REGIONE LIGURIA
PROVINCIA DI SAVONA
COMUNE DI PONTINVREA

Oggetto: PROGETTO

PARCO EOLICO BRIC AUTZE'

Committente:

EOLO srl
Via Bartolomeo Prieri 4
12016 Peveragno (CN)

Progettisti:

Entec spa
Via Montegrappa, 2
12038 Savigliano (CN)
Tel. +39 0172 370 008
Fax. +39 0172 375 319
www.entec.it

Paolo Ing. **OBERTO**
Matteo Ing. **ANZALONE**
Daniele Ing. **GARNERONE**



Collaboratori:

Paolo Dott. For. **CORRENDO**
Sara Dott.ssa **VIGLIETTI**
Paola Geol. **REVERDITO**
Roberto Consulente faunistico **TOFFOLI**

Elaborato:

M.01.c

Titolo:

Relazione Geologica

Revisione
ottobre 2016

Scala: ---

Relazione geologica relativa alla nuova soluzione progettuale e risposta alla richiesta di dell'approfondimento richiesto dal Dipartimento Ambiente, Settore VIA con nota prot. n. PG/2015/0226721 del 22/12/2015.

Note Legali: proprietà esclusiva della società Entec spa, utilizzo e riproduzione vietate senza alcun accordo scritto

1.PREMESSA 3
2. RIFERIMENTI NORMATIVI 5
3. INQUADRAMENTO GENERALE 7
3.1 Ubicazione topografica e stato dei luoghi 7
3.2 Inquadramento geomorfologico e idrogeologico 7
3.3 Inquadramento geologico 9
3.3.1 VARIAZIONE NUOVA VIABILITA' A PROGETTO 15
4. INDAGINI IN SITO 18
4.1 RILIEVO GEOMECCANICO 18
4.2 PROVE SISMICHE 20
- TORRE 1 (PS1*) 21
- TORRE 2 (PS2*) 22
5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO E GEO-MECCANICHE DELLA ROCCIA 23
5.1 Coltre sciolta/conglomerato - UNITA' GEOTECNICA A 23
5.2 Substrato roccioso – UNITA' GEOTECNICA B 23
6. CLASSIFICAZIONE SISMICA A LIVELLO COMUNALE 26
7 . CONSIDERAZIONI TECNICHE 27
7.1 ADEGUAMENTO STRADA ESISTENTE FINO ALLA ZONA DI IMPOSTA DELLA TORRE 1 28
7.1.1 Stabilità dei fronti di scavo 28
7.2 NUOVA STRADA DI COLLEGAMENTO TRA LA TORRE 1 E LA TORRE 2 30
7.2.1 Fronti di scavo prevalentemente in roccia 30
7.3 SISTEMAZIONE SCARPATE IN FASE DEFINITIVA 31
7.4 FONDAZIONI AEROGENERATORI 33
7.5 OPERE DI REGIMAZIONE A CARICO DELLA SEDE STRADALE 34
8. PIANO DI INDAGINI FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DELLE OPERE FONDAZIONALI 34
9. GESTIONE DEL MATERIALE SCAVATO 35
10. ANALISI AMBIENTALE "PIETRE VERDI" 35
11. CONCLUSIONI 38

Fig. 1 Stralcio mappa satellitare – ubicazione area in studio – modifica ultimo tratto del tracciato
Fig. 2 Stralcio Cartografia dell'Elaborato 2 del P.A.I. "Atlante dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici – Delimitazione delle Aree in Dissesto"
Fig. 3 : Stralcio CTR zona di intervento
Fig. 4: Stralcio Carta geologica zona di crinale
Fig. 5: Stralcio Carta geologica zona di versante
Fig. 6: Diagramma sclerometrico di Schmidt
Fig. 7: Stralcio cartografia della mappatura delle pietre verdi
Fig. 8: Classificazione rocce appartenenti alle pietre verdi: serpentiniti

Foto 1: Coltre eluviale lungo viabilità
Foto 2: Affioramento roccioso di meta gabbri lungo viabilità (sez. 14)
Foto 3: Affioramento roccioso serpentiniti lungo viabilità (sez. 26-27)
Foto 4: Coltre eluviale (sez. 21-22)
Foto 5: tratto B-B
Foto 6: tratto B-B
Foto 7: Primo tratto C-C in coltre
Foto 8: tratto C-C affioramento roccioso
Foto 9: tratto D-D affioramento conglomerato scarpata di monte
Foto 10: tratto D-D affioramento conglomerato
Foto 11: tratto E-E area di imposta torre 1
Foto 12: tratto E-E zona di imposta della nuova strada di collegamento delle due torri
Foto 13: tratto E-E zona di imposta della seconda torre
Foto 14: Posizionamento tromino torre 1
Foto 15: Posizionamento tromino torre 2
Foto 16: Particolare palificata semplice e sua disposizione da "*Manuale Ingegneria Naturalistica, nozioni e tecniche di base (Regione Piemonte)"*
Foto 17: Particolare palificata doppia e sua disposizione da "*Manuale Ingegneria Naturalistica, nozioni e tecniche di base (Regione Piemonte)"*

Allegati:

TAV. M.02.a Carta rilevamento geolitologico su base CTR e sezioni stratigrafiche

ALL. 1 Parametri sismici
ALL. 2 Certificati analisi ambientali sui campioni e documentazione fotografica

1.PREMESSA

La presente relazione rappresenta il documento in cui sono riportate le risultanze dello studio geologico, idrogeologico e sismico per la realizzazione di un parco eolico composto da due pale eoliche, previsto nella zona di spartiacque lungo la costiera del Bric Autzè, nel Comune di Pontinvrea da parte della Società EOLO SrL, con sede a Peveragno (CN).

"Per permettere una lettura facile ed immediata delle integrazioni apportate alla relazione descrittiva, si provvede all'elaborazione del testo, di seguito esposto, con colori diversi a seconda delle modifiche presentate.
In particolare si è fatto uso della seguente rappresentazione grafica:
BLU: indica tutto ciò che, rispetto alla relazione tecnica descrittiva del progetto originario, rappresenta un'integrazione che intende analizzare ed approfondire la nuova soluzione proposta;
NERO: indica tutto ciò che è rimasto invariato rispetto alla relazione tecnica descrittiva del progetto originario; per tale motivo il proponente ritiene che il contenuto sia pienamente valido;
ROSSO: indicano delle note di particolare importanza solitamente presenti in tutti quei capitoli, che a seguito dell'elaborazione della nuova soluzione alternativa, sono stati completamente rivisti ed integrati"

Il presente elaborato riporta le nuove considerazioni, sotto il profilo geologico, dei tratti variati rispetto al progetto presentato in prima istanza: nella presente relazione vengono riportate e tenute valide tutte le considerazioni tecniche esposte per il primo tratto di adeguamento stradale, non oggetto di variazione; vengono invece riportate le nuove considerazioni tecniche per quanto riguarda il nuovo posizionamento delle due torri, le relative piazzole di manovra ed il tratto di nuova viabilità di raccordo tra le due torri.

Il presente elaborato fa seguito a sopralluoghi e ad un'indagine geologica di dettaglio, al fine di:

- valutare il contesto fisico generale nel quale l'area oggetto di intervento si inserisce;
- acquisire una conoscenza delle caratteristiche geologiche, stratigrafico-strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche, meccaniche delle aree interessate dagli interventi e del loro contorno;
- acquisire una diretta conoscenza delle caratteristiche tecniche dei materiali presenti sia a livello generale che a livello puntuale sia in corrispondenza delle modifiche alla sede stradale che in corrispondenza delle singole ubicazioni degli aerogeneratori e delle piazzole di manovra.

La presente relazione vuole essere in ogni caso uno studio per una visione d'insieme preliminare delle condizioni geologiche, idrogeologiche e sismiche dei terreni presenti e si prefigge pertanto di esprimere un giudizio di fattibilità delle previsioni progettuali.

Il modello geotecnico definito nella presente relazione deve essere inteso come modello fisico, non trattando la parte relativa ai modelli di comportamento più propriamente legati alla parte di progettazione. In ogni caso tutti gli aspetti geotecnici affrontati nella presente relazione geologica dovranno comunque essere validati e integrati da parte del progettista strutturista, secondo quanto prescritto dal D.M.14.1.2008.

A seguito di una verifica puntuale eseguita sulla cartografia della Regione Liguria inerente la "Mappatura degli ambiti interessati dalle "Pietre Verdi" della D.G.R. n. 1776/2008)"*Integrazione alla DGR n. 859/2008 – Allegato 3 relativo alla mappatura delle Pietre verdi")*, risulta che gran parte degli interventi in progetto ricadono in area perimetrata appunto a "Pietre verdi".

In questa prima fase quindi viene affrontato, seppur in modo preliminare, in un paragrafo dedicato, l'aspetto di un eventuale rilascio di fibre di amianto (DM 14/05/96) in considerazione della presenza di rocce metamorfiche appartenenti alla categoria delle "Pietre verdi".



Fig. 1 Stralcio mappa satellitare – ubicazione area in studio – modifica ultimo tratto del tracciato

1.1 Quadro degli interventi

Il progetto proposto si compone di una serie di opere primarie e secondarie, sia di tipo puntuale che lineare per le quali esistono livelli di interferenza con l'attuale assetto geologico di diverso peso.

In particolare la presente relazione prende in considerazione:

- ✓ n. 2 aerogeneratori comprensivi delle opere accessorie (piazzole di servizio e ***nuova strada di collegamento***);
- ✓ adeguamento viabilità esistente;
- ✓ n. 1 cabina di consegna;
- ✓ cavidotto di servizio.

La messa in posto degli aerogeneratori ed il relativo adeguamento della viabilità esistente rappresentano le opere di maggior rilevanza sia in termini di allargamento della strada di accesso, sia in ottica strettamente geotecnica (fondazioni).

Per quanto riguarda invece il cavidotto sarà totalmente interrato e si svilupperà sempre lungo viabilità esistente. La messa in opera del cavidotto interrato determinerà interferenze minimali e/o trascurabili sull'assetto geologico delle aree attraversate. Questo in considerazione delle dimensioni degli scavi previsti e del loro carattere di non permanenza con immediata chiusura e ripristino delle condizioni pregresse.

2. RIFERIMENTI NORMATIVI

- D.M. 14/01/2008: Testo Unitario – Norme Tecniche per le Costruzioni
- Delibera della Giunta Regionale n°1362/2010 "Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria ai sensi del DM 14/01/2015"
- D.G.R. n. 1423/2013 Terre e rocce da scavo – Regione Liguria
- L.R. 22/89 Aree sottoposte a vincolo idrogeologico
- D.G.R. n. 1776/2008)"*Integrazione alla DGR n. 859/2008 – Allegato 3 relativo alla mappatura delle Pietre verdi")*
- Pianificazione di bacino (versante padano): norme di attuazione generali del PAI – Piano stralcio per asseto Idrogeologico per le aree che ricadono sotto il controllo dell'autorità di Bacino del Fiume Po / L. n. 83 del 18/05/89 art. 17 comma 6/ter: la zona risulta esclusa dalle aree in dissesto sia di tipo geomorfologico che di tipo idraulico.



Fig. 2 Stralcio Cartografia dell'Elaborato 2 del P.A.I. "Atlante dei Rischi Idraulici ed Idrogeologici – Delimitazione delle Aree in Dissesto"

Indicazione del tracciato – area di intervento – modifica ultimo tratto del tracciato e posizione delle torri

3. INQUADRAMENTO GENERALE

3.1 Ubicazione topografica e stato dei luoghi

L'area d'intervento è ubicato nel Comune di Pontinvrea e più precisamente nel settore di spartiacque in corrispondenza del versante meridionale del bacino del Rio Roccheggio, affluente in sponda sinistra del Rio del Giovo e del versante verso il quadrante settentrionale in sponda orografica destra del Torrente Erro.

Dallo stralcio del CTR 1:10.000 (212.140) si ricava che il posizionamento delle turbine risulta nella fascia di spartiacque ad una quota altimetrica di circa 750m slm, con direzione NE-SO.

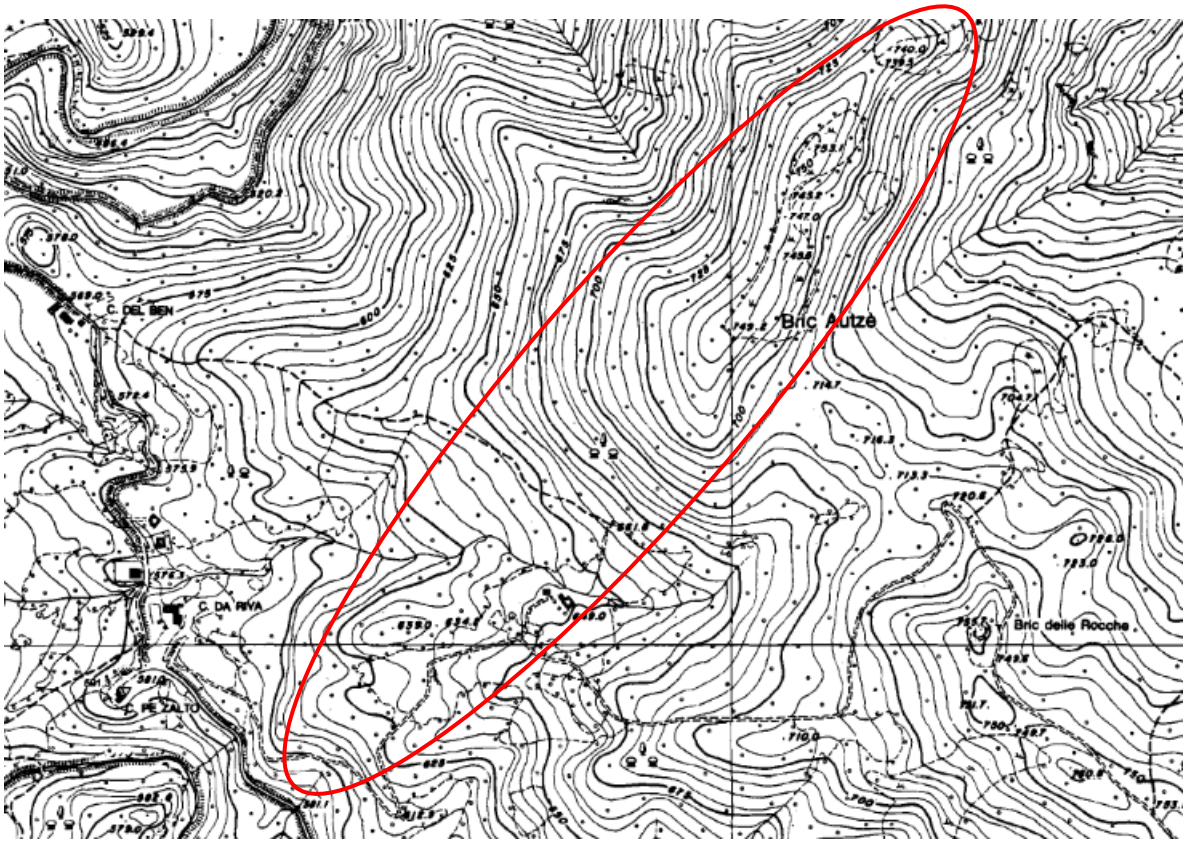


Fig. 3 : Stralcio CTR zona di intervento

3.2 Inquadramento geomorfologico e idrogeologico

Dal punto di vista geomorfologico la zona di imposta delle nuove turbine risulta lungo quella fascia sommitale del crinale orientato circa NE-SO.

I versanti che scendono dalla quota massima presentano pendenze medie costanti comprese tra i 25° ed i 30°. Localmente sono presenti inflessioni delle isoipse con incrementi anche significativi

delle pendenze che assumono però un significato geomorfologico solo di tipo puntuale ed interessano prevalentemente i livelli sommitali del pendio.

L'aspetto morfologico del crinale stesso e la mancanza di evidenti e significative anomalie geometriche a scala di versante, testimoniano il livello di regolarizzazione raggiunto secondo un profilo controllato dal disegno strutturale.

Nei tratti medi e bassi del versante si può invece parlare del raggiungimento di un equilibrio dinamico del pendio il cui modello evolutivo va ricondotto alla lenta alterazione dall'alto verso il basso del limitato cappellaccio di alterazione e quindi alla formazione di un eluvio progressivamente sottoposto alle azioni gravitative ed alle azioni esterne di modellamento (acque superficiali).

In generale a livello areale (ovvero a scala del versante) non si rilevano indicatori significativi di tipo geomorfologico correlabili a fenomeni franosi in atto o pregressi.

Il versante in questione è interessato da una fitta vegetazione a bosco ceduo.

Per quanto riguarda le condizioni idrogeologiche la circolazione idrica del sottosuolo è condizionata dalla natura dei terreni presenti nel sito.

Le rocce che caratterizzano il substrato sono da considerarsi sostanzialmente impermeabili e, solo in corrispondenza di eventuali termini più massivi e relativamente poco alterati, è possibile parlare di rocce semimpermeabili per fratturazione. In effetti laddove il substrato roccioso risulta più competente e le superfici delle discontinuità pulite e poco alterate le acque hanno possibilità di mobilizzazione. In generale comunque è ragionevole supporre che anche l'eventuale circolazione idrica lungo le fratture sia da considerarsi, comunque, fenomeno tendenzialmente limitato. I materiali di alterazione a matrice fine tendono infatti a tamponare tale circolazione ed impedire lo sviluppo di un vero reticolo sotterraneo. Inoltre la posizione prevista per i siti di imposta delle turbine, praticamente lungo la linea di cresta, esclude la possibilità di interferenza significativa con una vera e propria falda acquifera. Per quanto riguarda la copertura detritica eluviale a componente medio-fine, questa, ancorché assai limitata se non assente nella fascia di crinale per poi aumentare di spessore nella fascia intermedia e terminale del versante, risulta dotata di bassa permeabilità per porosità. Sostanzialmente, quindi, nel terreno detritico di copertura il flusso idrico risulta inapprezzabile. Le ridotte circolazioni idriche presenti nel terreno di copertura sono riconducibili ad uno schema di flusso limitato che si realizza lungo orizzonti ben determinati discontinui spesso isolati e comunque in stretta connessione con gli apporti meteorici. In ordine alla circolazione delle acque superficiali questa è caratterizzata da un limitato deflusso superficiale non incanalato: nella porzione alta di versante si ha la presenza del cosiddetto reticolo di ordine zero, nel quale non si rilevano elementi di morfologia fluviale organizzati che assumono significato invece a quote

inferiori. In questa zona il ruscellamento superficiale è da mettere in relazione ai fenomeni intensi di carattere pluviometrico ed è condizionato dalla copertura vegetale presente.

3.3 Inquadramento geologico

Questo settore ligure è geologicamente caratterizzato, come in tutte le Alpi, da enormi masse rocciose, chiamate falde o Unità tettoniche che, in seguito alle deformazioni orogeniche, sono state dislocate dalla loro posizione originaria ed appilate una sull'altra.

I sedimenti quaternari sono anche caratterizzati da alluvioni antiche, recenti ed attuali, sedimenti marini e depositi eluvio-colluviali presenti nella parte bassa del territorio considerato.

L'eterogeneo e complesso quadro strutturale che si riscontra nell'ambito di interesse, è ben rappresentato da elementi litologici del Dominio Piemontese e Piemontese-Ligure di fondo oceanico formato da falde ofiolitifere pre-cenomaniane, costituite dall'ormai classica associazione ofiolitica a peridotiti, gabbri e basalti trasformati dal metamorfismo in serpentiniti, metagabbri e metabasalti, sovrapposti ad elementi del Tegumento permocarbonifero. A tetto delle ofioliti si trova una copertura sedimentaria di età giurassica superiore - cretacea inferiore, composta da depositi pelagici silicei e carbonatici trasformatisi durante l'orogenesi in quarzoscisti e calcescisti.

Partendo da ponente verso levante coesistono a contatto tra loro, le formazioni del Bacino Terziario Piemontese e rocce appartenenti a diverse Unità del Gruppo di Voltri che, a loro volta, sono collegate tettonicamente a quelle del Massiccio Cristallino Savonese (Unità di Savona, Unità di Bagnaschino), rappresentato da Ortogneiss, paragneiss e micascisti, anfiboliti e della Falda di Montenotte. La Falda di Montenotte, sovrapposta al Cristallino è un'ulteriore unità ofiolitifera, alloctona, qui rappresentata da Calcari cristallini e Metagabbri.

Sparsi su tutto il settore esaminato vi sono, inoltre, lembi pliocenici rappresentati da depositi sedimentari di mare aperto, costituiti da litotipi marnoso-argillosi e conglomeratici; sono i sedimenti prequaternari rappresentati dalla Formazione di Molare e dalle Argille di Ortovero, mentre il Quaternario è rappresentato da depositi alluvionali antichi e recenti localmente terrazzati, e da depositi eluvio – colluviali, questi ultimi in parte dovuti a fenomeni gravitativi di dissesto idrogeologico.

In particolare, così come risulta dalla Carta geologica Regionale (CGR), nella zona di interesse sono affioranti le seguenti formazioni:

- Unità di Montenotte: serpentiniti di Bric Autzè (TIG)

Costituita da serpentiniti poco scistose, metagabbri con associazioni di minerali metamorfici di alta pressione, metabasalti filoniani o in colate, talora presentano intercalazioni di brecce ofiolitiche, scisti silicei e marmi picchiettati per la presenza di fini concentrazioni di quarzo, calcari micacei

passanti più o meno transizionalmente verso l'alto a filladi con livelli calcarei (Cortesogno et alii, 1991).

- Formazione di Molare lembo alloctono (MOR)

Presente nella parte centrale del versante dell'area considerata. La litologia è costituita da conglomerati e brecce poligenici ad elementi di grandezza variabile, spesso superiore ai 10 cm, costituiti prevalentemente da elementi ofiolitici, ben cementati di colore rossastro.

- Metagabbri di Rocca Ghingherina (MGH)

Sono in prevalenza metabasiti (metagabbri e metabasalti) a paragenesi prevalente di alta pressione, di scisti verdi e spesso profondamente rodingitizzate a granato dominante.

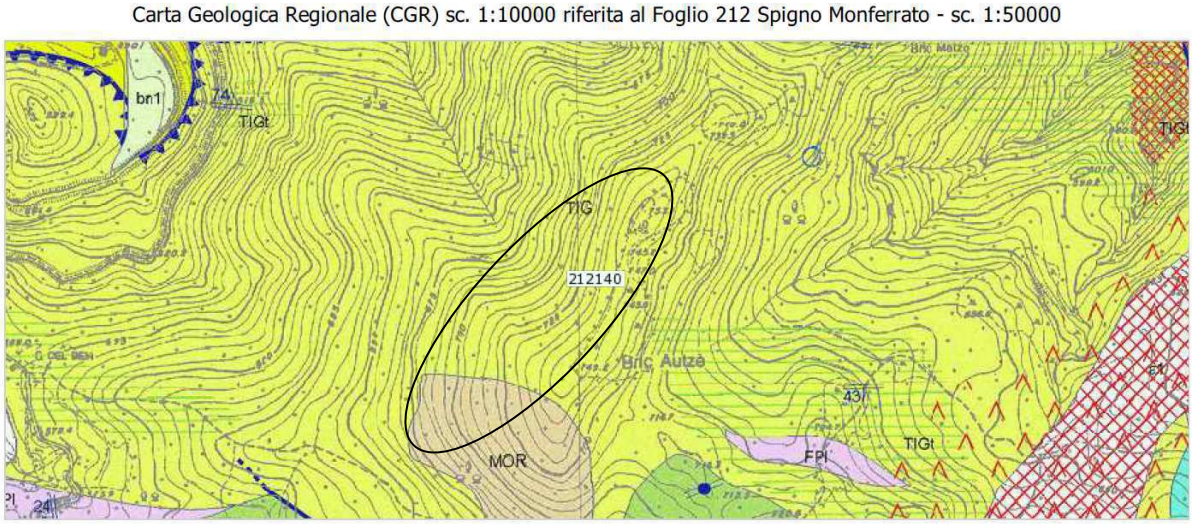


Fig. 4: Stralcio Carta geologica zona di crinale

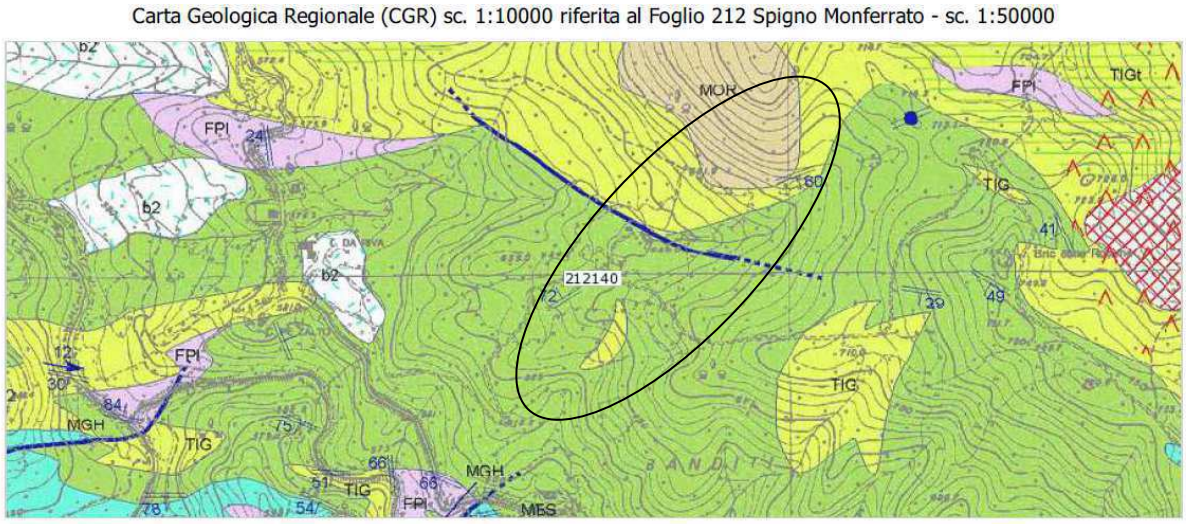


Fig. 5: Stralcio Carta geologica zona di versante

Si è proceduto con un rilievo geologico in sito ed in considerazione dell'estensione dell'area interessata dal progetto si è suddiviso il rilievo in tratte omogenee (Tav. M.02.a Carta rilevamento geolitologico su base CTR e sezioni stratigrafiche):

- **Tratto A-A**: si rileva la presenza di coltre eluviale sia a monte che a valle dell'asse stradale, per uno spessore stimato di circa 2m: si tratta di sabbie e ghiaie fini a matrice limoso di tipo SM-SG con abbondante presenza di pietrame



Foto 1: Coltre eluviale lungo viabilità



Foto 2: Affioramento roccioso di meta gabbri lungo viabilità (sez. 14)

In corrispondenza della sez.14 si ha un affioramento roccioso sulla scarpata di monte della strada: la roccia si presenta massiva, disgregata in superficie per l'azione degli agenti atmosferici.

La roccia è presente di nuovo a monte, in corrispondenza delle sez. 25-26-27: si presenta disarticolata in ciottoli e blocchi, con presenza di coltre di spessore molto esiguo.



Foto 3: Affioramento roccioso serpentiniti lungo viabilità (sez. 26-27)



Foto 4: Coltre eluviale (sez. 21-22)

Nel tratto in esame, a seguito di rilievi puntuali in un contorno significativo, si ritiene che non vi siano segni evidenti di qualsiasi forma di dissesto in atto o quiescente.

- **Tratto B-B:** si rileva la presenza di coltre eluviale sia a monte che a valle dell'asse stradale, senza particolarità geomorfologiche significative



Foto 5: tratto B-B



Foto 6: tratto B-B

Nell'ultimo tratto del percorso, in corrispondenza di un fabbricato esistente, il tracciato stradale subisce una deviazione: sotto il profilo morfologico l'area si presenta a debole pendenza, con

presenza di acqua in superficie, dovuta a punti di emergenza per differenza litologica e con emergenze significative nei periodi piovosi. Sarà necessario a livello esecutivo prevedere una regimazione superficiale delle acque, in modo da evitare ristagno sulla sede stradale.

- **Tratto C-C**: si rileva la presenza di coltre eluviale sia a monte che a valle dell'asse stradale, per uno spessore stimato di circa 1m: anche in questo settore si tratta di sabbie e ghiaie fini a matrice limoso di tipo SM-SG con abbondante presenza di pietrame. Lungo il tracciato in alcuni tratti è presente il substrato roccioso: si tratta di affioramenti di serpentiniti, massivi



Foto 7: Primo tratto C-C in coltre



Foto 8: tratto C-C affioramento roccioso

3.3.1 VARIAZIONE NUOVA VIABILITA' A PROGETTO

- **Tratto D-D**: Si tratta del nuovo tratto in variante che comprende una pista forestale già esistente di cui il progetto prevede l'adeguamento alla sezione utile per il passaggio dei mezzi. Il tratto è caratterizzato da affioramento del litotipo conglomeratico, ben visibile su tutta la scarpata di monte. In generale a livello areale non si rilevano indicatori significativi di tipo geomorfologico correlabili a fenomeni franosi in atto o pregressi.



Foto 9: tratto D-D affioramento conglomerato scarpata di monte



Foto 10: tratto D-D affioramento conglomerato

- **Tratto E-E** : Si tratta della zona di imposta dei due aerogeneratori, quasi alla sommità dello spartiacque con relative piazzole di servizio e strada di collegamento lungo la fascia medio-alta del crinale. La zona è caratterizzata da un contatto litologico tra il conglomerato (F. di Molare), presente nella zona di imposta del primo aerogeneratore e per una zona estesa lungo il crinale dove a progetto è prevista la strada di collegamento, e tra il substrato roccioso serpentinitico (Unità di Montenotte), anche esso visibile in affioramento lungo il versante.

Il versante presenta elevata acclività, ma al momento del rilievo non sono stati rilevati indicatori significativi di tipo geomorfologico correlabili a fenomeni franosi in atto o pregressi.

La strada di collegamento è prevista nella fascia medio alta del versante rivolto a nord-ovest, con pendenza molto elevata dovuta soprattutto all'assetto geologico, in zona boscata.



Foto 11: tratto E-E area di imposta torre 1



Foto 12: tratto E-E zona di imposta della nuova strada di collegamento delle due torri



Foto 13: tratto E-E zona di imposta della seconda torre

4. INDAGINI IN SITO

4.1 RILIEVO GEOMECCANICO

In via preliminare la classificazione di un ammasso roccioso può fornire un insieme di informazioni utili allo scopo finale, derivando dall'esame di ben determinate ed oggettive caratteristiche da rilevare. Naturalmente il carattere speditivo del rilievo di tali dati non può sostituire le analisi di dettaglio da condurre nelle fasi esecutive ma, essendo disponibili sin dal primo approccio, consentono un'ottimale pianificazione delle attività future ed una concreta valutazione dello stato del materiale presente. Per la caratterizzazione del materiale roccia e degli ammassi rocciosi affioranti nell'area di studio sono stati realizzati n° 3 stazioni di rilievo geomeccanico (ARS 1,2,3,) eseguiti secondo gli standard ISRM (1981), posizionati nei punti indicati in TAV. M.02.a.

L'esecuzione di un rilievo geomeccanico di dettaglio comporta la stima di una serie di parametri la cui valutazione/misurazione consente:

- l'attribuzione di un indice di qualità dell'ammasso roccioso;
- la valutazione speditiva delle proprietà fisiche e meccaniche del materiale roccia;
- la verifica della possibilità cinematica di movimento in riferimento a fenomeni di instabilità coinvolgenti le singole porzioni di ammasso roccioso isolate dalle famiglie di discontinuità identificate.

La presenza di discontinuità riduce le caratteristiche di resistenza del materiale roccia ed è il fattore che più condiziona il comportamento meccanico dell'ammasso roccioso e le sue caratteristiche di resistenza e di deformabilità; le particolarità delle discontinuità influiscono poi sui possibili cinematismi di movimento dei blocchi.

La roccia metamorfica presente in sito, in generale, è litologicamente una roccia a struttura compatta priva di stratificazione; la sua conformazione è tipicamente quella di un ammasso roccioso massivo privo di discontinuità di genesi primaria. In genere la resistenza del materiale è molto elevata. Assieme alle caratteristiche intrinseche di resistenza del materiale roccioso concorrono a caratterizzare il comportamento geomeccanico dell'ammasso le discontinuità secondarie, rappresentate da fratture, che sono connesse alle fasi correlate alla storia tettonica dell'ammasso.

Dalle indagini condotte in sito lo stato di alterazione delle superfici è risultato assente.

Date le caratteristiche di omogeneità complessiva dell'ammasso roccioso, gli elementi principali di discontinuità sono rappresentati dai sistemi di fratture maggiori.

I dati dei parametri morfometrici più ricorrenti hanno indicato le discontinuità come non alterate, leggermente scabre, con apertura 0,1-1,0 mm, persistenza tra 1,0-3,0 m, e spaziatura tra 60-200 mm. Queste classi modali sono indicative delle condizioni generali dell'ammasso. Le condizioni sono rappresentative di un ammasso fratturato ma con discontinuità con media persistenza e ridotta

spaziatura e apertura, medio-bassa rugosità e basso grado di alterazione. Non sono state rilevate nei fronti analizzati né filtrazioni di fluidi né condizioni di umidità in sito.

Lo stato del materiale lapideo è stato inoltre analizzato mediante sclerometro (martello di Schmidt) effettuando alcuni test sulle pareti della roccia affiorante (ARS zona di rilevamento).

Le misurazioni hanno rilevato questi dati:

- ARS 1: 40-12-11-32-22-35-15-25-22-30
- ARS 2: 45-35-22-11-15-20-20-60-40-20
- ARS 3 : 42-45-40-22-32-18-45-25-35-30

Dalle serie di misurazioni eseguite in sito si può rilevare un indice medio ≅ 28. A tale valore corrisponde una resistenza alla compressione monoassiale C_o variabile da ≈ 380 Kg/cmq a ≈ 480 Kg/cmq, valore proprio di un ammasso sostanzialmente in condizioni di conservazione discreto/buone.

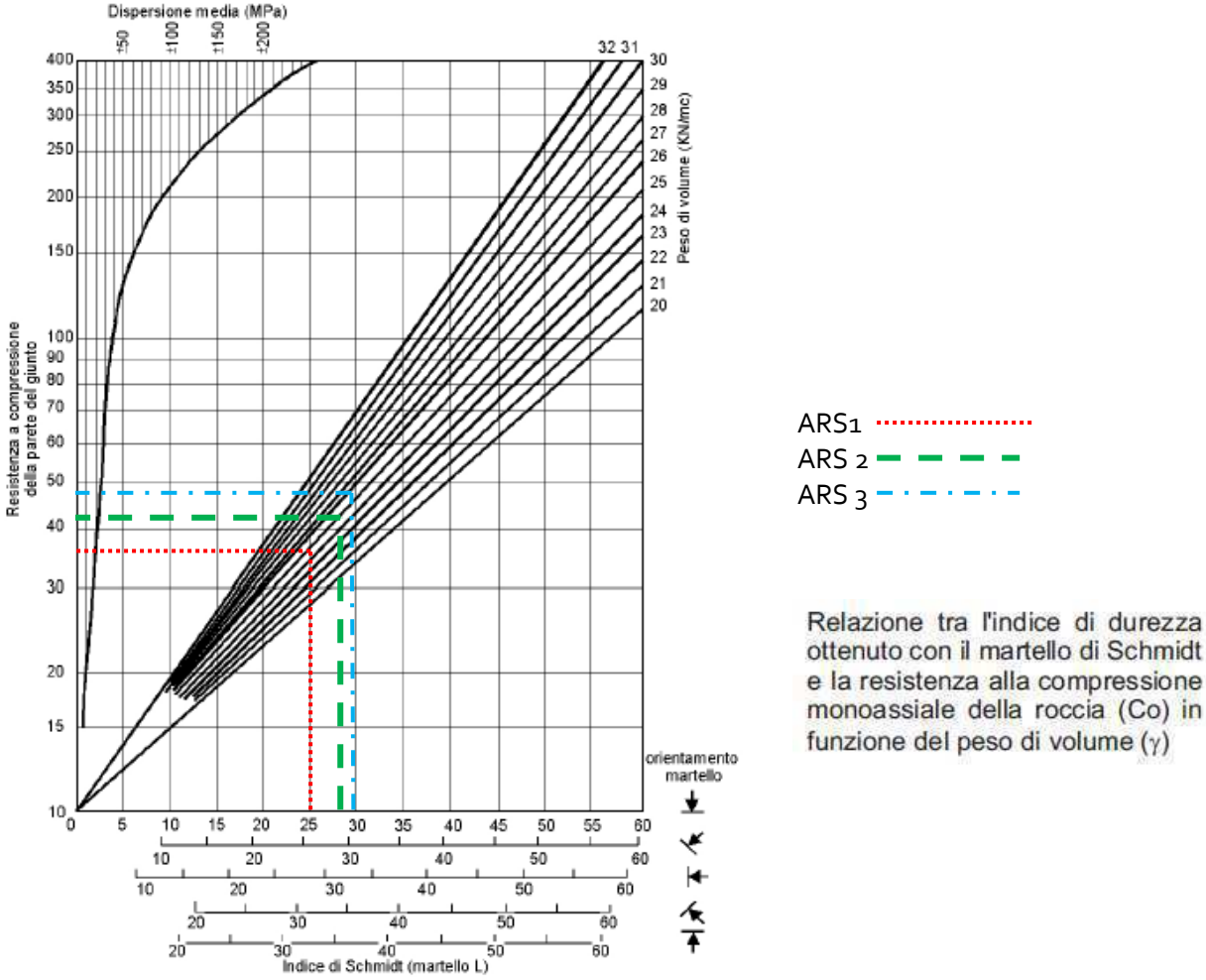


Fig. 6: Diagramma sclerometrico di Schmidt

4.2 PROVE SISMICHE

Nel sito in esame sono state eseguite 2 stazioni (in corrispondenza della nuova sede di imposta dei 2 aerogeneratori) di indagine sismica con tromino denominate PS1* e PS2* (TAV. M.02.a). La misura di rumore ambientale (HVSR) è stata condotta con il sismografo triassiale con frequenza fondamentale di 2 Hz digitalizzato a 24 bit per canale, "Geobox" della "*Sara electronic instruments*"; l'analisi dei sismogrammi è stata effettuata con il software *Geopsy* nato dal SESAME European Project. La ricostruzione della stratigrafia si è avvalsa del modulo *dinver* del SESAME European Project.

La tecnica prevede la registrazione del rumore sismico ambientale (microtremori) per un periodo sufficientemente lungo da garantire la casualità del segnale con un sismografo triassiale.

La tecnica HVSR consente di valutare la frequenza fondamentale di risonanza di uno strato soffice a partire dalle sole registrazioni del rumore in superficie. Se si considera la struttura geologica tipica di un materiale, si vede come il tremore registrato in superficie si possa considerare come composto da onde superficiali e da onde di volume. Tali onde verranno modificate dall'azione filtrante dello strato soffice. Si possono definire due spettri relativi alle misure del moto superficiale orizzontale (H_f) e verticale (V_f); tali spettri sono legati agli spettri delle onde di volume e di quelle di superficie dalle seguenti formule:

$$H_f = A_h \cdot H_b + H_s$$

$$V_f = A_v \cdot V_b + V_s$$

dove Ah e Av sono i fattori di amplificazione del moto orizzontale e verticale delle onde di volume; Hb e Vb sono gli spettri orizzontale e verticale del moto nel bedrock e Hs e Vs sono gli spettri del moto orizzontale e verticale delle onde di superficie.

Per ogni prova è stato riportato il grafico di f_t tra la prova sperimentale e teorica e sotto il profilo di distribuzione delle velocità.

- **TORRE 1 (PS1*)**

La sismo stratigrafia che corrisponde alla migliore approssimazione tra le curve HVSR in corrispondenza di f_0 è la seguente:

Suolo e/o transizione substrato	Profondità 1,5m
Roccia tenera e/o alterata	Fino a circa 8.00 m (Vp circa 1200 m/s – Vs circa 600 m/s)
Substrato roccioso in buone condizioni	Da 8.00m (Vp circa 2000 m/s – Vs circa 1300 m/s)

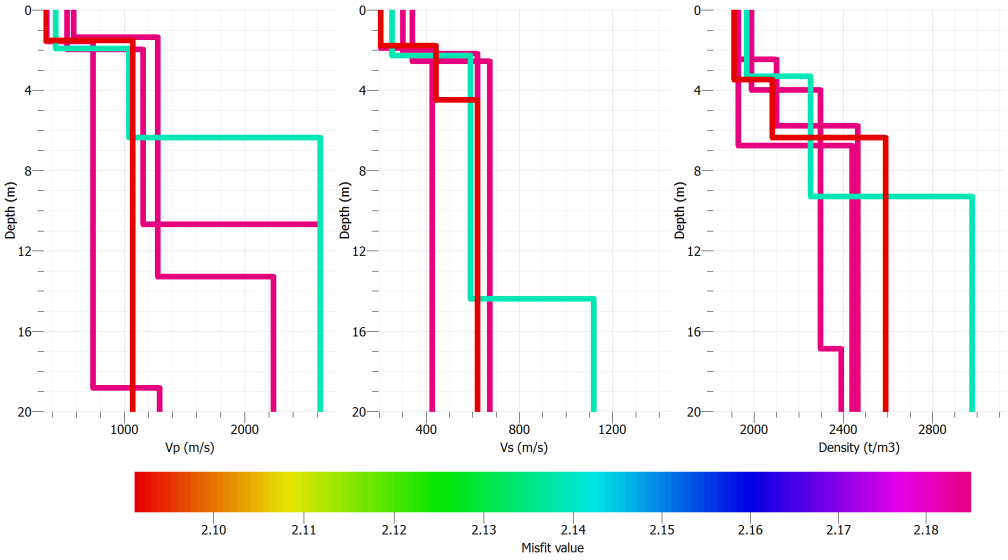




Foto 14: Posizionamento tromino torre 1

- **TORRE 2 (PS2*)**

La sismo stratigrafia che corrisponde alla migliore approssimazione tra le curve HVSR in corrispondenza di f_0 è la seguente:

Suolo e/o transizione substrato	Profondità 1,5m
Roccia tenera e/o alterata	/
Substrato roccioso in buone condizioni	Da 1.5m (Vp circa 3200 m/s – Vs circa 1800 m/s)

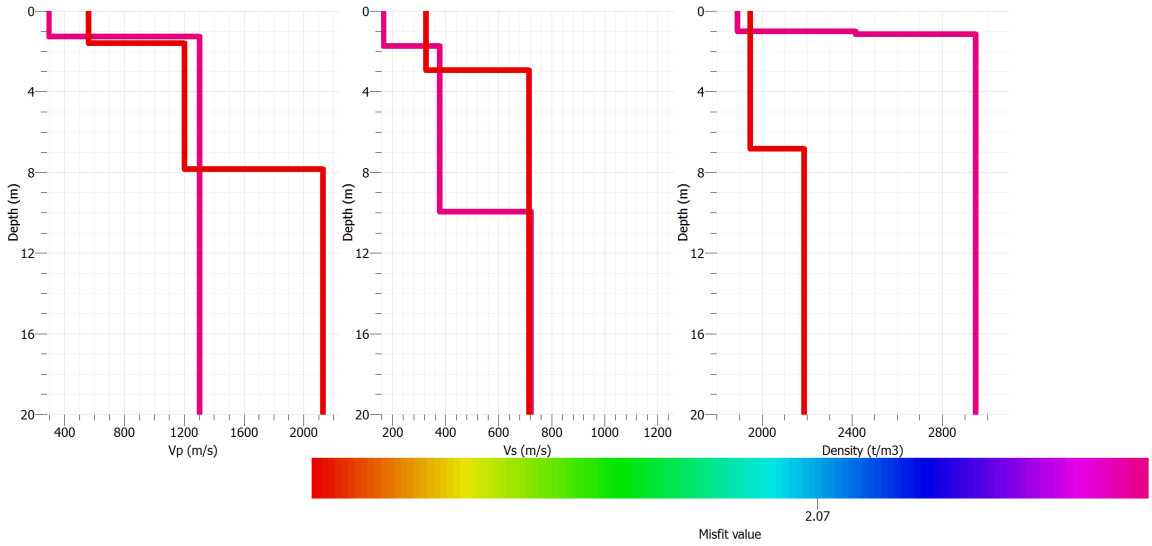




Foto 15: Posizionamento tromino torre 2

5. CARATTERISTICHE GEOTECNICHE DEL TERRENO E GEO-MECCANICHE DELLA ROCCIA

5.1 Coltre sciolta/conglomerato - UNITA' GEOTECNICA A

Considerando la situazione geologica riscontrata a seguito del rilievo in sito, si ritiene di poter raggruppare la coltre superficiale ed il conglomerato in un'unica unità geotecnica (appunto unità A): i due litotipi infatti presentano caratteristiche granulometriche e tecniche simile. Per quel che riguarda la coltre l'esame del terreno indica trattarsi di sabbie e ghiaie fini a matrice limoso di tipo SM-SG con abbondante presenza di pietrame e blocchi rocciosi anche di grosse dimensioni; l'insieme si presenta piuttosto "caotico" e caratteristico dei terreni in oggetto e che sfuma nel sottostante regolite del substrato lapideo in superficie piuttosto disarticolato. Si ritengono attendibili i seguenti parametri geotecnici, desunti dalla bibliografia e da dati reperibili su altri siti con litotipi simili:

- *Peso di Volume* $\gamma = 1.9$ *t/mc*
- *Coesione* $c = 0,5 - 1,5$ *t/mq*
- *Angolo di Attr. Int.* $\phi = 28° - 30°$.

5.2 Substrato roccioso – UNITA' GEOTECNICA B

Sulla base del rilevamento in sito è stato possibile stimare in via speditiva l'R.Q.D. dell'ammasso roccioso in funzione della fratturazione degli affioramenti (sulla base della correlazione empirica tratta da: GIODA G., 1981, Meccanica delle rocce, ed. CLUP, Milano), da cui risulta un RQD 25% - 30%. Per quanto attiene alle caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso, si può dire che l'elevata tettonizzazione rende gli ammassi rocciosi globalmente individuabili nel campo delle "rocce deboli".

Al fine di meglio caratterizzare l'ammasso roccioso dal punto di vista geomeccanico è stato utilizzato il metodo proposto da Bieniawski (classificazione RMR) che permette di definire per classi i parametri di resistenza e deformabilità (c, γ, Ed).

L'indice RMR a cui conduce tale classificazione si dimostra di notevole importanza per dare un giudizio qualitativo-quantitativo sintetico sulle caratteristiche dell'ammasso roccioso nei confronti della stabilità dei versanti.

I cinque parametri utilizzati dalla classificazione di Bieniawski e che permettono di giungere alla determinazione dell'indice RMR sono:

- *resistenza alla compressione monoassiale della roccia intatta,*
- *indice RQD (Rock Quality Designation);*
- *spaziatura dei giunti,*

- *condizione delle discontinuità (scabrezza, alterazione delle pareti, apertura, materiale di riempimento),*
- *condizioni idrauliche (afflusso acqua, pressione interstiziale).*

Ogni parametro è valutato in modo quantitativo e ad ognuno di essi viene assegnato un indice parziale.

La somma algebrica degli indici parziali relativi ai singoli parametri analizzati fornisce l'indice complessivo dell'ammasso roccioso (RMR) in base al quale vengono definite cinque classi; per ogni classe è indicata una stima di massima dei parametri di resistenza globale dell'ammasso roccioso.

Dalle misure effettuate sugli affioramenti rocciosi nell'area in analisi, sono emersi i seguenti parametri:

⇒ *R_1 Resistenza a compressione uniassiale della roccia intatta*

Qc= - 500 kg/cmq

INDICE PARZIALE = 7

⇒ *R_2 R.Q.D* 25 % - 50 %

INDICE PARZIALE = 8

⇒ *R_3 Spaziatura dei giunti* Fra 60 e 200 mm

INDICE PARZIALE = 15

⇒ *R_4 Condizione delle discontinuità:* Superfici lisce, non alterate

INDICE PARZIALE = 10

⇒ *R_5 Condizioni idrauliche:* asciutti

INDICE PARZIALE = 15

Dalla somma dei coefficienti numerici dei primi cinque parametri si ottiene:

$$R.M.R._{base} = R_1 + R_2 + R_3 + R_4 + R_5$$

Il sesto parametro, **R6** stabilisce una correzione dell' **RMR_{base}** in funzione dell'orientamento delle discontinuità, rispetto alla direzione in cui si sviluppa l'opera progettata. Sommando il coefficiente numerico (negativo) di R6 al valore numerico dell'RMR_{base} si ottiene il valore numerico:

$$R.M.R._{corretto} = R.M.R._{base} + R_6$$

La somma algebrica dei coefficienti numerici dei sei parametri può variare in un intervallo di valori compresi tra 0 e 100 suddiviso in cinque parti uguali a cui corrispondono cinque classi dell'ammasso roccioso.

Dai risultati ottenuti dal rilievo in sito è possibile ricavare in prima analisi:

$R.M.R._{base} = R_1+R_2+R_3+R_4+R_5 =$
$R.M.R._{corretto} = R.M.R._{base} + R_6 =$

$R.M.R._{base}$ = 55
$R.M.R._{corretto}$ = **53**

Indice	100 - 81	80 - 61	60 - 41	40 - 21	< 20
Classe n°	I	II	III	IV	V
Descrizione	Ottimo	Buono	Discreto	Scadente	Pessimo
Coesione (KPa) Kg/cm²	> 400 > 3.0	300 - 400 2.0 - 3.0	200 - 300 1.5 - 2.0	200 - 100 1.0 - 1.5	< 100 < 1.0
Angolo di attrito	> 45°	35° - 45°	25° - 35°	15° - 25°	< 15°

Il parametro $RMR_{corretto}$ consente di entrare nella classificazione di Bieniawski classificando l'ammasso roccioso in questione come discreto, **Classe III**.

Noto L'RMR, Bieniawski ha fornito due relazioni dalle quali è possibile ricavare i parametri di resistenza dell'ammasso roccioso (coesione, angolo di attrito).

Considerando che essi rappresentano caratteristiche intrinseche dell'ammasso stesso indipendenti quindi da condizioni giaciturali (orientazione ed immersione) se ne deduce che la determinazione di tali parametri va fatta utilizzando l'indice RMRbase:

- **Coesione** $C = 5 \bullet RMR_{base}$ (KPa)
- **Angolo di attrito** $\varphi = 5 + RMR_{base} / 2$

Le caratteristiche geomeccaniche, utilizzando anche i parametri a disposizione nella bibliografia dell'ammasso roccioso in esame, possono essere quindi così sintetizzate:

VALORI MEDI DEI PARAMETRI GEOMECCANICI

Peso dell'unità di volume γs = 2.4 t/m3

Coesione residua C_r = 0,25 MPa

Angolo di resistenza al taglio residua ϕr = 40°

VALORI MINIMI DEI PARAMETRI GEOMECCANICI

Peso dell'unità di volume γs = 2.2 t/m3

Coesione residua C_r = 0,15 MPa

Angolo di resistenza al taglio residua ϕr = 38°

6. CLASSIFICAZIONE SISMICA A LIVELLO COMUNALE

In base alla Delibera della Giunta Regionale n°1362 del 19/11/2010 (In ottemperanza ai disposti del DM 14.01.2010 Norme Tecniche per le Costruzioni. Aggiornamento classificazione sismica del territorio della Regione Liguria) **il Comune di Pontinvrea rientra nella zona sismica 4,** che prevede accelerazioni di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0.05g (ovvero rientrante in una fascia di accelerazione stimata con una probabilità di superamento del 10% in 50 anni).

Con il D.M. 14/01/2008 l'azione sismica di riferimento viene definita mediante un approccio "sito dipendente" e non più con criterio "zona dipendente".

L'azione sismica di progetto in base alla quale valutare il rispetto dei diversi stati limite presi in considerazione viene definita partendo dalla "pericolosità di base" del sito di costruzione. Dalle prove sismiche eseguite in sito si conferma che la categoria di sottosuolo presente è la seguente:

A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Tab. 3.2.II – Stralcio Categorie di sottosuolo (da N.T.C.).

Nella determinazione dello spettro di risposta elastico, le N.T.C. 2008 in accordo con l'Eurocodice 8 prevedono l'adozione di un coefficiente S, detto di *stratigrafia del suolo di fondazione*, dato dal prodotto:

$$S = Ss \times St$$

dove Ss è il coefficiente di amplificazione stratigrafica, funzione delle categoria di sottosuolo sopra discriminata, e St è il coefficiente di amplificazione topografica funzione dell'ubicazione del sito. Il coefficiente S consente di stimare gli effetti di amplificazione del sisma di progetto rispetto alle accelerazioni imposte dalla normativa che sono riferite al substrato roccioso rigido.

Nello specifico per le zone di categoria "A" si ha:

- Ss pari a 1
- St, categoria topografica del sito di intervento è invece riferita all'inclinazione media del pendio ed la rapporto tra la larghezza in cresta e la larghezza alla base del rilievo. Nello specifico la zona in esame è in categoria T3, cui corrisponde un St pari 1,20.

Le azioni sismiche di progetto si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base" del sito di costruzione. Nel D.M. 14/01/08 lo spettro di risposta elastico dell'accelerazione ag proposto, individua l'accelerazione di picco nel basamento roccioso per la componente orizzontale del moto ed è funzione oltre che del coefficiente S e del parametro F_o anche del parametro T_c, che

rappresenta il periodo di oscillazione all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro di risposta elastico, ed è dato da:

$T_c = C_c \times T_c^*$ dove T_c^* è un parametro ricavabile dall'allegato B del DM 14/01/2008, mentre C_c per terreni di categoria A è pari a 1. I parametri suddetti vanno ricavati in funzione del tempo di ritorno (T_r) definito a sua volta dalla vita di riferimento dell'opera (V_r) e dalla probabilità di superamento della stessa (Pvr) legata allo stato limite di calcolo adottato.

Nel caso specifico le opere in progetto sono assimilabili a tipo di costruzione di Classe II, cui corrisponde un coefficiente di classe d'uso Cu pari a 1. Individuato il sito ed interpolando i quattro punti più vicini della maglia di riferimento definita dall'O.P.C.M. 3519/2006con centro identificato alla Lat. 44,424772025130 e Long. 8,4352154935635 (coordinate geologiche elissoide ED50), si ottiene, per una verifica allo SLV, un valore A_{go} (accelerazione massima orizzontale) stimabile dalla seguente relazione: $Ago = S_s S_t a_g$ dove a_g (l'accelerazione sismica orizzontale al bedrock, che nel sito in studio, pari a 0,052g.

7 . CONSIDERAZIONI TECNICHE

Il progetto prevede l'adeguamento della viabilita' esistente con allargamento dell'attuale sede stradale per il raggiungimento, con mezzi idonei, della zona di imposta degli aerogeneratori e relative piazzole di manovra.

Alla luce degli elaborati di progetto si può osservare come, le problematiche geologico tecniche di maggiore interesse sono collegate al fatto che l'intero tracciato si sviluppa lungo il versante, imponendo la messa in opera di una serie di sbancamenti e di riporti, che localmente comportano modeste movimentazioni di materiale ed in altri casi scavi più impegnativi.

Le altre opere di "impatto geotecnico" elevato che il progetto prevede sono le fondazioni dei due aerogeneratori e le relative piazzole di servizio.

In generale comunque le particolarità geologiche, geomorfologiche nonché geotecniche/geomeccaniche del sottosuolo, emerse nell'ambito dell'indagine non evidenziano nel complesso situazioni limite tali da rendere contrario l'intervento in questione.

Dovranno tuttavia essere rispettati precisi standard progettuali che tengano conto della specificità del territorio in relazione all'entità dell'intervento.

Le principali problematiche che la presente stesura va ad affrontare riguardano le modalità di scavo dell'ammasso roccioso, la stabilità dei fronti di scavo, l'abbancamento dei riporti, le modalità esecutive delle fondazioni dei due aerogeneratori, l'individuazione delle opere di sostegno e/o

antierosione sulle scarpate in coltre e materiali sciolti e le opere di drenaggio e regimazione delle acque superficiali.

L'adeguamento della sede stradale comporta la realizzazione di una serie di sbancamenti che, visto l'andamento stratigrafico, andranno ad interessare prevalentemente le coltri detritiche superficiali, il substrato conglomeratico nel tratto terminale della strada di arrivo alla piazzola del primo aerogeneratore ed il regolite del substrato roccioso, nel tratto terminale fino alla seconda torre.

L'esecuzione degli scavi si presenterà quindi sostanzialmente priva di evidenti difficoltà nell'avanzamento, salvo la possibile intersezione di porzioni del bed-rock presso le zone con maggiori profondità di scavo. In tali situazioni, le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso rendono di fatto probabile l'uso del martello demolitore. Infatti nonostante una fratturazione diffusa in superficie nell'ammasso, il litotipo presenta una discreta resistenza allo scavo, specie se l'assetto strutturale risulta non favorevole rispetto alla sezione di scavo.

7.1 ADEGUAMENTO STRADA ESISTENTE FINO ALLA ZONA DI IMPOSTA DELLA TORRE 1

La morfologia del tratto di interesse è caratterizzata da un versante con pendenza elevata, priva di indizi morfologici da ricondurre a instabilità generale, impostato nell'ambito del substrato conglomeratico affiorante e ben visibile sulla scarpata di monte della stradina esistente.

Per permettere l'accesso agli aerogeneratori è previsto l'allargamento della strada esistente che, dalla viabilità principale, sale fino a giungere al crinale per poi svilupparsi lungo lo stesso fino a raggiungere tutte le postazioni in progetto.

In considerazione degli elevati carichi in transito lungo la strada esistente in fase di stesura del progetto esecutivo è necessario eseguire prove geotecniche in sito per verificare la portata effettiva della strada stessa.

7.1.1 Stabilità dei fronti di scavo

Sulla base degli elaborati di progetto gli sbancamenti sulla viabilità vanno ad interessare nella maggioranza le coltri detritiche ed il litotipo conglomeratico, ma sussistono anche fronti che interessano parzialmente il substrato roccioso.

Le altezze dei fronti di scavo e la loro disposizione geometrica variano chiaramente in funzione dell'andamento planimetrico del tracciato stradale. Di seguito si esplicano le problematiche relative alle singole tipologie di terreno interessato dagli scavi.

Fronti di scavo prevalentemente in materiali sciolti (coltri e/o conglomerato) in fase provvisionale

Si esegue una preliminare e speditiva verifica dell'altezza critica di scavo, tenendo in considerazione i dati geotecnici del materiale presente e le sezioni a progetto.

Le maggiori problematiche connesse all'apertura dei fronti di scavo verticali, potranno essere collegate all'innesco di fenomeni di scivolamento lungo superfici di neoformazione a seguito del detensionamento conseguente allo scavo.

Non sussistono comunque problemi e/o pregiudiziali particolari in ragione della morfologia, tutto ciò fatto salvo l'esecuzione a regola d'arte di tutte le opere di regimazione provvisorie e modalità di avanzamento.

Nello specifico la necessità di ampliare la sede stradale per il passaggio dei mezzi impone scavi esecutivi di altezza massima fino a 3m. A tale riguardo si procede con una prima analisi di stabilità, utilizzando, come richiesto dalla normativa vigente, i parametri geotecnici di progetto, nonché adottando un modello cautelativo in sicurezza, ipotizzando un fronte di scavo costituito da materiali sciolti superficiali (orizzonte A) caratterizzato da:

angolo attrito	$\varphi = 28°$
coesione media	$C = 1$ t/mq
peso volume	$\gamma = 1{,}9$ t/mc
angolo di scarpa	$< o = 60°$

La verifica per uno scavo di altezza pari a 3,0m, ricava un coefficiente di sicurezza pari a 2,11 per un'altezza critica di 6,32m.

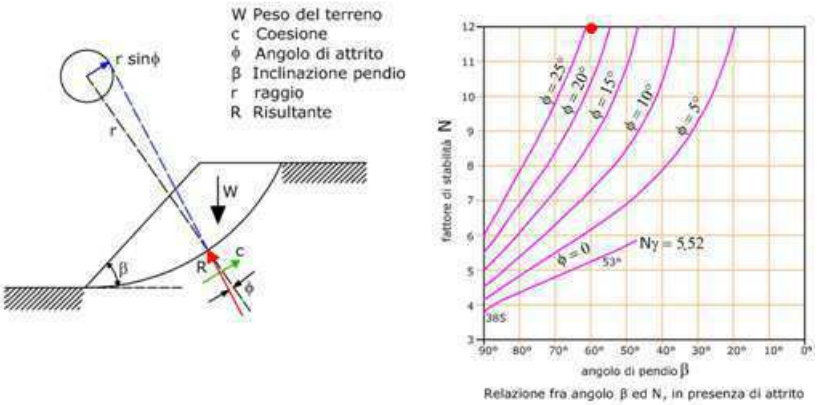
La metodologia di verifica adottata è quella valida per terreni omogenei con metodo di Taylor. Durante la fase esecutiva si raccomanda e si prescrive un avanzamento a campioni in più fasi degli sbancamenti, avendo cura di abbassare progressivamente la livelletta di progetto, rendendo quindi meno oneroso il fronte in altezza, avendo altresì cura di preservare i fronti temporanei nei periodi transitori di avanzamento realizzando un'adeguata canalizzazione provvisoria delle acque superficiali. Gli sbancamenti possono essere realizzati tramite escavatore, avendo cura di non caricare il ciglio di scavo con mezzi e materiali di risulta.

Le tecniche di scavo ritenute maggiormente appropriate sono di seguito riportate:

- al fine di ridurre gli aggetti verticali, le pareti dei singoli fronti di scavo andranno sagomate con angolo di scarpata non superiore a 60°;

- in caso di previsioni di forti piogge o di procedure di allarme ai fini di protezione civile non si dovranno eseguire scavi: si dovranno invece mettere in atto tutte le cautele per evitare qualunque fenomeno di dilavamento e/o fenomeno erosivo sugli scavi aperti.

H =	3,00	[m]			
γ =	1,90	[t/m³]	β =	60	[° gradi]
c =	1,00	[t/m²]	N =	12	



Hc =	6,32	[m]	FS =	2,11	

H =	altezza del fronte di scavo
γ =	peso di volume dello scavo
c =	coesione
β =	inclinazione del pendio
N =	fattore di stabilità
Hc =	altezza critica
FS =	fattore di sicurezza

$$FS = \frac{Hc}{H} = N \cdot \frac{c}{\gamma \cdot H}$$

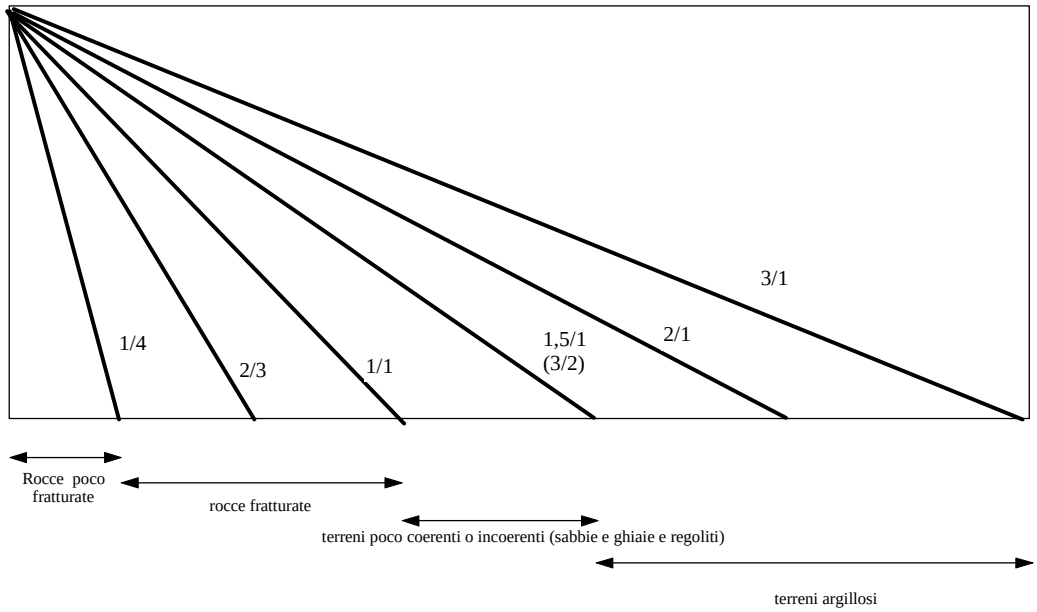
$$Hc = N\gamma \cdot \frac{c}{\gamma}$$

7.2 NUOVA STRADA DI COLLEGAMENTO TRA LA TORRE 1 E LA TORRE 2

La nuova viabilità in progetto di collegamento tra la torre 1 e la torre 2 interessa la fascia medio-alta del versante, con pendenza elevata, e dal punto di vista geologico con presenza prevalente del substrato roccioso compatto, e solo localmente di coltre per uno spessore variabile ma non superiore ai 2m di spessore.

7.2.1 Fronti di scavo prevalentemente in roccia

Per quanto riguarda i fronti di scavo nelle sezioni in roccia la pendenza da assegnarsi ai singoli fronti si può ragionevolmente indicare con un valore pari o inferiore ad 2/3 ovvero 60° - 70°. Tali valori di pendenza assicurano nel loro contesto specifico un sufficiente grado di stabilità delle scarpate e trovano giustificazione nell'usuale pratica professionale per geometrie e terreni similari e nella bibliografia corrente.



Inclinazioni di sicurezza per fronti di scavo di alcuni tipi di rocce e terreni (Nicotera - Geologia Tecnica ISEDI 1975)

7.3 SISTEMAZIONE SCARPATE IN FASE DEFINITIVA

In fase di sistemazione definitiva delle scarpate si consiglia di realizzare sulle scarpate in coltre e/o conglomerato, opere di ingegneria naturalistica antierosiva, come ad es. la palificata semplice: è un' opera utile alla stabilizzazione della porzione superficiale del suolo. La palificata dovrà essere realizzata con pali di castagno o larice; si consiglia la disposizione alternata perché serve a favorire al massimo la trattenuta del deflusso superficiale delle acque così come riportato in Fig. 16.

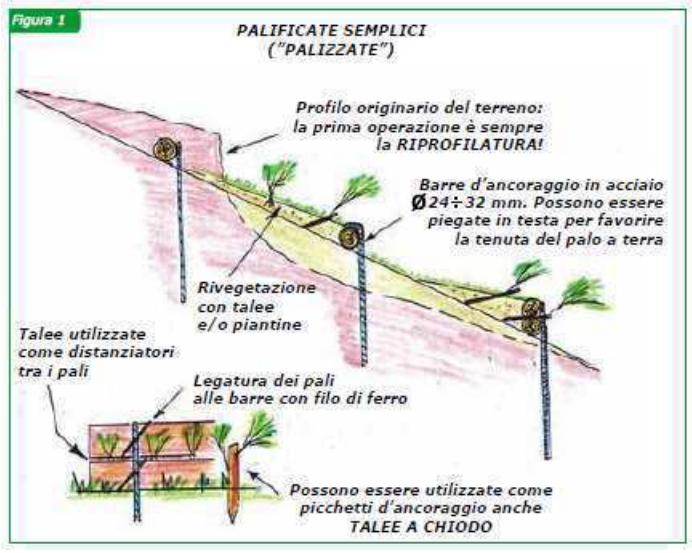




Foto 16: Particolare palificata semplice e sua disposizione da "*Manuale Ingegneria Naturalistica, nozioni e tecniche di base (Regione Piemonte)*"

Per la sistemazione definitiva delle scarpate in roccia, il progetto prevede il rimodellamento delle scarpate con apporto di materiale sciolto (proveniente dagli scavi limitrofi in coltre e/o conglomerato). In questo caso si rende necessaria la realizzazione di una palificata doppia al piede da realizzare solo nel caso in cui il fronte di scavo risulta di altezza maggiore o uguale 2,5/3m.

la palificata svolge una funzione di sostegno e contenimento , in questo specifico caso, del materiale di scavo. E' un manufatto costituito da una sorta di cassone in pali di legno, riempito da materiale sciolto anche vegetale. Lo spessore minimo della struttura è dell'ordine del metro, per un'altezza che non supera il doppio della base.

I materiali impiegati saranno, anche in questo caso, pali in castagno o larice scortecciati, con diametro minimo 20-25 cm. Deve essere prevista la posa su una superficie con inclinazione verso monte non inferiore a 10° e deve essere previsto un adeguato ancoraggio mediante piloti in acciaio e/o ferro, posti anteriormente alla parete di monte e/o a quella di valle.

In questo specifico caso il materiale di riempimento idoneo è quello proveniente dagli scavi in materiali sciolti, con la presenza di ciottolame per migliorare le condizioni di drenaggio e di peso della struttura.

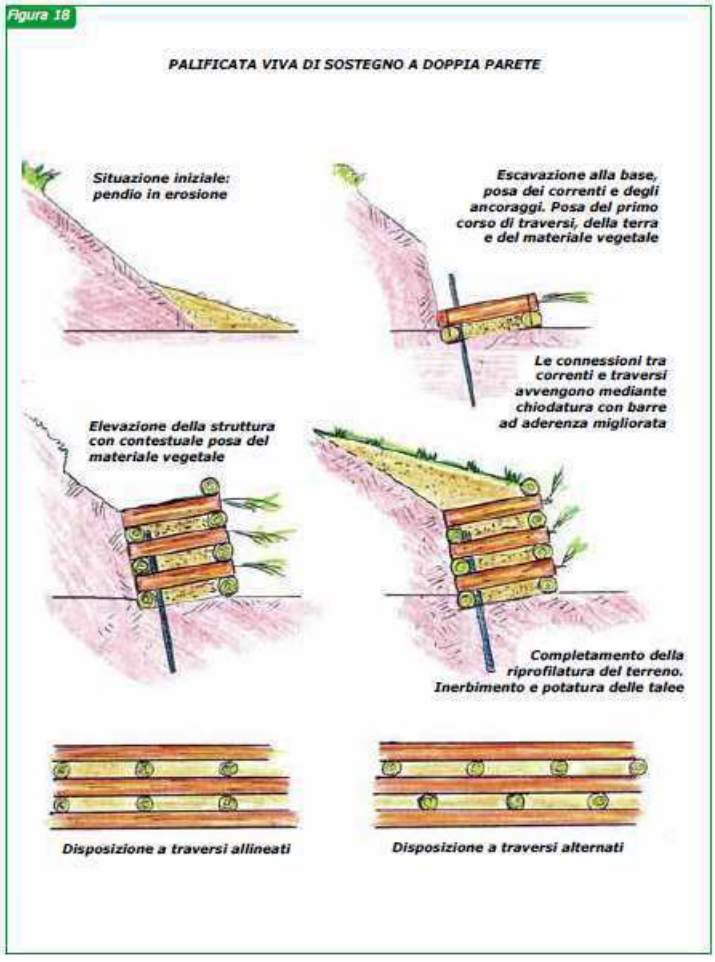


Foto 17: Particolare palificata doppia e sua disposizione da *"Manuale Ingegneria Naturalistica, nozioni e tecniche di base (Regione Piemonte)"*

7.4 FONDAZIONI AEROGENERATORI

Entrambi gli aerogeneratori alla quota ultima di piano di imposta delle fondazioni a progetto, andranno ad interessare il substrato roccioso serpentinico.

In via preliminare e del tutto non esaustiva, si procede ad una valutazione preliminare del carico di rottura dell'ammasso roccioso in caso di fondazioni appoggiate in roccia, si può utilizzare la relazione con la resistenza a compressione monoassiale della roccia formulata dall'*Uniform Building Code:* $\mathbf{q_r = 0.2 \times C_o}$

In riferimento a dati e prove effettuate in sito sul substrato presente e considerando cautelativamente condizioni sfavorevoli e cioè fondazioni appoggiate su ammasso roccioso molto fratturato, il valore della resistenza alla compressione semplice della roccia può essere cautelativamente assunto pari a valori più bassi emersi dalle prove sclerometriche effettuate sugli affioramenti rocciosi e cioè pari a 37Mpa.

In maniera cautelativa dalle analisi di superficie e anche sulla base dell'esperienza su questa formazione geologica si può assumere per i livelli più superficiali un RQD pari al 45% e di conseguenza ridurre in proporzione il valore di C_o (coesione). A tale valore può essere applicato un coefficiente parziale γ_{qu} = 1.6 (così come previsto nelle NTC paragrafo 6.2.3.1.2) per ottenere il valore di progetto, da cui si ottiene il seguente valore di capacità portante dell'ammasso roccioso largamente cautelativo:

$q_r = 0.2 \times 37 \times 0.45/1.6 = 2.08$Mpa = 21.2 Kg/cmq.

Data appunto la presenza di substrato roccioso alla quota di fondazione degli aerogeneratori, unita alla consapevolezza che il carico di esercizio prevedibile sul piano di appoggio sarà rappresentato dal peso totale della pala (turbina+palo+eliche), è più che ragionevole prevedere che gli effetti elastici o edometrici per le fondazioni dalle azioni di progetto siano nulli sia nel breve che nel lungo periodo.

Nel caso venisse realizzata una fondazione di tipo superficiale, essa consisterà in una platea in c.a. di notevoli dimensioni, sia in termini planimetrici che di spessore, necessaria per permettere alla struttura di assorbire, senza cedimenti, i momenti indotti sull'aerogeneratore dalla forza del vento.

Nel caso invece venissero realizzate fondazioni di tipo profondo, le dimensioni della platea di fondazione si ridurrebbero sensibilmente in quanto gli sforzi indotti sul piano di fondazione verrebbero in gran parte assorbiti dai pali.

In sede di progetto esecutivo, implementando l'indagine con la realizzazione di sondaggi geognostici, potrà essere valutata, in relazione alle condizioni del substrato, la migliore soluzione fondazionale ed il suo dimensionamento.

Il piano di posa della fondazione della torre 1 prevede scavi in materiali superficiali sciolti per un'altezza di circa 8m: in questo caso si rende necessario eseguire una riprofilatura del fronte di scavo con la realizzazione di gradonature con inclinazione delle scarpate intermedie con angolo non superiore ai 60° (si rimanda la capitolo di verifica speditiva delle scarpate in coltre e/o conglomerato), e larghezza delle banche non superiore ai 2m.

Su ogni gradone dovrà essere prevista una canalina di monte al piede della scarpata per la raccolta delle acque piovane e canaline trasversali alle banche in modo da avere un corretto smaltimento delle acque così intercettate.

7.5 OPERE DI REGIMAZIONE A CARICO DELLA SEDE STRADALE

L'intero tracciato stradale, dall'imbocco fino a giungere alla zona di imposta della torre 2 dovrà essere dotato di un'efficiente sistema di regimazione delle acque meteoriche ruscellanti con un sistema articolato di cunette superficiali (per la raccolta e lo smaltimento delle acque) in relazione allo sviluppo plani-altimetrico del tracciato ed al particolare ambiente idro-geomorfologico di versante. La cunetta potrà essere realizzata in terra e dovrà essere realizzata a monte della sede stradale. I deflussi ivi raccolti saranno recapitati nelle linee di impluvio naturali presenti lungo il tracciato: in via provvisionale andranno previsti dei tagli trasversali alla sede stradale in numero sufficiente da garantire un rallentamento al deflusso delle acque di precipitazione.

8. PIANO DI INDAGINI FINALIZZATO ALLA DEFINIZIONE DELLE OPERE FONDAZIONALI

Dallo studio svolto ai fini della presente relazione, basato su sopralluoghi, sull'analisi della cartografia tecnica disponibile e sull'esecuzione di prove in sito, è risultato evidente la presenza del substrato roccioso in affioramento, nella zona di imposta degli aerogeneratori; l'area si caratterizza quindi per la presenza diffusa di affioramenti che denotano un substrato roccioso massivo e disarticolato solo in superficie. In funzione di tale contesto geologico ed alle finalità da perseguire in questo studio si ritiene pertanto che dovranno essere svolte, a compendio della presente ed al fine di redigere una relazione geologica approfondita ai sensi delle vigenti normative, con particolare riferimento al DM del 14/1/2008 (NTC 2008), indagini più approfondite, da definire anche con il progettista strutturale. Quindi preliminarmente alla redazione del progetto esecutivo sarà comunque opportuno integrare le indagini di massima sin qui svolte con una campagna di sondaggi

geognostici che permettano una caratterizzazione in profondità dell'ammasso e una precisa valutazione dei parametri geomeccanici desumibili da ulteriori prove in sito o analisi di laboratorio.
In sede di progettazione esecutiva si suggerisce quindi di :
- effettuare uno o più sondaggi geognostici a rotazione con recupero di materiale, con prelievo continuo di campione, in corrispondenza di ognuno degli areogeneratori;
- prelevare, nel corso del sondaggio, spezzoni di carota da conferire ad un laboratorio rocce;
- ove non fosse possibile prelevare spezzoni di carota in ragione delle cattive condizioni dell'ammasso, realizzare prove geomeccaniche in foro di sondaggio;
- realizzare in laboratorio prove che permettano di determinare l'inviluppo di rottura dell'ammasso roccioso e le caratteristiche di resistenza al taglio dei giunti di frattura che lo interessano, nonché prove di compressibilità con misurazione delle deformazioni assiali e diametrali.

9. GESTIONE DEL MATERIALE SCAVATO

Il materiale di risulta, ovvero la terra e la roccia da scavo prodotta con gli sbancamenti sopra esaminati, potranno essere stoccati e depositati temporaneamente entro l'area di cantiere, in attesa di un loro parziale riutilizzo, sempre all'interno dell'area di progetto, ai sensi della principale normativa di riferimento ambientale di controllo costituita dal T.U. Ambiente D.Lgs. 152/06, D.L. 69/2013 convertito in legge 9/08/2013 n°98, D.Lgs n°4/2008 e dalla DGR Liguria n° 1423 del 15/11/2013 (Aggiornamento degli indirizzi operativi per la gestione delle terre e rocce di scavo del D.M. n. 161/2012 e del D.L. 69/2013 convertito in L. 9.8.2013 n. 98).
Nello specifico, la terra e la roccia del sito in studio, in ragione dell'ubicazione e dell'assenza di indicatori superficiali diretti e/o indiretti ad elevato rischio, è da considerarsi terreno naturale e può essere riutilizzato nello stesso sito.
Prima della fase esecutiva si procederà alla certificazione ambientale che attesti la qualità dei materiali di scavo mediante adeguata indagine ambientale.
Solo 2280mc verranno destinati a discarica.

10. ANALISI AMBIENTALE "PIETRE VERDI"

A seguito di una verifica puntuale eseguita sulla cartografia della Regione Liguria inerente la "Mappatura degli ambiti interessati dalle "Pietre Verdi" della D.G.R. n. 1776/2008 "*Integrazione alla DGR n. 859/2008 – Allegato 3 relativo alla mappatura delle Pietre verdi"*, risulta che gli interventi in progetto, ricadono in area perimetrata appunto a "Pietre verdi".

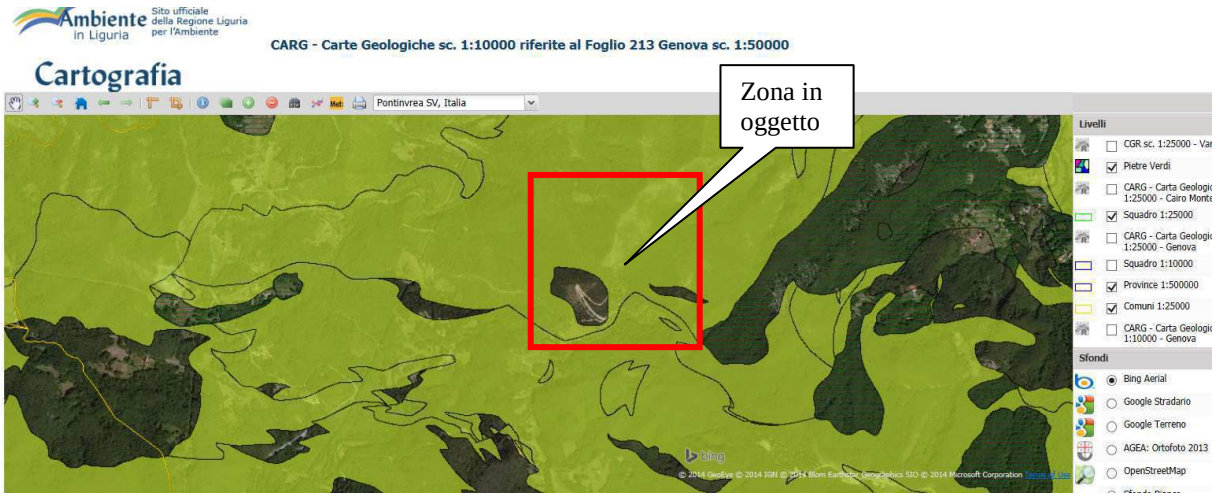


Fig. 7: Stralcio cartografia della mappatura delle pietre verdi

Occorre premettere che la cartografia elaborata per la perimetrazione degli ambiti interessati da substrato riconducibile alle Pietre verdi, "*...riporta come informazione di base gli areali in cui, in relazione alle rocce riconosciute in affioramento o subaffioramento, potrebbero rinvenirsi mineralizzazioni asbestiformi, essa però non indica se l'amianto è presente o meno in una determinata area. La determinazione dell'effettiva presenza o assenza dei minerali classificati come amianto può essere infatti effettuata solo attraverso un rilievo di dettaglio in sito.... [cfr. D.G.R. 1776/2008]".* Quindi in sintesi la cartografia segnala gli areali a probabile o eventuale presenza di mineralizzazioni amiantifere all'interno dei quali sono necessari ulteriori approfondimenti geologici per la caratterizzazione specifica in sede locale.

Inoltre la metodologia seguita per la definizione di tale cartografia tematica, di cui alla D.G.R. 1776/2008 è stata quella di utilizzare i rilevamenti geologici ad oggi disponibili con particolare riferimento ai rilievi informatizzati che costituiscono la banca dati cartografica (scala 1:25.000) del Progetto di Cartografia geologica Nazionale "CARG" (derivati da rilevamenti acquisiti a scala 1:10.000), nonché ai rilevamenti condotti nell'ambito del Progetto di cartografia geologica regionale con elementi di geomorfologia CGR.

In ottemperanza ai riferimenti legislativi D.G.R 1776/2008 Regione Liguria e D.M. 14/05/1996, il presente paragrafo è stato articolato in una serie di valutazioni tematiche, relative agli aspetti geologici, geomeccanici e morfologici del territorio in esame, ed è stato eseguito un prelievo di campioni rocciosi per le analisi di laboratorio per la valutazione dell'eventuale presenza di mineralizzioni amiantifere.

Dal punto di vista genetico tutti i minerali potenzialmente amiantiferi cristallizzano con morfologie fibrose solo in determinate condizioni termobariche. In linea di principio queste condizioni sono

tipiche del grado metamorfico medio-basso e sono legate a un'importante circolazione di fluidi (Ross 1981; Schreirer 1989). Gli aggregati di minerali amiantiferi sono in genere distribuiti all'interno di un ammasso roccioso in modo eterogeneo e sono solitamente associati e circoscritti a vene e fratture mineralizzate o a zone di taglio fragile-duttile (Perello & Venturini, 2005).

Da un punto di vista litologico solo alcune rocce possono sviluppare e ospitare minerali amiantiferi, mentre altre litologie risultano da questo punto di vista completamente "sterili". Le rocce potenzialmente amiantifere sono costituite principalmente da litotipi basici e ultrabasici sia di origine ignea che metamorfica. Le rocce di origine ignea sono costituite da basalti, andesiti, gabbri, ofioliti e peridotiti. I litotipi metamorfici principali, genericamente definiti come *"pietre verdi"*, sono riconducibili alle famiglie litologiche elencate nella tabella 2 tratta dal D.M. 14/05/96.

Tab. 2 – Classificazione delle rocce appartenenti alla famiglia delle "pietre verdi" secondo il D.M. 14/5/96.
Classification of "green stones" family rocks according to the D.M. 14/05/1996.

Classificazione delle cosidette "Pietre verdi" in funzione del loro contenuto di amianto	
Litotipo	Minerali principali
"serpentiniti" s.l.	antigorite, ***crisotilo***, olivina, orto- e clinopirosseni, anfibolo, ***tremolite***, talco, dolomite, granato, spinelli cromite e magnetite
prasiniti	feldspato albite, epidoti, anfiboli, ***tremolite-actinolite***, glaucofane, ***crocidolite***, clinopirosseni e mica bianca
eclogiti	pirosseno monoclino, granato, rutilo, anfibolo, glaucofane, ***crocidolite***
anfiboliti	orneblenda, plagioclasio, zoisite, clorite, ***antofillite***-gedrite
Scisti actinolitici	***actinolite***, talco, clorite, epidoto, olivina
scisti cloritici, talcosi e serpentinosi	talco, clorite, dolomite, ***tremolite***, ***actinolite***, serpentino, ***crisotilo***, rutilo, titanite, granato
oficalciti	talco, antigorite, ***crisotilo***, ***tremolite***, dolomite, calcite, olivina

Fig. 8: Classificazione rocce appartenenti alle pietre verdi: serpentiniti

Nel sito in esame siamo in presenza di rocce serpentinitiche e metagabbri, per cui litotipi potenzialmente con presenza di fibre asbestiformi.

La formazione e la liberazione di fibre di amianto costituiscono due processi geneticamente legati sia a fattori naturali che antropici. I fattori naturali sono riconducibili da un lato alla particolare cristallizzazione di minerali con abito fibroso e dall'altro alla loro disgregazione a seguito di processi di alterazione superficiale che determinano il rilascio di fibre libere.

I fattori antropici sono correlati essenzialmente all'azione meccanica esercitata sulla roccia. In questo contesto tutti gli interventi su ammassi rocciosi che producono una macinazione e una riduzione di granulometria dei costituenti mineralogici possono produrre e liberare fibre di amianto. Su quest'argomento esistono diversi studi scientifici che hanno analizzato le quantità di fibre rilasciate da diverse rocce, non necessariamente contenenti amianto, sottoposte a diversi tipi di stress meccanico. Alcuni studi (Rochat 2004; Turci 2005) hanno evidenziando come l'azione

meccanica su rocce contenenti minerali solo potenzialmente amiantiferi (non fibrosi), possa liberare fibre respirabili di amianto in quantità elevate. Una situazione di questo tipo può essere riscontrata nell'ambito dello scavo di un tunnel durante l'attraversamento un ammasso roccioso potenzialmente amiantifero (es. prasiniti o anfiboliti).
In questo caso l'azione meccanica impressa sulla roccia durante le diverse fasi di avanzamento potrà influenzare il tasso di liberazione di fibre respirabili, indipendentemente dalla presenza e concentrazione naturale iniziale dell'amianto stesso.

A livello normativo quest'aspetto è parzialmente regolamentato dal D.M. 14/5/96. In questo decreto la quantificazione del numero di fibre d'amianto liberate in funzione dell'azione antropica è valutata tramite la determinazione del cosiddetto indice di rilascio di una roccia (I.R.), cioè la sua capacità di liberare fibre se sottoposta a stress meccanico (cfr. § 5.1 DM 14/5/96). L'Indice di Rilascio, rappresenta nella pratica il valore numerico oltre il quale il Legislatore sancisce se un coacervo di rocce "a pietre verdi" preso a campione può essere definito pericoloso. Il materiale viene definito non pericoloso quando tale indice è inferiore a 0,1. In pratica la ratio della norma prevede di ottenere una misura media del contenuto di fibre "liberabili" dal materiale; la determinazione dell'Indice di Rilascio è stata eseguita secondo quanto disposto dal D.M. 14 Maggio 1996 - Allegato 4 a cui si rimanda per eventuali approfondimenti.
Per la determinazione dell'indice di rilascio sono stati prelevati in sito 4 campioni C1-r, C2-r, C3-r, C4-r; l'ubicazione del prelievo è evidenziata nella TAV. 2 .
Dalle analisi eseguite sui campioni *la presenza di amianto risulta assente* e anche secondo l'indice di rilascio il materiale risulta non avere alcuna pericolosità.

(vedasi anche ALL.2 – Analisi CPG n.15LA10980 / n.15LA10981 / n.15LA10982 / n.15LA10983 del 20/07/2015).

11. CONCLUSIONI

Lo studio geologico eseguito ha preso in considerazione l'assetto geologico, geomorfologico ed idrogeologico dei luoghi interessati dalla nuova soluzione progettuale ed è stato sviluppato quale elemento tecnico a corredo del progetto nell'ambito del procedimento autorizzativo per la realizzazione di un parco eolico nel Comune di Pontinvrea (SV).

A livello areale (ovvero a scala del versante) non si sono rilevati indicatori significativi di tipo geomorfologico correlabili a fenomeni franosi in atto o pregressi interferenti con le aree di sedime interessate dalle opere a progetto.

Le condizioni geologiche esistenti non evidenziano criticità che possano determinare condizioni ostative all'esecuzione delle opere previste.

Da un punto di vista geotecnico, gli elementi acquisiti durante lo studio, hanno garantito un preliminare supporto nella definizione delle scelte strutturali/fondazionali più opportune e proprie di questo livello di progettazione.

Durante la fase di progettazione esecutiva e, comunque prima dell'inizio dei lavori, si dovrà eseguire opportuna campagna geognostica, così come prefigurata, nella presente relazione.

In particolare dovranno essere acquisiti elementi di dettaglio atti alla taratura del modello geologico-stratigrafico elaborato, alla definizione della parametrizzazione geotecnica esecutiva, ai sensi di quanto disposto dal D.M. 14.01.2008.

Gli interventi previsti risultano compatibili con le condizioni geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche riscontrate in situ e, se realizzati secondo le buone regole dell'arte, nel rispetto degli indirizzi generali sopra esposti, non determinano peggioramento delle condizioni di stabilità complessiva dell'area di intervento, né perturbano il regime delle acque.

Carcare,

Paola Dott. Reverdito

1.PREMESSA _____ 2
1.1 PUNTO a) _____ 2
1.2 PUNTO b) _____ 5
1.3 PUNTO c) e d) _____ 6
1.4 PUNTO e) _____ 7

Fig. 1 Stralcio TAV. A.01.m_Inquadramento _PAI_IFFI

Foto 1: Vista del versante in sponda orografica sinistra, con affioramento del substrato
Foto 2: Vista della strada, da monte verso valle, sede di imposta del cavidotto
Foto 3: Vista della strada, da valle verso monte, sede di imposta del cavidotto
Foto 4: Vista della strada, da valle verso monte, sede di imposta del cavidotto

1.PREMESSA

La presente relazione rappresenta il documento integrativo in cui sono riportate le risultanze dell'approfondimento richiesto dal Dipartimento Ambiente, Settore VIA con nota prot. n. PG/2015/0226721 del 22/12/2015.

Le integrazione, per quanto di competenza, riguardano il punto **3) Difesa del suolo, punti a-e**.

"Per permettere una lettura facile ed immediata delle integrazioni apportate alla relazione descrittiva, si provvede all'elaborazione del testo, di seguito esposto, con colori diversi a seconda delle modifiche presentate.

In particolare si è fatto uso della seguente rappresentazione grafica:

BLU: indica tutto ciò che, rispetto alla relazione geologica integrativa, rappresenta un'integrazione che intende analizzare ed approfondire la nuova soluzione proposta;

NERO: indica tutto ciò che è rimasto invariato rispetto alla relazione geologica descrittiva del progetto originario; per tale motivo il proponente ritiene che il contenuto sia pienamente valido;

ROSSO: indicano delle note di particolare importanza solitamente presenti in tutti quei capitoli, che a seguito dell'elaborazione della nuova soluzione alternativa, sono stati completamente rivisti ed integrati"

1.1 PUNTO a)

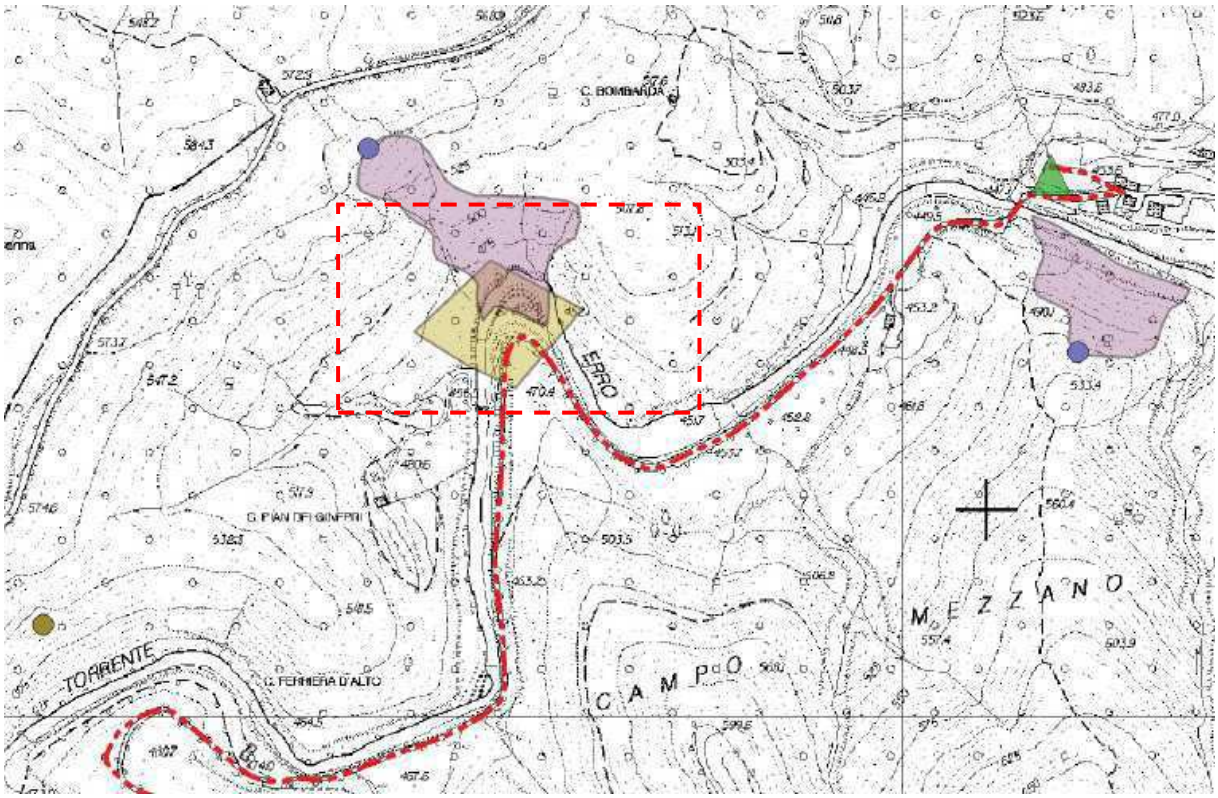


Fig. 1 Stralcio TAV. A.01.m_Inquadramento _PAI_IFFI

La cartografia individua una zona perimetrata come zona soggetta a crolli e frana quiescente. Dal sopralluogo eseguito la zona che verrà interessata dal'interramento del cavidotto non presenta in alcun modo segni di dissesti quiescenti e attuali. E' probabile che in passato si siano verificati crolli sulla sponda orografica sinistra del Torrente Erro, crolli che probabilmente anche all'epoca non hanno interessato la zona oggetto di indagine.

La strada infatti risulta essere ad una quota altimetrica superiore rispetto al fondo alveo ed una distanza tale per cui, non si ha alcuna interferenza con eventuali fenomeni dissestivi.



Foto 1: Vista del versante in sponda orografica sinistra, con affioramento del substrato



Foto 2: Vista della strada, da monte verso valle, sede di imposta del cavidotto



Foto 3: Vista della strada, da valle verso monte, sede di imposta del cavidotto



Foto 4: Vista della strada, da valle verso monte, sede di imposta del cavidotto

1.2 PUNTO b) aggiornamento su base cartografica del rilevamento geologico e delle sezioni stratigrafiche alla luce del nuovo tratto di viabilità

Vengono riportate su base cartografica CTR la cartografia inerente il rilevamento geologico in sito l'ubicazione dei punti di campionamento, l'ubicazione delle prove in sito e le sezioni stratigrafiche significative (cfr. elaborato grafico di integrazione ***M.02.a*** *Carta rilevamento geolitologico su base CTR e sezioni stratigrafiche*)

Le considerazioni di cui ai punti successivi 1.3 PUNTO c) e d) vengono sostituite dalle considerazioni riportate nella Relazione geologica ai seguenti paragrafi:

3.3.1 VARIAZIONE NUOVA VIABILITA' A PROGETTO

7.2 NUOVA STRADA DI COLLEGAMENTO TRA LA TORRE 1 E LA TORRE 2

7.3 SISTEMAZIONE SCARPATE IN FASE DEFINITIVA

7.4 FONDAZIONI AEROGENERATORI

Infatti nella Relazione Geologica vengono riportate e tenute valide tutte le considerazioni tecniche esposte per il primo tratto di adeguamento stradale, non oggetto di variazione; vengono invece riportate le nuove considerazioni tecniche per quanto riguarda il nuovo posizionamento delle due torri, le relative piazzole di manovra ed il tratto di nuova viabilità di raccordo tra le due torri.

1.3 PUNTO c) e d)

Il progetto prevede l'adeguamento della viabilità esistente con allargamento dell'attuale sede stradale per il raggiungimento, con mezzi idonei, della zona di imposta degli aerogeneratori e delle relative piazzole di manovra.

Alla luce degli elaborati di progetto si può osservare come, le problematiche geologico tecniche di maggiore interesse sono collegate al fatto che l'intero tracciato si sviluppa lungo il versante, obbligando alla messa in opera di una serie di sbancamenti e di riporti, che localmente comportano modeste movimentazioni di materiale ed in altri casi scavi più impegnativi.

In generale comunque le particolarità geologiche, geomorfologiche nonché geotecniche/geomeccaniche del sottosuolo, emerse nell'ambito dell'indagine non evidenziano nel complesso situazioni limite tali da rendere contrario l'intervento in questione.

Le sezioni stratigrafiche riportate nella tavola allegata rappresentano le zone di intervento con maggiore incidenza sul terreno, non per questo, però, presentano criticità particolari.

L'adeguamento della sede stradale comporta la realizzazione di una serie di sbancamenti che, visto l'andamento stratigrafico, andranno ad interessare prevalentemente le coltri detritiche superficiali, in alcuni tratti fino quasi a metà percorso ed il regolite del substrato roccioso, nel tratto terminale (cfr. elaborato grafico di integrazione ***M.02.a*** *Carta rilevamento geolitologico su base CTR e sezioni stratigrafiche*).

L'esecuzione degli scavi si presenterà quindi sostanzialmente priva di difficoltà nell'avanzamento, salvo la possibile intersezione di porzioni del bed-rock presso le zone con maggiori profondità di scavo. In tali situazioni, le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso roccioso rendono di fatto probabile l'uso del martello demolitore.

Da una prima analisi speditiva in base ai dati ottenuti dal rilievo geologico in sito e dalle prove speditive sui materiali in loco, si ritiene non necessario realizzare opere di consolidamento ai piedi di fronti di scavo: infatti, al fine di ridurre gli aggetti verticali, le pareti dei singoli fronti di scavo in coltre andranno sagomate con angolo di scarpata non superiore a 45° e in caso di previsioni di forti

piogge o di procedure di allarme ai fini di protezione civile si dovranno mettere in atto tutte le cautele per evitare qualunque fenomeno di dilavamento e/o fenomeno erosivo sugli scavi aperti.
Per quanto riguarda i fronti di scavo nelle sezioni in roccia la pendenza da assegnarsi ai singoli fronti si può ragionevolmente indicare con un valore pari o inferiore ad 2/3 ovvero 60°-70°.

Per quanto riguarda le sezioni in cui è previsto un allargamento della sede stradale con riporto di terreno a valle della carreggiata, verrà utilizzato il materiale di scavo in posto e verranno usati, per quanto possibile, i materiali più granulari e resistenti e quindi con migliori caratteristiche geotecniche fine da aumentare la stabilità complessiva e favorire il drenaggio naturale. Nei tratti di sezioni con pendenza elevata del versante a valle della careggiata, le scarpate abbancate verranno dotate di una o più file di palificate semplici, al fine di impedire l'erosione superficiale del materiale (cfr. sez. A06-A07-A08-A09 - elaborati grafici di integrazione ***D.02.a*** *Particolari costruttivi,* ***E.04.a*** *Planimetria generale situazione definitiva - tratto iniziale viabilità interna (sezioni A00 - A30)* e ***E.02.c*** *Sezioni trasversali situazione attuale e definitiva - tratto iniziale viabilità interna (sezioni A00 - A30)*).

Nella zona di crinale, in corrispondenza dell'aerogeneratore 02 è prevista, a progetto, la realizzazione di micropali a sostegno della piazzola necessaria in fase di cantiere per le operazioni di installazione della turbina eolica. I micropali, in considerazione della situazione geologica e geomorfologica attuale, non andranno a creare fenomeni di instabilità né durante la fase di cantiere e neppure in fase definitiva, quando a progetto è previsto il taglio della parte aerea ed il consolidamento dei tubolari.

1.4 PUNTO e)

Per il posizionamento delle pali eoliche in corrispondenza del crinale è prevista la realizzazione della strada di collegamento per l'accesso ai mezzi e di due piazzole di dimensioni tali da poter permettere ai mezzi l'assemblaggio delle torri.
Dal rilievo geologico eseguito in sito si rileva su tutta l'area la presenza in affioramento del substrato roccioso, solo localmente e limitatamente fratturato in superficie (si riporta estratto *Relazione geologica – settembre 2015*):

…. Tratto E-E (TAV. 1.4)*: Si tratta della zona di imposta dei due aerogeneratori e relative piazzole di servizio. Lungo tutto il crinale è visibile in affioramento il substrato roccioso, solo localmente e per aree molto limitate fratturato in superficie…..*

Allo stato attuale, è presente quindi roccia in affioramento su tutto il crinale e lungo i versanti, roccia che per la sua scarsa fatturazione sia primaria che secondaria è da considerarsi, già allo stato naturale, impermeabile: in tale situazione durante i fenomeni piovosi si ha poca o nulla infiltrazione d'acqua, con conseguente deflusso superficiale lungo le pendici dei versanti.
Non si ha la presenza di coltre e/o materiale superficiale sciolto per cui sono da escludere possibili fenomeni di colate veloci, che possono accadere a seguito di saturazione del materiale a causa delle precipitazioni.
Nel contesto geologico attuale gli effetti indotti dalla realizzazione delle piazzole non aumentano il deflusso superficiale delle acque di precipitazione.

In considerazione di quanto sopra si prevede quindi che la realizzazione delle piazzole comporta una impermeabilizzazione totale delle infiltrazione di acqua arealmente limitata e concentrata solo ed esclusivamente per la durata della fase temporanea di cantiere.
Si realizzerà una regimentazione provvisoria delle acque per tutta la durata del cantiere provvedendo ad incanalare le acque di precipitazione lungo le cunette a cielo aperto che verranno create con i mezzi di scavo e portate per un'aliquota verso i solchi di drenaggio naturali lungo le pendici del versante e un'aliquota lungo la canalina di monte della strada di accesso (cfr. elaborati grafici di integrazione della sezione **E** ed elaborato grafico di integrazione ***D.02.α*** *Particolari costruttivi*).