/74 - Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche;
- D.M. 11.03.1988 - Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- D.P.R. n.380/2001 - Testo unico delle disposizioni legislative e regolamentari in materia edilizia;
- O.P.C.M. n.3274/2003 – Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica;
- D.M. 14.09.2005 - Norme Tecniche per le Costruzioni;
- O.P.C.M. n.3519/2006 - Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone;
- D.M. LL.PP. del 14.01.2008 - Testo Unitario - Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- Circolare del C.S.LL.PP. n.617 del 02.02.2009 - Istruzioni per l'applicazione delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni;
- O.P.C.M. n.3907/2010 "Attuazione dell'art.11 del D.L. 28/04/2009, n.39, convertito con modificazioni, dalla Legge 24/06/2009, n.77 in materia di contributi per interventi di prevenzione del rischio sismico";
- D.M. del 17.01.2018 - Aggiornamento delle "Norme tecniche per le costruzioni".

### ▪ Normativa di riferimento regionale:

- Disposizione e Comunicato dell'Assessorato del Territorio e dell'Ambiente del 30/11/2007 - Avviso relativo all'applicazione del decreto legislativo n. 152/2006; Decreto 17/05/2006.
- Relazione generale del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (2004) - Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia.

### ▪ Riferimenti cartografici e bibliografici:

- Foglio 269 "Paternò" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) e "Note Illustrative";
- Tavoletta 639-I (Borgo Pietro Lupò) della Carta d'Italia. (scala 1:25.000);
- Elementi 639040 e 639080 della CTR Sicilia (scala 1:10000)
- Tavole 639040 e 639080 della Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico (scala 1:10000) del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia (2004).

### 3. UBICAZIONE DEI SITI DI PROGETTO

L'area da destinare al campo fotovoltaico è localizzata in località "Tre Portelle" nel Comune di Mineo, in Provincia di Catania, mentre la Stazione Elettrica di Trasformazione è localizzata nel Comune di Ramacca. L'area del campo è situata sud-ovest del centro abitato di Ramacca da cui dista (in linea d'aria) 7 km circa, a nord-ovest del centro abitato di Mineo e ad ovest del centro abitato di Palagonia da cui dista in ambo i casi (in linea d'aria) 10 km circa.

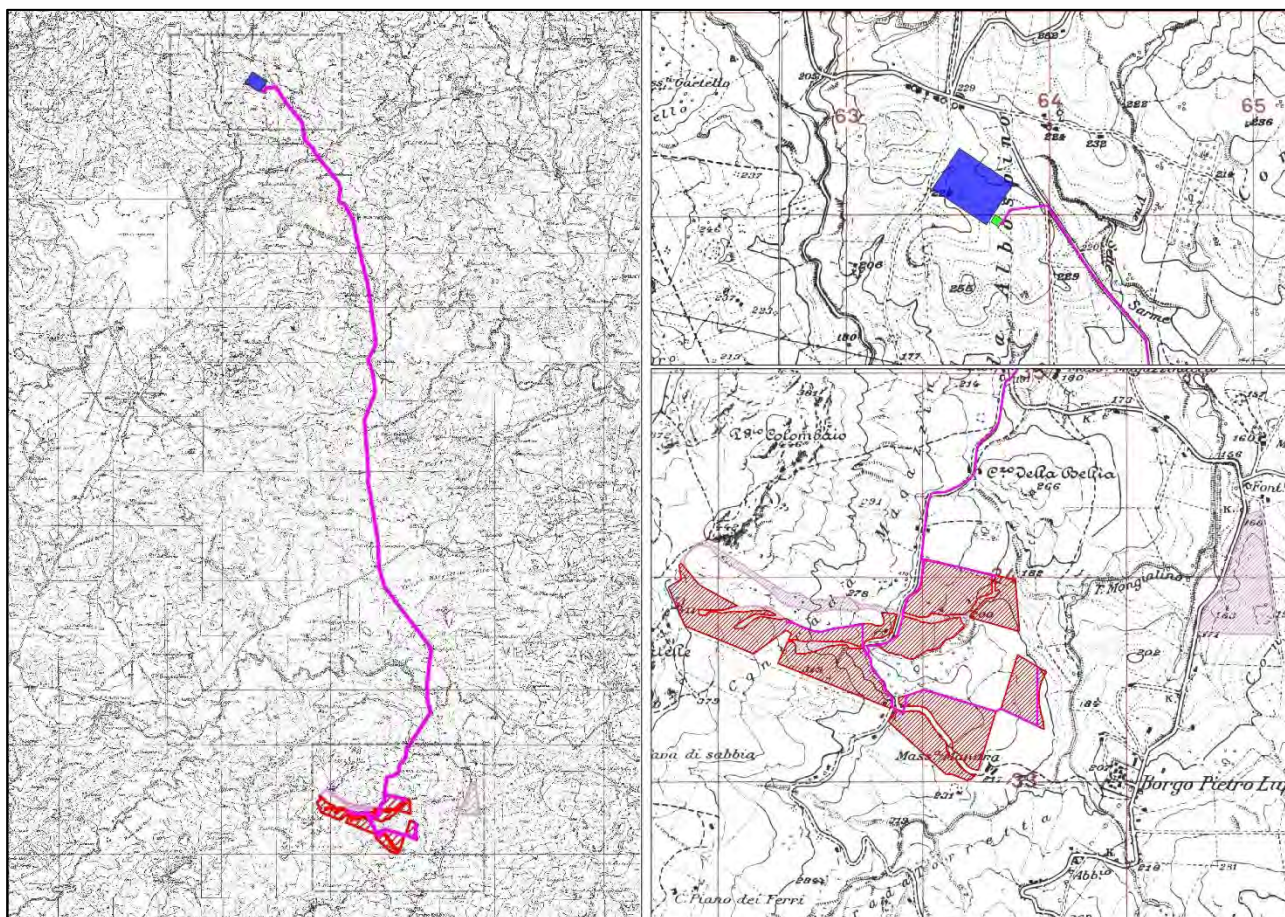


Fig. 01: Ubicazione dell'area parco, del cavidotto e della Sottostazione Elettrica, con relativo quadro di unione

Le coordinate geografiche che individuano il punto centrale del sito destinato alla realizzazione del progetto in esame sono fornite nel sistema UTM WGS 84 e sono le seguenti:

**Longitudine: 465315.00 m E; Latitudine: 4133578.00 m N.**

Dal punto di vista cartografico il sito ricade all'interno del Foglio n°269 "Paternò" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100000), Tavoletta 639-I della Carta d'Italia (scala 1:25000), Elementi 639040 e 639080 della CTR Sicilia (scala 1:10000), Tavole 639040 e 639080 della Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico (scala 1:10000) del Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico AdB Distretto Idrografico della Sicilia.

L'area da destinare all'impianto, con estensione di circa 86 ha, si presenta libera da edificazioni civili ad eccezione di un annesso agricolo; poche dunque le abitazioni rurali presenti tra le quali risultano ruderi in stato di totale abbandono, quelle abitate sono localizzate al di fuori dell'area afferente il campo fotovoltaico. Per quanto riguarda le connessioni alla rete elettrica nazionale (RTN), l'elettrodotto di collegamento tra i trasformatori e la sottostazione elettrica verrà realizzato in cavo interrato ed il tracciato interesserà, per quanto possibile, strade comunali, strade provinciali e strade statali.

Il layout ottimale definitivo del progetto fotovoltaico, oggetto della presente, è stato definito sulla base dei seguenti fattori:

- caratteristiche orografiche/geomorfologiche dell'area;
- irraggiamento dell'area, funzione di latitudine, radiazione solare disponibile, temperatura, riflettanza della superficie antistante i moduli;
- eventuali fenomeni di ombreggiamento;
- presenza di aree vincolate o comunque non idonee alla realizzazione dell'impianto;
- caratteristiche dei moduli fotovoltaici di progetto (potenza nominale, coefficiente di temperatura, perdite per disaccoppiamento o mismatch);
- presenza di abitazioni, strade, linee elettriche od altre infrastrutture.

#### 4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area oggetto di studio ricade all'interno del Foglio 269 "Paternò" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100000) si inquadra geologicamente nella Falda di Gela, tra l'avampaese ibleo ed il sistema di avanfossa Gela – Catania. Quest'area fa parte dell'orogene appenninico-maghrebide, nel quale sono riconoscibili gli elementi strutturali derivanti dalla deformazione di settori paleocrostaali che caratterizzavano i domini di avampaese-avanfossa e quello di catena. In particolare l'area di catena è caratterizzata da una serie di falde di ricoprimento derivanti dalla deformazione di sequenze depositatesi, non in uno, ma in diversi domini paleogeografici ubicati tra il paleomargine africano e quello europeo. Questo sistema a thrust è compreso tra la Catena Appenninico-Maghrebide a tetto e il Sistema a Thrust Esterno a letto. La prima è costituita da falde di basamento con resti dell'originaria copertura meso-cenozoica e rappresenta il risultato della delaminazione eo-oligocenica del margine europeo. Il secondo è un sistema originatosi dalla deformazione post-tortoniana del bordo interno della piattaforma carbonatica africana. All'interno della Catena Appenninico-Maghrebide le Unità Sicilidi presenti alla sommità della pila si sono originate nel bacino alpino-tetideo, che separava il margine europeo da un blocco panormide. Le Unità Sicilidi raggruppano le successioni di bacino profondo in posizione strutturale più elevata e di deformazione precoce, immediatamente sottostanti i terreni cristallini del Complesso Calabride. Per i loro caratteri strutturali, vanno riferite ad un originario cuneo d'accrescimento dal Paleogene al Miocene inferiore lungo quello che era il margine attivo calabride (margine europeo). Il cuneo paleogenico rappresenta un mélange costituito da elementi dell'originaria successione oceanica tetidea estesa, secondo i dati di letteratura, dal Titonico al Cretacico inferiore.

Alla fine del Messiniano la conformazione paleogeografica dei diversi domini determina la formazione di un'area con ridotta circolazione delle masse d'acqua, che porta un progressivo abbassamento del livello del mare ed alla formazione di complessi sistemi di scogliera. Questi ultimi, in seguito al verificarsi della crisi di salinità, vengono ricoperti dalla sedimentazione delle successioni gessoso-solfifere di ambiente evaporitico relative al riempimento di bacini satellite miocenici. La serie evaporitica messiniana è suddivisibile in tre distinte unità separate da due discordanze.

Le strutture predominanti sono date da pieghe e faglie inverse spesso retrovergenti, che sono però scarsamente penetrative e molto spesso restano confinate nell'ambito della serie evaporitica e dei Trubi, perdendo la loro evidenza in profondità, all'interno delle sottostanti argille tortoniane, a causa di



scollamenti. Queste deformazioni superficiali complessivamente servono ad assorbire i forti tassi di raccorciamento dovuti ai duplex che interessano la parte più profonda della successione alloctona.

La ricostruzione litostratigrafica, scaturita dal rilevamento geologico di superficie esteso ad un'area più ampia rispetto a quella strettamente interessata dal progetto in epigrafe, ha messo in evidenza che le caratteristiche peculiari delle formazioni, come anche riportato nella Carta Geologica in scala 1:5000 (elaborato A.12.a.8) e schematizzato nell'elaborato Profili Geologici (A.12.a.11) sono, dall'alto verso il basso stratigrafico, quelle di seguito descritte:

a) **Litofacies Gessoso-Solfifera**: i gessi si presentano generalmente laminati (ritmiti) ma anche massivi in grossi cristalli geminati, talora alternati a gessoclastiti. La colorazione dei gessi varia dal grigio al verde e al rosso. Gli intervalli a laminazione mm-ritmica sono organizzati in strati e banchi potenti fino a 2 m; la parte superiore è invece costituita da livelli diatomitici e contiene radiolari e diatomee. Verso l'alto i livelli diatomitici si alternano a livelli decimetrici siltosi grigio-verdognoli che diventano predominanti verso il tetto della formazione. Nell'area di studio affiorano prevalentemente carbonati e solfati, con abbondanti gessi e subordinatamente anidriti, cui si intercalano a diverse altezze stratigrafiche olistostromi di argille brecciate. Spessore variabile da 0 a 50 m. (*Messiniano*)

b) **Litofacies Calcarea**: costituita da calcare cristallino bianco-grigiastro da massivo a laminato, a luoghi con fantasmi di cristalli selenitici, e breccie calcaree con intercalazioni di argille brecciate, caratterizzati da clasti evaporitici di tipo calcareo. Spessore variabile fino a 40 m. (*Messiniano*)

c) **Litofacies Argilloso-Sabbiosa**: marne argillose grigio-azzurre o brune e 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, per lo più nella parte alta della formazione. Nelle marne sono presenti associazioni a nannofossili. Localmente si rinvengono intercalazioni di argille brecciate di colore bruno, inglobanti olistoliti eterometrici e poligenici di quarzareniti numidiche e lembi di argille varicolori. Lo spessore raggiunge una potenza di circa 200 m. (*Miocene Medio*)

d) **Litofacies Argillitica**: argille scistose e scagliose varicolori di grande potenza, piuttosto tettonizzate, con nuclei piriformi di carbonato di ferro e cristalli lenticolari di gesso, talvolta con scisti bituminosi. Frequenti sono le intercalazioni di banchi di arenarie siliceo-ferruginose durissime. (*Eocene Medio*)

Di seguito si riportano gli stralci del Foglio 269 "Paternò" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100000) in cui vengono mostrati il terreno di sedime del parco fotovoltaico, il cavidotto e la sottostazione (Fig. 02).

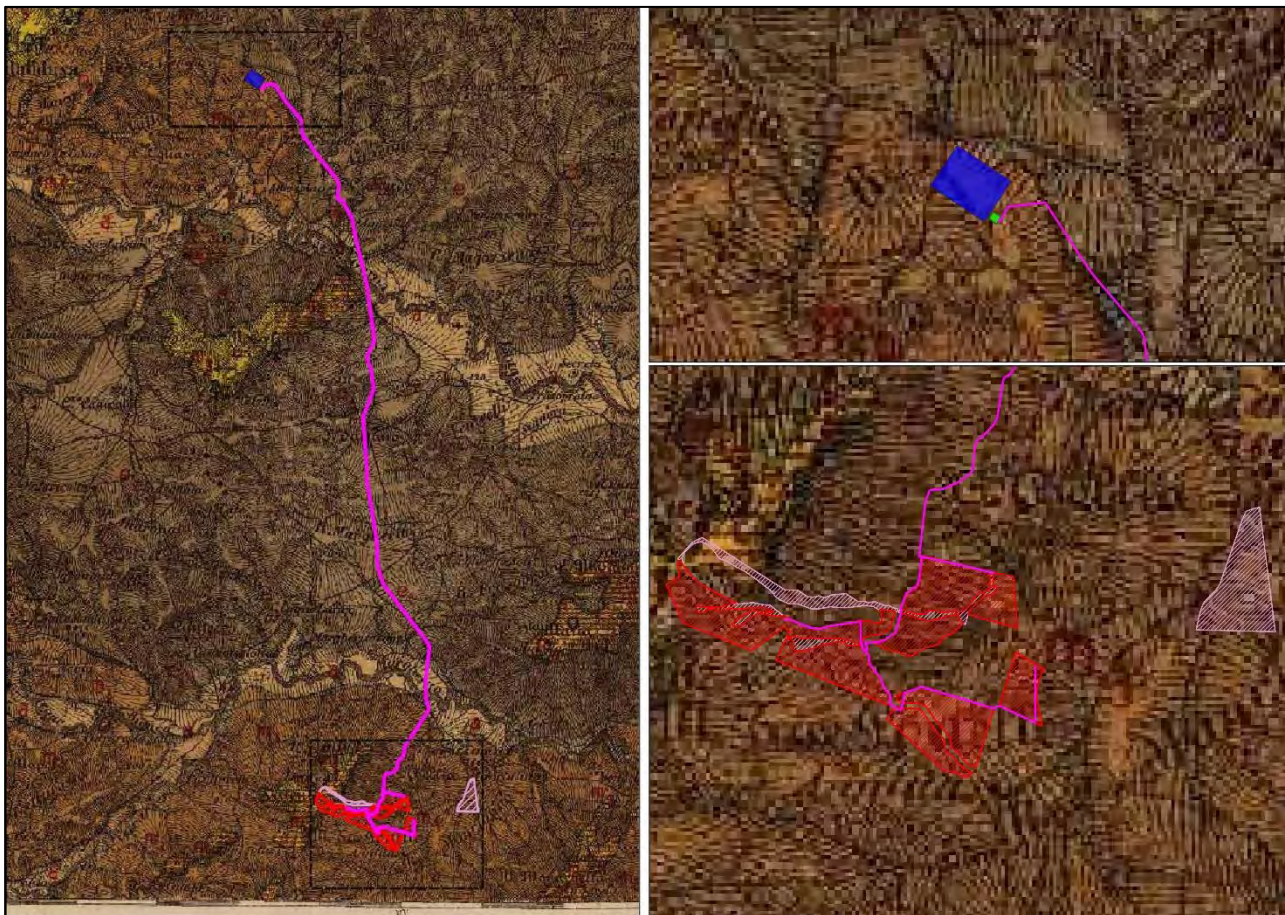


Fig. 02: Stralcio del Foglio 269 "Paternò" della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100000 relativo all'area parco, al cavidotto e alla Sottostazione Elettrica, con relativo quadro di unione

Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto definitivo/esecutivo) la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni di sedime, tramite sondaggi geognostici a carotaggio continuo ed indagini sismiche a rifrazione in onda P e del tipo Masw, al fine di una ricostruzione dettagliata del modello litotecnico del sedime di fondazione di ogni opera da realizzare.

## 5. PRIME CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO

Al fine di dare solo delle prime indicazioni sulle caratteristiche geotecniche dei terreni in affioramento, in questo capitolo ne saranno riportati i principali parametri fisico-meccanici che scaturiscono da considerazioni macroscopiche effettuate sugli affioramenti in campagna e dalla letteratura tecnica specializzata. Tali parametri devono essere impiegati con estrema cautela in qualsiasi calcolo geotecnico, anche se preliminare, in quanto non è possibile prescindere dalla stratimetria delle singole litofacies descritte nel precedente capitolo, dal loro rapporto stratigrafico, dal loro comportamento sismoelastico. Pertanto, le suddette indicazioni devono ritenersi valide nei limiti che questa prima fase cognitiva pone, ovvero acquisizione di dati e notizie preliminari. *Non in ultimo i terreni di sedime delle opere previste in progetto, ovvero che costituiscono il substrato/substrato alterato, hanno una struttura complessa per l'eterogeneità delle litologie da cui è costituito (strati lapidei e pseudo-lapidei più o meno fratturati o strati argillosi o argilloso-marnosi) e per il suo grado di alterazione, evidente nelle porzioni superficiali. Questa caratteristica ne condiziona il comportamento meccanico, governato dalla geometria delle litologie, dal grado di diagenesi, dalla frequenza delle discontinuità come, piani di strato, joint o fratture. Pertanto, i dati che si potrebbero estrapolare da analisi di laboratorio sulla frazione fine di tali terreni consentirebbero l'ottenimento di risultati solo parziali, essendo indicativi delle caratteristiche di resistenza meccanica della singola componente sabbiosa o limosa, non già del comportamento del complesso nel suo insieme. Alla luce di ciò, quindi, circa la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi presenti nel sito di progetto, ci si riferirà alle caratteristiche intrinseche dei terreni presenti ed alla letteratura tecnica specializzata.*

*Per completezza dell'argomento, è il caso di sottolineare che la definizione litotecnica degli ammassi rocciosi di natura calcarea e gessosa dovrebbe scaturire da un rilievo geomeccanico ma, la mancanza di affioramenti significativi ed utili a tale studio non ha permesso alcuna considerazione in merito. E' il caso di sottolineare che, a differenza di quanto avviene nelle terre sciolte, negli ammassi rocciosi la resistenza al taglio del materiale non può essere descritta con il "criterio di rottura di Coulomb". D'altra parte i "metodi di equilibrio limite" richiedono che il materiale, terra o roccia che sia, sia descrivibile attraverso i parametri di Coesione ed Angolo di Attrito. Fu Hoek & Brown a proporre un metodo che correlasse queste due grandezze a quelle utilizzate normalmente per rappresentare il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso, in modo tale da consentire l'applicazione delle formule dell'equilibrio limite anche al caso di ammassi rocciosi. Senza voler tediare ulteriormente sulla disquisizione teorica*

dei principi su cui si basa questo metodo, si può osservare come lo stesso si può utilizzare per stimare le caratteristiche di resistenza dell'ammasso in funzione della sua qualità geomeccanica, rappresentata dall'indice G.S.I. (Geological Strength Index) ricavato direttamente dall'applicazione del sistema di classificazione di Bieniawski.

Per la caratterizzazione geotecnica dei terreni di sedime, dunque, in questa fase preliminare, è risultato opportuno fare riferimento e confronti con parametri di resistenza "operativi", stimati sulla base di indicazioni di letteratura e tarate sui risultati di "back analysis" (Skempton, 1977; Tavenas & Leroueil, 1981). Quindi, una volta analizzati tutti i parametri geotecnici a disposizione, tenendo conto che i parametri fisico-meccanici ricavati in laboratorio geotecnico si riferiscono a singoli campioni indisturbati, che i terreni di sedime presentano eterogeneità ed anisotropia granulometrica sia verticale che laterale, operativamente nelle verifiche geotecniche si è preferito attribuire i valori numerici non alla scala di singolo campione indisturbato (dato puntuale), ma piuttosto alla scala di "affioramento" e, cioè, tenendo conto della litologia complessiva, della giacitura degli strati, dell'idrogeologia, delle pendenze, del contesto morfoevolutivo e tettonico, e della eventuale presenza di discontinuità primarie (giunti di stratificazione) e secondarie (giunti e fessurazioni a geometria discontinua lungo i quali la coesione è praticamente nulla, sia che essi siano lisci, sia che siano scabri). In tal modo, si è pervenuti alla definizione di un modello geotecnico per il quale sono state distinte delle unità geotecniche in relazione alle intrinseche caratteristiche litologiche, di resistenza al taglio e di deformabilità.

Perciò si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto definitivo/esecutivo) la verifica puntuale delle caratteristiche stratigrafiche, litologiche, geotecniche, idrogeologiche, sismiche dei terreni di sedime, tramite un'ideale e ragionata campagna di indagini geognostiche dirette ed indirette, che potrà confermare o meno quanto si espone di seguito:

a) **Unità litotecnica 1: LITOFACIES GESSOSO-SOLFIFERA**

$\gamma_{nk}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat k}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (gradi)	$C'_k$ (t/m <sup>2</sup> )	$Ed'_k$ (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu$
<b>2.20</b>	<b>2.30</b>	<b>30</b>	<b>2.00</b>	<b>150.00</b>	<b>120.00</b>	<b>0.40</b>

b) **Unità litotecnica 2: LITOFACIES CALCAREA**

$\gamma_{nk}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat k}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (gradi)	$C'_k$ (t/m <sup>2</sup> )	$Ed'_k$ (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu$
<b>2.40</b>	<b>2.50</b>	<b>35</b>	<b>5.00</b>	<b>300.00</b>	<b>280.00</b>	<b>0.38</b>

c) **Unità litotecnica 3: LITOFACIES ARGILLOSO-SABBIOSA**

$\gamma_{nk}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat k}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (gradi)	$C'_k$ (t/m <sup>2</sup> )	$Ed'_k$ (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu$
<b>1.95</b>	<b>2.10</b>	<b>24</b>	<b>2.00</b>	<b>120.00</b>	<b>100.00</b>	<b>0.42</b>

d) **Unità litotecnica 4: LITOFACIES ARGILLITICA**

$\gamma_{nk}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\gamma_{sat k}$ (t/m <sup>3</sup> )	$\phi'_k$ (gradi)	$C'_k$ (t/m <sup>2</sup> )	$Ed'_k$ (kg/cm <sup>2</sup> )	E (kg/cm <sup>2</sup> )	$\mu$
<b>2.00</b>	<b>2.10</b>	<b>26</b>	<b>2.50</b>	<b>150.00</b>	<b>130.00</b>	<b>0.42</b>

Legenda:

$\gamma_{nk}$  (t/m<sup>3</sup>): Peso dell'unità di volume;  $\gamma_{sat k}$  (t/m<sup>3</sup>): Peso dell'unità di volume saturo;  $\phi'_k$  (gradi): Angolo di attrito interno;  $C'_k$  (t/m<sup>2</sup>): Coesione consolidata-drenata;  $Cu_k$  (t/m<sup>2</sup>): Coesione non consolidata-non drenata;  $Ed'_k$  (kg/cm<sup>2</sup>): Modulo Edometrico; E (kg/cm<sup>2</sup>): Modulo Elastico  $\lambda$ : Coefficiente di Poisson

## 6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti sono strettamente dipendenti dalle caratteristiche proprie dei litotipi presenti, come la composizione granulometrica, il grado di addensamento o consistenza dei terreni, nonché dal grado di fratturazione dei livelli lapidei o pseudo-lapidei e, più in generale, dalla loro porosità. Sulla base di tali parametri, quindi, è stata redatta la Carta Idrogeologica (allegato A.12.a.10) ed i terreni affioranti sono stati raggruppati in complessi idrogeologici, in relazione alle proprietà idrogeologiche che caratterizzano ciascun litotipo.

I complessi idrogeologici scaturiti dalle formazioni presenti possono essere così raggruppati e caratterizzati:

1. **Terreni permeabili** (coefficiente di permeabilità dell'ordine di  $K = 10^{-3} - 10^{-4}$  m/s): Fanno parte di tale complesso idrogeologico le unità litologiche come la *Litofacies Gessoso-Solfifera* e *Litofacies Calcarea*. Sono caratterizzate da una *permeabilità secondaria per fatturazione e per carsismo* dovuta ai giunti di stratificazione, all'azione tettonica, quindi, alla fatturazione della roccia (diaciasi e leptoclasia), ed ai fenomeni chimico-fisico-meccanici. Questi ultimi assumono rilevante importanza in quanto la natura carbonatica della roccia affiorante permette la sua solubilità in acqua o l'attaccabilità da parte delle acque debolmente acide, quali sono le acque meteoriche. Le azioni chimico-dissolutive, sommate alle azioni meccaniche delle acque correnti, hanno prodotto meati all'interno delle suddette rocce che si esplicano con l'accumulo di grossi quantitativi di acque in profondità di molte decine di metri, tali da non interferire con l'area in esame.

Le prime decine di metri, a partire dal piano campagna, si ha un aumento della permeabilità in quanto i litotipi risentono maggiormente degli effetti dei fenomeni di alterazione. Le stesse fratture risultano avere spaziatura maggiore, quindi non risultano serrate, ma, se non beanti, appaiono riempite da materiali residuali. Con l'aumento della profondità, invece, il grado di permeabilità diminuisce fino a diventare medio-basso essenzialmente per fratturazione, infatti anche se la roccia evidenzia ancora un alto grado di fratturazione, le stesse discontinuità risultano essere maggiormente serrate per effetto dell'incremento dell'azione del *carico litostatico* che, per l'appunto aumentando con la profondità, provoca sui materiali interessati un effetto "imballaggio" sempre più spinto, tanto che le discontinuità risultano perfettamente "combacianti" (fratture composte) e "serrate". Il tutto permette l'accumulo anche di importanti acquiferi ad una profondità del livello statico di qualche decina di metri a partire dal piano campagna.

2. **Terreni impermeabili** (coefficiente di permeabilità dell'ordine di  $K = 10^{-7} - 10^{-9}$  m/s): ne fanno parte la *Litofacies Argilloso-Sabbiosa* e *Litofacies Argillitica*. I relativi terreni sono da ritenersi impermeabili, in quanto, anche se dotati di *alta porosità primaria*, è praticamente impermeabile a causa delle ridottissime dimensioni dei pori nei quali l'acqua viene fissata come acqua di ritenzione. Ne deriva una circolazione nulla o trascurabile. Inoltre, trattandosi di argilla, anche se coesiva, è comunque soggetta a fessurarsi e a richiudere rapidamente le discontinuità con un comportamento di tipo plastico. Nell'insieme, il complesso litologico è da considerarsi scarsamente permeabile, in quanto anche la permeabilità dei livelli sabbiosi è del tutto controllata dalla frazione argillosa.

Il modello idrogeologico dell'area è rappresentato da **Terreni permeabili** afferenti la *Litofacies Gessoso-Solfifera* e *Litofacies Calcarea* che hanno uno spessore di qualche centinaia di metri e che, per il loro carattere di *permeabilità in grande per fratturazione e per porosità*, garantiscono l'infiltrazione delle acque meteoriche, specialmente in corrispondenza delle zone più intensamente fratturate o nelle fasce arenizzate, veicolandole in profondità dove, diminuendo il grado di permeabilità, e il contatto con i **Terreni impermeabili** *Litofacies Argilloso-Sabbiosa* e *Litofacies Argillitica*, si creano le condizioni ideali per la formazione di acquiferi anche importanti, ubicati sicuramente a profondità considerevoli (comunque di alcune decine di metri rispetto al p.c.). Infatti, è possibile affermare che in questi litotipi l'esistenza di un acquifero è da ricercare in profondità tali da non interferire con il progetto in parola, mentre è possibile che si possa creare un regime di permeazione superficiale in concomitanza dei eventi meteorici abbondanti. In merito a quest'ultimo punto, è il caso di sottolineare che l'impianto fotovoltaico è costituito da poche opere che interagiscono con i terreni di sedime ed essenzialmente da: paletti di ancoraggio su cui vengono montati i pannelli fotovoltaici, la viabilità, il cavidotto e la fondazione della sottostazione elettrica. Nel caso in esame il progetto è stato concepito in modo tale da interferire al minimo con la morfologia dei luoghi, evitando scavi e rinterri (l'unico scavo di circa 1.20/1.30 m di altezza per una larghezza di 30/40 cm riguarda il cavidotto) e, allo stesso modo, con il contesto idrogeologico in cui il progetto si inserisce. Infatti, i pannelli saranno allocati su pali di ancoraggio che avranno profondità di infissione trascurabili (compresa entro 2.00/2.50 m) e distanziati tra di loro in modo tale da non creare quel dannoso "effetto diga", ovvero non interferiranno con il normal deflusso di eventuali circolazioni di acque effimere che dovessero crearsi in ambito superficiale in occasione di eventi meteorici eccezionali; il cavidotto avrà una profondità minima tanto da interessare essenzialmente il terreno vegetale humificato o i primi decimetri delle coltri di alterazione; inoltre per la

maggior parte, seguirà la viabilità esistente, mentre gli attraversamenti di corsi d'acqua in generale sarà effettuata tramite T.O.C., proprio onde evitare ogni interferenza con il normale deflusso delle acque incanalate (reticolo idrografico). In più, oltre alle strade, anche le piazzole di servizio saranno realizzate in misto granulare, ovvero con materiale drenante, al fine di minimizzare l'interferenza con l'attuale corrivazione delle acque meteoriche superficiali, nonché con il loro seppur minimo drenaggio nei livelli più superficiali dei terreni in affioramento. Alla luce di tali considerazioni risulta chiaro che il contesto idrogeologico rimane praticamente invariato, indipendentemente dalla presenza di ipotetici acquiferi superficiali.

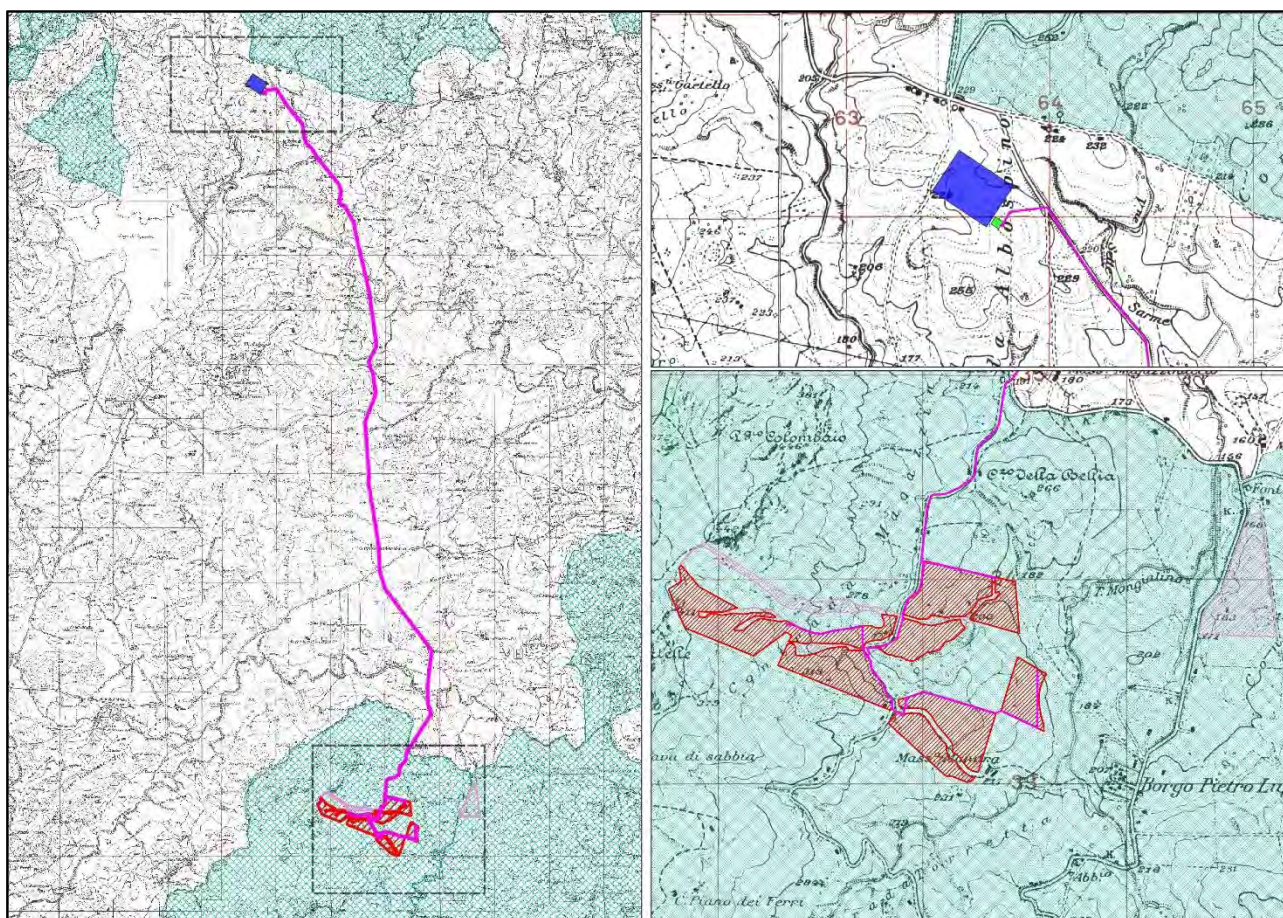
Inoltre in tutta l'area indagata non sono state rilevate sorgenti o emergenze di acquiferi superficiali, né pozzi, tanto da poter scongiurare ogni tipo di interferenza tra il progetto del parco fotovoltaico e queste/questi ultimi, così come anche riportato dalle cartografie consultate.

Per la rappresentazione cartografica della idrogeologia si rimanda all'Allegato A.12.a.10.



## 7. VALUTAZIONE DEL RISCHIO FRANE ED ALLUVIONE

L'area di sedime del parco fotovoltaico è totalmente intersecata da un areale delimitato da vincolo idrogeologico, ai sensi del RDL 3267/1923. Esso si estende su un vasto territorio e comprende sia i depositi gessoso-solfiferi e calcarei che i versanti a prevalente componente argillosa. Dall'esame della conformazione geomorfologica del territorio si rileva un assetto territoriale improntato verso una situazione generale di "tranquillità" morfologica, poco segnata dagli elementi idrografici superficiali e indirizzata verso un assetto stabile e le fenomenologie evolutive risultano abbastanza limitate e localizzate (Fig.3).



**Fig. 03:** Stralcio Carta del Vincolo Idrogeologico ai sensi del RDL 3267/1923, con ubicazione dell'area di sedime e di parte del cavodotto interessato dal vincolo, con relativo quadro d'unione

Il Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (PAI) rappresenta uno strumento conoscitivo, normativo e tecnico-operativo mediante il quale sono programmate e pianificate le azioni e le norme d'uso riguardanti la difesa dal rischio idraulico ed idrogeologico del territorio. L'esame dell'elaborato cartografico "*Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico*" (Tavole 639040 e 639080) del PAI dell'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia, nelle cui competenze ricade l'intero territorio

dell'area parco, ha evidenziato che i siti sono localmente lambiti da un areale con livello di pericolosità geomorfologica moderata, ma non ricadono in areali a rischio da frana, a pericolosità geomorfologica o idraulica (Fig.4).

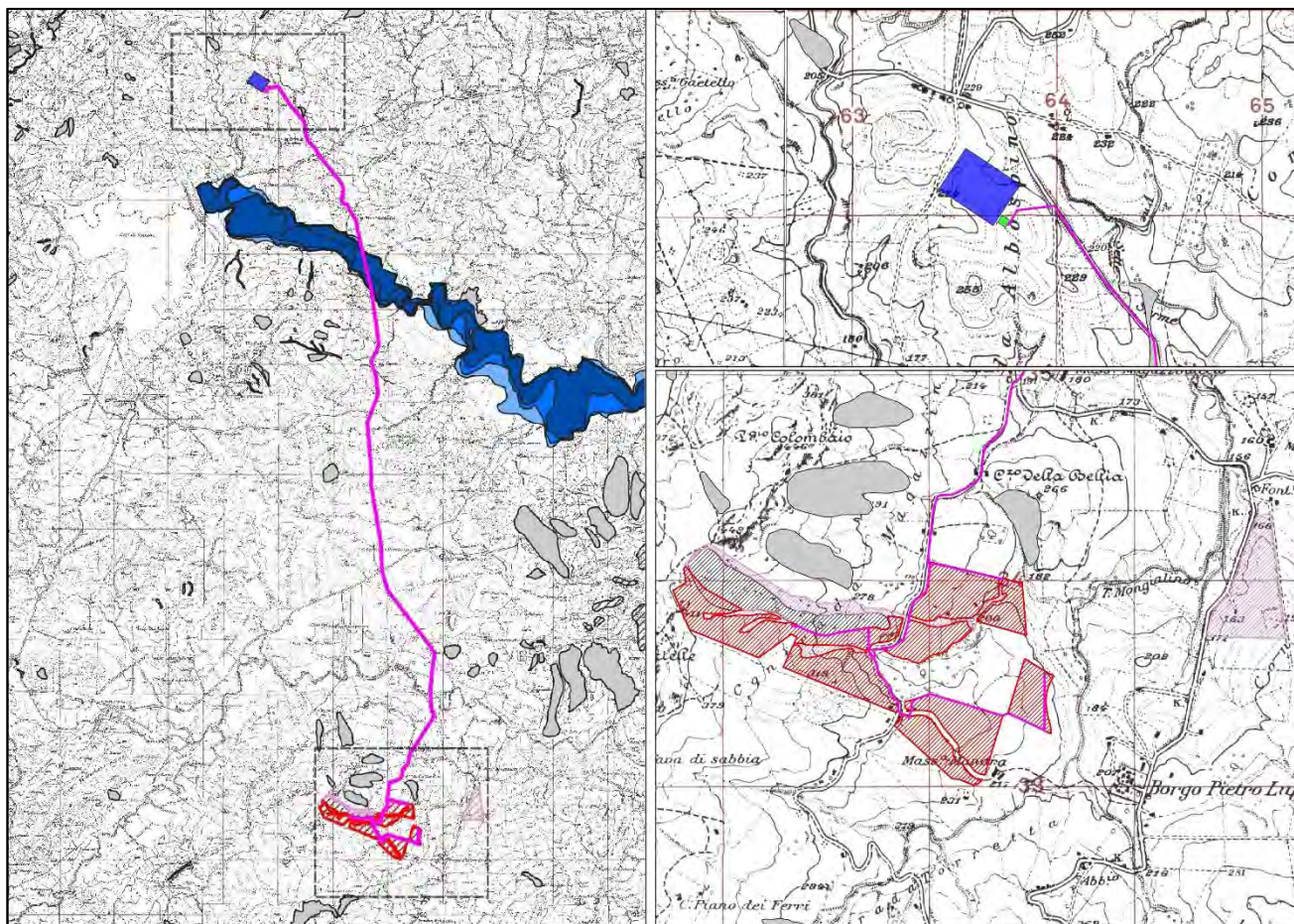


Fig. 04: PAI dell'AdB – Sede Sicilia, con ubicazione dell'area parco, del cavidotto e della Sottostazione Elettrica, con relativo quadro di unione

**Pertanto, in riferimento alle norme d'attuazione del PAI, gli interventi previsti in progetto non sono soggetti a particolari prescrizioni salvo quelle di rito. Di conseguenza, si esprime giudizio positivo sulla loro fattibilità e compatibilità idrogeologica.**

## 8. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA ED IDROLOGICA

La configurazione morfologica dell'area in studio è condizionata dalle caratteristiche litologiche e dall'assetto stratigrafico dei terreni affioranti, è legata all'azione modellatrice delle acque superficiali, ed è in stretta relazione con l'evoluzione tettonica che, nel tempo, ha interessato l'intero territorio. L'area è caratterizzata da forme morbide e poco marcate in corrispondenza dei settori di affioramento di termini litologici prevalentemente pelitici, caratterizzati da ampie vallate e pendii poco acclivi privi di bruschi salti morfologici; in corrispondenza dei termini litologici a comportamento lapideo o pseudo-lapideo sono invece presenti forme più aspre caratterizzate da alti morfologici connessi con importanti elementi tettonici o con le superfici di strato dei livelli più competenti. La pendenza media dei versanti è di circa 10°, con picchi di circa 30° nel tratto più alto del versante, in corrispondenza degli affioramenti calcarei.

Le aree di progetto si sviluppano lungo il versante orientale dello stretto crinale roccioso dominato dalla vetta di "Tre Portelle", delimitato a valle dal Torrente Mongialino. La morfologia è dominata dal paesaggio collinare, in stretta relazione con la natura prevalentemente argillosa dei terreni affioranti, interrotto localmente da modesti rilievi isolati costituiti da litotipi più resistenti all'erosione. I versanti sono caratterizzati da acclività più accentuata a monte, dove affiorano litotipi calcarei e gessoso-solfiferi ad elevata porosità ed affetti da fenomeni carsici; la pendenza decresce e le forme si addolciscono verso valle, in corrispondenza di terreni a prevalente componente argillosa localmente segnata dagli elementi idrografici superficiali.

In particolare le aree del progetto si sviluppano su versanti caratterizzati da acclività moderata e da un assetto stabile, in coincidenza con i litotipi a più elevata consistenza geomeccanica.

**In un intorno significativo e negli stessi siti di progetto non sono state riconosciute forme gravitative legate a movimenti di versante in atto o in preparazione tali da compromettere la fattibilità degli interventi da realizzare.** Tale valutazione è congruente con gli strumenti normativi adottati a scala di bacino (Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico, redatto dall'Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia). I siti, infatti non ricadono in aree classificate come esposte a pericolosità e rischio da frana per i quali il progetto risulti incompatibile, né interessate da fenomeni di alluvionamento.

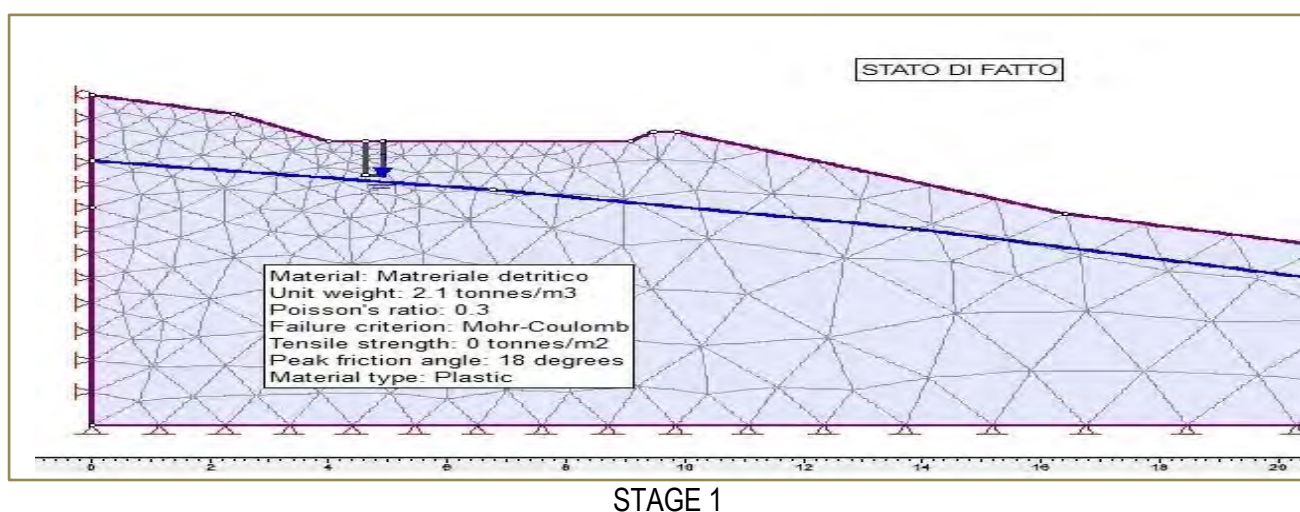
**Dall'analisi stereoscopica delle foto aeree di qualche anno fa e dal rilevamento geomorfologico in sito, è stato possibile verificare che i pendii in studio presentano un andamento morfologico regolare senza segni di forme e fenomeni di movimenti gravitativi in**

**atto o in preparazione. Inoltre, non sono stati rilevati quei fattori predisponenti al dissesto, infatti: le pendenze sono poco accentuate, con un angolo medio non superiore a 10° e le caratteristiche litotecniche sono più che soddisfacenti.**

L'andamento essenzialmente poco acclive della porzione di territorio interessato dal progetto in parola, oltre a garantirne la sua stabilità "per posizione", permetterà la realizzazione delle opere minimizzando la movimentazione di terreno, ovvero gli scavi saranno contenuti sia per l'area parco, sia per la sottostazione elettrica, nonché per le strade; tali opere saranno praticamente a "raso" rispetto al piano campagna e, quindi, si procederà essenzialmente allo scotico del terreno vegetale ed alla regolarizzazione e livellazione richiesta dal progetto utilizzando materiale arido. La stessa realizzazione del campo fotovoltaico non potrà incidere sullo stato tensionale dell'area, in quanto non ci saranno appesantimenti, poiché le tensioni in gioco rimarranno pressoché invariate; anzi si avrà un consolidamento circoscritto dei terreni, nei livelli più superficiali, per l'"effetto chiodante" dei pali di ancoraggio dei pannelli fotovoltaici.

Anche la posa del cavidotto, per il quale sarà necessario uno scavo limitato nelle dimensioni e nei volumi di terreno rimossi, non intaccherà i fattori di sicurezza preesistenti delle aree attraversate, né tantomeno il contesto idrogeologico degli areali interessati; in merito, di seguito, si dimostrerà analiticamente come le condizioni tensionali nel terreno, *ante e post operam* del cavidotto, rimarranno pressoché le stesse. Questo risultato è facilmente intuibile per l'estrema superficialità e "lievità" dell'intervento che non interesserà volumi di terreno significativi, in quanto, la profondità e la larghezza di scavo saranno veramente trascurabili. Quindi, la limitatezza e l'inconsistenza dei volumi di terreno coinvolti, unitamente all'indubbia velocità di esecuzione, non potranno in nessun modo compromettere l'equilibrio dei luoghi che, comunque, si presentano macroscopicamente ed oggettivamente stabili. Anche le metodologie di scavo che si intenderanno utilizzare, essendo poco o per niente invasive, contribuiranno ancora di più alla realizzazione del cavidotto senza incidere sullo stato tensionale dei terreni attraversati. Comunque, in particolari condizioni morfologiche, ad esempio negli attraversamenti dei corsi d'acqua, come già accennato, sarà possibile posare il cavidotto con le Tecniche di attraversamento no-dig: Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.). La trivellazione orizzontale controllata, chiamata anche perforazione orizzontale controllata (HDD), o perforazione direzionale teleguidata, è una vantaggiosa alternativa ai tradizionali metodi d'installazione di linee di servizio. Infatti, una volta studiato la geometria dell'elemento da attraversare, con tale tecnologia è possibile passare con la perforazione e, dunque, con il cavidotto, in totale sicurezza al disotto del corso d'acqua.

Come già sopra premesso, per la realizzazione del cavidotto, ad esclusione degli attraversamenti di fossi o corsi d'acqua, saranno coinvolti volumi di terreno poco significativi, in quanto, la profondità e la larghezza di scavo saranno veramente trascurabili. Infatti, la profondità sarà compresa entro 1.20/1.30 m, mentre la larghezza sarà di circa 30/40 cm. Pertanto, lo scavo interesserà il primo livello dei terreni di copertura humificati nei tratti in cui si svilupperà in "aperta campagna", mentre su tratti stradali (asfaltati e non) si attesterà immediatamente al disotto della massicciata stradale e, comunque, nei primi decimetri dei materiali di copertura. Quindi, appurato macroscopicamente la stabilità delle aree in cui il cavidotto stesso si sviluppa, in considerazione che da un punto di vista geologico-tecnico, in nessun modo si andrà ad interessare i terreni di substrato che, pertanto, per tale opera vengono trascurati, mentre si dimostrerà analiticamente, anche se è facilmente intuibile, che gli scavi per la realizzazione del cavidotto sono previsti di dimensioni trascurabili tanto da non modificare lo stato dei luoghi, sia per quanto concerne le *tensioni nel terreno*, sia, di conseguenza, i *fattori di stabilità e di sicurezza* degli areali attraversati che risultano, comunque, pianeggianti. Seppure le minime variazioni interessino esclusivamente i volumi di terreno strettamente localizzati al contorno dello scavo, non si evince alcuna ripercussione sullo stato *tensio-deformativo* delle aree attraversate. In tal senso, si riporta di seguito una semplice dimostrazione analitica di quanto appena espresso, ad esempio "in termini di *tensioni verticali geostatiche ( $\sigma_1$ )*", per una situazione abbastanza frequente di posizionamento del cavidotto lungo una strada. A favore di sicurezza si è considerato che il cavo sia posato in terreni detritici a scadenti caratteristiche geotecniche così come di seguito schematizzato:



La larghezza stradale, l'inclinazione del piano di campagna, ecc. sono da ritenersi molto cautelative rispetto all'effettiva morfologia dei luoghi che è sempre pressoché pianeggiante.

La qualità geotecnica dei terreni sommitali è stata volutamente considerata decisamente scarsa in modo da simulare terreni detritici o di alterazione.

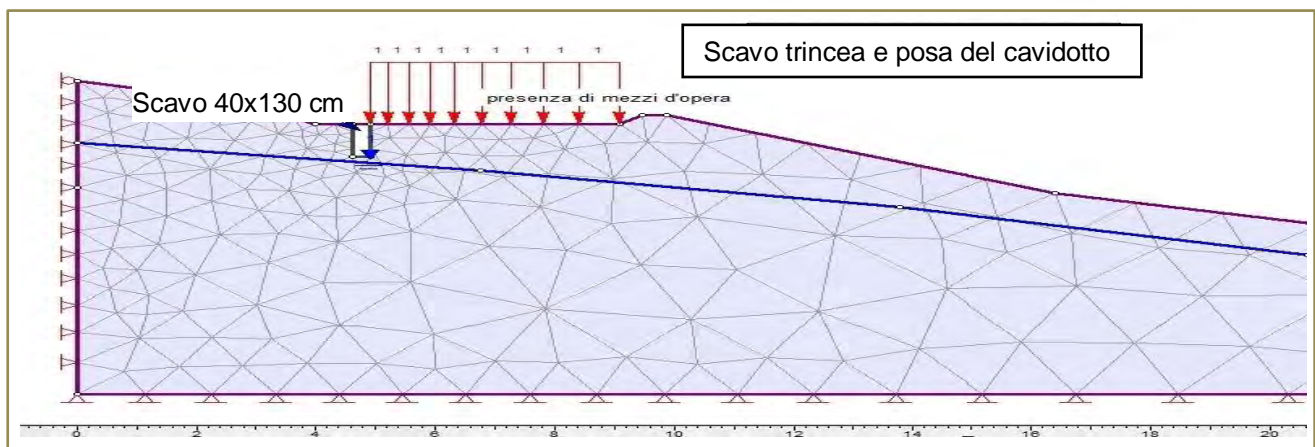
**I valori dei parametri fisico-meccanici assunti non hanno nessuna importanza per la finalità dell'esempio che, invece, vuole evidenziare come non si ha alcuna variazione tensionale, a prescindere dalle caratteristiche litotecniche del terreno attraversato dal cavidotto elettrico.**

A vantaggio di calcolo è stata prevista anche la falda nello strato detritico o di alterazione.

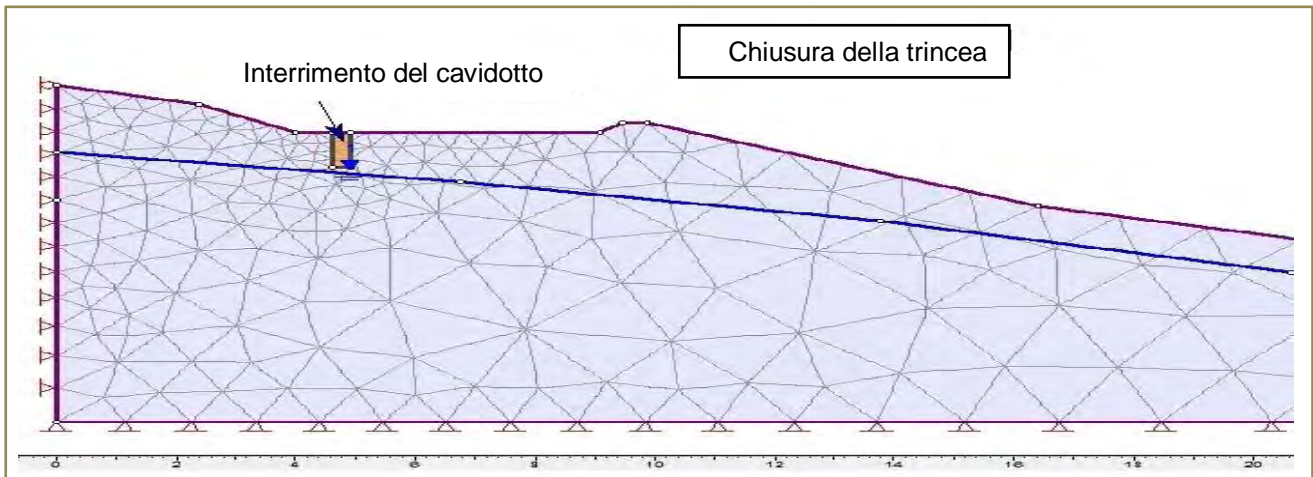
Tramite un **modello di calcolo F.E.M.** (*Metodo agli elementi finiti*) sono stati previsti n° 3 stages (fasi) ed in particolare :

- Stage 1 : Stato di fatto (di riferimento iniziale)
- Stage 2 : fase di scavo e posa del cavidotto
- Stage 3 : rinterro dello scavo.

Dal momento che le operazioni dello Stage 2 e 3 sono eseguite in un lasso di tempo limitatissimo tra la fase di scavo, posa e quella di rinterro, in questo esempio, non è stato preso in considerazione alcun fenomeno sismico, anche perché non necessario agli scopi dimostrativi della quasi inesistente variazione del regime tensionale verticale nei terreni.



STAGE 2



STAGE 3

Le informazioni sui dati e sui risultati principali sono riportate di seguito:

### **Phase2 Analysis Information**

#### **Document Name**

sezione tipo condotta 1strato rev2.fez

#### **Project Settings**

##### General

Project Title: sezione su strada condotta  
Number of Stages: 3  
Analysis Type: Plane Strain  
Solver Type: Gaussian Elimination  
Units: Metric, stress as tonnes/m<sup>2</sup>

##### Stress Analysis

Maximum Number of Iterations: 500  
Tolerance: 0.001  
Number of Load Steps: Automatic

##### Groundwater

Method: Piezometric Lines  
Pore Fluid Unit Weight: 0.981 tonnes/m<sup>3</sup>

#### **Field Stress**

Field stress: gravity  
Using actual ground surface  
Total stress ratio (horizontal/vertical in-plane): 1  
Total stress ratio (horizontal/vertical out-of-plane): 1  
Locked-in horizontal stress (in-plane): 0  
Locked-in horizontal stress (out-of-plane): 0

#### **Mesh**

Mesh type: graded  
Element type: 3 noded triangles  
Number of elements on Stato di fatto: 368  
Number of nodes on Stato di fatto: 220  
Number of elements on Scavo e posa condotta: 368  
Number of nodes on Scavo e posa condotta: 220  
Number of elements on Chiusura scavo: 368  
Number of nodes on Chiusura scavo: 220

#### **Material Properties**

Material: Matreiale detritico  
Initial element loading: field stress & body force



Unit weight: 2.1 tonnes/m<sup>3</sup>  
Elastic type: isotropic  
Poisson's ratio: 0.3  
Failure criterion: Mohr-Coulomb  
Tensile strength: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Peak friction angle: 18 degrees  
Peak cohesion: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Material type: Plastic  
Dilation Angle: 0 degrees  
Residual Friction Angle: 18 degrees  
Residual Cohesion: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Piezo to use: 1  
Hu Type: Custom  
Hu value: 1

Material: riempimento scavo

Initial element loading: body force only  
Unit weight: 2.2 tonnes/m<sup>3</sup>  
Elastic type: isotropic  
Young's modulus: 500 tonnes/m<sup>2</sup>  
Poisson's ratio: 0.3  
Failure criterion: Mohr-Coulomb  
Tensile strength: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Peak friction angle: 35 degrees  
Peak cohesion: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Material type: Plastic  
Dilation Angle: 0 degrees  
Residual Friction Angle: 35 degrees  
Residual Cohesion: 0 tonnes/m<sup>2</sup>  
Piezo to use: None  
Ru value: 0

**Areas of Excavated and Filled Elements**

Scavo e posa condotta

Material: Matreriale detritico, Area Excavated: 0.60 m<sup>2</sup>

Chiusura scavo

Material: riempimento scavo, Area Filled: 0.60 m<sup>2</sup>

**Excavation Areas**

Original Un-deformed Areas

Excavation Area: 0.60 m<sup>2</sup>  
Excavation Perimeter: 3.80 m  
External Boundary Area: 212.027 m<sup>2</sup>  
External Boundary Perimeter: 74.116 m

Stato di fatto

Excavation Area: 0.60 m<sup>2</sup> (-5.0119e-005 m<sup>2</sup> change from original area)  
Excavation Perimeter: 3.80 m (-0.00448978 m change from original perimeter)  
External Boundary Area: 212.280 m<sup>2</sup> (0.252363 m<sup>2</sup> change from original area)  
External Boundary Perimeter: 74.048 m (-0.0675524 m change from original perimeter)  
Volume Loss to Excavation: -82.6102 %

Scavo e posa condotta

Excavation Area: 5.118 m<sup>2</sup> (2.81208 m<sup>2</sup> change from original area)  
Excavation Perimeter: 11.682 m (8.13233 m change from original perimeter)  
External Boundary Area: 213.248 m<sup>2</sup> (1.22127 m<sup>2</sup> change from original area)  
External Boundary Perimeter: 84.044 m (9.92811 m change from original perimeter)  
Volume Loss to Excavation: -399.778 %

Chiusura scavo

Excavation Area: 5.117 m<sup>2</sup> (2.81158 m<sup>2</sup> change from original area)  
Excavation Perimeter: 11.670 m (8.13315 m change from original perimeter)  
External Boundary Area: 213.324 m<sup>2</sup> (1.29639 m<sup>2</sup> change from original area)  
External Boundary Perimeter: 84.050 m (9.93367 m change from original perimeter)  
Volume Loss to Excavation: -424.37 %



**Displacements**

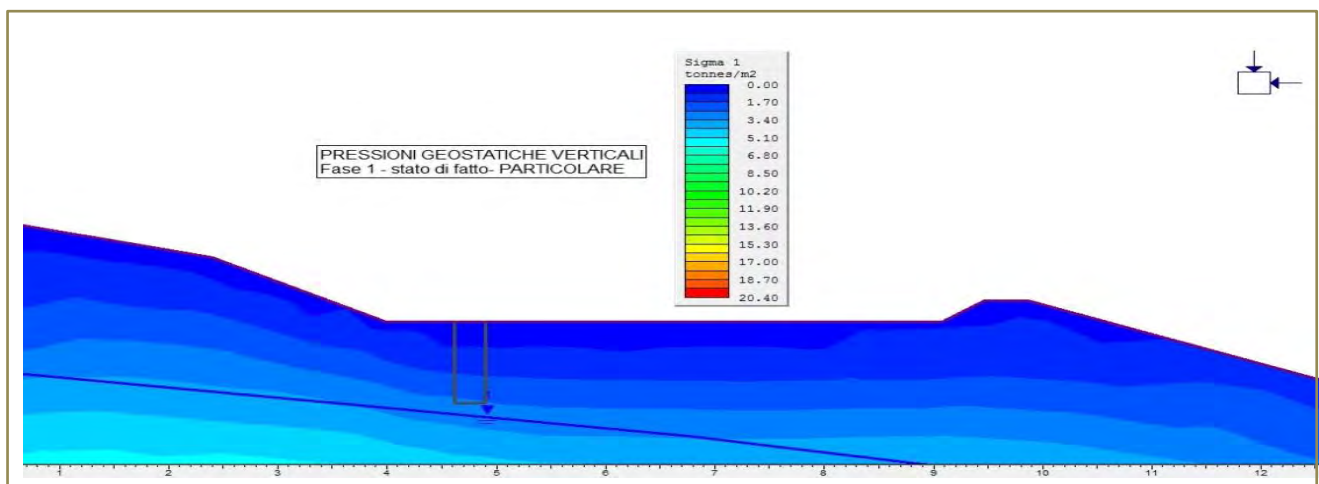
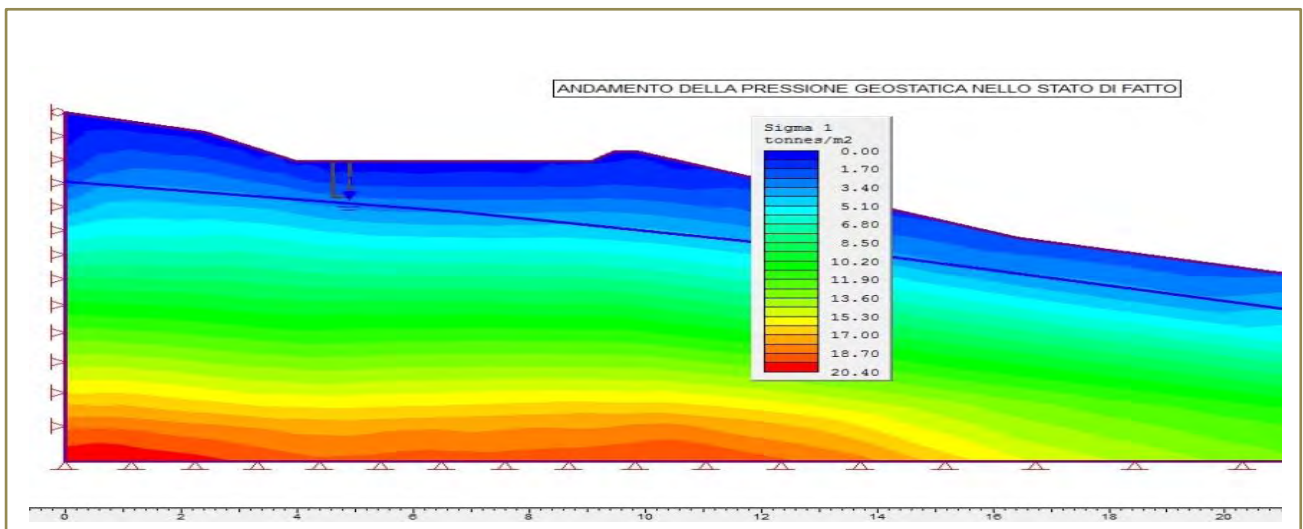
Maximum total displacement for Stato di fatto: 0.110545 m  
Maximum total displacement for Scavo e posa condotta: 0.125059 m  
Maximum total displacement for Chiusura scavo: 0.126825 m

**Yielded Elements**

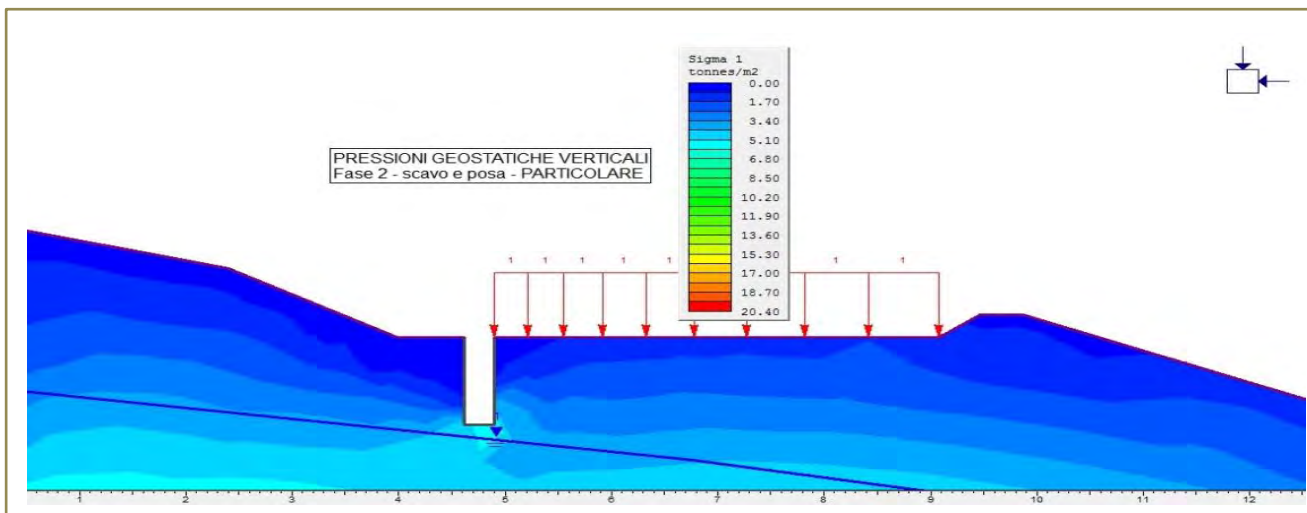
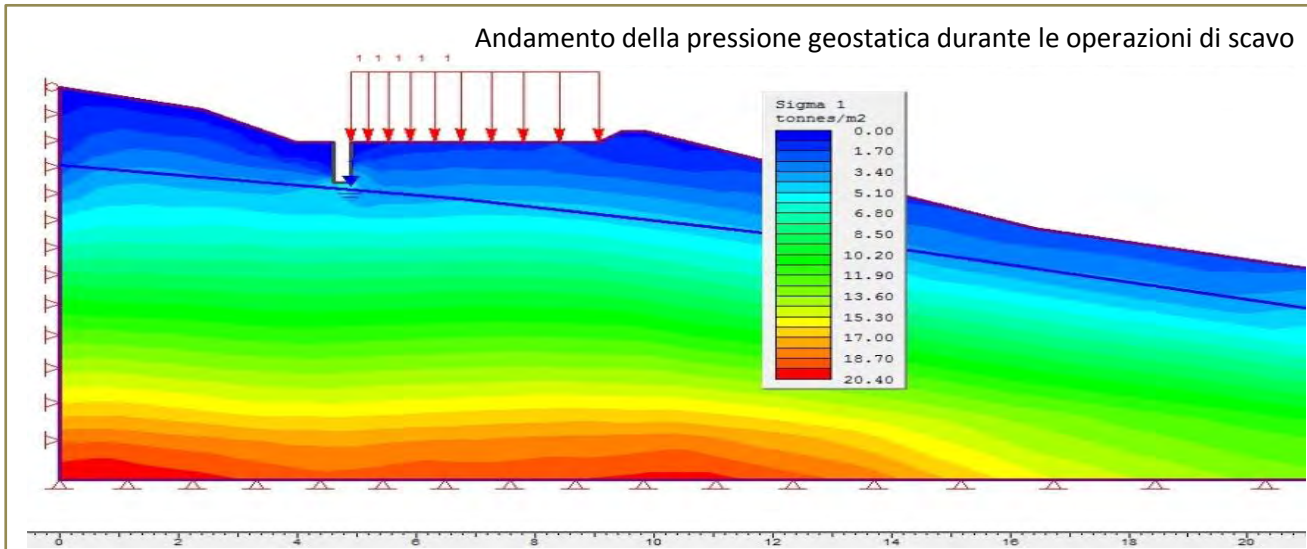
Yielded Mesh Elements

Number of yielded mesh elements on Stato di fatto: 486  
Number of yielded mesh elements on Scavo e posa condotta: 482  
Number of yielded mesh elements on Chiusura scavo: 500

I risultati delle analisi FEM sono compendati dai grafici successivi che non hanno bisogno di commento:

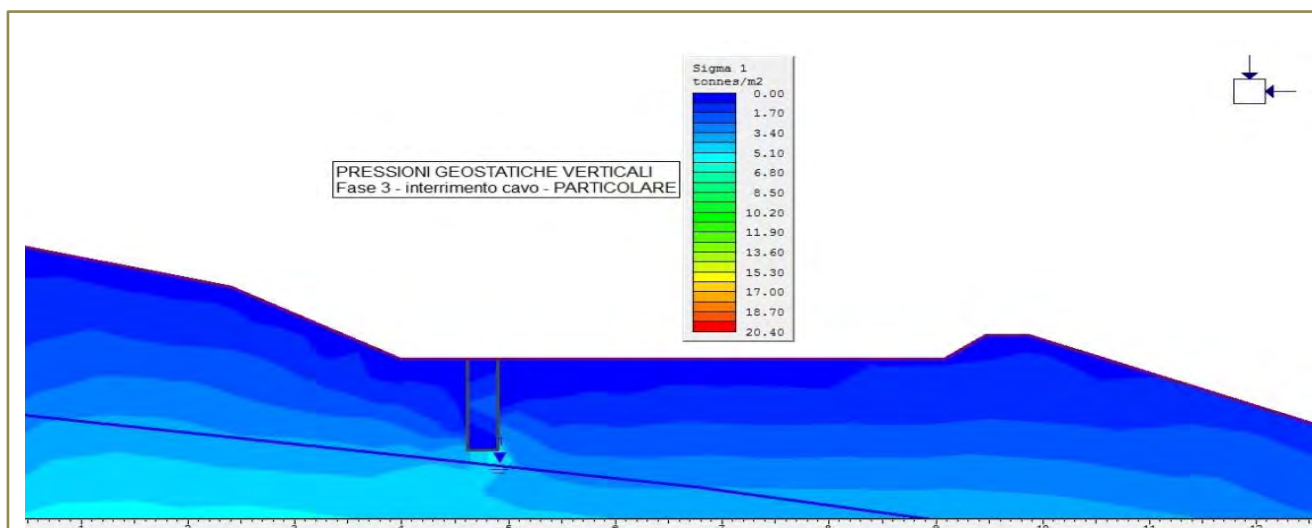
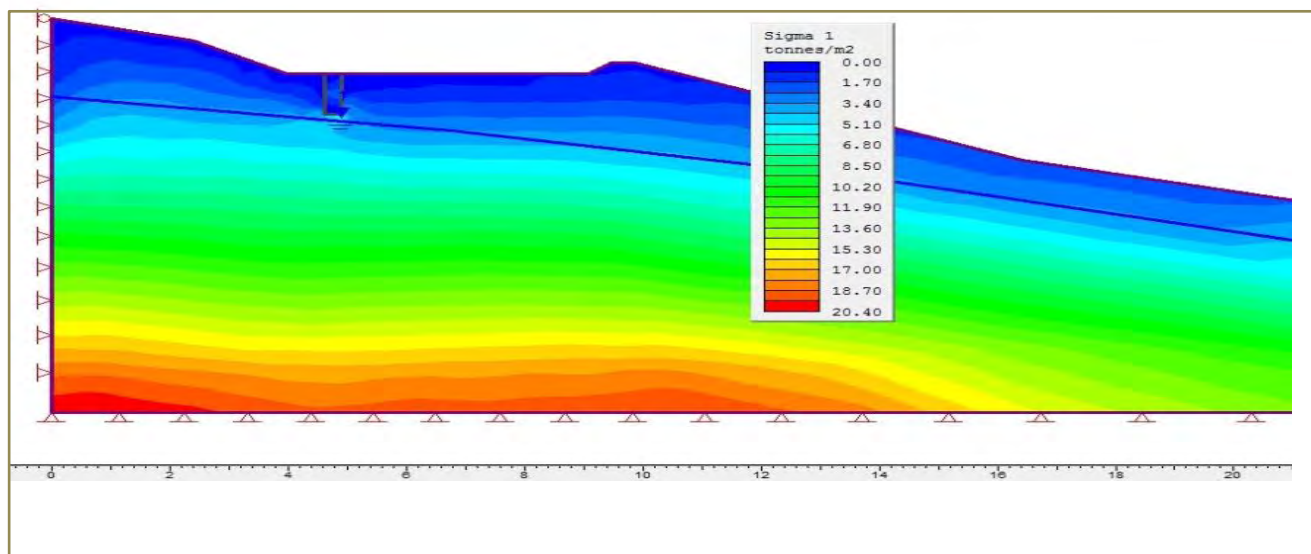


STAGE 1:  $\sigma_1$



STAGE 2:  $\sigma_1$

## Andamento della pressione geostatica dopo interrimento del cavidotto

STAGE 3:  $\sigma_1$ 

Come si può notare dalle figure dello Stage 1 allo Stage 3, la condizione *tensionale*  $\sigma_1$  è praticamente la stessa (sia nel contesto generale che nel dettaglio). Questo risultato è facilmente intuibile per la limitatezza degli scavi da eseguire che, unitamente all'indubbia velocità di esecuzione (non secondaria quando si opera in terreni di tale natura), non intaccano minimamente i *fattori di sicurezza preesistenti* delle aree attraversate dall'opera a rete. Di conseguenza, è possibile affermare che la realizzazione del progetto di che trattasi in nessun modo va ad interferire con l'attuale stato di equilibrio dei luoghi e, quindi, delle cose che ivi ricadono nelle immediate vicinanze, garantendo, allo stesso tempo, anche la stabilità dei fronti di scavo. Inoltre, assolutamente è ininfluenza sul grado di

*pericolosità e rischio idrogeologico* delle aree di sedime. Anche le metodologie di scavo, come avanti riportato, essendo poco o per niente invasive, contribuiranno ancora di più alla realizzazione del

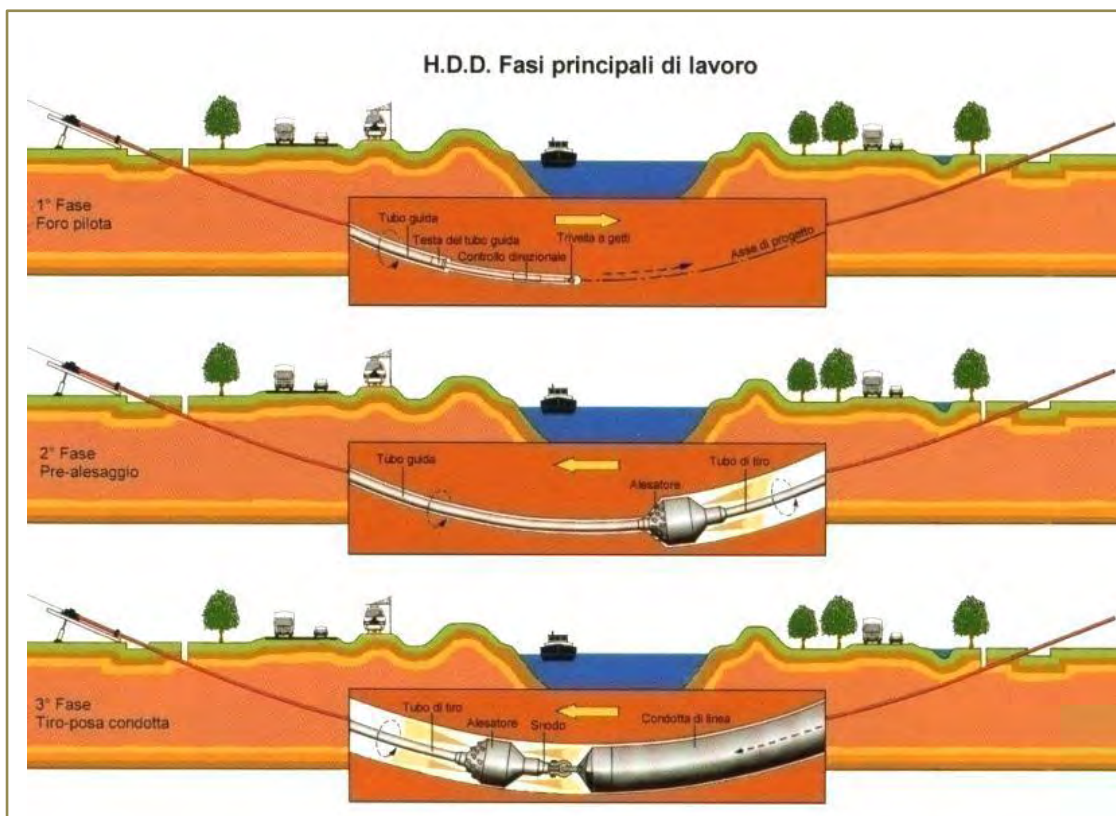


cavidotto senza incidere sullo stato tensionale dei luoghi. In merito, l'ottimizzazione del progetto ha tenuto conto della grande valenza ambientale, evitando, in tal senso, di operare scavi di sbancamento e di minimizzare quelli delle trincee in cui posare il cavidotto. Nel dettaglio, saranno eseguite microtrincee tramite un'apposita attrezzatura "trencher" (rif. figura laterale) che riduce sia i volumi di scavo che i tempi di realizzazione. Nei terreni di che trattasi sono stimati scavi di lunghezza di oltre un chilometro al giorno.

I materiali utilizzati per i rinterri saranno scelti in funzione dei luoghi o delle strade attraversate, ovvero per gli scavi eseguiti in aperta campagna sarà riutilizzato, previo allettamento del cavo, il terreno di scavo stesso idoneamente compattato in modo tale da ripristinare i luoghi nelle stesse condizioni ambientali ante operam; sulle strade asfaltate o sterrate, il rinterro sarà eseguito con idoneo materiale arido posto in opera a perfetta regola d'arte al fine di ripristinare il piano viabile nelle condizioni iniziali. Chiaramente i fisiologici assestamenti che si potrebbero verificare, saranno ripristinati tempestivamente in modo da garantire la fruibilità della circolazione veicolare in sicurezza.

Per quanto riguarda gli attraversamenti di aree a pericolosità idraulica (alluvionamento), sarà possibile posare il cavidotto con le Tecniche di attraversamento no-dig: Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.). L'utilizzo di tali tecnologie, nella progettazione esecutiva, sarà necessariamente supportato da studi geologici specifici corredati da sondaggi geognostici a carotaggio continuo ed indagini geofisiche necessarie alla ricostruzione del modello litotecnico del sottosuolo da attraversare con la trivellazione. Chiaramente la profondità della trivellazione (TOC) da utilizzare nei sotto-atteversamenti sarà valutata di volta in volta alla luce delle risultanze geognostiche; ad esempio, sarà stabilita anche da un apposito studio della "curva di fondo" del corso d'acqua,

Nella figura sottostante è mostrato uno schema della T.O.C.:



Per la rappresentazione cartografica della geomorfologia si rimanda all'Allegato A.12.a.9.



## 9. CONCLUSIONI

Per incarico ricevuto dalla società ITS MEDORA S.r.l., lo scrivente ha redatto la relazione geologica per il **Progetto per la realizzazione di un parco agrivoltaico e delle relative opere di connessione alla RTN**, da realizzarsi in Località "Contrada Tre Portelle" nel Comune di Mineo (CT).

Il progetto prevede l'installazione di n°61.056 pannelli fotovoltaici di potenza unitaria fino a 665 Wp, per una potenza complessiva di impianto pari a 35 MWp, da collegarsi mediante elettrodotto interrato in MT ad una stazione di trasformazione di utenza 150/30 kV da realizzarsi nel territorio comunale di Ramacca (CT).

Per verificare la fattibilità geologica del progetto, il presente studio preliminare inquadra sotto il profilo geologico, idrogeologico e geomorfologico l'areale coinvolto dall'intervento. Ai fini della rappresentazione preliminare delle caratteristiche geologiche *latu sensu* dell'intera area, e per escludere la presenza di elementi di criticità morfologica, il rilevamento geo-morfologico di superficie si è dimostrato utile al raggiungimento dell'obiettivo. Le informazioni ottenute, tuttavia, devono ritenersi valide nei limiti che questa prima fase cognitiva pone, ovvero acquisizione di dati e notizie preliminari. Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto definitivo/esecutivo) la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche, geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni in affioramento, finalizzate alla ricostruzione del modello litotecnico e sismico dell'areale di sedime di ogni opera da realizzare. In merito, saranno eseguite le indagini geognostiche dirette ed indirette ed analisi e prove geotecniche di laboratorio. La progettazione definitiva ed esecutiva, infatti, certamente impone una campagna d'indagini geognostiche finalizzata ad ottenere tutti i dati necessari per una corretta progettazione delle fondazioni della cabina della stazione utente e per la definizione delle profondità a cui ancorare i pali di fissaggio dei pannelli fotovoltaici.

L'andamento essenzialmente poco acclive della porzione di territorio interessato dal progetto in parola, oltre a garantirne la sua stabilità "per posizione", permetterà la realizzazione delle opere minimizzando la movimentazione di terreno, ovvero gli scavi saranno contenuti sia per l'area parco, sia per la sottostazione elettrica, nonché per le strade; tali opere saranno praticamente a "raso" rispetto al piano campagna e, quindi, si procederà essenzialmente allo scotico del terreno vegetale ed alla regolarizzazione e livellazione richiesta dal progetto utilizzando materiale arido. La stessa realizzazione del campo fotovoltaico non potrà incidere sullo stato tensionale dell'area, in quanto non ci saranno appesantimenti, poiché le tensioni in gioco rimarranno pressoché invariate; anzi si avrà un



consolidamento circoscritto dei terreni, nei livelli più superficiali, per l'"effetto chiodante" dei pali di ancoraggio dei pannelli fotovoltaici.

Anche la posa del cavidotto, per il quale sarà necessario uno scavo limitato nelle dimensioni e nei volumi di terreno rimossi, non intaccherà i fattori di sicurezza preesistenti delle aree attraversate, né tantomeno il contesto idrogeologico degli areali interessati. Questo risultato è facilmente intuibile per l'estrema superficialità e "lievità" dell'intervento che non interesserà volumi di terreno significativi, in quanto, la profondità e la larghezza di scavo saranno veramente trascurabili. Quindi, la limitatezza e l'inconsistenza dei volumi di terreno coinvolti, unitamente all'indubbia velocità di esecuzione, non potranno in nessun modo compromettere l'equilibrio dei luoghi che, comunque, si presentano macroscopicamente ed oggettivamente stabili. Anche le metodologie di scavo che si intenderanno utilizzare, essendo poco o per niente invasive, contribuiranno ancora di più alla realizzazione del cavidotto senza incidere sullo stato tensionale dei terreni attraversati. Comunque, in particolari condizioni morfologiche, ad esempio negli attraversamenti dei corsi d'acqua, come già accennato, sarà possibile posare il cavidotto con le Tecniche di attraversamento no-dig: Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.). La trivellazione orizzontale controllata, chiamata anche perforazione orizzontale controllata (HDD), o perforazione direzionale teleguidata, è una vantaggiosa alternativa ai tradizionali metodi d'installazione di linee di servizio. Infatti, una volta studiato la geometria dell'elemento da attraversare, con tale tecnologia è possibile passare con la perforazione e, dunque, con il cavidotto, in totale sicurezza al disotto del corso d'acqua.

Il collaboratore

Geol. Bartolo ROMANIELLO

Il Geologo

Dott. Antonio DE CARLO