

**PROGETTO PER LA REALIZZAZIONE DI UN PARCO EOLICO E
DELLE RELATIVE OPERE DI CONNESSIONE ALLA RTN
POTENZA NOMINALE 72 MW**

REGIONE SARDEGNA	PROVINCIA di SASSARI	COMUNE di PORTO TORRES	COMUNE di SASSARI	COMUNE di STINTINO
				
		Località "Margoneddu"	Località "S'Elicheddu"	Località "Pozzo S. Nicola"

Scala:	Formato Stampa:	PROGETTO DEFINITIVO

ELABORATO

A. 2 *RELAZIONE GEOLOGICA*

Progettazione:



R.S.V. Design Studio S.r.l.
 Piazza Carmine, 5 | 84077 Torre Orsola (SA)
 P.IVA 05885970656
 Tel./fax: +39 0974 985490 | e-mail: info@rsv-ds.it

Committenza:



PLANET SARDINIA 2
 PLANET SARDINIA 2 S.r.l.
 Via del Gallitello, 89
 85100 Potenza (PZ)
 P.IVA 02134250766

Responsabili Progetto:

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



Catalogazione Elaborato	ITW_PRT_A2_RELZIONE GEOLOGICA.pdf
--------------------------------	-----------------------------------

Data	Motivo della revisione:	Redatto:	Controllato:	Approvato:
Maggio 2022	Prima emissione	DE CARLO	QV/AS	RSV

INDICE

1. PREMESSA.....	2
2. RIFERIMENTI NORMATIVI E CARTOGRAFICI.....	3
3. UBICAZIONE SITI DI PROGETTO.....	4
4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE.....	5
5. PRIME CONSIDERAZIONI DI CARATTERE GEOTECNICO.....	8
6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA.....	10
7. VALUTAZIONE RISCHIO FRANE ED ALLUVIONAMENTO.....	13
8. CARATTERIZZAZIONE MORFOLOGICA ED IDROLOGICA.....	14
9. CONCLUSIONI.....	25

ALLEGATI:

- -A.16.a.7 – Planimetria ubicazione delle indagini geognostiche da realizzare (scala 1:5000)
- -A.16.a.8 – Carta Geologica (scala 1:5000)
- -A.16.a.9 – Carta Geomorfologica (scala 1:5000)
- -A.16.a.10 – Carta Idrogeologica (scala 1:5000)
- -A.16.a.11 – Profili Geologici (scala 1:5000)
- -A.16.a.12 – Carta dei Bacini Idrografici (scala 1:25000)

1. PREMESSA

Per incarico ricevuto dalla società Planet Sardinia 2 S.r.l., lo scrivente ha redatto la relazione preliminare per il **“Progetto per la realizzazione di un parco eolico e delle relative opere di connessione alla RTN potenza nominale 72 MW”**, nei comuni di Sassari, Stintino e Porto Torres, nella Provincia di Sassari.

L'impianto in progetto sarà costituito da n°12 aerogeneratori, di potenza elettrica unitaria pari a 6 MW, per una potenza complessiva di impianto pari a 72 MWp, da collegarsi mediante elettrodotto interrato in media tensione ad una stazione di trasformazione di utenza RTN 150 KV di futura installazione all'interno del territorio comunale di Sassari.

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.16.a.7 Planimetria con ubicazione delle indagini geognostiche da eseguire.** Nel dettaglio saranno eseguite:

- Indagini geofisiche: n°13 MASW; n°13 sismiche a rifrazione in onda P;
- n°13 Prove penetrometriche (DPSH o CPTU);
- n°13 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, sono riportati nei seguenti allegati:

- A.16.a.7 Planimetria ubicazione delle indagini geognostiche da realizzare
- A.16.a.8 Carta Geologica
- A.16.a.9 Carta Geomorfologica
- A.16.a.10 Carta Idrogeologica
- A.16.a.11 Profilo Geologico
- A.16.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:**

- 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 179 “*Porto Torres*” della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000) e “*Note Illustrative*”;
- Tavole 179-I-SO, 179-II-NO, 179-II-NE della Carta Topografica d'Italia. (scala 1:25.000)
- Elementi 440150, 440160, 441130 e 459010 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), consultabile tramite il geoportale regionale all'indirizzo <http://www.sardegnameoportale.it/webgis2/sardegnameoportale/?map=pai>

3. UBICAZIONE DEI SITI DI PROGETTO

L'area da destinare al campo eolico è localizzata all'interno dei comuni di Porto Torres, Sassari e Stintino, in Provincia di Sassari, ed è situato a circa 6 km in direzione WSW rispetto al centro abitato di Porto Torres, ad una quota media di circa 50 m s.l.m.

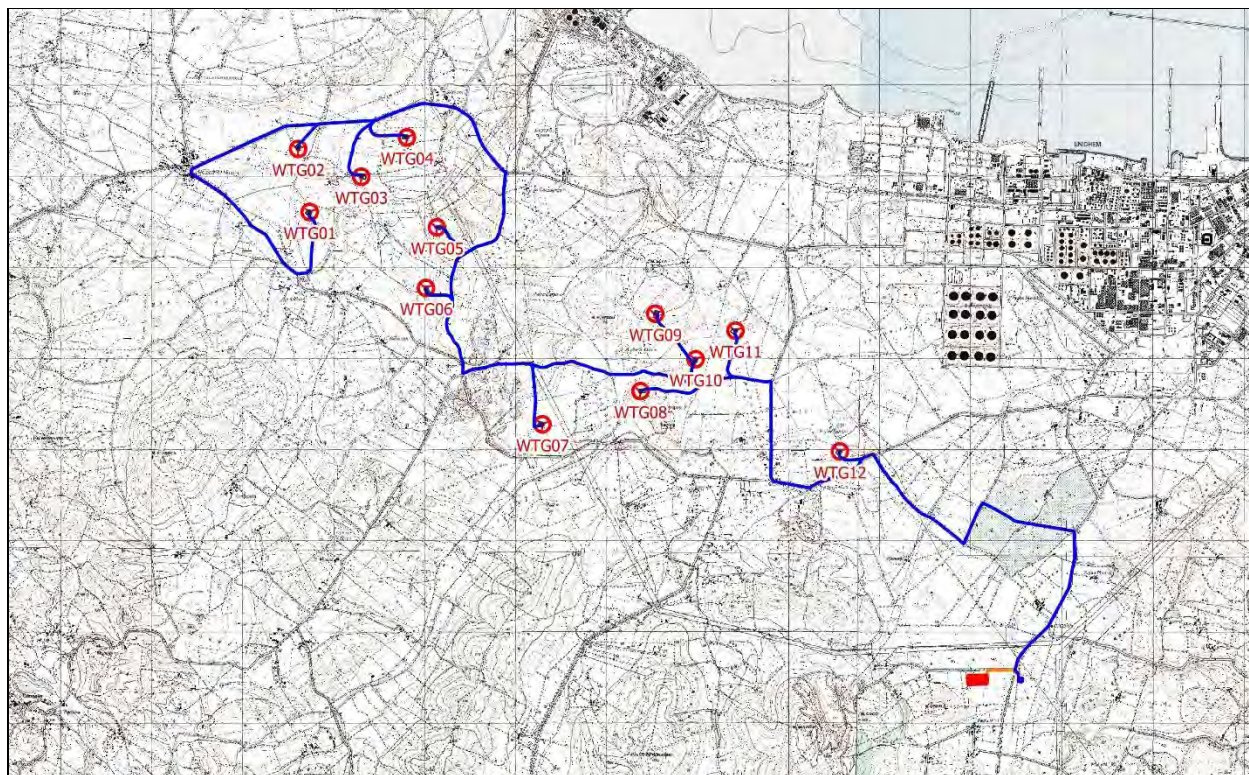


Fig 01: Ubicazione dell'area parco, del cavidotto e della Sottostazione Elettrica

Le coordinate dell'area di progetto del parco sono le seguenti:

Latitudine WGS84= 40.81450520°; Longitudine WGS84 = 8.30285308°

Dal punto di vista cartografico il sito ricade all'interno del Foglio 179 "Porto Torres" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100.000), Tavolette 179-II-NO e 179-II-NE della Carta Topografica d'Italia. (scala 1:25.000), Elementi 440160, 458030, 458040 e 459010 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 (aggiornamento 2018), consultabile tramite il geoportale regionale.

4. INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'area oggetto di studio ricade all'interno del Foglio 179 "Porto Torres" della Carta Geologica d'Italia (scala 1:100000) e vi affiorano, sul lato occidentale, le formazioni più antiche del basamento paleozoico, le coperture mesozoiche della Nurra nel settore centrale, mentre sul lato orientale prevalgono i sedimenti marini miocenici.

Il territorio di Porto Torres, ubicato in prossimità della costa meridionale del Golfo dell'Asinara in un'area piuttosto pianeggiante, si sviluppa sul margine occidentale di un semi-graben, di età terziaria, noto in letteratura come Bacino di Porto Torres, colmato da vulcaniti e sedimenti di ambiente marino di età compresa tra l'Oligocene superiore ed il Miocene superiore.

La geologia dell'area è legata essenzialmente alle dinamiche del Miocene, durante il quale la Sardegna settentrionale era caratterizzata da alcuni bacini di differente natura ed età. Si distinguono bacini transtensivi aquitaniani con orientamento N 60° e bacini burdigaliani, che interessano la zona compresa fra il Golfo dell'Asinara a nord, e l'altopiano di Campeda, a sud, orientati NNW. Uno di questi bacini è il quello di Porto Torres che si configura, come già detto, come un semi-graben che si approfondisce verso est in corrispondenza della faglia di punta Tramontana. I principali sistemi di faglie riconoscibili sono tre: due, orientati rispettivamente NNW e circa E-W, con cinematica prevalentemente diretta, di elevata rilevanza nell'evoluzione tettono-sedimentaria dei bacini; il terzo, orientato circa N-S, è in parte responsabile dell'attuale assetto geometrico dell'area.

Il riempimento del semi-graben di Porto Torres è costituito da tre sequenze stratigrafiche mioceniche principali in copertura sul substrato essenzialmente calcareo dolomitico mesozoico: la sequenza più antica è costituita da sedimenti clastici sabbioso conglomeratici ad elementi di basamento metamorfico e di coperture calcaree mesozoiche seguiti da siltiti e marne arenacee; la seconda sequenza è contraddistinta da una superficie diastemica che marca la deposizione di calcari organogeni a litotamni e accumuli di rodoliti. La sequenza più recente è caratterizzata da una successione clastica costituita da depositi alluvionali in cui si alternano conglomerati ad elementi di quarzo, metarenarie quarzose e vulcaniti acide permiane, con argille caolinitico-illitiche.

Nel settore più occidentale dell'area di studio affiorano i terreni del complesso metamorfico geometricamente più basso del basamento paleozoico, costituito in prevalenza da micascisti e paragneiss con intercalazioni di quarziti e anfiboliti; nel settore centrale affiorano dolomie e calcari marnosi mesozoici, con calcari organogeni in facies di Muschelcalk e dolomie più o meno marnose in facies del Keuper. I terreni mesozoici meglio rappresentati sono le alternanze di calcari oolitici e calcari marnosi giurassici interessati da una tettonica plicativa che genera anticlinali a piano assiale verticale,

piuttosto serrate e sinclinali ad ampio raggio di curvatura. Una tale tettonica deve essere stata influenzata dalla presenza di evaporati triassiche che possono aver agito come livello di scollamento, alla base della successione. In copertura sono presenti, principalmente nel settore centro settentrionale, i depositi alluvionali del Fiume Santo, prevalentemente argillosi. Ad est affiorano i sedimenti marini miocenici: la costa è costituita da falesie modellate in calcari marnosi e marne arenacee del Miocene medio, mentre l'entroterra è caratterizzato sia da calcareniti mioceniche che da modesti affioramenti di rocce vulcaniche.

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.16.a.8) e schematizzato nell'elaborato *Profili Geologici (A.16.a.11)* sono, dall'alto verso il basso stratigrafico, quelle di seguito descritte:

- a) **Depositi Palustri:** costituiti da limi, argille limose, fanghi torbosi con materia organica e intercalazioni sabbiose (*Olocene*)
- b) **Depositi Eluvio-Colluviali:** depositi continentali costituiti da coltri detritiche lungo i versanti calcarei e calcareo-marnosi, spesso rimodellati dai processi erosivi. (*Olocene*)
- c) **Depositi Alluvionali:** costituiti da successioni eteropiche sabbiose e ghiaiose con subordinati corpi lentiformi limosi e argillosi. (*Olocene*)
- d) **Depositi Alluvionali terrazzati:** costituiti in prevalenza da una litofacies ghiaioso-sabbiosa terrazzata, costituita da ghiaie con granulometria da media a grossolana, con subordinati corpi lentiformi sabbiosi. (*Pleistocene sup.*)
- e) **Litofacies Argillosa del Fiume Santo:** costituita da successioni eteropiche di argille e limi arrossati, originatisi per fenomeni di decantazione nella allora piana alluvionale, conseguentemente ad episodi di alluvionamento, con livelli e lenti ghiaiosi in matrice argilloso-limosa e/o sabbiosa, con ciottoli di basamento paleozoico, vulcaniti e calcari mesozoici, provenienti dall'erosione delle formazioni affioranti in gran parte dell'area di alimentazione del bacino imbrifero del Fiume Santo. (*Tortoniano - Messiniano*)
- f) **Litofacies Sabbioso-Conglomeratica:** costituita da arenarie e conglomerati a cemento carbonatico, fossiliferi e bioturbati, con intercalazioni di depositi sabbioso-arenacei quarzoso-feldspatici a grana medio-grossa, localmente ricchi in ossidi di ferro. (*Burdigaliano sup. - Langhiano medio-sup.*)
- g) **Litofacies Calcareo-Marnosa:** costituita da fitte alternanze di marne grigio-giallognole con subordinati calcari marnosi, calcari dolomitici, di calcari grigi e di calcari dolomitici cariati con

intercalazioni di argille varicolori gessifere. Si tratta di depositi carbonatici di piattaforma di ambiente circalitorale e transizionale. (*Lias - Malm*)

h) **Litofacies Dolomitica:** costituita da dolomie e calcari dolomitici, calcari bioclastici, calcari selciferi, calcari marnosi e marne, con intercalazioni di arenarie quarzose. Alla base calcari e dolomie scure di ambiente lacustre a carofite. (*Trias sup.*)

i) **Basamento:** costituito da filladi e filladi sericitiche e quarzifere grigie, verdastre, scure e nere (carboniose), quasi ovunque iniettate di quarzo con frequenti intercalazioni di quarzitoscisti e di quarziti compatte sericitiche. (*Cambriano*)

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.

Di seguito si riporta lo stralcio del Foglio 179 “Porto Torres” della Carta Geologica d’Italia (scala 1:100000) con la sovrapposizione del parco eolico, il cavidotto e la sottostazione (Fig 02).

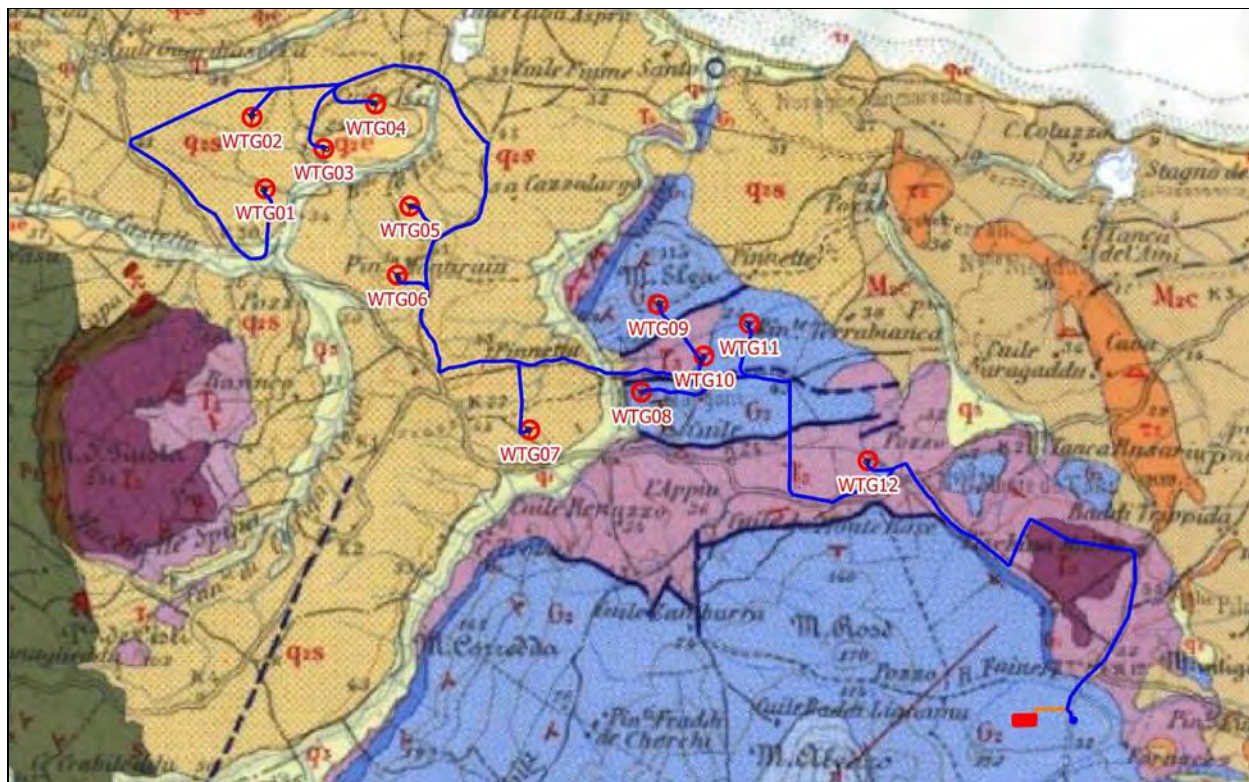


Fig. 02: Stralcio del Foglio 179 “Porto Torres” della Carta Geologica d’Italia, scala 1:100000 relativo al sito di progetto

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.

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.

Come accennato, 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: DEPOSITI PALUSTRI

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
1.80	1.95	21	0.00	40.00	30.00	0.47

b) Unità litotecnica 2: DEPOSITI ELUVIO-COLLUVIALI-

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
1.80	1.95	22	0.00	60.00	50.00	0.47

c) Unità litotecnica 3: DEPOSITI ALLUVIONALI

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
1.85	2.00	26	0.00	80.00	70.00	0.46

d) Unità litotecnica 4: DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
1.95	2.15	30	0.00	110.00	100.00	0.46

e) Unità litotecnica 5: LITOFACIES ARGILLOSA DEL FIUME SANTO

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
1.95	2.10	22	1.00	70.00	65.00	0.47

f) Unità litotecnica 6: LITOFACIES SABBIOSO-CONGLOMERATICA

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
2.10	2.20	30	1.00	150.00	140.00	0.44

g) Unità litotecnica 7: LITOFACIES CALCAREO-MARNOSA

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
2.15	2.25	24	2.5	130.00	120.00	0.42

h) Unità litotecnica 8: LITOFACIES DOLOMITICA -- BASAMENTO

γ_{nk} (t/m ³)	$\gamma_{sat k}$ (t/m ³)	ϕ'_k (gradi)	C'_k (t/m ²)	Ed'_k (kg/cm ²)	E (kg/cm ²)	μ
2.30	2.35	35	5.00	400.00	350.00	0.35

Legenda:

γ_{nk} (t/m³): Peso dell'unità di volume; γ_{satk} (t/m³): Peso dell'unità di volume saturo; ϕ'_k (gradi): Angolo di attrito interno; C'_k (t/m²): Coesione consolidata-drenata; Cu_k (t/m²): Coesione non consolidata-non drenata; Ed'_k (kg/cm²): Modulo Edometrico; E (kg/cm²): Modulo Elastico λ : Coefficiente di Poisson

6. CARATTERIZZAZIONE IDROGEOLOGICA

Le caratteristiche idrogeologiche dei terreni affioranti sono molto differenziate e questo dipende 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.16.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:

I. Terreni da permeabili a mediamente permeabili per porosità e fessurazione (coefficiente di permeabilità dell'ordine di $K = 10^{-3} - 10^{-4}$ m/s): A questo complesso idrogeologico appartengono i *Depositi Palustri*, i *Depositi Eluvio-Colluviali*, i *Depositi Alluvionali*, i *Depositi Alluvionali Terrazzati*, la *Litofacies Argillosa del Fiume Santo*, la *Litofacies Sabbioso Conglomeratica*.

I *Depositi Palustri*, i *Depositi Eluvio-Colluviali* e la *Litofacies Argillosa del Fiume Santo* possono essere considerati *mediamente permeabili per porosità e fessurazione* in quanto risultano costituiti da materiale argilloso limoso che fa da matrice ad uno scheletro ghiaioso sabbioso. Infatti, 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.

I *Depositi Alluvionali*, i *Depositi Alluvionali Terrazzati* e la *Litofacies Sabbioso Conglomeratica*, invece, possono essere considerati *in grande permeabili per porosità e fessurazione*. Infatti, risultano costituiti da materiale sabbioso 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. In particolare la *Litofacies Sabbioso-Conglomeratica* è costituita da conglomerati poligenici con ciottoli arrotondati, immersi in matrice sabbioso-limosa, generalmente da ben addensati fino a litificati, mal stratificati o in grossi banchi, con intercalazioni di livelli di limi sabbiosi e sabbie, arenarie.

II. Terreni mediamente permeabili per porosità e fratturazione (coefficiente di permeabilità dell'ordine di $K = 10^{-4} - 10^{-5}$ m/s): Fanno parte di questo complesso idrogeologico la *Litofacies Dolomitica e Calcarea* ed il *Basamento*.

La *Litofacies Dolomitica e Calcarea* è caratterizzata da una *permeabilità secondaria per fatturazione e per carsismo* dovuta ai giunti di stratificazione, all'azione tettonica, quindi, alla fatturazione della roccia (*diaclassi e leptoclassi*), 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 tali da non interferire con il progetto in esame.

I litotipi afferenti al così detto *Basamento* evidenziano in generale una serie di fratturazioni anche di raffreddamento e di detensionamento, con una matrice differentemente alterata, da molto a parzialmente arenizzata con nuclei di roccia moderatamente dura, oltre a discontinuità dovute ai giunti di stratificazione, all'azione tettonica, quindi, alla fatturazione della roccia in cui i moti di filtrazione sono essenzialmente verticali o subverticali.

Sia la *Litofacies Dolomitica e Calcarea* che il *Basamento*, per le prime decine di metri, a partire dal piano campagna, sono caratterizzato 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 che ne condizionano la permeabilità. Con l'aumento della profondità, invece, il grado di permeabilità diminuisce poiché, 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.

Il modello idrogeologico dell'area parco è costituito da una stratigrafia di unità litologiche che in grande sono da ritenersi *permeabili per porosità, per fessurazione o per fratturazione* che hanno complessivamente spessori di qualche centinaia di metri e che, proprio per il loro carattere di *permeabilità*, garantiscono l'infiltrazione delle acque meteoriche, veicolandole in profondità dove, diminuendo il grado di permeabilità, si possono formare 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 tutte le opere previste in progetto in nessun modo possono interferire con l'acquifero profondo, in quanto, le fondazioni delle pale eoliche avranno uno scavo pari all'altezza del plinto di fondazione che, generalmente, è compresa tra i 2 e i 4.00 m (con una media di 3.00 m). Anche eventuali pali di fondazione che, alla luce delle caratteristiche litotecniche apprezzate macroscopicamente in loco avranno lunghezze contenute (verosimilmente tra 15 e 20 m), per le leggi che governano la geotecnica, comunque saranno 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 persistere in ambito superficiale. Chiaramente nella fase escutiva i fori di sondaggio previsti saranno attrezzati con tubi piezometrici al fine di verificare la presenza o meno di acque di circolazione superficiale, al fine di individuare sia soluzioni geotecniche per il calcolo della struttura fondale, sia la sua giusta geometrizzazione in modo tale da andare a scongiurare interferenze importanti con eventuali acque di falda superficiali. In merito si ritiene che, alla luce delle caratteristiche geotecniche dei terreni in affioramento, geotecnicamente sia possibile ipotizzare una fondazione diretta o superficiale (aumentando il diametro del plinto di qualche metro) e, quindi, con profondità di scavo ridotta; diversamente, nel caso di fondazioni su pali, si procederebbe: con l'aumento dell'interasse dei pali stessi evitando ancor più il suddetto "effetto diga"; l'escavazione avverrebbe con l'utilizzo del tubo camicia; si modulerebbe la lunghezza dei pali in funzione di eventuali acquiferi effimeri in ambiti più superficiali.

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 eolico e queste/questi ultimi, così come anche riportato dalle cartografie consultate.

Per la rappresentazione cartografica dell'idrogeologia si rimanda all'Allegato A.16.a.10.

6. 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'area sulla quale sorgerà il parco eolico è intersecata da alcune *aree a pericolosità da frana moderata e media Hg1 e Hg2*, che in alcuni casi (WTG01, WTG03, WTG05) lambiscono i siti di progetto. Brevi tratti del cavidotto, inoltre, attraversano alcuni areali definiti a *pericolosità idraulica molto alta Hi4* e a *pericolosità da frana moderata Hg1*. Per gli attraversamenti degli areali a *pericolosità idraulica molto alta* da parte di cavidotti, le vigenti norme del PAI non richiedono lo studio di compatibilità idraulica (ai sensi dell'art.24), "qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna e estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano di campagna per una altezza massima di 50 cm, che per le situazioni di parallelismo non ricadano in alveo e area golenale". Per quanto riguarda gli attraversamenti degli areali a pericolosità da frana moderata, invece le norme de PAI non prevedono particolari prescrizioni che vincolino la realizzazione delle opere di progetto. Le restanti porzioni non ricadono in areali a rischio da frana, a pericolosità geomorfologica o idraulica (Fig.3).

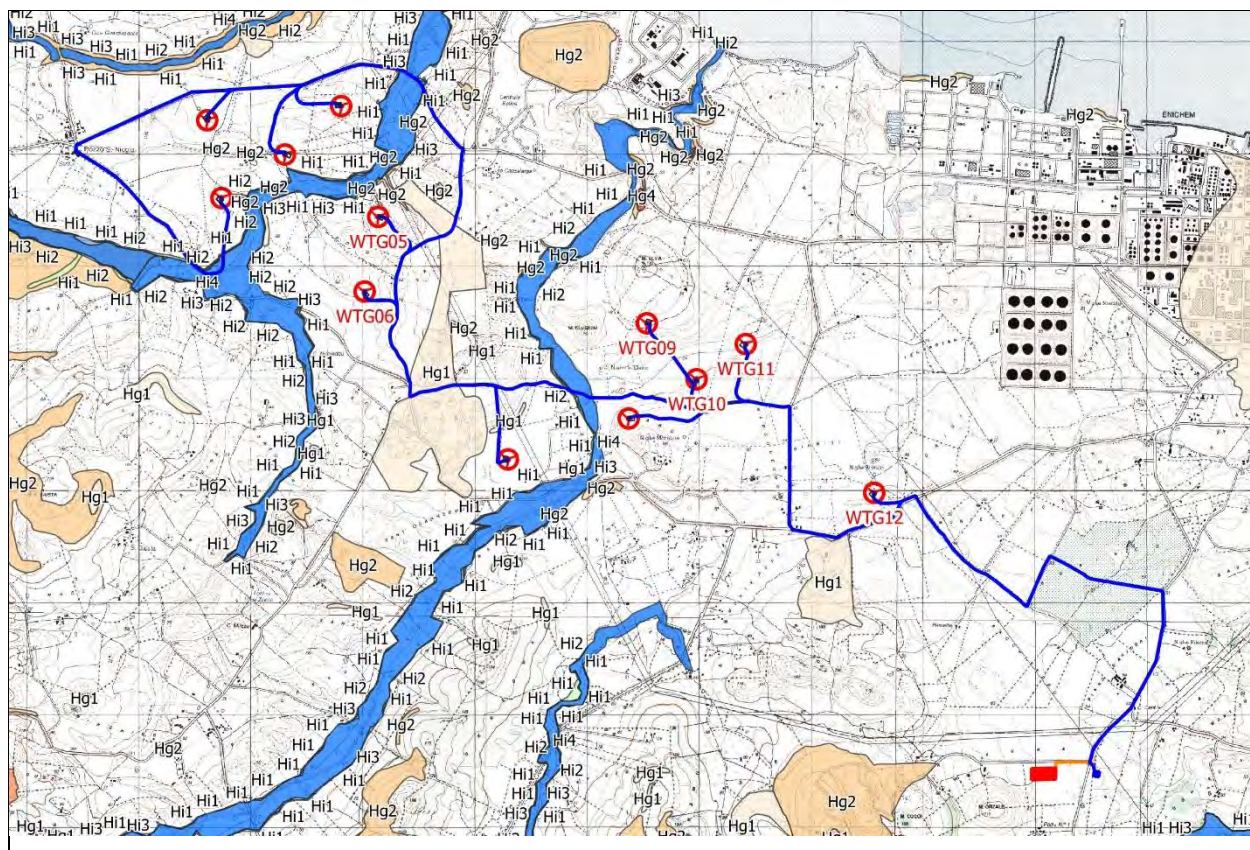


Fig. 03: PAI dell'AdB – Sede Sardegna, con ubicazione dell'area di sedime, del cavidotto e delle sottostazioni

Pertanto, in riferimento alle norme d'attuazione del PAI, gli interventi previsti in progetto ricadenti nell'ambito della pericolosità idraulica sono realizzabili seguendo le prescrizioni descritte nella Relazione Generale del Piano di Stralcio per l'assetto idrogeologico della Regione Sardegna. Per tutti gli altri interventi previsti si esprime giudizio positivo sulla loro fattibilità e compatibilità idrogeologica.

7. 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 impostati sulle formazioni mesozoiche separati tra loro da vaste aree sub pianeggianti. Le forme di questi rilievi risultano arrotondate ed addolcite dal modellamento dei versanti durante il lungo periodo di emersione.

Le aree del progetto si sviluppano su morfologia poco inclinata, costituita da un substrato prevalentemente calcareo dolomitico di ambiente marino, nel settore orientale, e da una coltre argillosa con livelli e lenti conglomeratici tardo miocenica di ambiente fluviale nella porzione più occidentale. Il territorio si distribuisce su due bacini idrografici principali: il bacino del Rio Mannu, ad est, e quello del Fiume Santo, ad ovest, entrambi a carattere permanente e con pattern poco ramificato che si sviluppa prevalentemente su un sistema di valli arrotondate o dal fondo piatto.

La morfologia collinare risulta condizionata dalla natura litologica dei terreni affioranti, caratterizzata da superfici pianeggianti o poco inclinate. La continuità di queste superfici è interrotta dai corsi d'acqua, ed in modo particolare dal Fiume Santo. Forme di dilavamento superficiale più spinto sono state osservate sul versante occidentale del rilievo di Monte Alvaru in corrispondenza dei tratti di versante più acclivi, a sud dell'area di studio. Si tratta comunque di fenomeni di erosione superficiale a carico dei sottili ricoprimenti di suolo che non hanno riflessi sulla stabilità complessiva dei versanti. La morfologia di questo settore è pertanto nel complesso stabile.

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, sono localmente lambiti da *aree a pericolosità da frana moderata e media Hg1 e Hg2*, che in alcuni casi (WTG01, WTG03, WTG05). Brevi tratti del cavidotto, inoltre, attraversano alcuni areali definiti a *pericolosità idraulica molto alta Hi4* e a *pericolosità da frana moderata Hg1*. Per gli attraversamenti degli *areali a pericolosità idraulica molto alta* da parte di cavidotti, le vigenti norme del PAI non richiedono lo studio di compatibilità idraulica (ai sensi dell'art.24), *“qualora sia rispettata la condizione che tra piano di campagna e estradosso ci sia almeno un metro di ricoprimento, che eventuali opere connesse emergano dal piano di campagna per una altezza massima di 50 cm, che per le situazioni di parallelismo non ricadano in alveo e area golenale”*. Per quanto riguarda gli

attraversamenti degli areali a pericolosità da frana moderata, invece le norme de PAI non prevedono particolari prescrizioni che vincolino la realizzazione delle opere di progetto. Le restanti porzioni non ricadono in areali a rischio da frana, a pericolosità geomorfologica o idraulica

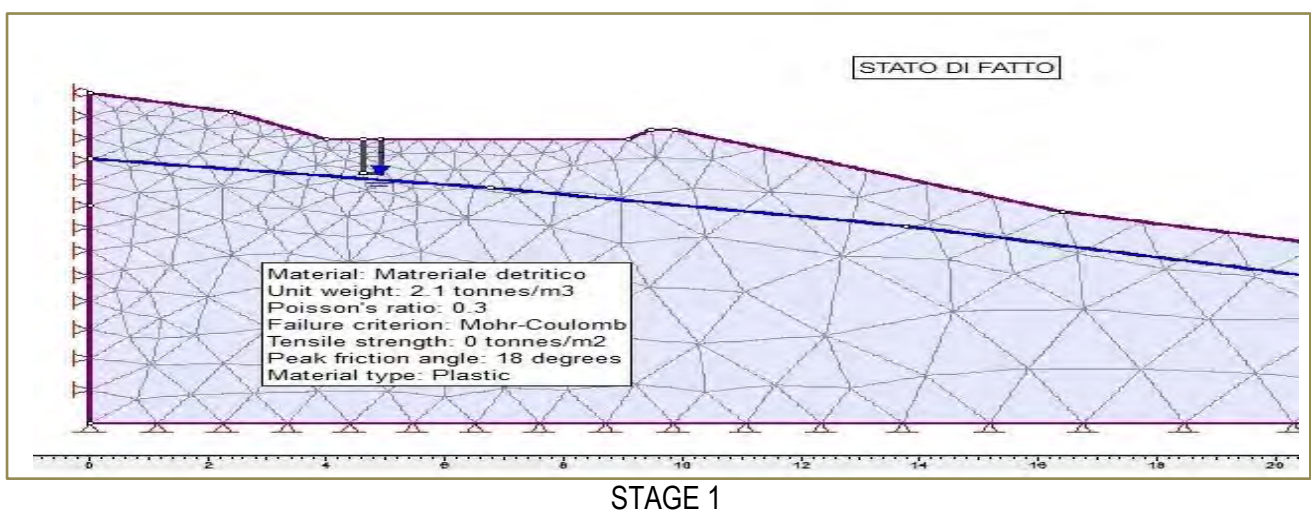
Dall'analisi stereoscopica delle foto aeree di qualche anno fa e dal rilevamento geomorfologico in sito, è stato possibile verificare che i pendii in studio presentano un andamento morfologico regolare senza segni di forme e fenomeni di movimenti gravitativi in atto o in preparazione. Inoltre, non sono 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 parco eolico 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 fondazione.

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.

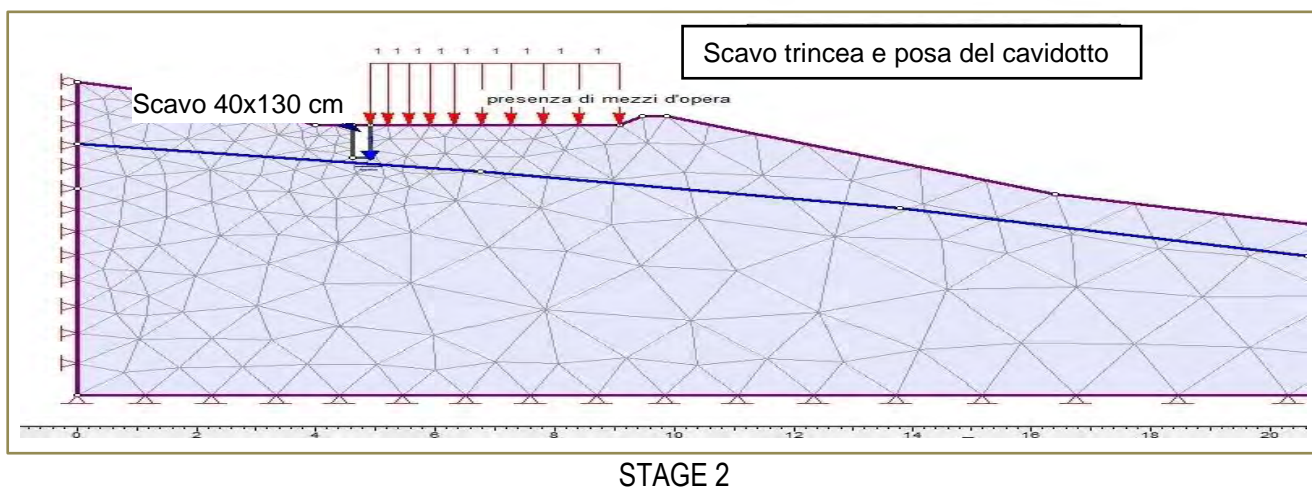
I valori dei parametri fisico-meccanici assunti non hanno nessuna importanza per la finalità dell'esempio che, invece, vuole evidenziare come non si ha alcuna variazione tensionale, a prescindere dalle caratteristiche litotecniche del terreno attraversato dal cavidotto elettrico.

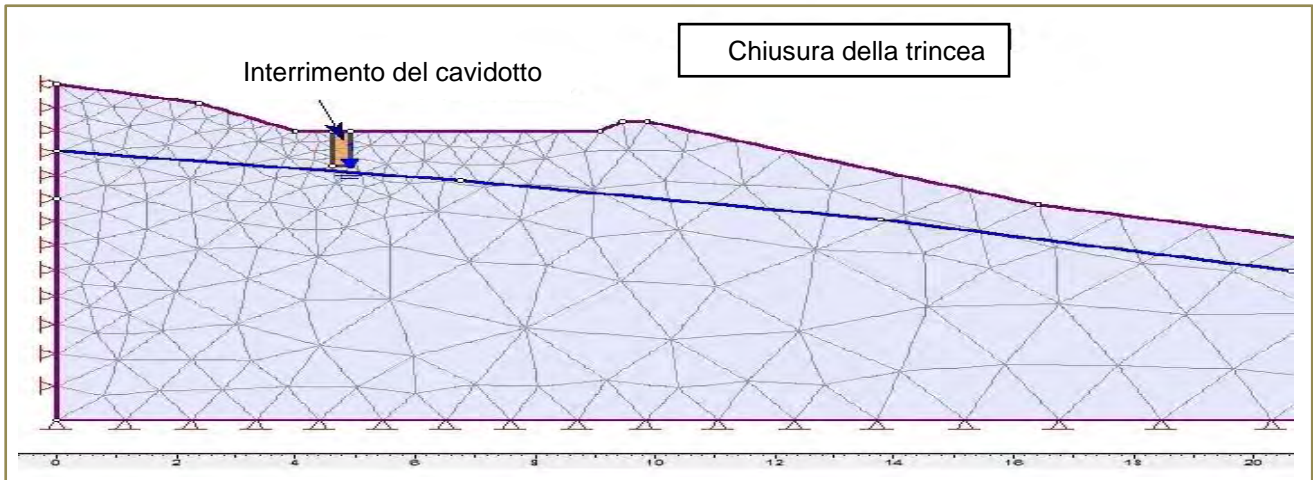
A vantaggio di calcolo è stata prevista anche la falda nello strato detritico o di alterazione.

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 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: Materiale 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

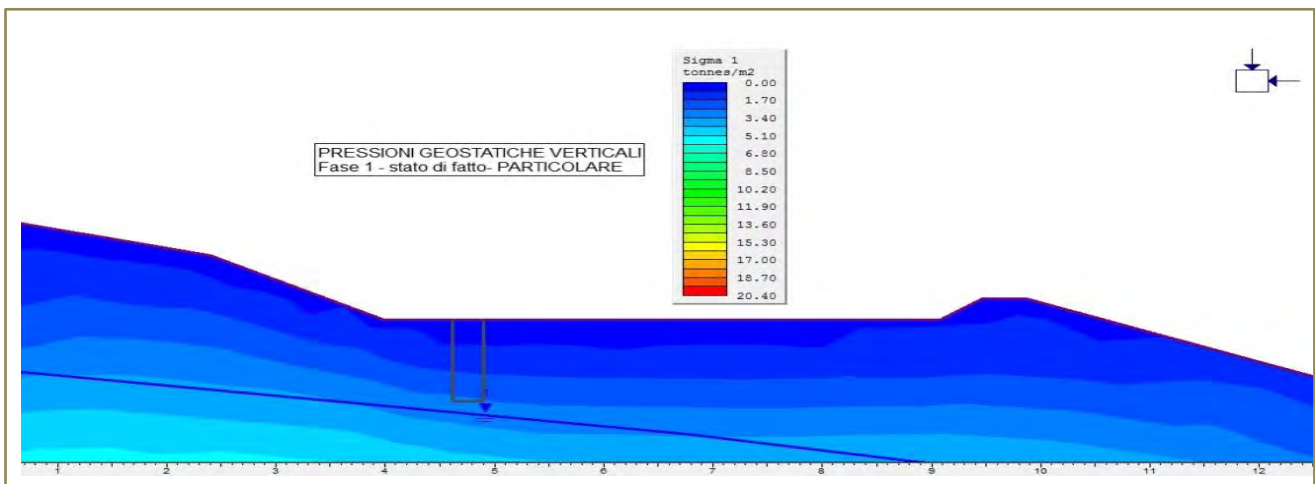
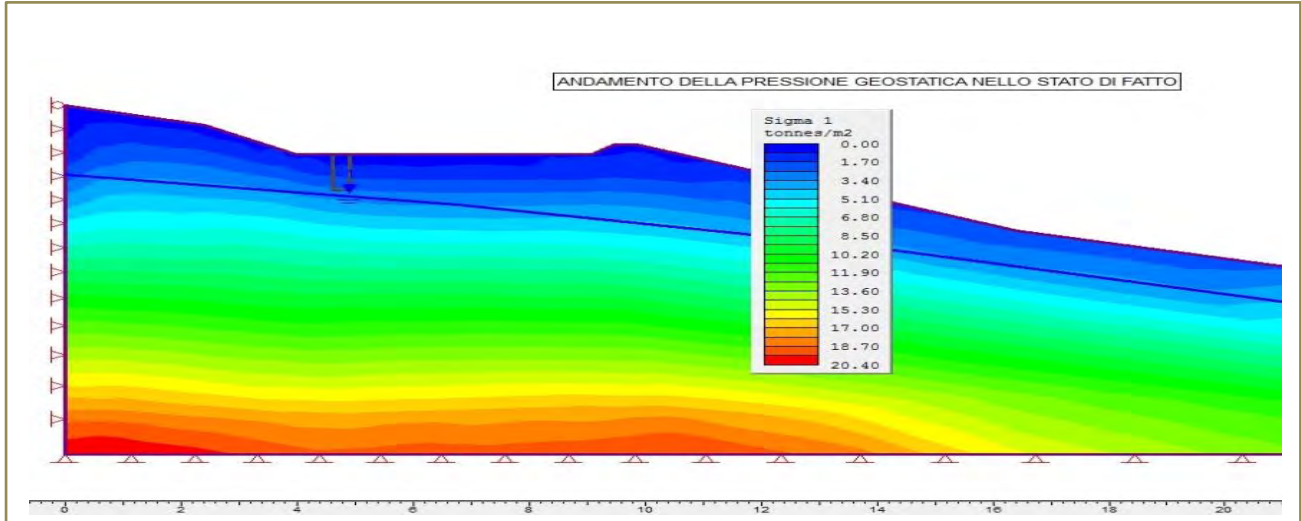
Yielded Elements

Yielded Mesh Elements

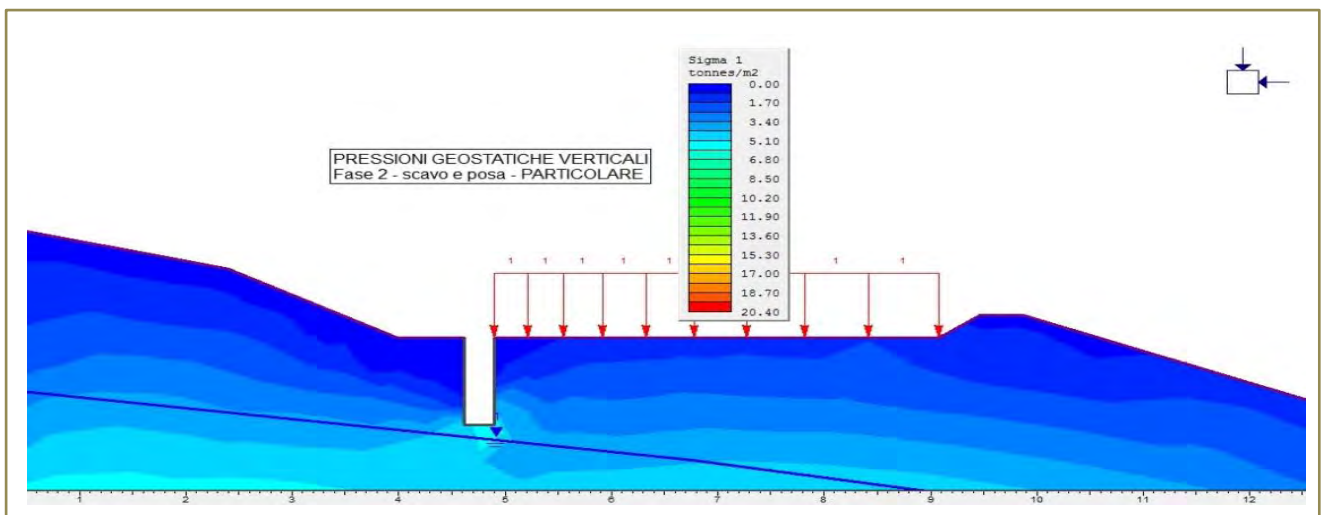
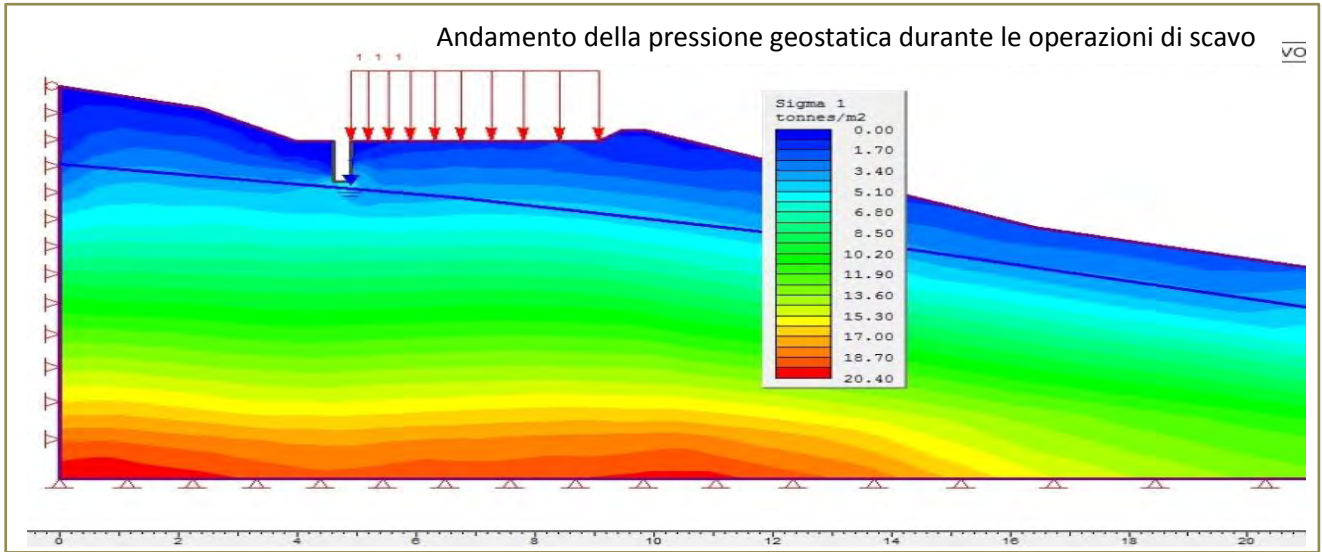


Number of yielded mesh elements on Stato di fatto: 486
Number of yielded mesh elements on Scavo e posa condotta: 482
Number of yielded mesh elements on Chiusura scavo: 500

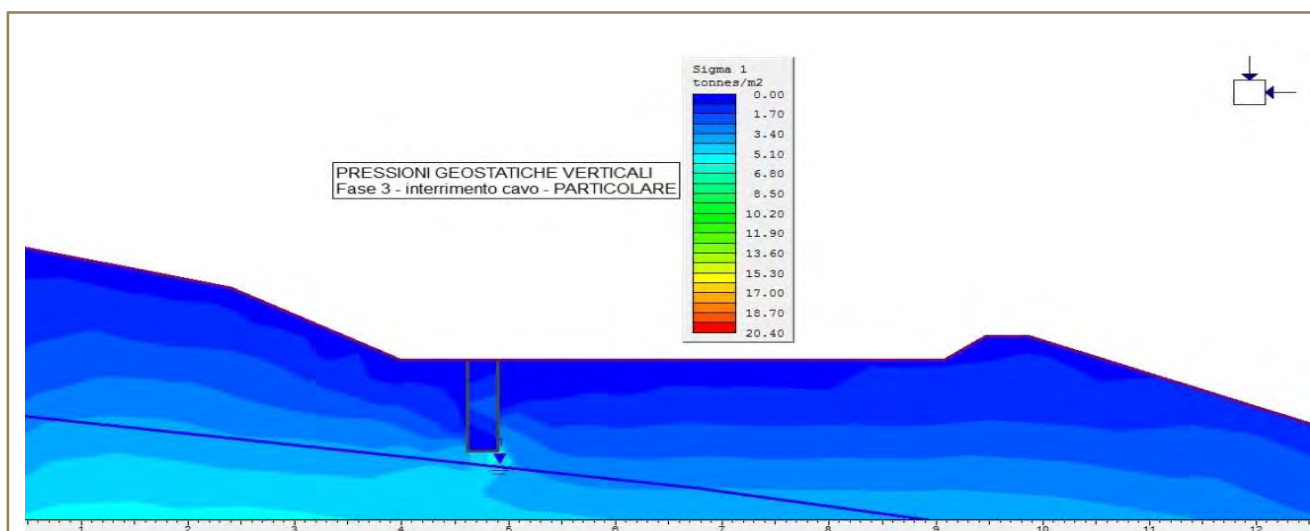
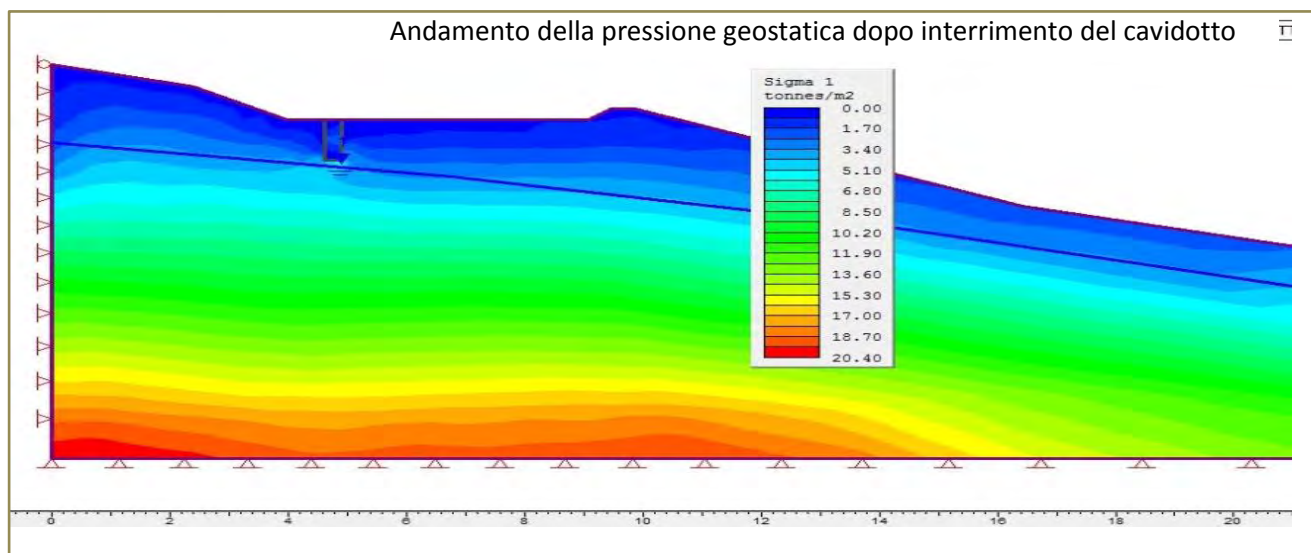
I risultati delle analisi FEM sono compendati dai grafici successivi che non hanno bisogno di commento:



STAGE 1: σ_1



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* 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

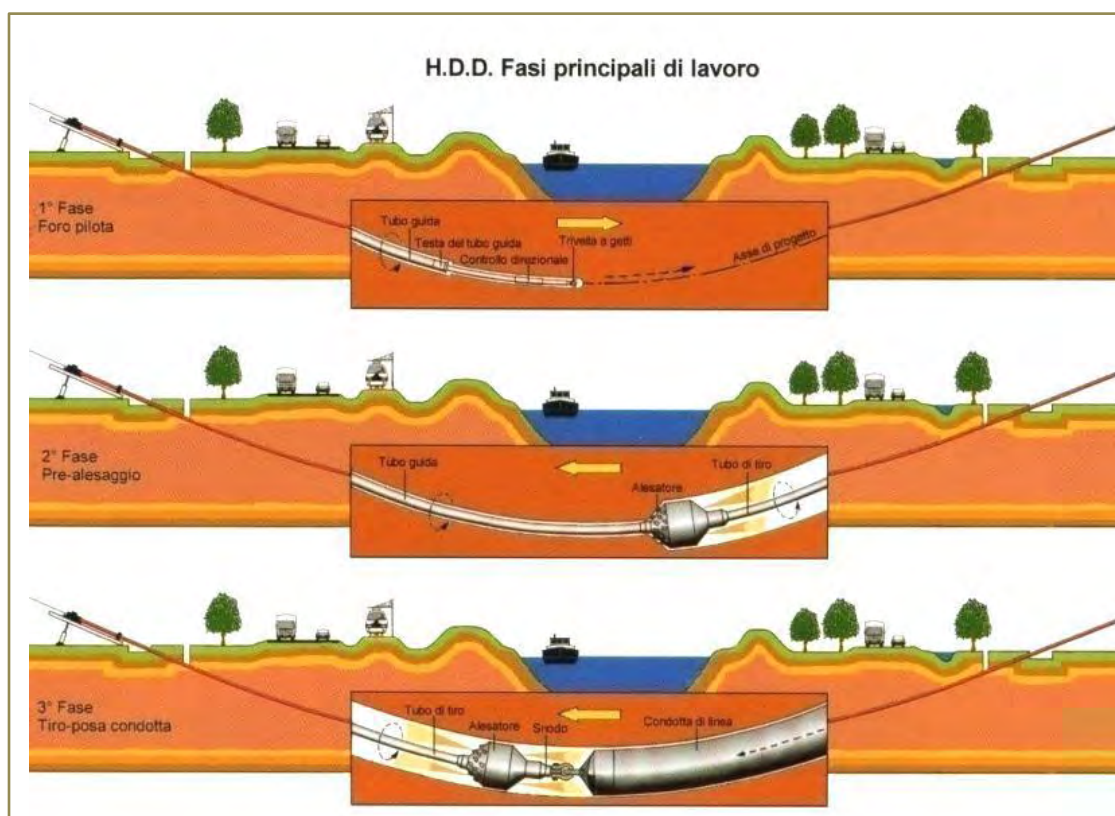


di minimizzare quelli delle trincee in cui posare il cavidotto. Nel dettaglio, saranno eseguite microtrincee tramite un'apposita attrezzatura "trencher" (rif. figura laterale) che riduce sia i volumi di scavo che i tempi di realizzazione. Nei terreni di che trattasi sono stimati scavi di lunghezza di 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.16.a.9.

8. CONCLUSIONI

Il presente studio geologico per il “**Progetto per la realizzazione di un parco eolico e delle relative opere di connessione alla RTN potenza nominale 72mw**”, ha illustrato sinteticamente i risultati interpretativi a cui si è giunti attraverso l'analisi geologica di superficie condotta nell'intera area parco.

Il progetto prevede l'installazione di n°12 aerogeneratori, di potenza elettrica unitaria pari a 6 MW, per una potenza complessiva di impianto pari a 72 MWp, da collegarsi mediante elettrodotto interrato in media tensione ad una stazione di trasformazione di utenza RTN 150 KV di futura installazione all'interno del territorio comunale di Sassari.

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 degli aerogeneratori 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 fondazione.

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

Geol. Felice FINIZIO

Il Geologo

Dott. Antonio DE CARLO