



REGIONE
SARDEGNA



PROVINCIA DI
SASSARI



COMUNE DI
MORES



COMUNE DI
TORRALBA



COMUNE DI
BONORVA

Realizzazione di un impianto agrivoltaico avanzato integrato con allevamento non intensivo di ovini, produzione agricola, produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva (SS)

Impianto FV: Potenza nominale cc: 72,618 MWp - Potenza in immissione ca: 60,00 MVA
Sistema di accumulo: Potenza nominale ca: 10,00 MVA

ELABORATO

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, GEOTECNICA

IDENTIFICAZIONE ELABORATO

Livello progetto	Codice Pratica	Documento	Codice elaborato	n° foglio	n° tot. fogli	Nome file	Data	Scala
PD		R	2.21	1	31	R_2.21_GEO.pdf	Dicembre 2023	n.a.

REVISIONI

Rev. n°	Data	Descrizione	Redatto	Verificato	Approvato
00	22/12/2023	I Emissione	DE CARLO	MONFREDA	AMBRON

PROGETTAZIONE:

MATE System S.r.l.

Via G. Mameli, n.5
70020 Cassano delle Murge (BA)
tel. +39 080 5746758
mail: info@matesystemsrl.it
pec: matesystem@pec.it



DIRITTI Questo elaborato è di proprietà della proponente pertanto non può essere riprodotto né integralmente, né in parte senza l'autorizzazione scritta della stessa. Da non utilizzare per scopi diversi da quelli per cui è stato fornito.

PROPONENTE:
MARMARIA SOLARE 3 S.r.l.
Via TEVERE n° 41
00198 ROMA





INDICE

1. PREMESSA	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E CARTOGRAFICI.....	4
3. UBICAZIONE DEI SITI DI PROGETTO	5
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	8
5. PRIME CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO.....	11
6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA.....	14
7. VALUTAZIONE DEL RISCHIO FRANE ED ALLUVIONE	17
8. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA ED IDROLOGICA.....	18
9. CONCLUSIONI.....	29

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 1:5:000)



1. PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla società Marmaria Solare 3 S.r.l., lo scrivente ha redatto la relazione preliminare per il progetto per la “Realizzazione di un impianto agrivoltaico **avanzato** integrato con produzione agricola (SS) e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva”, per una potenza nominale c.c pari a **72,618 MWp**.

Per verificare la realizzabilità del progetto in parola nel territorio in cui è stato inserito, si è proceduto in uno studio tale da poter sufficientemente inquadrare sotto il profilo geologico, idrogeologico e **geomorfologico l'areale coinvolto dall'intervento al fine** di poterne sottoscrivere la fattibilità. Ai fini della rappresentazione preliminare delle caratteristiche geologiche *latu sensu* dell'intera area e, per escludere la presenza di elementi di criticità, il rilevamento geo-morfologico di superficie, coadiuvato dalla fotointerpretazione di foto aeree, si è dimostrato ed è lo studio tematico più appropriato al raggiungimento di tale obiettivo, in quanto ha permesso di rilevare e cartografare le Unità Litologiche in affioramento, nonché tutte quelle forme morfoevolutive o contesti idrogeologici meritevoli di attenzione. Chiaramente, una volta appurata l'idoneità geologica e morfologica dei siti di sedime, avendo scartato gli areali con criticità litologica e morfologica, si passerà al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto esecutivo) in cui sarà effettuata la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche, dei rapporti stratigrafici (ad esempio tra il substrato alterato ed il substrato s.s., o tra coltri detritiche e substrato), delle caratteristiche geotecniche, idrogeologiche e sismiche dei terreni in affioramento, tramite una corposa campagna di indagini geognostiche dirette ed indirette, nonché di analisi e prove geotecniche di laboratorio, così come programmato e riportato nell'Allegato A.12.a.7 Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche.

Con riferimento a quest'ultimo aspetto, ai sensi del cap. 6.12 del D.M. 17/01/2018, in questa fase della progettazione, come già accennato, il rilevamento geologico e geomorfologico effettuato in loco ha confermato macroscopicamente le buone condizioni di stabilità dell'area di sedime del parco fotovoltaico. Nel dettaglio saranno eseguite:

- Indagini geofisiche: n°06 MASW/Re.Mi; n°06 sismiche a rifrazione in onda P;
- n°08 Prove penetrometriche (*DPSH*);



- RELAZIONE GEOLOGICA -

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola (SS) e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva

- n°08 Sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prelievo di campioni indisturbati da sottoporre ad analisi e prove geotecniche di laboratorio.

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. Profili geologici;
- 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° 7 del 21.01.2019 - **Istruzioni per l'applicazione dell'Aggiornamento delle 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:
 - Delibera del 20 marzo 2012, n. 12/21 - **“L.R. n. 3/2009, art. 6, comma 7. Piano d'azione regionale per le energie rinnovabili in Sardegna. Documento di indirizzo sulle fonti energetiche rinnovabili”**
 - Norme di Attuazione (aggiornamento 2020) del Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico - Autorità di Bacino del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna.
- Riferimenti cartografici e bibliografici:
 - **Foglio 193 “Bonorva” della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) e “Note Illustrative”**;
 - Elementi 480070,480100 e 480110 della CTRN Sardegna (scala 1:10.000);
 - **Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna (aggiornamento 2018)**.

3. UBICAZIONE DEI SITI DI PROGETTO

L'area individuata per l'installazione dell'impianto fotovoltaico è posta in linea d'aria a circa 2,5 km a SUD-EST del centro abitato di Mores (SS) e a circa 3,65 km dal centro abitato di Bauladu (OR); l'area è attualmente interessata principalmente da seminativi e pascoli. L'arrivo all'impianto è garantito dalla S.P. n° 47. La sistemazione dei moduli fotovoltaici ha tenuto conto dei vincoli paesaggistici previsti, dalla fascia di rispetto dalla viabilità esistente e dalle aree "impegnate" dalla fascia di rispetto dall'asta idraulica. La superficie delle particelle acquisite ai fine della progettazione e futura realizzazione, è pari a 1.714.561 mq. Di seguito si riporta uno stralcio dell'ortofoto e dell'aerofotogrammetrico con ubicazione dell'area di intervento:

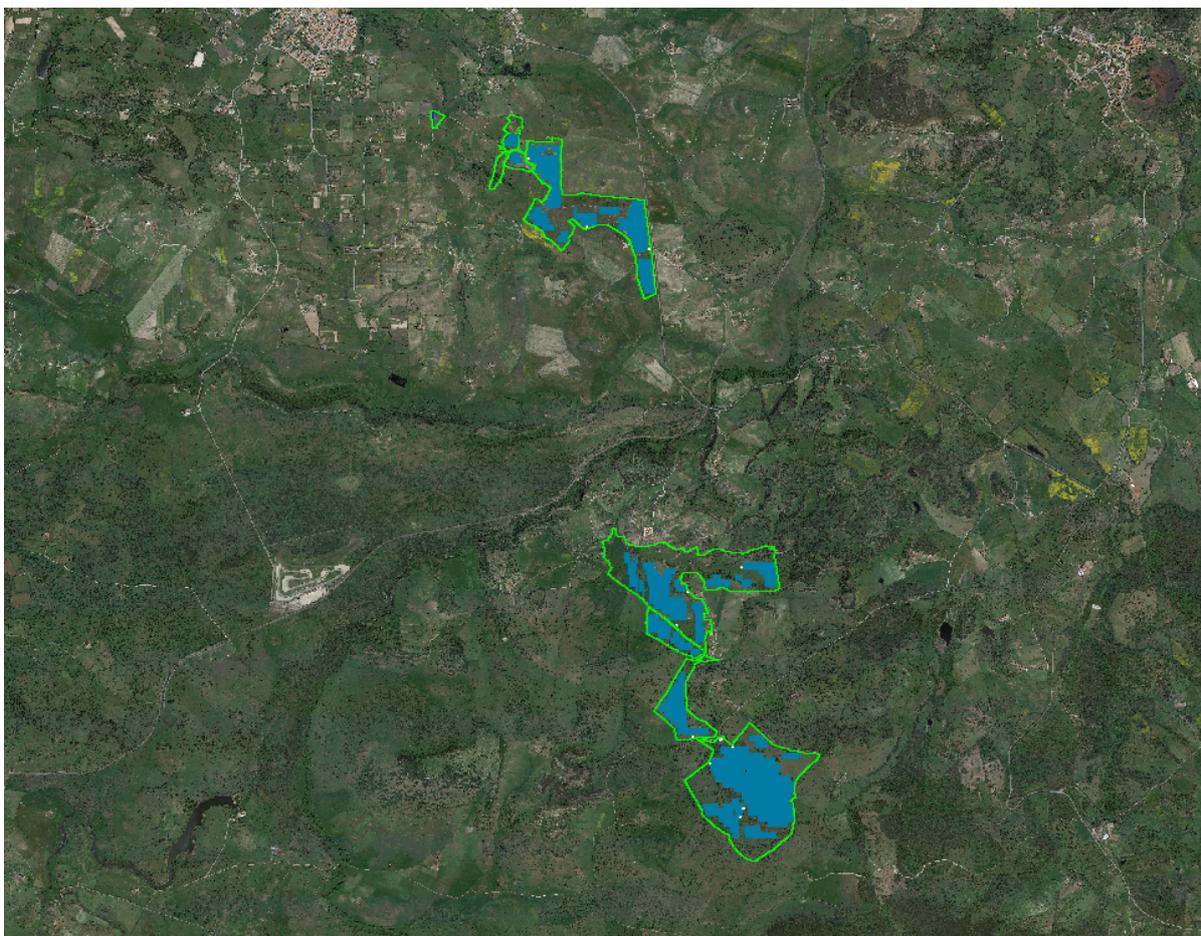


Fig 01: Ubicazione su ortofoto dell'impianto

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola (SS) e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva

L'impianto fotovoltaico sarà collegato alla Stazione Elettrica di Trasformazione AT/MT dell'utente a mezzo di un cavidotto prevalentemente interrato di media tensione, con una lunghezza pari a circa 7.928,36 mt, il cui tracciato ricade nei Comuni di Mores (SS), Torralba (SS), Bonorva (SS), si svilupperà per lo più su pubblica viabilità. Infine, la connessione tra la stazione di utenza e la SE RTN di trasformazione 220/36 kV, ubicata nel Comune di Bonorva (SS), è prevista mediante la realizzazione cavidotto sempre in alta tensione interrato.

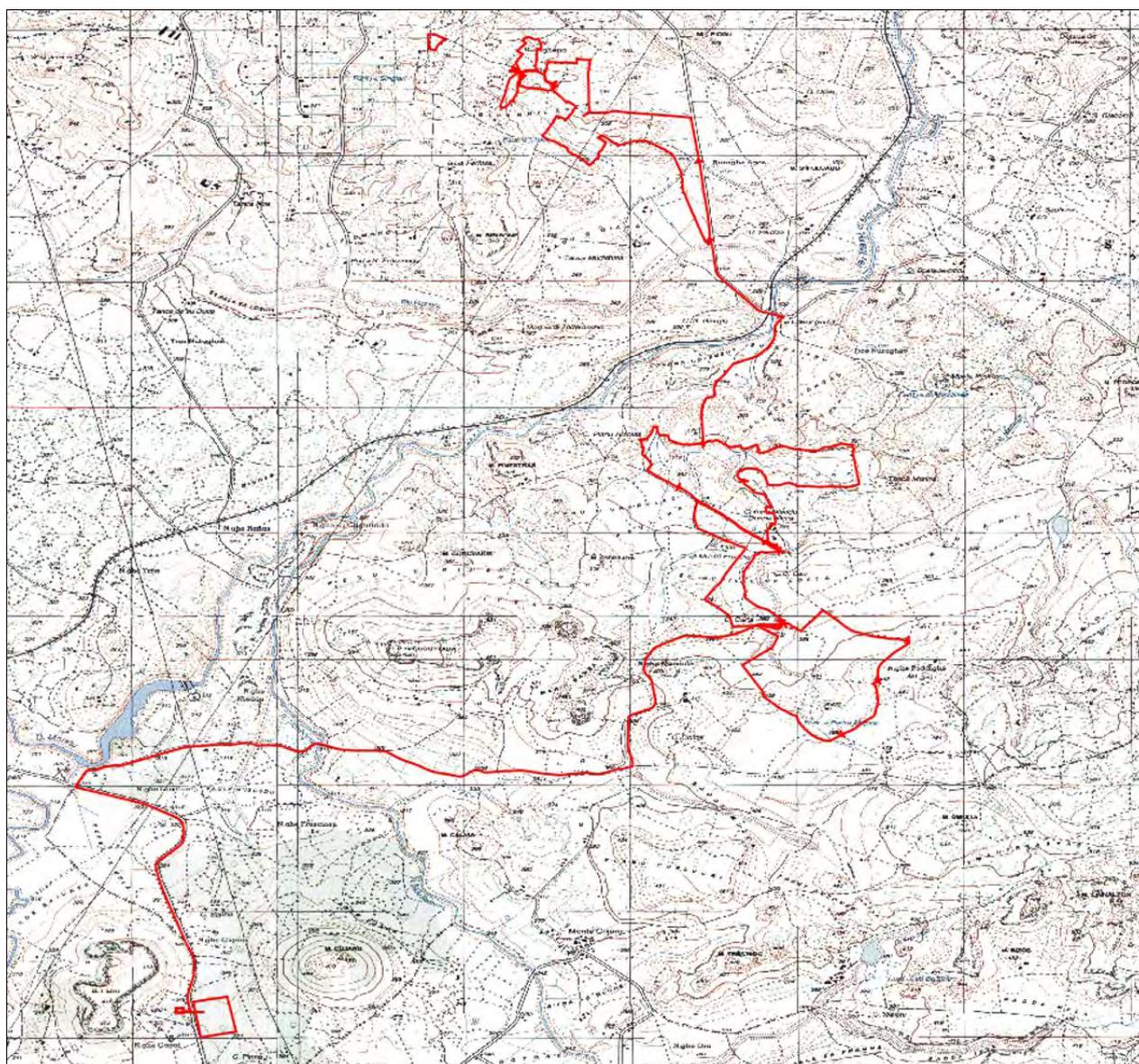


Fig 02: Ubicazione su aerofotogrammetrico dell'area impianto

Dal punto di vista cartografico il sito ricade all'interno del Foglio Bonorva della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), Elementi 480070, 480110 e 480100 della CTRN Sardegna (scala 1:10.000). Il sito è inoltre inquadrato negli elaborati del Piano di Bacino Stralcio Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino



del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna, consultabile tramite il geoportale regionale (https://www.sardegnameoportale.it/webgis2/sardegnameoportale/?map=download_raster).

Il sito sul quale sarà realizzato l'impianto fotovoltaico ricade in agro di Mores (SS) e Bonorva (SS) e le relative coordinate geografiche sono le seguenti:

- Latitudine: 48°84'71.28" N
- Longitudine: 448°39'72.96" E

Catastalmente, **le aree oggetto d'intervento fotovoltaico risultano** distinte in catasto come segue:

- Comune di Mores Foglio di Mappa n°16, P.IIe 143-144-147-148-149-155-157-368-195-196;
- Comune di Mores Foglio di Mappa n°17, P.IIe 23-119-24-25-26-37-27-149-34-35-36-29-152-153-154-32-163-171;
- Comune di Mores Foglio di Mappa n°20, P.IIe 46-48-49-152-154;
- Comune di Mores Foglio di Mappa n°22, P.IIe 2-231-1-84-32-196-200-192-194-71-79-78-77-58.

Le necessarie opere di connessione alla Rete di Trasmissione Nazionale (RTN) ricadono in agro Bonorva (SS). Una linea MT in cavidotto interrato che collega le aree parco alla stazione utente, è individuata alle seguenti coordinate:

- Latitudine: 40° 30' 11.41" N
- Longitudine: 8° 51' 56.17" E

ed individuate catastralmente come segue:

- Comune di Bonorva (SS) Foglio di Mappa 8, P.IIa 107.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area oggetto di studio ricade nel Foglio 193 "Bonorva" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000); il settore di studio si caratterizza da un punto di vista geologico come un'areale di ricoprimento post-ercinico, che interessa un periodo relativamente recente che va dall'epoca oligo-miocenica sino all'Olocene. Tra l'Oligocene superiore ed il Tortoniano Messiniano la Sardegna settentrionale, è stata sede di un'importante tettonica e di una diffusa attività vulcano-sedimentaria che si è manifestata in diversi bacini. Questi bacini costituiscono quello che viene tradizionalmente definito come Fossa Sarda e interpretata come un lineamento tettonico orientato N-S che attraversa tutta l'isola, legato ad una estensione crostale orientata E-W avvenuta durante la rotazione del Blocco sardo-corso al Oligocene superiore.

Il bacino dell'area di studio, si configura come un semi graben largo 10 km e lungo 20 km, che ospita una successione sedimentaria di depositi da continentali a marini in discordanza sulla base vulcano-sedimentaria oligo-miocenica. Il margine occidentale del bacino è bordato da alcune faglie con cinematica diretta, mentre quello orientale è caratterizzato dai depositi di trasgressione miocenica. I depositi sedimentari procedendo da est verso ovest, mostrano un'evoluzione da ambienti prossimali a distali.

Nell'area di progetto affiorano litotipi basaltici riferibili al ciclo vulcanico alcalino plio-pleistocenico e sequenze ignimbriche del vulcanismo dell'Oligo-Miocene costituiti principalmente da prodotti piroclastici, mentre lungo tratti del cavodotto affiorano anche i terreni più recenti rappresentati da depositi alluvionali.

L'area oggetto di studio è caratterizzata da un paesaggio collinare, con pianori ad acclività molto bassa delimitati da scarpate con modeste pendenze, specie in corrispondenza delle incisioni dei corsi d'acqua.

In gran parte dell'area destinata alla realizzazione dell'impianto affiorano i basalti alcalini riferibili al ciclo vulcanico plio-pleistocenico, associato ai fenomeni distensivi che tra i 4 e i 2 milioni di anni fa hanno interessato la Sardegna generando il sistema di faglie che ha portato allo sprofondamento di una parte di crosta terrestre e alla creazione della fossa del Campidano. Questo ciclo effusivo, che ha interessato l'area di studio, si esprime con prodotti a chimismo alcalino. I primi prodotti plio-pleistocenici, rappresentati da litotipi trachitico-fonolitici, hanno dato origine a forme intrusive, come domi e cupole di ristagno, creando, da un punto di vista strutturale, un tutt'uno con i precedenti prodotti del ciclo calcoalcalino. Le successive manifestazioni effusive plio-pleistoceniche si sono in parte impostate sugli alti strutturali conformandosi alle preesistenti morfologie e in parte hanno colmato le zone a valle, dando origine a zone pedemontane pianeggianti o leggermente ondulate.



I termini sedimentari più recenti, ricoprenti a tratti sia le litologie granitoidi che le sequenze vulcaniche plio-pleistoceniche e oligo-mioceniche, sono rappresentati da coltri di sedimenti eluvio-colluviali, in corrispondenza delle aree a morfologia concava o in corrispondenza di ampie depressioni e da depositi ghiaiosi e limo sabbiosi argillosi alluvionali, attuali e recenti, che affiorano localmente terrazzati lungo gli alvei dei principali corsi d'acqua.

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 1:5.000 (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) DEPOSITI ALLUVIONALI: costituiti da depositi terrigeni continentali legati alla gravità, sviluppati nei fondovalle secondari e nelle aree pianeggianti, caratterizzati prevalentemente da successioni eteropiche sabbiose e ghiaiose con subordinati corpi lentiformi limosi e argillosi. (*Olocene*)
- b) BASALTI DEL LOGUDORO (Subunità di Monte Ruju): costituita da basalti alcalini e transizionali, basaniti, trachibasalti e hawaiiiti, talora con noduli peridotitici; andesiti basaltiche e basalti subalcalini; alla base o intercalati sono presenti conglomerati, sabbie e argille fluvio-lacustri. Presenza di con di scorie basaltiche. (*Pliocene-Pleistocene*)
- c) DISTRETTO VULCANCICO DI BONORVA (Unità di Monte Cugutada): costituita da andesiti basaltiche e andesiti, porfiriche, pirossenico-anfiboliche; si rinvengono in cupole di ristagno e colate, con associati prodotti epiclastici e sottili intercalari sedimentari; potenti colate talora autoclastiche e dicchi. Spesso in eteoropia si rinvengono depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo riodacitico, pomiceo-cineritici, debolmente saldati, spesso argillificati, ricchi in pomici. (*Aquitaniiano*)

Si rimanda al successivo grado di approfondimento della progettazione (progetto esecutivo) la verifica puntuale delle caratteristiche litologiche e stratigrafiche dei terreni di sedime, tramite sondaggi geognostici a carotaggio continuo, prove penetrometriche 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. Di seguito si riporta lo stralcio del Foglio della **Carta Geologica d'Italia** in scala 1:100.000.

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 il *Complesso Vulcanico (rappresentato dalla Subunità di Monte Ruju e dall'unità di Monte Cugutada)* che costituisce il substrato/substrato **alterato, ha una struttura complessa per l'eterogeneità delle litologie da cui è costituito (strati lapidei e pseudo-lapidei più o meno fratturati) 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 dell'ammasso roccioso dovrebbe scaturire da un rilievo geomeccanico ma, la mancanza di affioramenti significativi ed utili a tale studio non ha permesso alcuna considerazione in merito. È 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 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: DEPOSITI ALLUVIONALI

Trattasi di limi sabbiosi o sabbie limose con scarsa argilla. A luoghi si rinvencono sotto forme lenticolari ghiaia in matrice sabbiosa. Si tratta generalmente di terreni a media consistenza, di colore marroncino o grigiastro, poco plastici. Il tutto si presenta caotico, rimaneggiato, umido, poco plastico e poco compressibile:

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)
1.85	2.00	26	0.00



b) Unità litotecnica 2: BASALTI DEL LOGUDORO

Costituita da basalti alcalini e transizionali, basaniti, trachibasalti e hawaiiiti, talora con noduli peridotitici e andesiti basaltiche e basalti subalcalini. Probabilmente potrebbero esserci intercalazioni di conglomerati, sabbie e/o argille fluvio-lacustri e la presenza di coni di scorie basaltiche

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)
2.10	2.25	30	5.00

c) Unità litotecnica 3: UNITÀ DI MONTE CUGUTADA

Costituita da andesiti basaltiche e andesiti, porfiriche, pirossenico-anfiboliche; si rinvengono in cupole di ristagno e colate, con associati prodotti epiclastici e sottili intercalari sedimentari; potenti colate talora autoclastiche e dicchi. Spesso in eteropia si rinvengono depositi di flusso piroclastico in facies ignimbratica, a chimismo riodacitico, pomiceo-cineritici, debolmente saldati, spesso argillificati, ricchi in pomici:

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)
2.30	2.35	35	5.00

Legenda:

γ_{nk} (t/m³): **Peso dell'unità di volume**; $\gamma_{sat k}$ (t/m³): **Peso dell'unità di volume saturo**; ϕ'_k (gradi): Angolo di attrito interno; C'_k (t/m²): Coesione consolidata-drenata;

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:

- **COMPLESSO IDROGEOLOGICO I: TERRENI MEDIAMENTE PERMEABILI** (coefficiente di permeabilità dell'ordine di $K = 10^{-5} - 10^{-7}$ m/s): Ne fanno parte i terreni del Complesso Vulcanico (rappresentato dalla Subunità di Monte Ruju e dall'unità di Monte Cugutada) i quali evidenziano in generale una serie di fratturazioni di raffreddamento e di detensionamento, con una matrice differentemente alterata, da molto a parzialmente arenizzata con nuclei di roccia moderatamente dura. Sono caratterizzati da una *permeabilità secondaria per fratturazione* dovuta ai giunti di stratificazione, **all'azione tettonica, quindi, alla fratturazione della roccia (*diaciasi e leptociasi*)** in cui i moti di filtrazione sono essenzialmente verticali o subverticali. I primi metri, a partire dal piano campagna, sono caratterizzati **da un'alta permeabilità per porosità e per fratturazione**, oltre a risentire 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 come già accennato, 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.
- **COMPLESSO IDROGEOLOGICO II: TERRENI PERMEABILI** (coefficiente di permeabilità dell'ordine di $K = 10^{-2} - 10^{-3}$ m/s). Ne fanno parte i Depositi Alluvionali, i quali risultano costituiti da materiale argilloso limoso che fa da matrice ad uno scheletro ghiaioso sabbioso. Il tutto si presenta rimaneggiato,



caotico, privo di struttura e, quindi, eterogeneo ed anisotropo, sia da un punto di vista litologico che fisico-meccanico. I materiali di che trattasi, molto spesso si presentano sotto forme lentiformi con la prevalenza o della frazione limo-argillosa o di quella ghiaiosa.

Il modello idrogeologico dell'area è rappresentato da Terreni mediamente permeabili afferenti il *Complesso Vulcanico (rappresentato dalla Subunità di Monte Ruju e dall'unità di Monte Cugutada)* 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**, veicolandole in profondità dove, diminuendo il grado di permeabilità, si possono formare acquiferi anche importanti, situati 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 rinterrì (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



– RELAZIONE GEOLOGICA –

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola (SS) e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva

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

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 degli elaborati cartografici del PAI dell'Autorità di Bacino del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna, nelle cui competenze ricade l'intero territorio dell'area parco, ha evidenziato che l'impianto agrivoltaico non ricade in areali a rischio da frana, a pericolosità geomorfologica o idraulica (Fig.5).

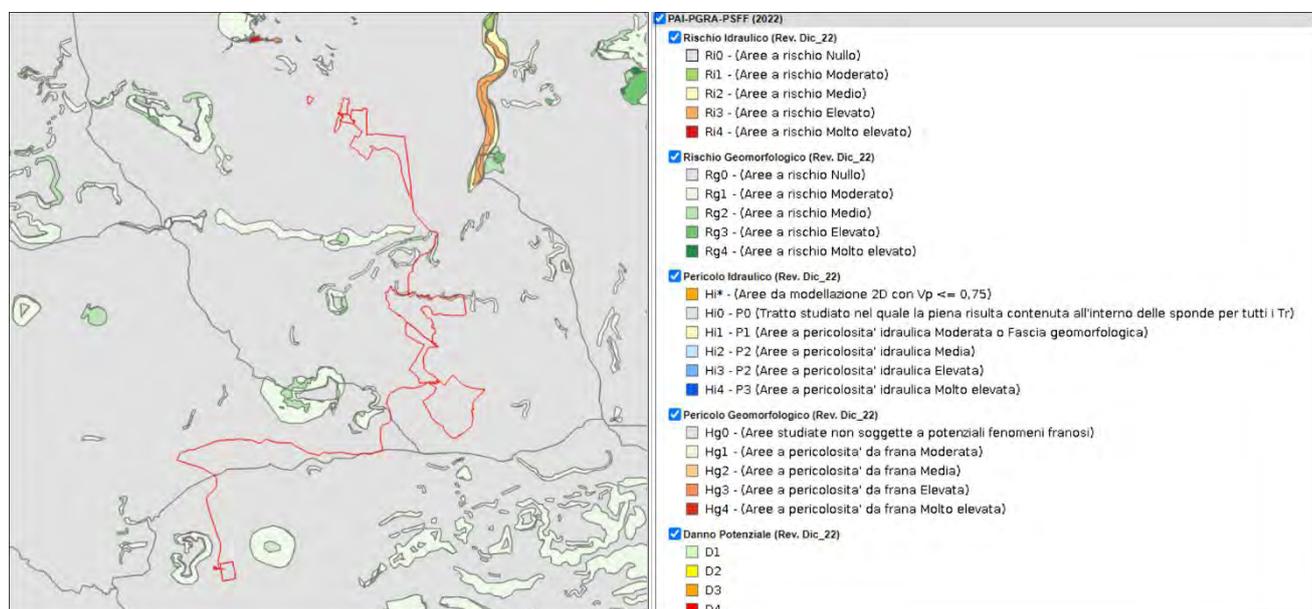


Fig. 05: PAI dell'AdB – Sede Sardegna, con ubicazione dell'area di sedime, del cavidotto e delle sottostazioni

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, è ininfluenza sul grado di pericolosità e rischio idrogeologico dell'area di sedime.

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, dall'assetto stratigrafico dei terreni affioranti e dall'azione modellatrice delle acque. Nell'insieme il paesaggio è caratterizzato dalla presenza dei rilievi collinari con i versanti impostati sul granito che evidenziano forme residuali risultanti dalla diversa resistenza all'attacco degli agenti esogeni nei settori a differente alterazione e fessurazione dell'ammasso roccioso. E trattandosi di terreni prevalentemente rocciosi appartenenti al basamento il fattore strutturale costituisce un fattore importantissimo per la forma del rilievo.

Le aree del progetto si sviluppano su morfologia poco inclinata, con superfici sub-pianeggianti in corrispondenza delle successioni basaltiche. Il territorio è compreso nel bacino idrografico del Fiume Mannu, che per alcuni tratti scorre in prossimità delle aree di progetto con reticolo subdentritico, con formazioni di morfologie ad ansa legate al controllo strutturale operato dalle discontinuità principali.

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; infatti, l'andamento morfologico risulta piuttosto regolare. Tale valutazione è congruente con gli strumenti normativi adottati a scala di bacino (Piano Stralcio per la Difesa dal Rischio Idrogeologico - Autorità di Bacino del distretto idrografico della Regione Autonoma della Sardegna). 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 subpianeggiante 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

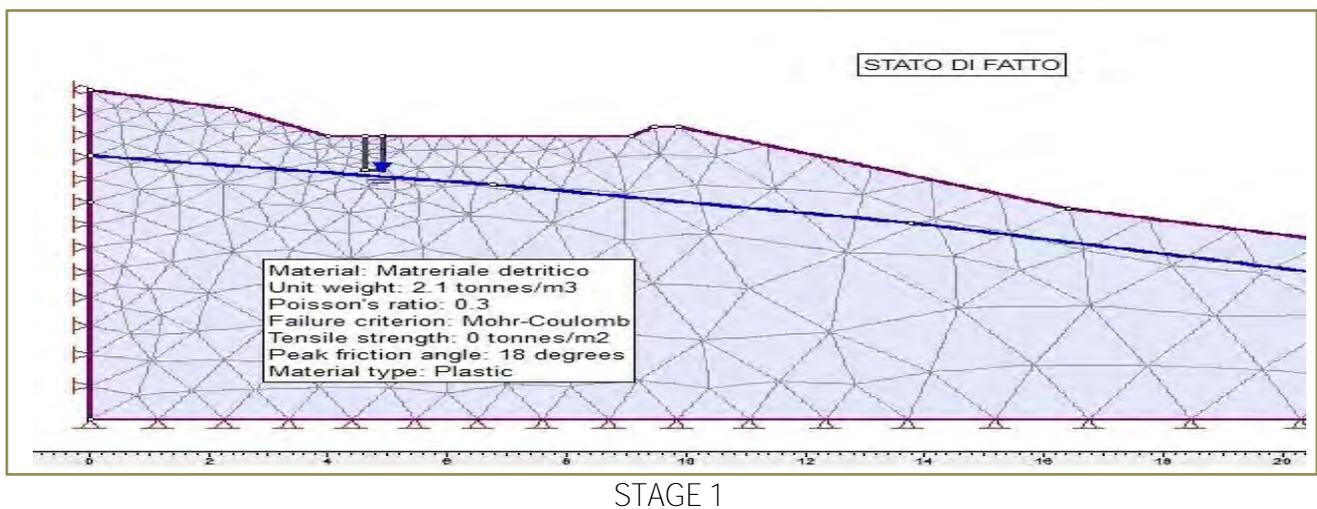


regolarizzazione e livellazione richiesta dal progetto utilizzando materiale arido. La stessa realizzazione del campo fotovoltaico non potrà incidere sullo stato tensionale dell'area, in quanto non ci saranno appesantimenti, poiché le tensioni in gioco rimarranno pressoché invariate; anzi si avrà un consolidamento circoscritto dei terreni 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 (σ_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.

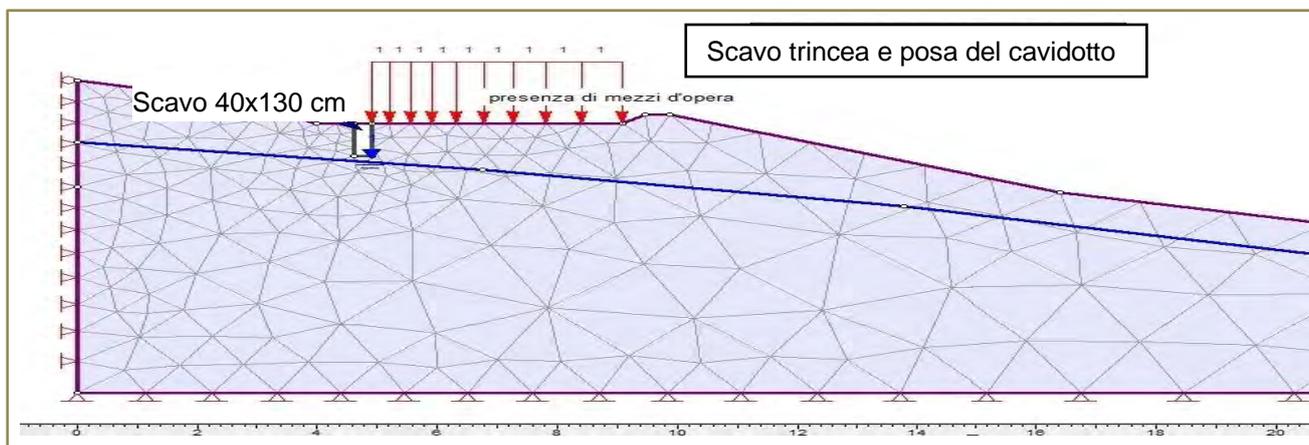
I valori dei parametri fisico-meccanici assunti non hanno nessuna importanza per la finalità dell'esempio che, invece, vuole evidenziare come non si ha alcuna variazione tensionale, a prescindere dalle caratteristiche litotecniche del terreno attraversato dal cavidotto elettrico.

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

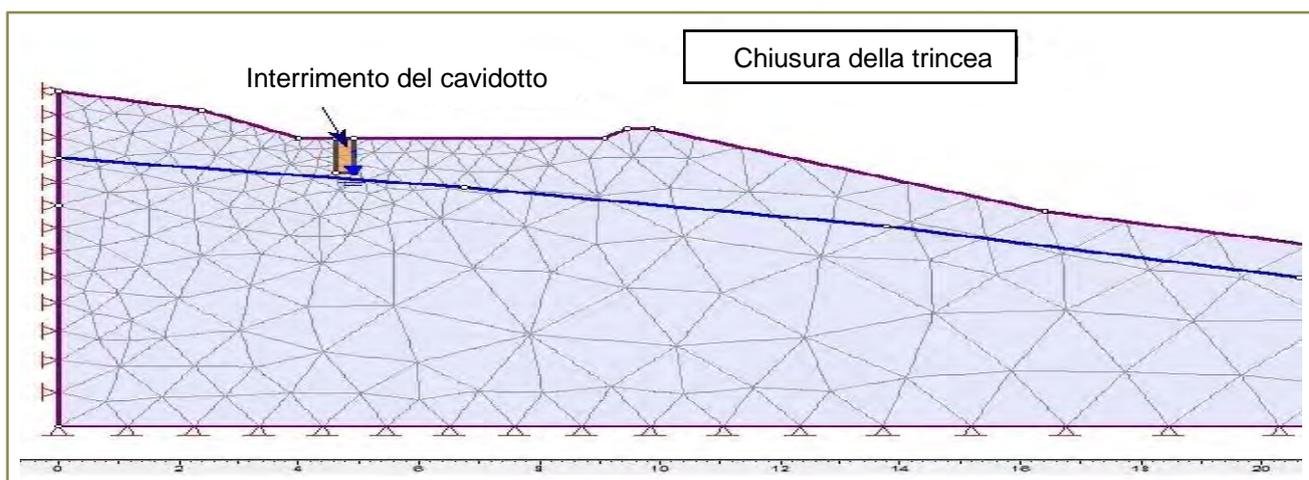
Tramite un modello di calcolo F.E.M. (*Metodo agli elementi finiti*) sono stati previsti n° 3 stages (fasi) ed in particolare:

- 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/m²

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/m³

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: Matreriale detritico

Initial element loading: field stress & body force

Unit weight: 2.1 tonnes/m³

Elastic type: isotropic

Poisson's ratio: 0.3

Failure criterion: Mohr-Coulomb

Tensile strength: 0 tonnes/m²

Peak friction angle: 18 degrees

Peak cohesion: 0 tonnes/m²

Material type: Plastic

Dilation Angle: 0 degrees

Residual Friction Angle: 18 degrees

Residual Cohesion: 0 tonnes/m²

Piezo to use: 1

Hu Type: Custom

Hu value: 1

Material: riempimento scavo

Initial element loading: body force only

Unit weight: 2.2 tonnes/m³

Elastic type: isotropic

Young's modulus: 500 tonnes/m²

Poisson's ratio: 0.3

Failure criterion: Mohr-Coulomb



Tensile strength: 0 tonnes/m²
Peak friction angle: 35 degrees
Peak cohesion: 0 tonnes/m²
Material type: Plastic
Dilation Angle: 0 degrees
Residual Friction Angle: 35 degrees
Residual Cohesion: 0 tonnes/m²
Piezo to use: None
Ru value: 0

Areas of Excavated and Filled Elements

Scavo e posa condotta

Material: Materiale detritico, Area Excavated: 0.60 m²

Chiusura scavo

Material: riempimento scavo, Area Filled: 0.60 m²

Excavation Areas

Original Un-deformed Areas

Excavation Area: 0.60 m²
Excavation Perimeter: 3.80 m
External Boundary Area: 212.027 m²
External Boundary Perimeter: 74.116 m

Stato di fatto

Excavation Area: 0.60 m² (-5.0119e-005 m² change from original area)
Excavation Perimeter: 3.80 m (-0.00448978 m change from original perimeter)
External Boundary Area: 212.280 m² (0.252363 m² 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 m² (2.81208 m² change from original area)
Excavation Perimeter: 11.682 m (8.13233 m change from original perimeter)
External Boundary Area: 213.248 m² (1.22127 m² 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 m² (2.81158 m² change from original area)
Excavation Perimeter: 11.670 m (8.13315 m change from original perimeter)
External Boundary Area: 213.324 m² (1.29639 m² change from original area)
External Boundary Perimeter: 84.050 m (9.93367 m change from original perimeter)
Volume Loss to Excavation: -424.37 %

Displacements

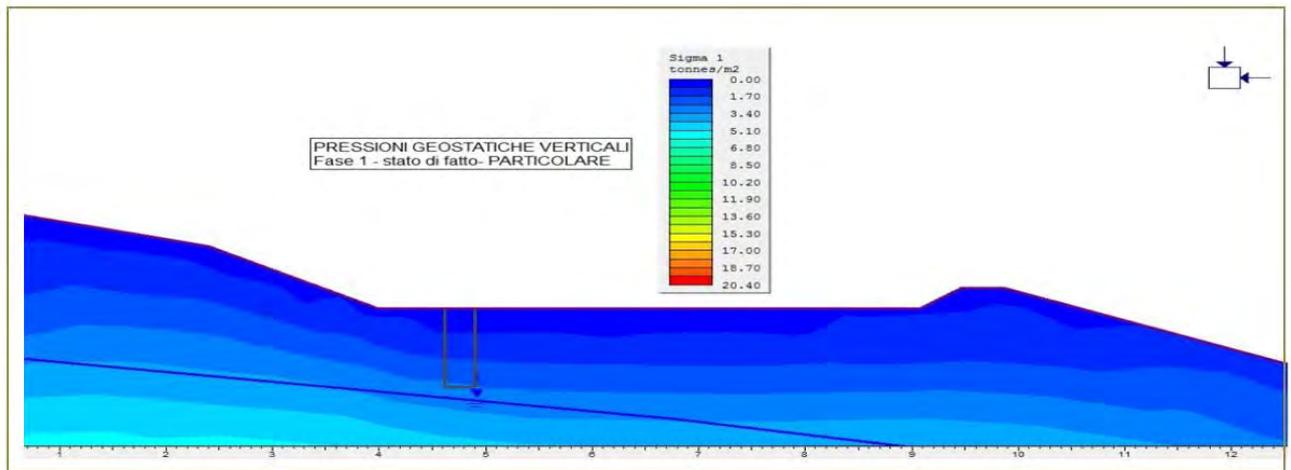
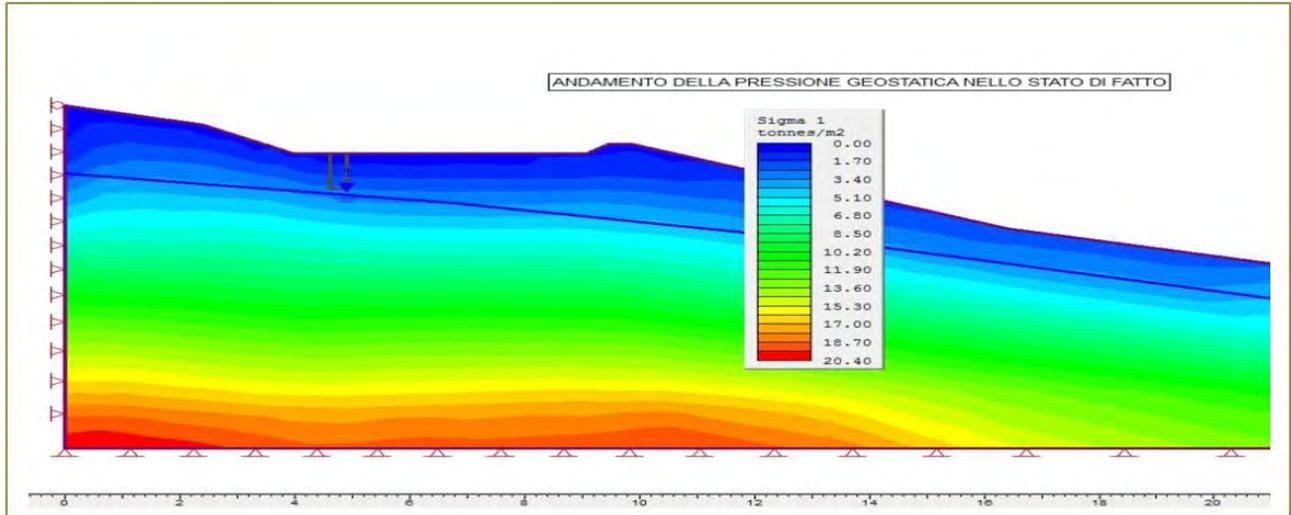
Maximum total displacement for Stato di fatto: 0.110545 m
Maximum total displacement for Scavo e posa condotta: 0.125059 m
Maximum total displacement for Chiusura scavo: 0.126825 m

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

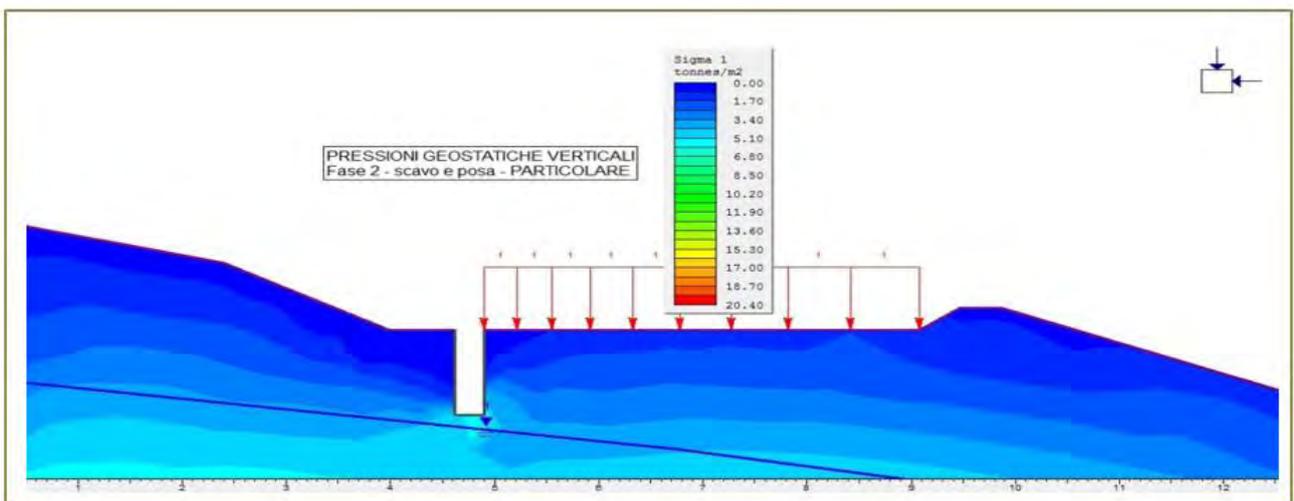
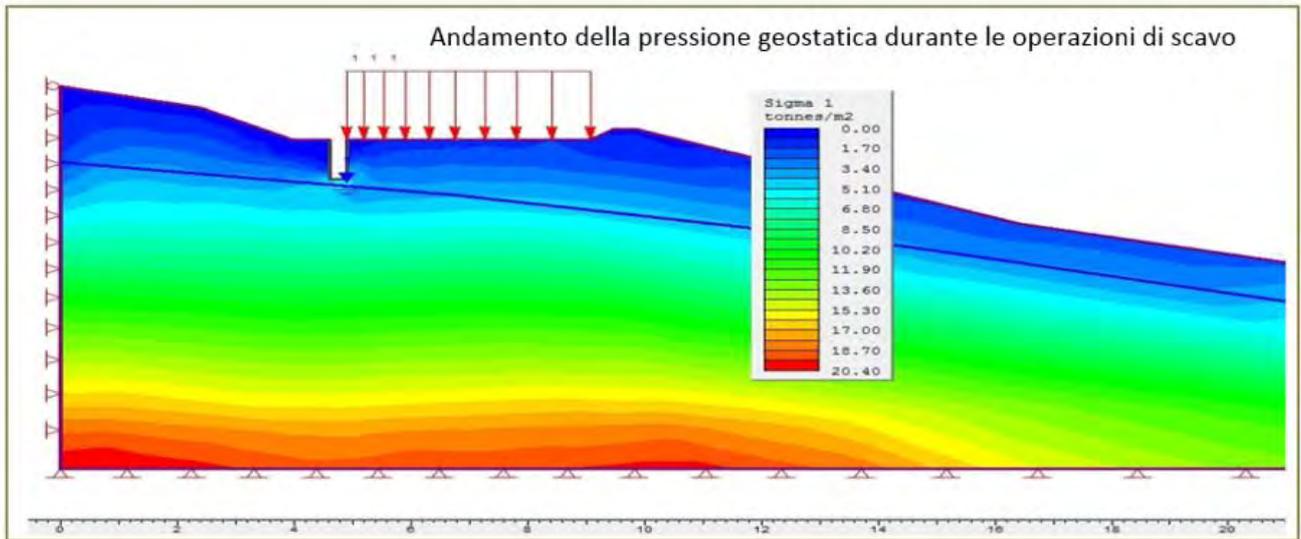
I risultati delle analisi FEM sono compendati dai grafici successivi che non hanno bisogno di commento:



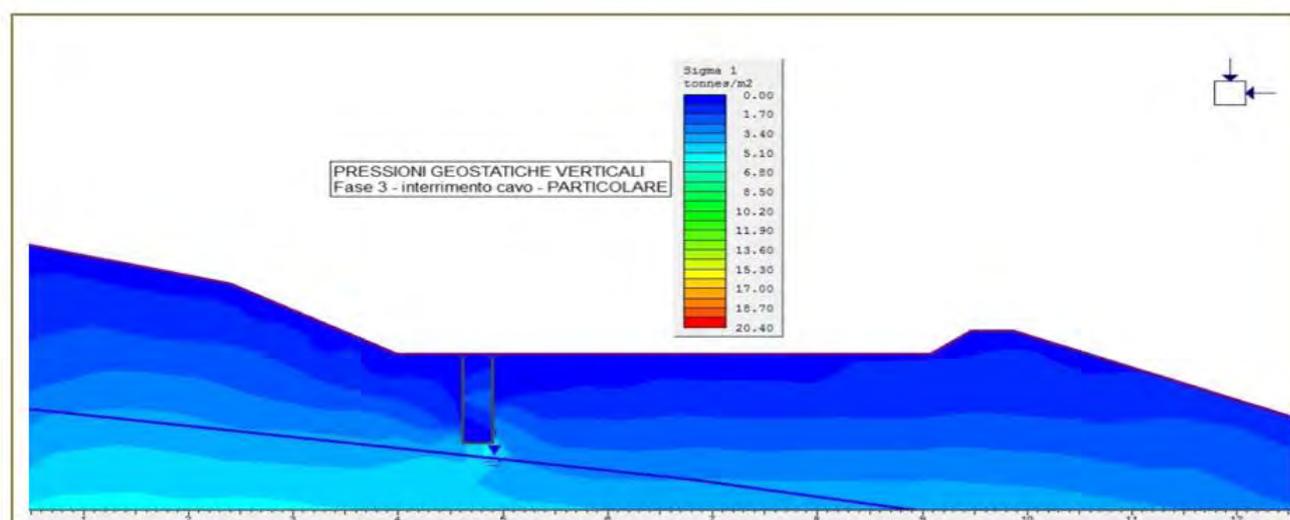
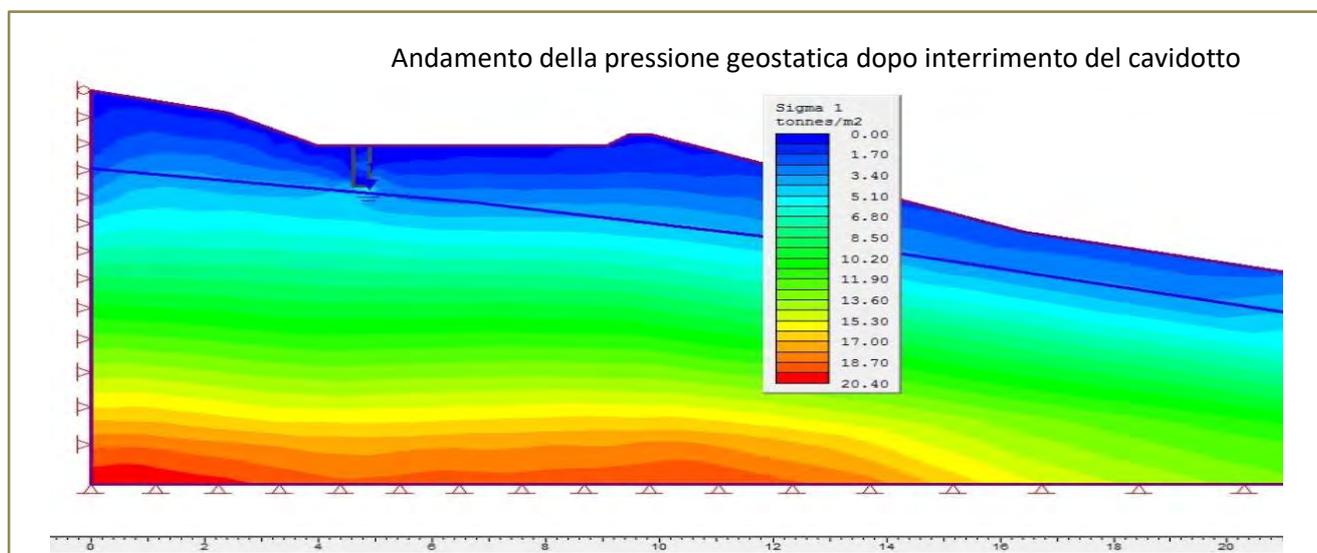
STAGE 1: σ_1

- RELAZIONE GEOLOGICA -

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola (SS) e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva



STAGE 2: σ_1



STAGE 3: σ_1

Come si può notare dalle figure dello Stage 1 allo Stage 3, la condizione *tensionale* σ_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 ininfluente sul grado di *pericolosità e rischio idrogeologico*

Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola (SS) e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva

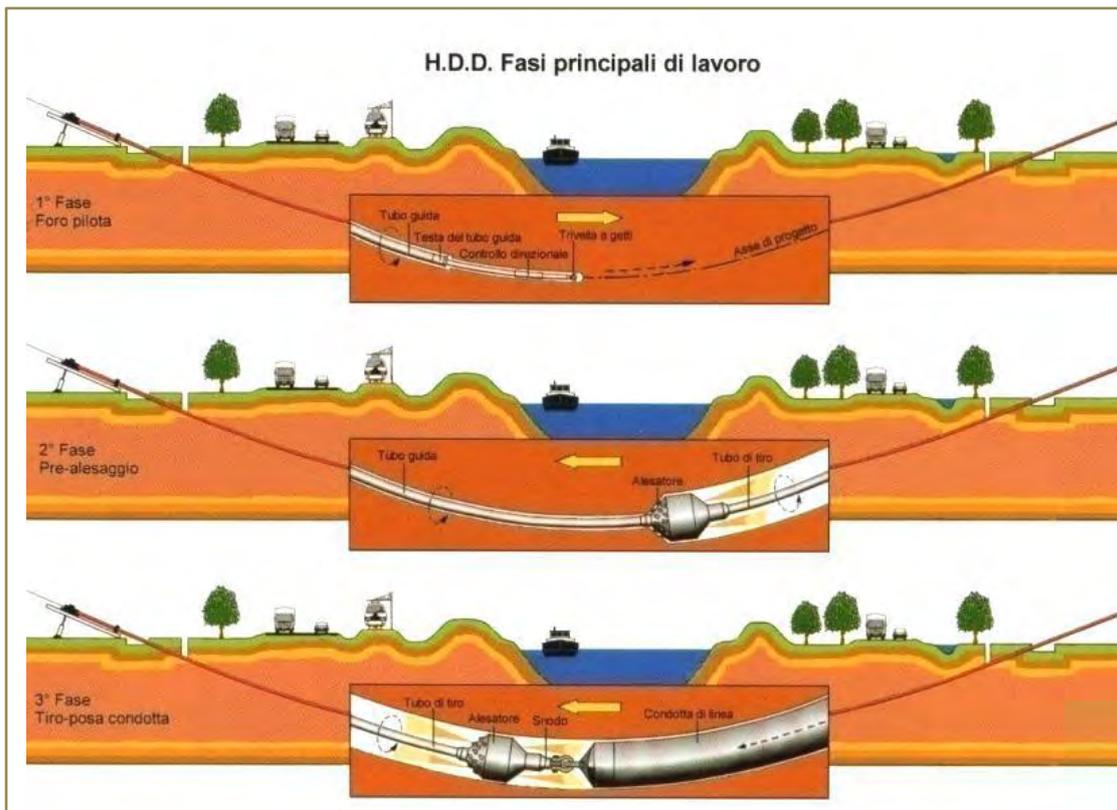
delle aree di sedime. Anche le metodologie di scavo, come avanti riportato, essendo poco o per niente invasive, contribuiranno ancora di più alla realizzazione del cavidotto senza incidere sullo stato tensionale



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.:





9. CONCLUSIONI

Per incarico ricevuto dalla società Marmaria Solare 3 S.r.l., lo scrivente ha redatto la relazione preliminare per il progetto per la “Realizzazione di un impianto agrivoltaico integrato con produzione agricola (SS) e produzione di energia elettrica da fonte rinnovabile fotovoltaica e sistema di accumulo elettrochimico da ubicarsi in agro di Mores (SS) e delle relative opere di connessione alla Stazione Elettrica RTN nel Comune di Bonorva”, per una potenza nominale pari a 65,00 MWp.

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 subpianeggiante 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 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.

Alla luce delle considerazioni fin qui esposte lo scrivente ritiene che nulla osta alla realizzazione del progetto di che trattasi.

Il Geologo
Dott. Antonio DE CARLO

I collaboratori
Dott. Bartolo Romaniello
Dott.ssa Annagrazia Mancini