



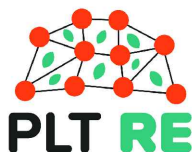
Comune di
CORIGLIANO-ROSSANO



Comune di
TERRANOVA DA SIBARI



Committente:



PLT RE s.r.l.
via Corte Don Giuliano Botticelli 51
47521 Cesena (FC)
P.IVA/C.F. 04483450401

Titolo del Progetto:

PARCO EOLICO "TERRANOVA"

Documento:

Progetto Definitivo

N° Documento:

W-TER-A-RE-04

| | | | | | | | |
|--------------|--------------|-------------|----------|---------|-----------|----------|-----------|
| ID PROGETTO: | W-TER | DISCIPLINA: | A | AMBITO: | RE | FORMATO: | A4 |
|--------------|--------------|-------------|----------|---------|-----------|----------|-----------|

Elaborato:

**RELAZIONE GEOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
IDROLOGICA (COMPATIBILITA' COL PTA)**

| | | | |
|--------|---|------------|--|
| SCALA: | - | Nome file: | W-TER-A-RE-04_Relazione_geologica_idrogeologica_e_idrologica |
|--------|---|------------|--|

Progettazione:



Ing. Saverio Pagliuso



Geol. Gian Vito Graziano

| Rev: | Data Revisione | Descrizione Revisione | Redatto | Controllato | Approvato |
|------|----------------|-----------------------|---------|-------------|-----------|
| 00 | APRILE 2023 | PRIMA EMISSIONE | IRIDE | GEMSA | PLT RE |
| | | | | | |
| | | | | | |
| | | | | | |

REGIONE CALABRIA

**COMUNI DI TERRANOVA DA SIBARI E CORIGLIANO ROSSANO
(CS)**

**REALIZZAZIONE DEL PARCO EOLICO DENOMINATO
“TERRANOVA” COMPOSTO DA 10 AEROGENERATORI DA 6 MW
PER UNA POTENZA COMPLESSIVA DI 60 MW**

**RELAZIONE GEOLOGICA E DI COMPATIBILITA’
GEOMORFOLOGICA**

1. PREMESSE

Su incarico della società PLT RE s.r.l. è stato eseguito il presente studio geologico-tecnico per il progetto definitivo indicato in epigrafe in ossequio a quanto descritto nelle normative vigenti in materia (D.M. 17/01/2018).

Lo studio ha, quindi, previsto l'esecuzione di tutti i rilievi, le indagini e le prove tecniche necessarie per:

- determinare la costituzione geologica dell'area interessata dal progetto;
- studiarne le caratteristiche geomorfologiche con particolare riguardo alle condizioni di stabilità dei versanti;
- definire l’assetto idrogeologico con riguardo alla circolazione idrica superficiale e sotterranea;
- individuare tutte le problematiche geologico-tecniche che possono interferire con le opere in progetto;
- indicare, in linea di prima approssimazione, eventuali opere di consolidamento o presidio per garantire la realizzazione ottimale delle opere in progetto;

- determinare, in linea di prima approssimazione, le caratteristiche fisiche e meccaniche dei terreni con maggiore interesse a quelle che più da vicino riguardano gli aspetti progettuali;
- verificare l’eventuale presenza di problematiche legate a fenomeni di liquefazione;
- indicare un programma di indagini geognostiche e geotecniche da eseguire nelle successive fasi di progettazione esecutiva.

Lo studio è stato, quindi, articolato come segue:

a) Studio geologico dell’area interessata comprendente la descrizione delle formazioni geologiche presenti, delle loro caratteristiche litologiche, dei reciproci rapporti di giacitura, dei loro spessori, nonché l’indicazione di tutti i lineamenti tettonici.

b) Studio geomorfologico dell’area interessata comprendente la descrizione dei principali lineamenti morfologici, degli eventuali fenomeni di erosione e dissesto, dei principali processi indotti da antropizzazione.

c) Studio idrogeologico dell’area interessata comprendente la descrizione dei lineamenti essenziali sulla circolazione idrica superficiale e sotterranea in relazione alla loro interferenza con le problematiche geotecniche ed all’individuazione delle aree soggette ad esondazione.

d) Studio delle pericolosità geologiche dell’area interessata comprendente tutto quanto necessario ad evidenziare le aree interessate da “pericolosità geologiche” quali frane, colate, crolli, erosioni, esondazioni, rappresentando, cioè, un’attenta analisi ed interpretazione degli studi precedenti.

e) Studio della pericolosità sismica locale atto ad evidenziare le aree con particolari problematiche sismiche e tali da poter provocare fenomeni di amplificazione, liquefazione, cedimenti ed instabilità.

Da quanto detto prima si evince che in una prima fase il nostro lavoro è stato organizzato eseguendo numerosi sopralluoghi finalizzati allo studio

di una zona più vasta rispetto a quella direttamente interessata dal progetto per inquadrare, in una più ampia visione geologica, la locale situazione geostrutturale.

Nostro interesse era, inoltre, quello di definire l'habitus geomorfologico e l'assetto idrogeologico concentrando la nostra attenzione sulle condizioni di stabilità dei versanti, sullo stato degli agenti morfogenetici attivi e sulla presenza e profondità di eventuali falde freatiche.

Per la caratterizzazione della serie stratigrafica locale, per l'individuazione delle profondità del livello piezometrico e per la definizione delle problematiche sismiche delle aree in studio, in questa prima fase di lavoro, sono stati realizzati n. 10 indagini di sismica attiva (MASW) per definire le velocità delle onde sismiche V_s nei primi 30 m di profondità dal p.c. in corrispondenza degli aerogeneratori TRN01, TRN02, TRN03, TRN04, TRN05, TRN06, TRN07, TRN08, TRN09, TRN10.

I risultati sono visibili negli allegati riportati nei capitoli successivi.

Il presente progetto prevede la realizzazione di:

- a. Parco eolico** costituito da n. 10 aerogeneratori;
- b. Cavidotto** di collegamento tra gli aerogeneratori e la sottostazione elettrica;
- c. Sottostazione elettrica.**

Con i dati in nostro possesso, abbiamo redatto la presente relazione geologico-tecnica corredata dai seguenti elaborati:

- ✓ n. 1 carta geologica ed idrogeologiche con l'ubicazione delle indagini geognostiche eseguite in scala 1/10.000 (fuori testo);
- ✓ n.1 carta della rete idrografica superficiale, con l'ubicazione delle sorgenti presenti nell'area vasta (non ci risultano pozzi in zona) in scala 1/10.000 (fuori testo);

- ✓ n. 1 carta dei corpi idrici sotterranei in scala 1/10.000 (fuori testo);
- ✓ n. 4 carte, fuori testo, relative al piano di assetto idrogeologico (P.A.I.) ed al Piano Gestione Rischio Alluvioni (P.G.R.A.);
- ✓ le colonne stratigrafiche tipo;
- ✓ elaborati relativi ai sondaggi di sismica passiva a stazione singola (tromografia) denominati T1, T2, T3, T4, T5, T6, T7, T8, T9, T10, T11, T12 e TSOTT con la relativa documentazione fotografica.

I risultati e le ipotesi geologiche formulate in questa sede sono da confermare con l'esecuzione delle indagini indicate nell'apposito capitolo, nella successiva fase di progettazione esecutiva.

Si ritiene, infatti, che in fase di progetto esecutivo e di calcolo delle strutture di fondazione si renderà necessario integrare le indagini con la realizzazione di un sondaggio e relative prove geotecniche in situ ed in laboratorio in corrispondenza di ciascun aerogeneratore e della sottostazione nell'esatta posizione in cui, a valle dell'iter autorizzativo, saranno effettivamente realizzati ed alcuni pozzetti esplorativi in corrispondenza dei tracciati dei cavidotti.

2. CONSIDERAZIONI GEOLOGICHE

Lo studio geologico, di insieme e di dettaglio, è stato realizzato conducendo inizialmente la necessaria ricerca bibliografica sulla letteratura geologica esistente, la raccolta ed il riesame critico dei dati disponibili ed, infine, una campagna di rilievi effettuati direttamente nell’area strettamente interessata dallo studio.

L’insieme dei terreni presenti, delle relative aree di affioramento e dei rapporti stratigrafici e strutturali è riportato nella carta geologica allegata alla presente relazione.

I tipi litologici affioranti in corrispondenza delle opere in progetto sono riferibili ad un ampio periodo di tempo e che distinguiamo dal più recente al più antico:

- **DEPOSITI ALLUVIONALI (Olocene):** si tratta prevalentemente di rocce sciolte costituite da conglomerati, ghiaie e sabbie ricoperti da una coltre limoso-argillosa con inclusi sporadici blocchi, con giacitura sub-orizzontale. Le sabbie presentano granulometria variabile da fine a grossolana. Le ghiaie ed i conglomerati sono caratterizzate da sporadici clasti calcarei arrotondati di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Interessano brevi tratti di cavidotto e la sottostazione.
- **COMPLESSO SABBIOSO PLEISTOCENICO (Pleistocene):** Si tratta di sabbie da fini a grossolane, con inclusi ghiaie e conglomerati di colore ocra, da scarsamente a mediamente addensate quando alterate, mentre la frazione inalterata è costituita da sabbie e ghiaie addensate. Interessano gli aerogeneratori TRN01, TRN02, TRN03, COR05 TRN06 e TRN07 e poggiano sulla frazione sabbiosa pliocenica. Detto complesso interessa parte del cavidotto.

- **COMPLESSO CONGLOMERATICO (Pliocene sup.):** Si tratta di conglomerati e sabbie giallastre o bruno rossastre. Detto complesso interessa alcuni tratti del cavidotto.
- **COMPLESSO SABBIOSO PLIOCENICO (Pliocene sup.):** Si tratta di sabbie ed arenarie da fini a grossolane, con inclusi conglomerati, da scarsamente a mediamente addensate quando alterate, mentre la frazione inalterata è costituita da arenarie, sabbie e ghiaie addensate. Affiorano nelle aree in cui sono ubicati gli aerogeneratori TRN04 e TRN10 e poggiano sulla frazione argillosa pliocenica. Detto complesso interessa alcuni tratti del cavidotto.
- **COMPLESSO ARGILLOSO PLIOCENICO (Pliocene sup.):** sono rocce di deposizione marina riferibili ad ambienti profondi. Si tratta di limi e limi argillosi di colore nocciola, da scarsamente a mediamente consistente e plastica quando alterata, mentre la frazione inalterata è costituita da argille limose di colore grigio da mediamente consistenti a consistenti, a tratti plastiche, a struttura omogenea. Detta frazione interessa gli aerogeneratori TRN08 e TRN09 e parte del cavidotto.
- **COMPLESSO CALCAREO (Cretaceo inf.):** Si tratta di calcari selciferi grigio chiari, bruni e rossastri, con sottili intercalazioni di argille sfogliettate rosse, verdi e brune, spesso laminate. Gli strati sono frequentemente contorti. Detto complesso interessa una limitata parte del cavidotto.

Dall'analisi della carta geologica e dai rilievi eseguiti in campagna, nonché dalle indagini sismiche sono state ricostruite le colonne stratigrafiche rappresentative dei modelli geologici in corrispondenza di ciascun aerogeneratore e della sottostazione di seguito allegate.

Tutti i suddetti terreni sono ricoperti da uno spessore variabile tra circa 1.5 e 3.00 m di terreno vegetale poco consistente e scarsamente addensato.

Si mette in evidenza che, come dichiarato dal progettista, il cavidotto esterno al parco e di collegamento alla sottostazione verrà realizzato esclusivamente su strade asfaltate e, vista la limitata profondità di scavo pari a circa 1.20 m, interesserà esclusivamente la fondazione/rilevato stradale e non interferisce con i terreni in posto sottostanti.

3. CONSIDERAZIONI GEOMORFOLOGICHE ED IDROGEOLOGICHE

Da un punto di vista geomorfologico, l'area vasta in cui sono ubicate le opere in progetto può essere divisa in tre settori:

- ⇒ un settore caratterizzato da un habitus geomorfologico piuttosto irregolare e contraddistinto dall'affioramento dei terreni riferibili a rocce coerenti (Scisti, filladi, rocce ignee, calcari, ect),
- ⇒ un settore ad habitus geomorfologico regolare, caratterizzato da rilievi dolci e mammellonati dove prevalgono i litotipi argillosi e sabbiosi con frequenti fenomeni geodinamici sia attivi che quiescenti anche di notevoli proporzioni,
- ⇒ una zona di fondovalle stabile dove affiorano i termini alluvionali caratterizzati dalla presenza di limi sabbiosi, sabbie e ghiaie.

Questa marcata differenziazione di origine “strutturale” viene ulteriormente accentuata dalla cosiddetta “erosione selettiva”, ossia dalla differente risposta dei terreni agli agenti morfogenetici, che nel sistema morfoclimatico attuale sono dati essenzialmente dalle acque di precipitazione meteorica e da quelle di scorrimento superficiale.

Le litologie più coerenti vengono erose in misura più ridotta e tendono, quindi, a risaltare nei confronti delle circostanti litologie pseudo-coerenti o incoerenti.

I processi morfodinamici prevalenti nel sistema morfoclimatico attuale vedono, infatti, come agente dominante l'acqua, sia per quanto riguarda i processi legati all'azione del ruscellamento ad opera delle acque selvagge, che per i processi di erosione e/o sedimentazione operati dalle acque incanalate.

Sono essenzialmente i processi fluviali quelli che hanno esplicitato e tutt'ora esplicano un ruolo fondamentale nell'evoluzione geomorfologica dell'area.

Per quanto riguarda i processi fluviali, il reticolato idrografico risulta organizzato in maniera abbastanza indipendente da discontinuità iniziali, con un pattern articolato dove affiorano i materiali fini da poco permeabili ad impermeabili, mentre diventa poco articolato in corrispondenza delle aree caratterizzate dalla presenza di litologie conglomeratiche permeabili, come desumibile dal rilievo aero-foto-geologico.

In generale tutti gli impluvi presenti nell'area drenano le acque sul Fiume Crati e sul Fiume Coscile che costituiscono i principali elementi di deflusso idrico superficiale.

Il presente studio, vista la delicatezza della componente geomorfologica, ha dedicato un ampio approfondimento con rilievi di superficie ed interpretazioni aero-foto-geomorfologiche, ricostruendo con estremo dettaglio le tipologie e le dimensioni areali e spaziali dei singoli fenomeni gravitativi.

Per quanto concerne le forme di dissesto legate ai movimenti franosi presenti nei versanti interessati dalle opere in progetto, si mette in evidenza che tramite i rilievi di superficie, integrati dallo studio delle fotografie aeree del territorio e dalle indagini geofisiche eseguite per il presente studio, si evince che ***le condizioni di stabilità dei versanti dove sono ubicati gli aerogeneratori e i cavidotti interni al parco godono di condizioni di buona stabilità*** (condizione da verificare in fase di progettazione esecutiva sulla base di verifiche di stabilità dei pendii da redigere a valle delle indagini geognostiche e geotecniche che saranno eseguite dopo l'Autorizzazione Unica, quando si avrà certezza sull'effettiva localizzazione degli aerogeneratori), mentre sono presenti tre limitati fenomeni

geodinamici limitrofi alla viabilità dove sarà interrato il cavidotto come visibile nelle carte del P.A.I. allegate.

Dai sopralluoghi eseguiti si evince che detti dissesti sono riferibili principalmente a scorrimenti attivi con un grado di Pericolosità P2.

Per preservare i tratti di viabilità interessati dai fenomeni gravitativi superficiali legati soprattutto alle acque meteoriche che si infiltrano nella coltre alterata superficiale dei terreni, verranno adottate, di concerto con gli enti gestori dell’infrastruttura, tecniche utili alla stabilizzazione della porzione più superficiale di suolo che oltre ad essere molto efficaci in situazioni geomorfologiche come quelle presenti nel sito di progetto, hanno il vantaggio di essere molto elastiche e in grado di adattarsi all’habitus geomorfologico caratteristico del territorio in cui si opera, alle irregolarità del terreno ed a ulteriori movimenti di assestamento del terreno dopo la messa in opera.

In tal modo il consolidamento ed il ripristino delle condizioni ambientali saranno raggiunti impiegando opere relativamente leggere per non sovraccaricare il terreno, assicurando la massima protezione antierosiva.

Nello specifico del nostro caso riteniamo di prevedere:

❖ **Fascinate** che consistono nella "messa a dimora di fascine vive di specie legnose con capacità di riproduzione vegetativa".

Le fascinate sono utilizzate negli interventi di sistemazione dei versanti con pendenza non superiore ai 30°-35°; con questo sistema si ottiene il rinverdimento ed il drenaggio superficiale dei pendii mediante la formazione di file di gradoni, disposti parallelamente alle curve di livello, nei quali sono sistemati delle fascine di astoni o ramaglia, possibilmente lunghi e dritti, prelevati da piante legnose con elevata capacità di diffusione vegetativa.

Le fascinate vive comprendono due tipologie costruttive differenziate in base al materiale vegetale impiegato:

- ⇒ fascinate vive con ramaglia;
- ⇒ fascinate vive con piantine.

Le fascinate vive con ramaglia comportano un ridotto movimento di terra; la loro realizzazione prevede lo scavo di solchi profondi da 0,3 a 0,5 m ed altrettanto larghi, dove si sistemano orizzontalmente le fascine di ramaglia, prelevate da specie legnose con buona capacità di propagazione vegetativa.

In ogni sezione trasversale della fascina, dovranno essere presenti 5 verghe di almeno 1 cm di diametro, con punti di legatura distanti 70 cm l'uno dall'altro.

La costruzione avviene fissando le fascine di ramaglia con paletti in legno vivo (pioppo o salici) o morto (castagno, larice etc) lunghi almeno 60-100 cm e diametro compreso tra 5 e 10 cm, infissi nel terreno attraverso la fascina o a valle di essa.

Lo scavo viene quindi ricoperto con un leggero strato di terreno proveniente dagli scavi dei fossi superiori.

Le file di gradoni con le fascine di ramaglia sono eseguite orizzontalmente, secondo le curve di livello o con una leggera inclinazione obliqua rispetto al pendio per aumentare la capacità di deflusso delle acque superficiali e l'efficacia drenante del sistema.

La distanza fra file successive si aggira mediamente intorno a 1,5-2 m.

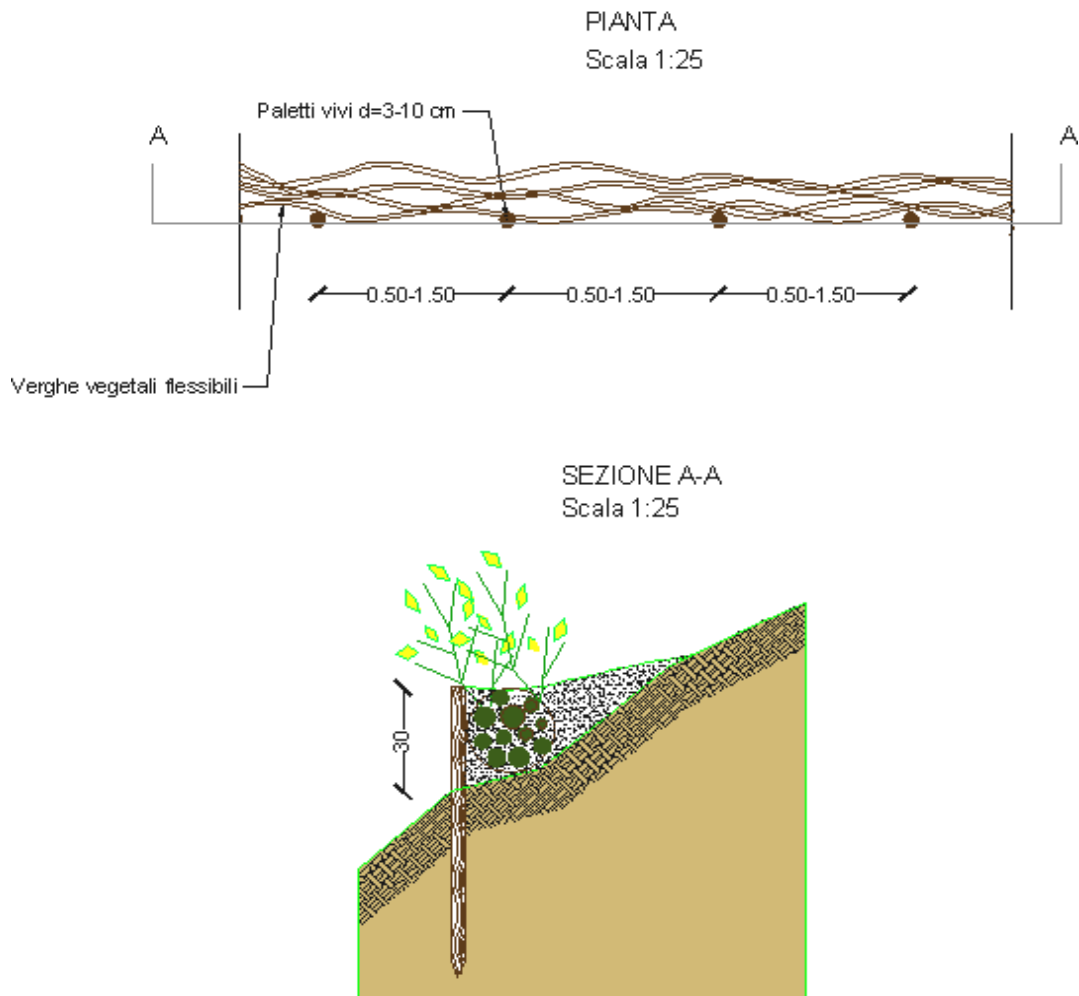
Una variante di questo sistema, applicata dove si richiede una maggiore efficacia consolidante dell'intervento, prevede l'associazione delle fascine con viminate.

Nel caso di fascinata viva con piantine radicate di specie arbustive, l'esecuzione dell'intervento comporta alcuni accorgimenti e procedure

diverse da quelle della tecnica precedente. Infatti le fascine di ramaglia sono più leggere e con un numero inferiore di verghe (3-6), i solchi sono più larghi di circa 10-15 cm e le piantine radicate sono messe a dimora in numero di circa 1-2 esemplari per metro.

Il solco, dopo la messa a dimora delle fascine e delle piantine, è riempito con il terreno, eventualmente ammendato, proveniente dagli scavi. Le fascinate, come tutti gli altri interventi che impiegano materiali vivi, devono essere realizzate solo durante il periodo di riposo vegetativo.

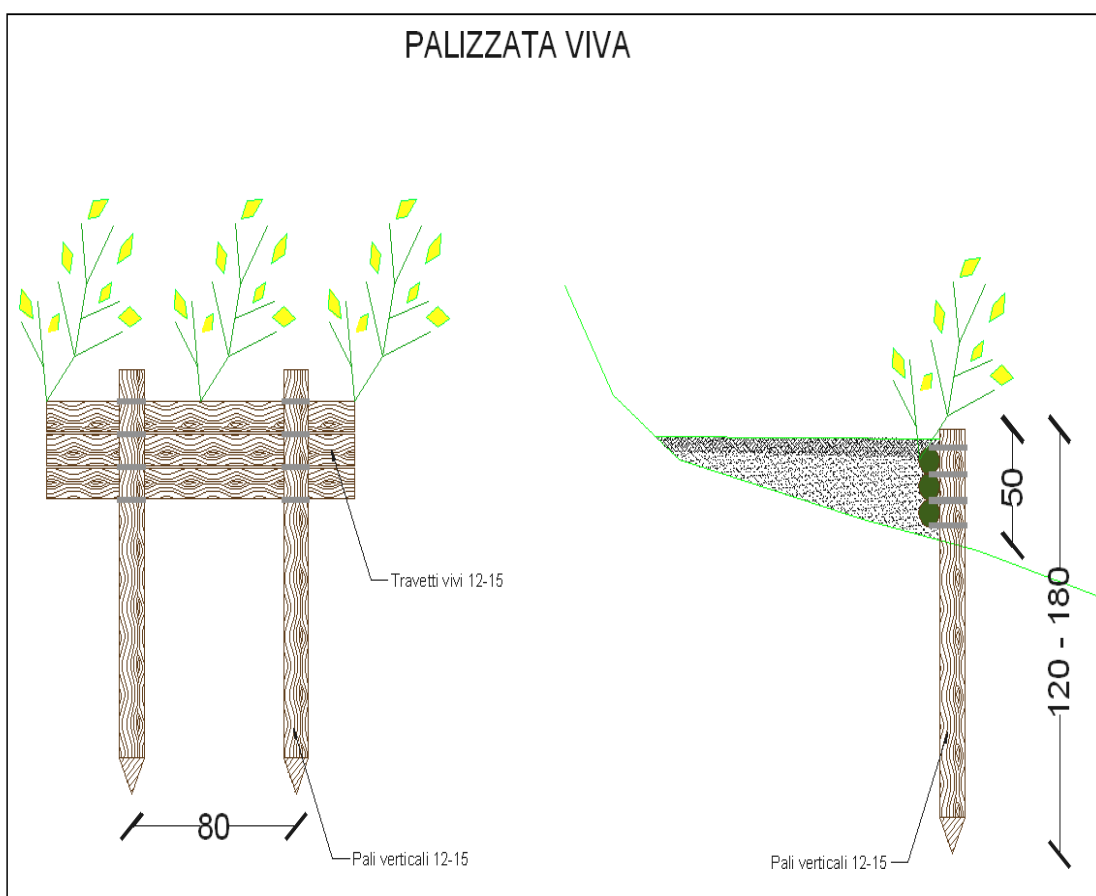
PARTICOLARI COSTRUTTIVI FASCINATE



❖ **Palizzate vive** La tecnica della palizzata in legname con talee e/o piantine unisce l’impiego di talee con strutture fisse in legno per la stabilizzazione di pendii e scarpate, naturali o artificiali.

Con questo sistema si tende a rinverdire le scarpate attraverso la formazione di piccoli gradoni lineari, sostenuti dalle strutture di legno, che corrono lungo le curve di livello del pendio e dove, a monte, si raccoglie del materiale terroso.

Le piante, una volta che la vegetazione si sarà sviluppata, garantiranno un consolidamento del terreno con l’apparato radicale e una resistenza all’erosione superficiale, con la loro parte epigea.

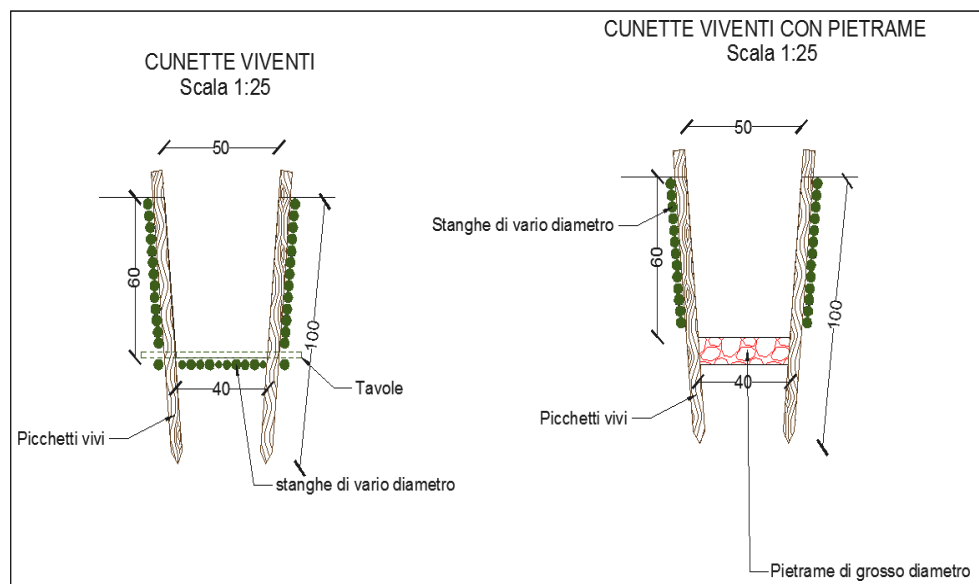


❖ **Cunetta vivente** Le cunette sono di norma pensate in terra. E’ però importante sottolineare che nei tratti di maggiore pendenza l’acqua può destabilizzare la cunetta e con essa la strada. Pertanto si suggerisce l’adozione di cosiddette cunette viventi, maggiormente resistenti all’azione erosiva dell’acqua.

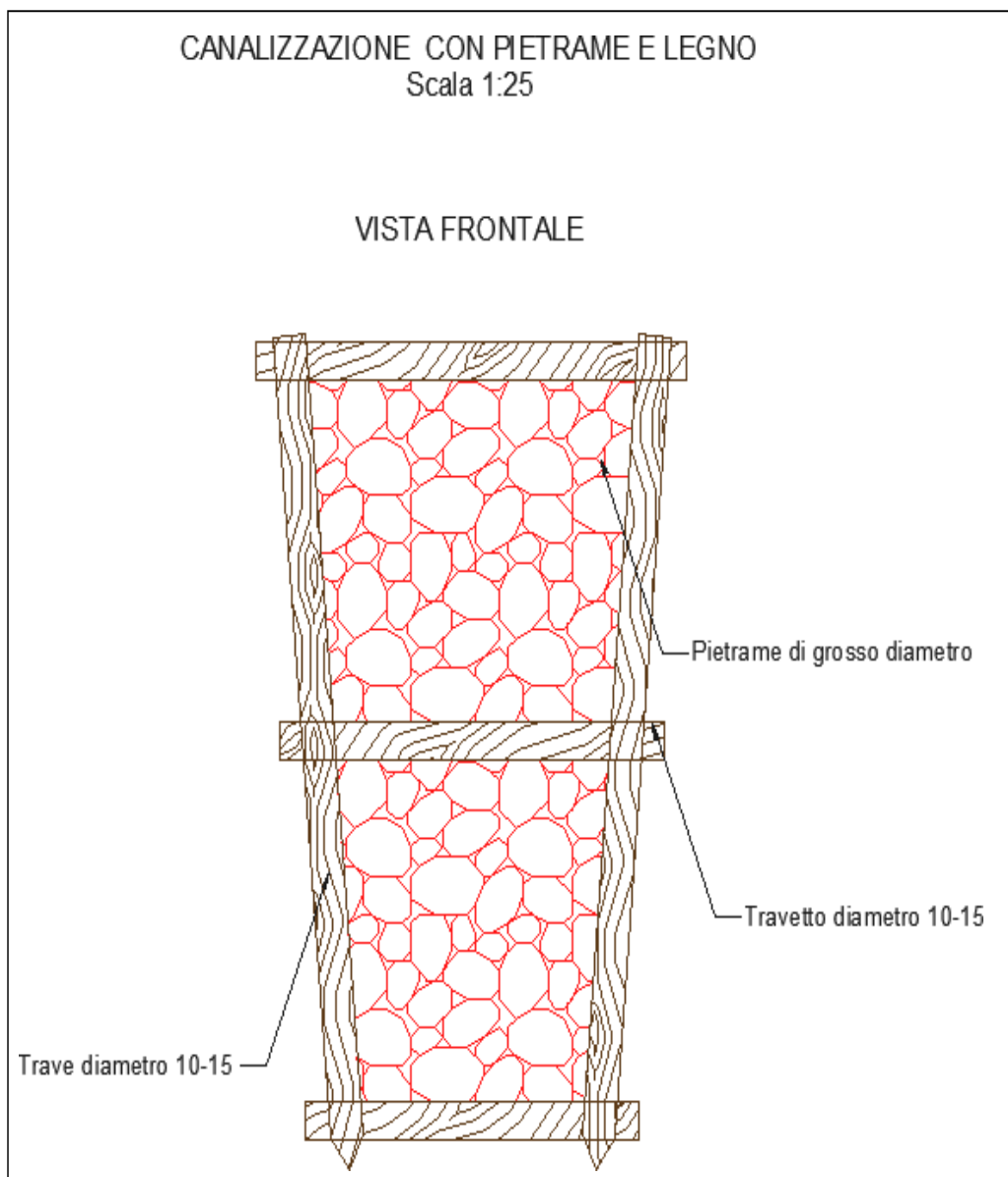
Sarà la fase cantieristica ed anche osservazionale ad indicare i tratti ove è opportuno realizzare le cunette “vive” al posto delle cunette in terra.

Esecuzione del lavoro: in un fosso a sezione trapezoidale vengono sistemati sul letto e sulle pareti del fosso, uno accanto all’altro, dei rami o delle stanghe vive in modo serrato, tenendoli fermi con pali vivi infissi nel terreno, ad intervalli da 2 a 4 m per mezzo di sagome in legno preparate in precedenza, oppure ad intervalli da 0,5 m fino ad 1 m uno dall’altro posti lungo le pareti del fosso.

Nel caso di portata idrica permanente si può consolidare il letto e la parte inferiore della parete del fosso con tavoloni.



- ❖ **Canalizzazioni in pietrame e legno:** Nei casi di piccoli impluvi naturali che intercettano la viabilità di progetto causando spesso solchi ed erosione puntuale si può prevedere la costruzione di canalizzazioni in legname e pietrame, di sezione trapezia avente lo scopo di convogliare le acque nei punti di recapito.



Dal punto di vista idrogeologico l’area in studio è caratterizzata dall’affioramento di terreni diversi che, da un punto di vista idrogeologico, abbiamo suddiviso in 3 tipi di permeabilità prevalente:

- ❖ **Rocce permeabili per porosità:** Si tratta di rocce incoerenti e coerenti caratterizzate da una permeabilità per porosità che varia al variare del grado di cementazione e delle dimensioni granulometriche dei terreni presenti. In particolare la permeabilità risulta essere media nella frazione sabbiosa fine mentre tende ad aumentare nei livelli sabbiosi grossolani e ghiaiosi. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti ai Depositi alluvionali, al Complesso Sabbioso Pleistocenico e Pliocenico ed il complesso conglomeratico.
- ❖ **Rocce impermeabili:** Questo complesso è costituito dalle argille che presentano fessure o pori di piccole dimensioni in cui l’infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili. Si mette in evidenza, però, che l’acqua, riuscendo a permeare la frazione alterata superficiale ed aumentare le pressioni neutre, tende a destrutturare la frazione alterata azzerando la coesione e rendendola soggetta a possibili movimenti gravitativi lungo i versanti. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti al Complesso argilloso Pliocenico.
- ❖ **Rocce permeabili per fratturazione e carsismo:** Questa categoria comprende quelle rocce caratterizzate da una bassa o nulla porosità primaria ma che acquistano una permeabilità notevole a causa della fratturazione secondaria piuttosto articolata e dei fenomeni carsici per dissoluzione. Appartengono a questa categoria i litotipi afferenti al Complesso Calcareao.

Nello specifico, l’affioramento prevalente di terreni argillosi impermeabili e la limitata estensione degli affioramenti dei terreni permeabili non consente la formazione di falde freatiche di interesse.

Dai rilievi eseguiti nell’area vasta sono assenti emergenze idriche (sorgenti e pozzi).

Alcune sorgenti sono state segnalate ma in corrispondenza di acquiferi non interiti dagli aerogeneratori.

Dai rilievi idrogeologici si può affermare che in corrispondenza degli aerogeneratori non ci sono le condizioni geologiche per la formazione di falde freatiche a profondità interferite dai lavori, anche in relazione alla realizzazione di fondazioni su pali, perché le acque meteoriche che si infiltrano hanno un flusso idrico sotterraneo lungo il contatto con il substrato argilloso, verso la piana alluvionale che è, al contrario, sede di una ricca falda di subalveo che è uno dei acquiferi indicati dal PTA tra quelli significativi.

La profondità del contatto con il substrato argilloso è variabile ma in generale superiore alla lunghezza dei pali di progetto.

Si ritiene, quindi, che anche in corrispondenza degli aerogeneratori TRN01, TRN02, TRN03, TRN04, TRN05, TRN06, TRN07, TRN10, dove i complessi sabbiosi pliocenico e pleistocenico poggiano sui terreni del complesso argilloso pliocenico, non si possono creare interferenze negative tra i pali di fondazione (anche per la loro interdistanza) ed il deflusso idrico sotterraneo.

Quanto detto sopra si evince dal fatto che i siti degli aerogeneratori si trovano sulle creste e l’acqua piovana infiltratasi drena velocemente verso i versanti argillosi.

La sottostazione si trova in corrispondenza dell'affioramento del complesso alluvionale che poggia sulle argille. Lo spessore delle alluvioni è variabile intorno a 3-4 metri ed è di composizione granulometria fine con parecchia matrice limosa. Siamo nella parte periferica dell'ammasso per cui non si ci aspetta di avere presenza di falde anche in relazione agli spessori modesti.

In ogni caso si evidenzia che l'impianto in fase di esercizio e cantiere non produce emissioni in suolo/sottosuolo/falda sostanze inquinanti di nessun tipo.

Da un punto di vista geotecnico il calcolo delle fondazioni deve tenere conto che, presumibilmente, nel periodo delle piogge invernali, la parte alterata possa essere in condizioni di saturazione per il notevole potere di assorbimento che caratterizza le porzioni superficiali dei complessi argillosi e sabbio-limosi.

Da un punto di vista idraulico il P.A.I. ed il P.G.R.A. non inseriscono le opere in progetto all'interno di aree identificate con pericolosità e/o rischio.

Per quanto riguarda il cavidotto esterno si può dire che per alcuni modesti tratti interessa “Aree a pericolosità idraulica Alta” e con “Rischio idraulico R3” ma nessuna interferenza può esserci, considerato che il cavidotto sarà interrato all'interno della fondazione/rilevato stradale.

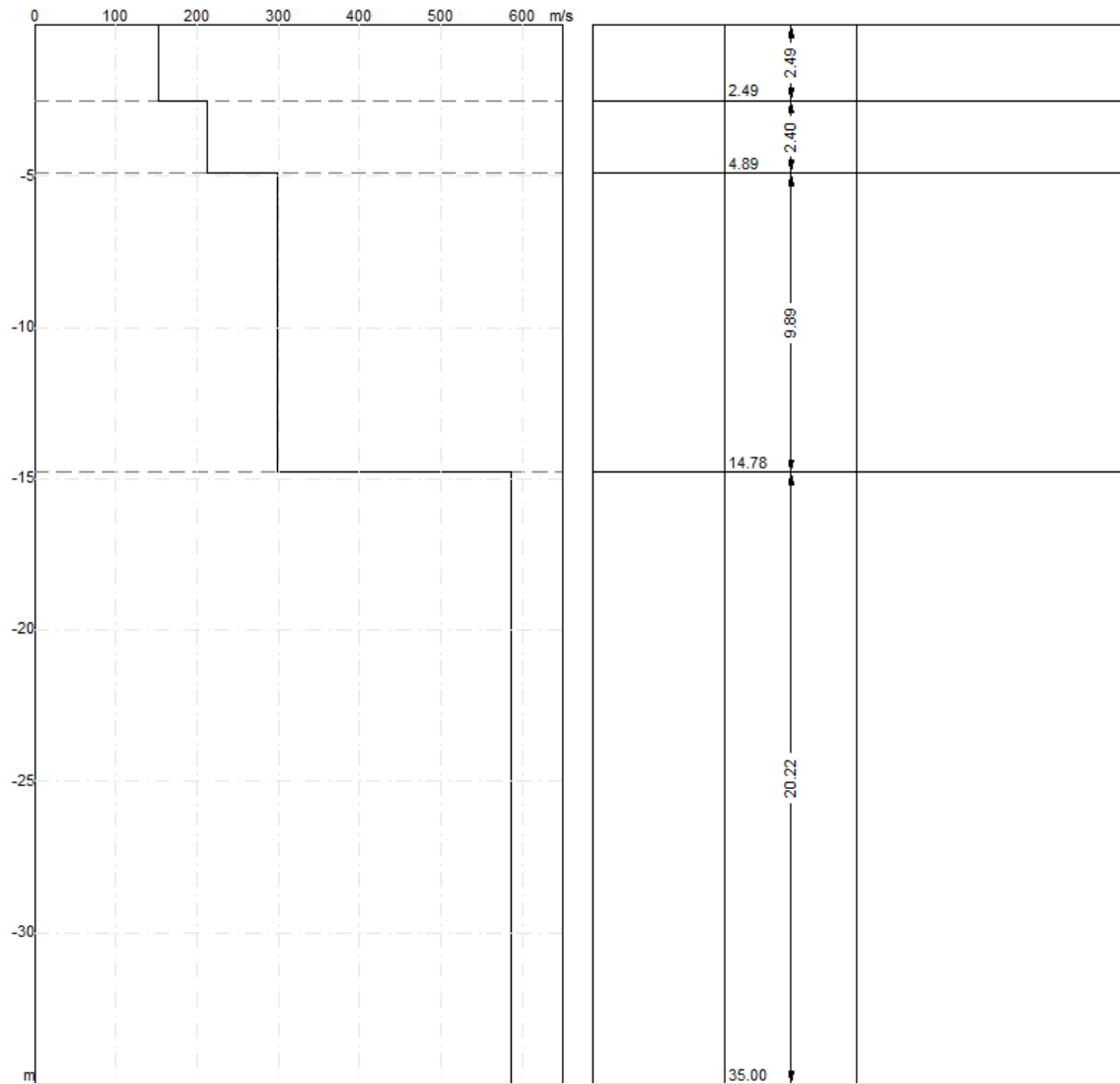
4. INDAGINI DI SISMICA ATTIVA (MASW)

Per la caratterizzazione della serie stratigrafica locale e per la definizione delle problematiche sismiche delle aree in studio, in questa prima fase di lavoro, sono stati realizzati n. 10 sondaggi di sismica attiva “MASW” per definire le velocità delle onde sismiche V_s nei primi 30 m di profondità dal p.c. in corrispondenza degli aerogeneratori e per stimare gli spessori dei terreni di sedime.

Di seguito sono riportati i modelli del sottosuolo in corrispondenza di ciascun punto di indagine con le relative velocità delle onde S e con l’indicazione della categoria di suolo ai sensi delle N.T.C. 2018.

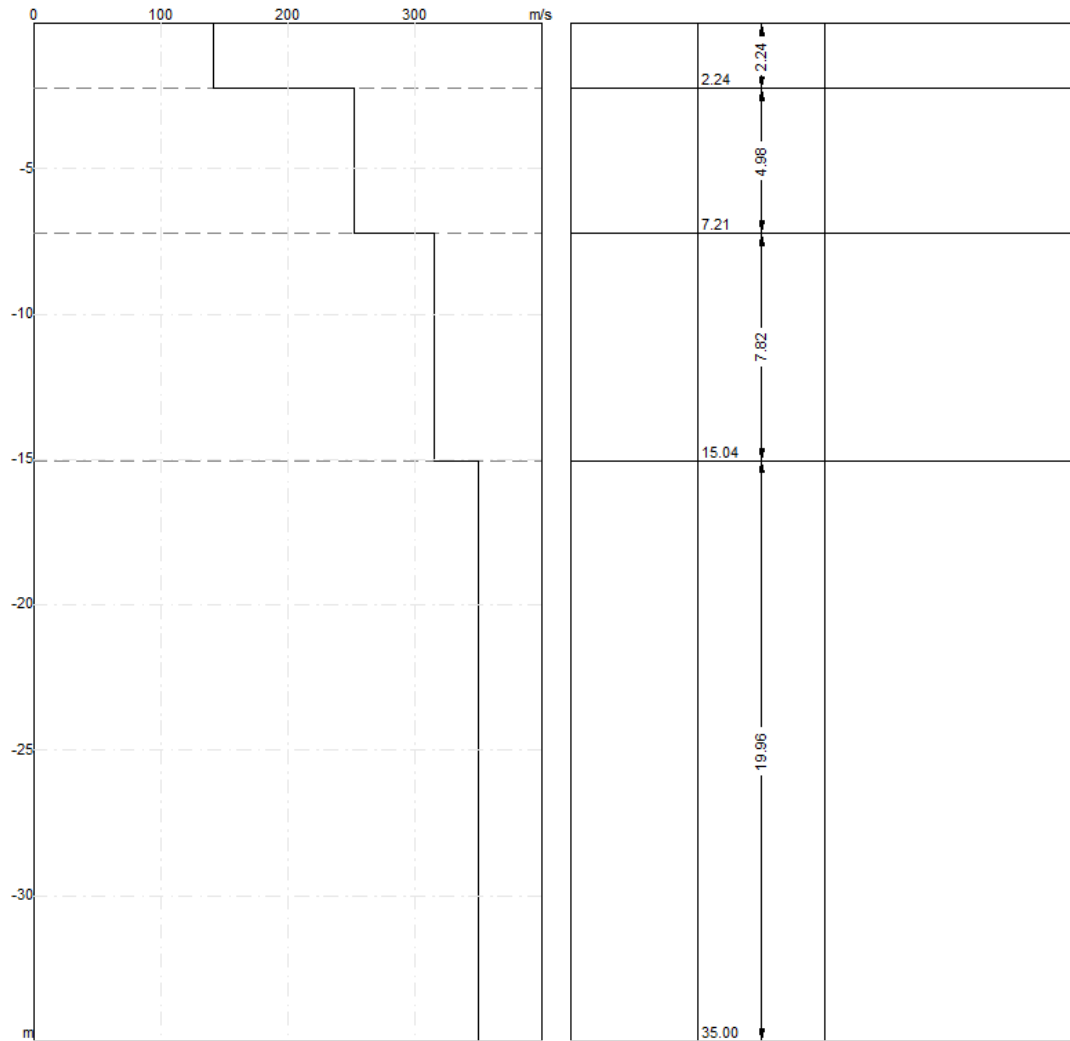
In allegato è visibile il report dallo “Studio geologico di Molinaro Francesco” eseguito su incarico del Committente.

MASW 01 – AEROGENERATORE TRN01



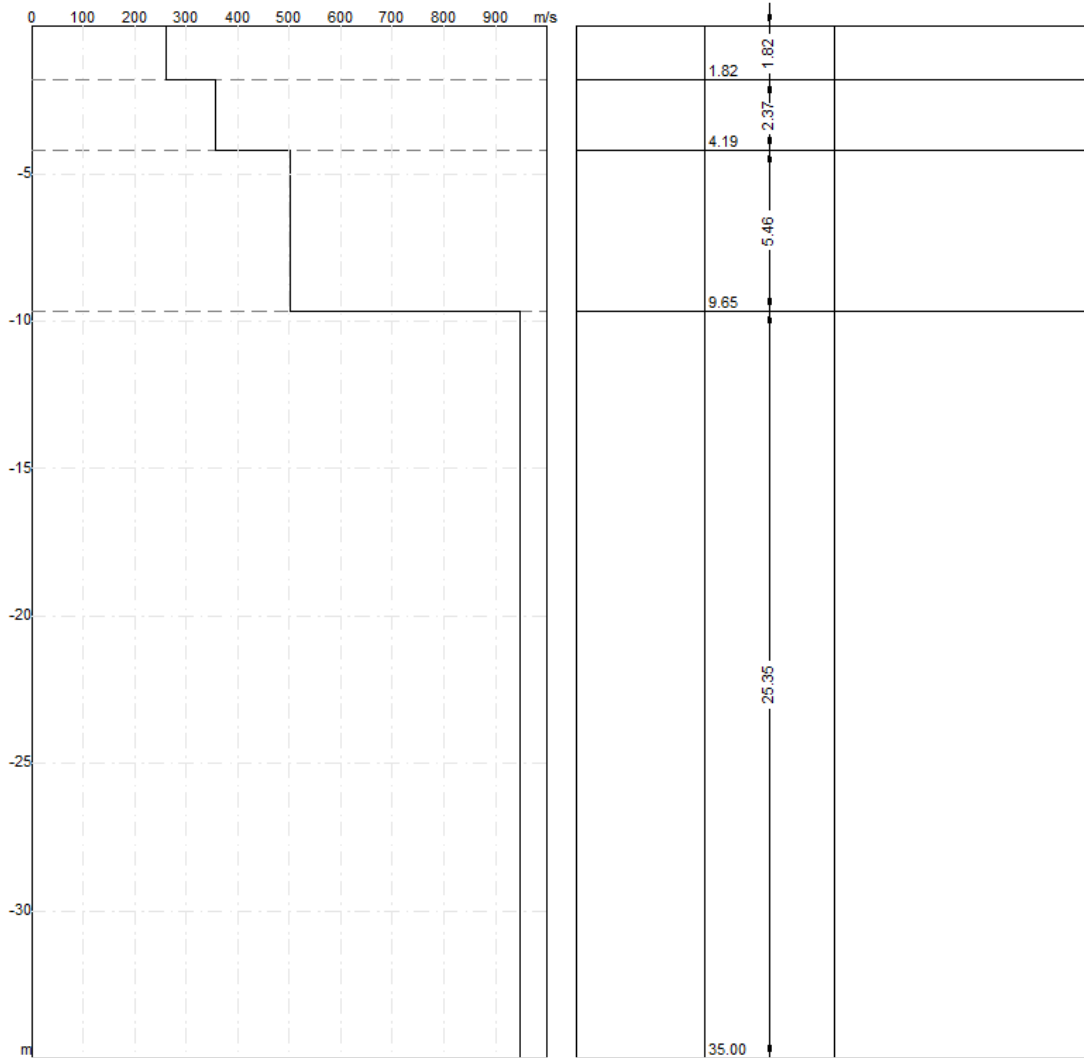
Profondità piano di posa [m] 0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 345.85
Categoria del suolo C

MASW 02 – AEROGENERATORE TRN02



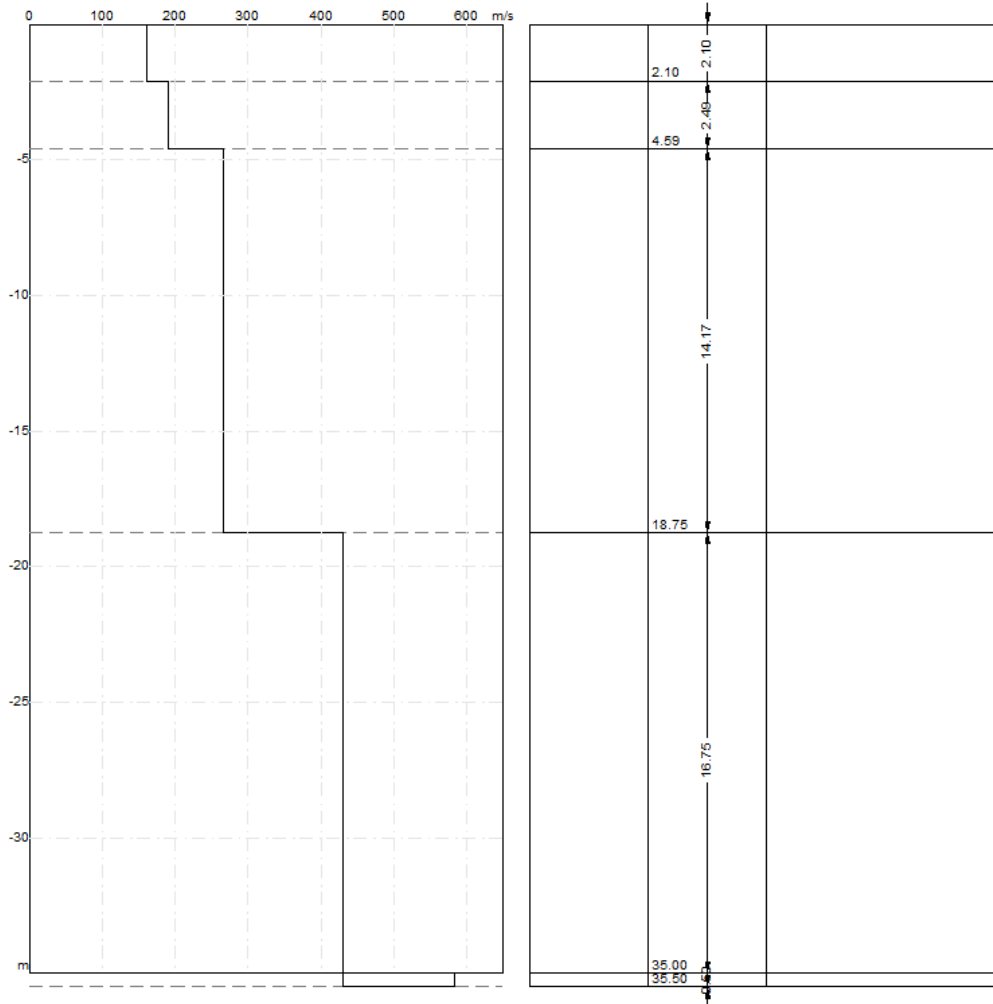
Profondità piano di posa [m] 0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 290.94
Categoria del suolo C

MASW 03 – AEROGENERATORE TRN03



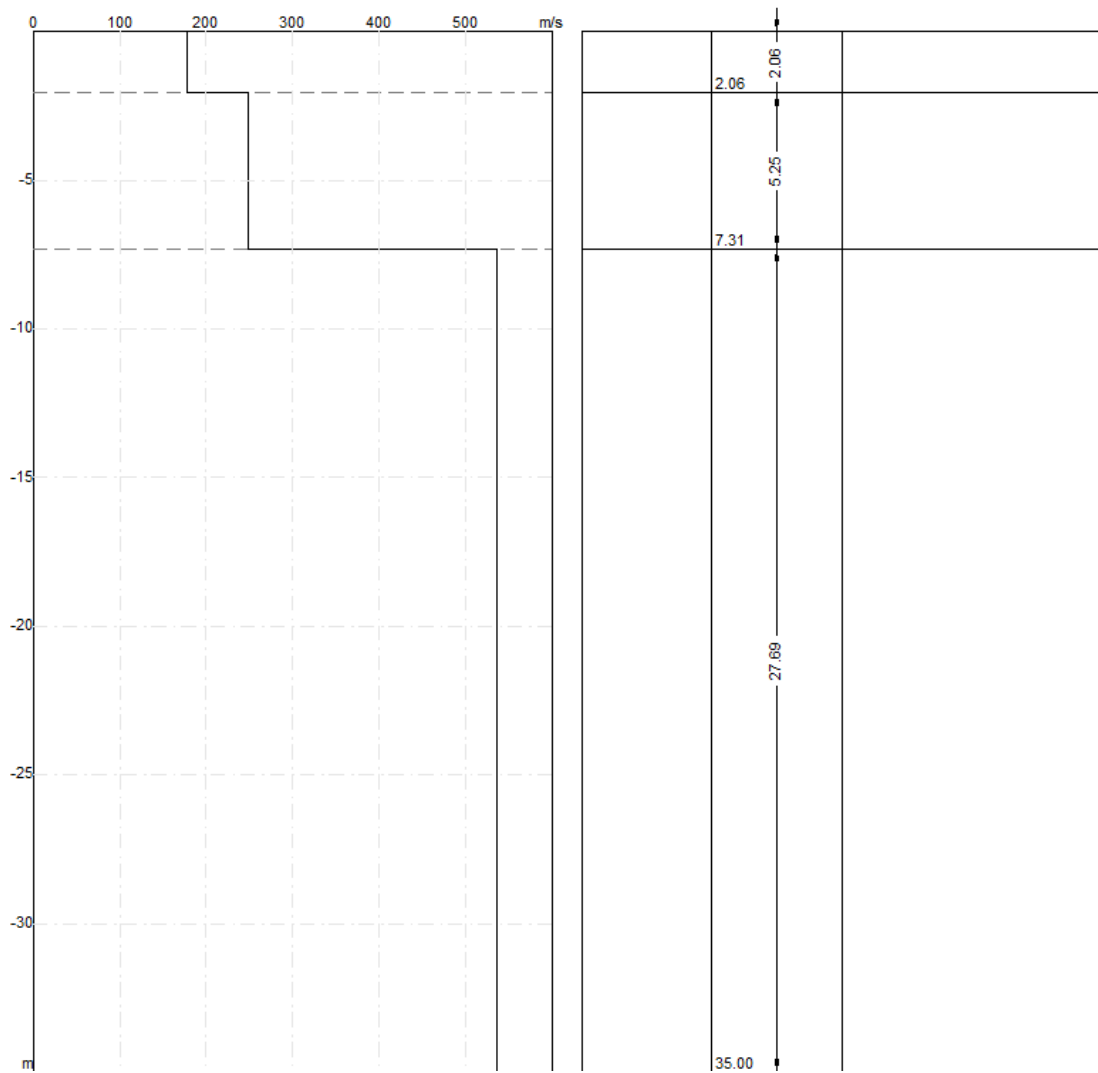
Profondità piano di posa [m] 0.00
 $V_{s,eq}$ [m/sec] (H=9.65 m) 392.93
Categoria del suolo B

MASW 04 – AEROGENERATORE TRN04



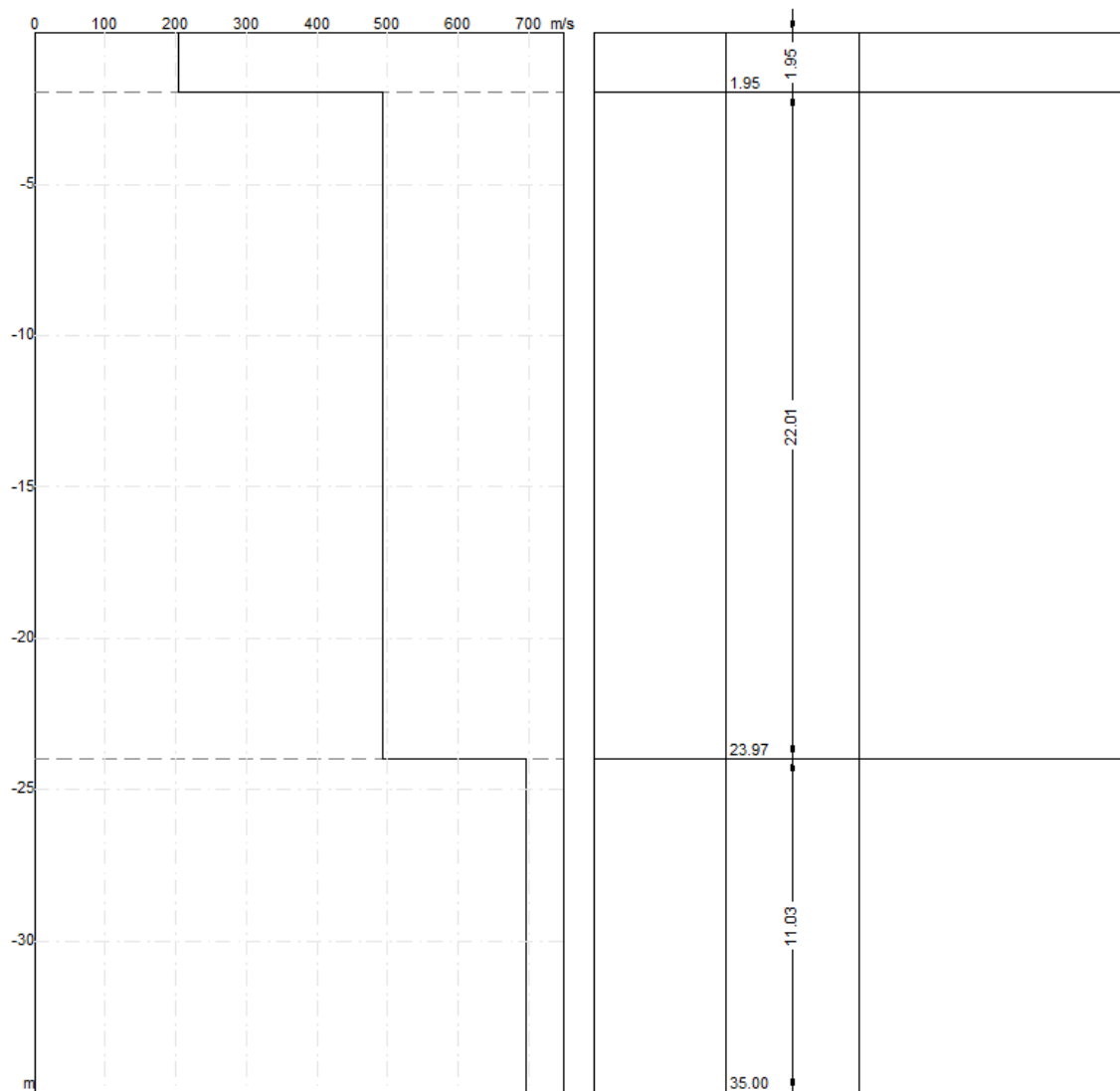
Profondità piano di posa [m] 0.00
 $V_{s,eq}$ [m/sec] (H=30.00 m) 284.76
Categoria del suolo C

MASW 05 – AEROGENERATORE TRN05



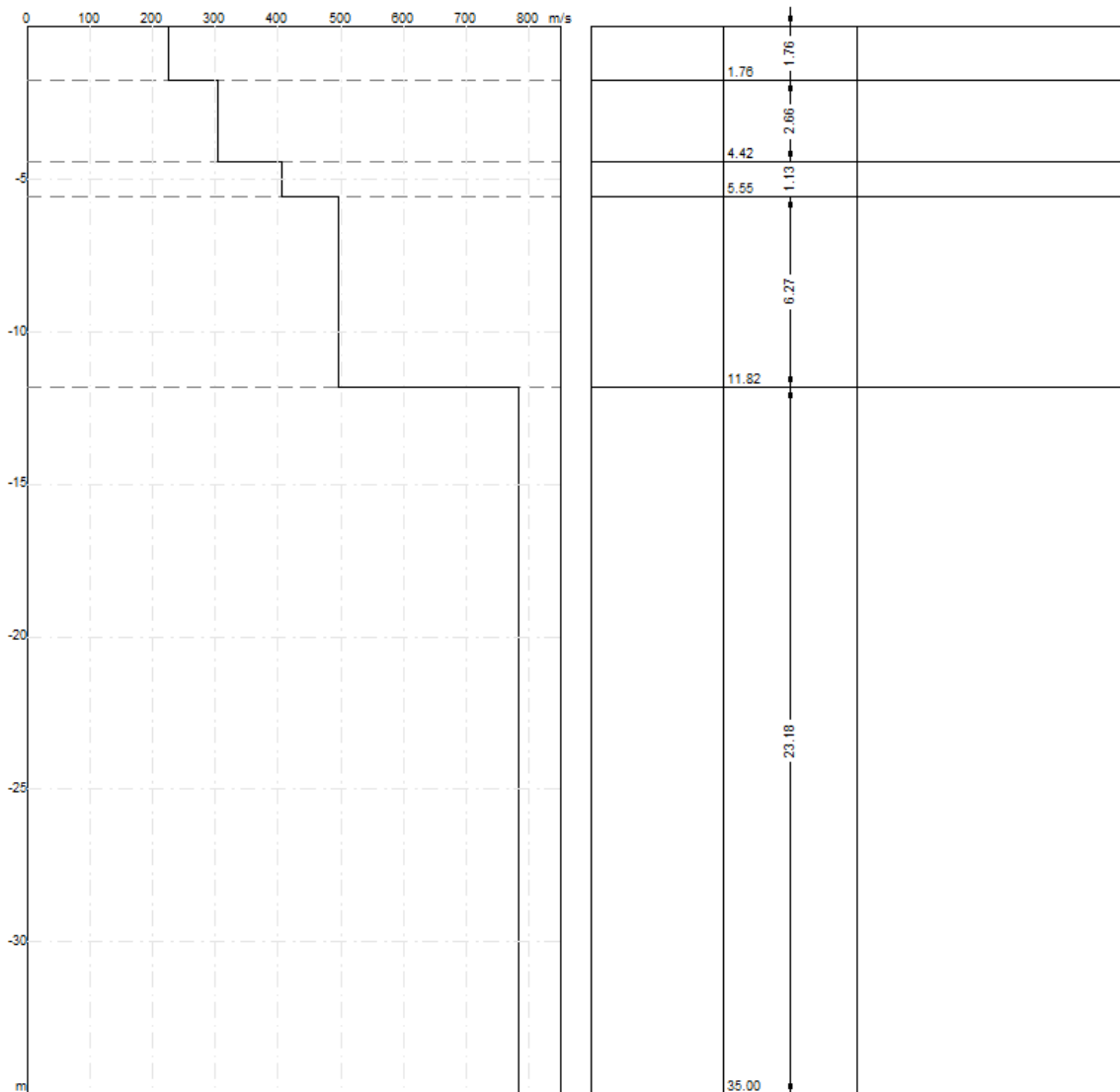
Profondità piano di posa [m] 0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 399.69
Categoria del suolo B

MASW 06 – AEROGENERATORE TRN06



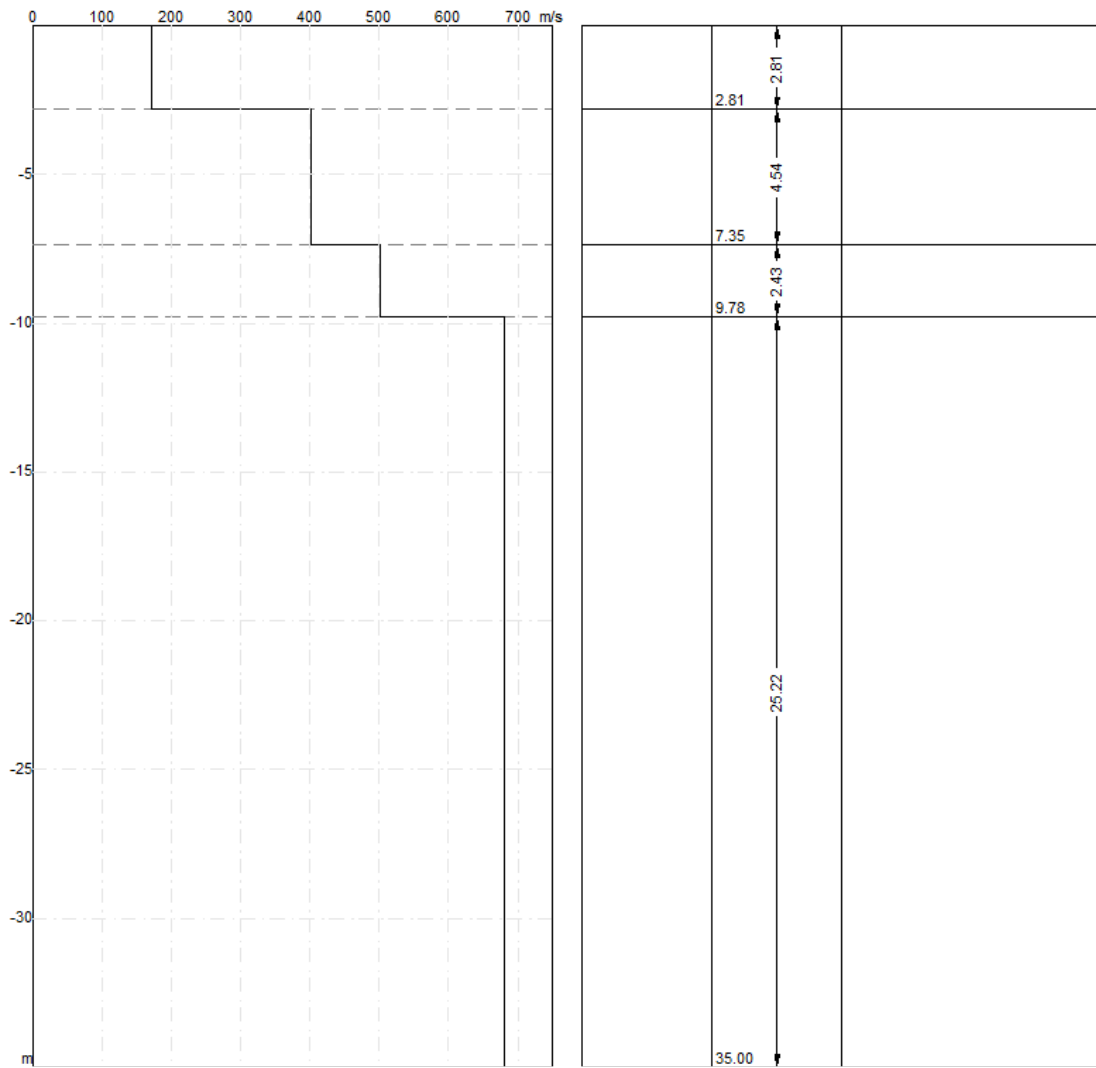
Profondità piano di posa [m] 0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 476.86
Categoria del suolo B

MASW 07 – AEROGENERATORE TRN07



Profondità piano di posa [m] 0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 543.80
Categoria del suolo B

MASW 08 – AEROGENERATORE TRN08

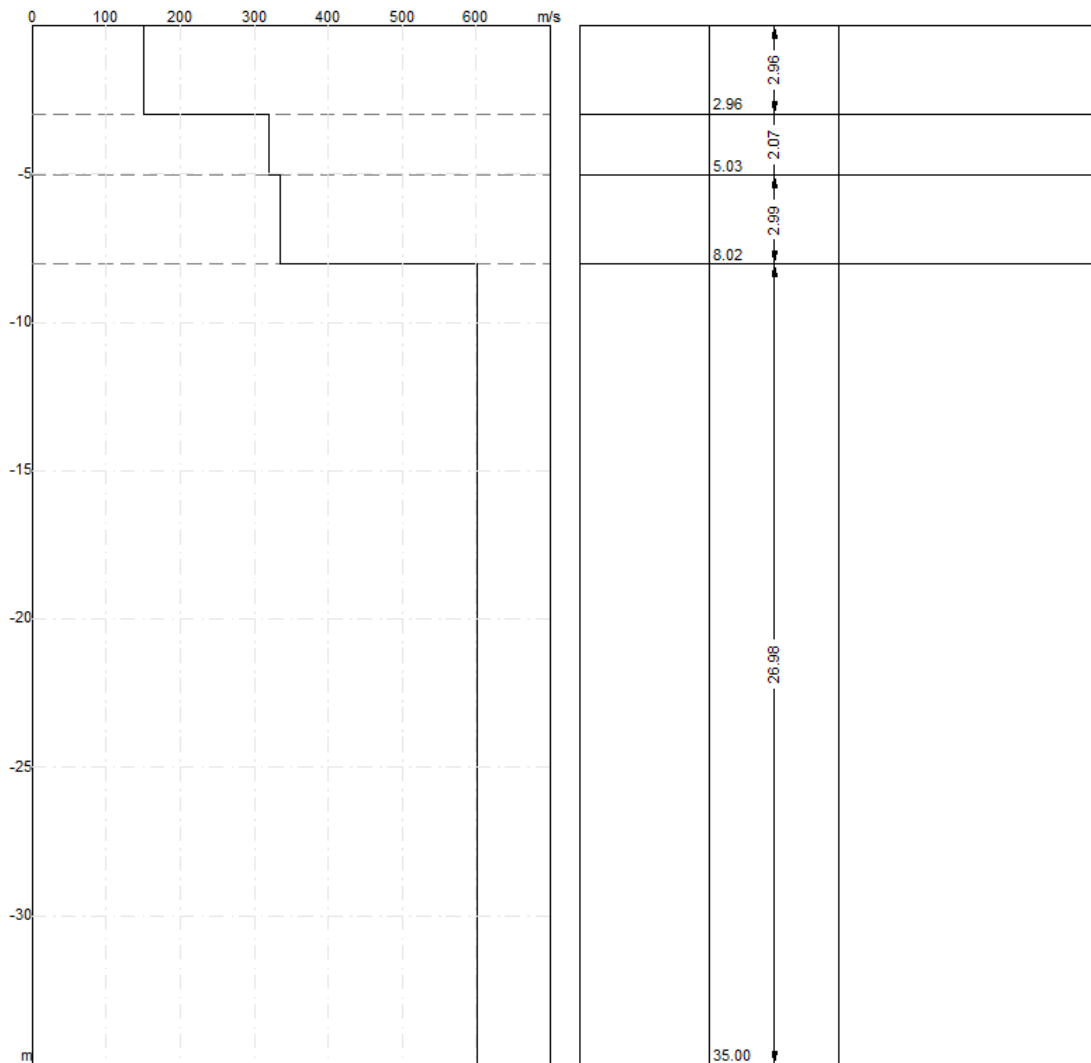


Profondità piano di posa [m] 0.00

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 482.92

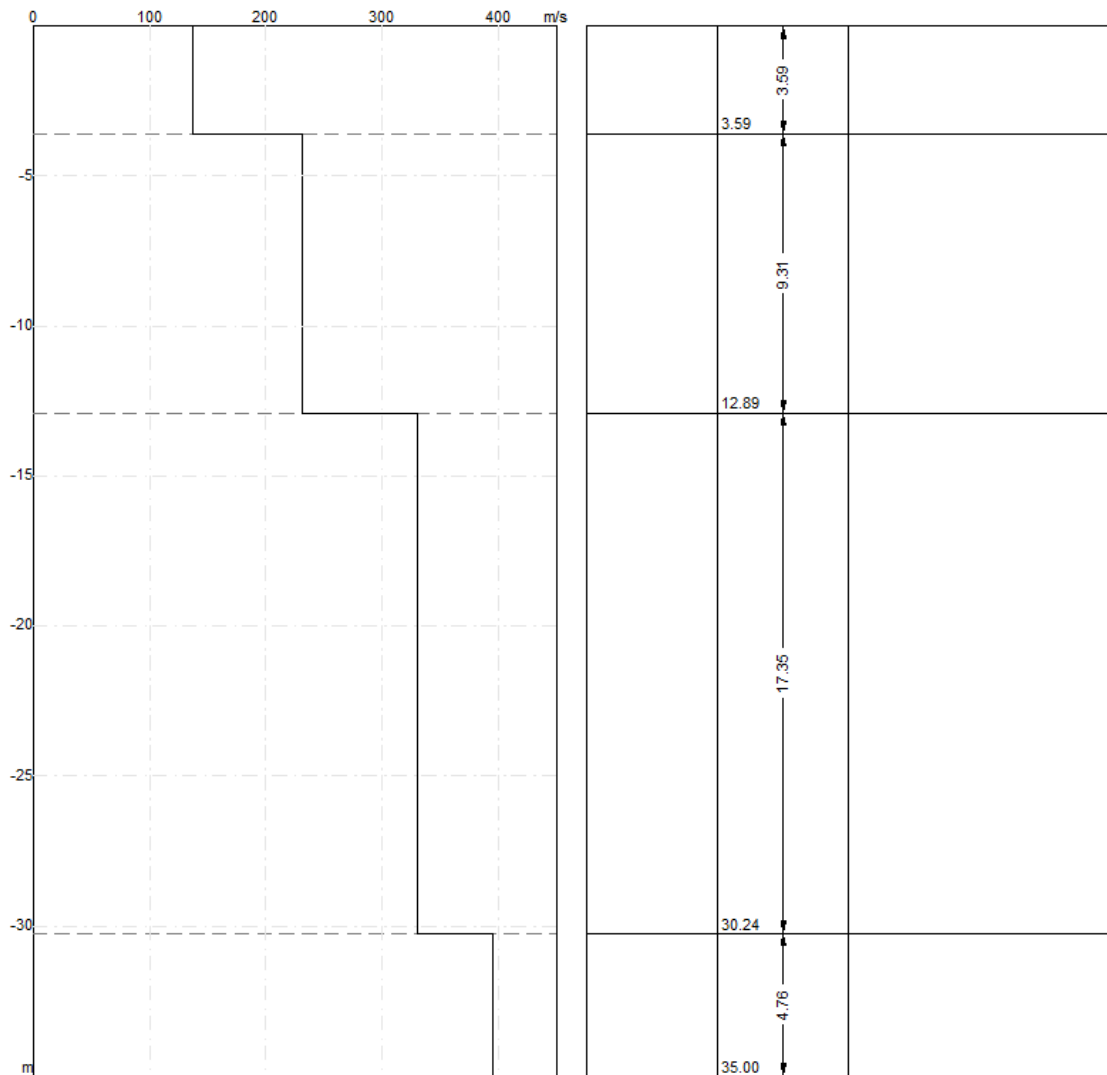
Categoria del suolo B

MASW 09 – AEROGENERATORE TRN09



Profondità piano di posa [m] 0.00
Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 418.38
Categoria del suolo B

MASW 10 – AEROGENERATORE TRN10



Profondità piano di posa [m] 0.00

Vs,eq [m/sec] (H=30.00 m) 254.09

Categoria del suolo C

5. CARATTERISTICHE SISMICHE DEL TERRITORIO

Ai fini sismici il territorio dei Comuni di Terranova da Sibari e Corigliano Rossano, in cui si trovano le aree oggetto di intervento progettuale, è incluso nell'elenco delle località sismiche con un livello di pericolosità 2.

Tale classificazione è stata dettata dalla O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 e dall'OPCM 28 aprile 2006, n. 3519 e recepita dalla Regione Calabria (DGR 10/02/2004) come indicata nella “Classificazione sismica al 31 Dicembre 2022” del Dipartimento della Protezione Civile.

In questo quadro trova conferma la classificazione sismica dell'area e la necessità di studiare le eventuali modificazioni che dovessero subire le sollecitazioni sismiche ad opera dei fattori morfologici, strutturali e litologici.

Tali studi, eseguiti anche in Italia nelle zone dell'Irpinia, del Friuli, dell'Umbria e più recentemente di Palermo e del Molise, hanno evidenziato notevoli differenze di effetti da zona a zona nell'ambito di brevi distanze, associate a differenti morfologie dei siti o a differenti situazioni geologiche e geotecniche dei terreni.

In tal senso sembra opportuno soffermarsi su alcuni aspetti di carattere generale riguardanti la tematica in oggetto, utili all'inquadramento del "problema sismico".

La propagazione delle onde sismiche verso la superficie è influenzata dalla deformabilità dei terreni attraversati. Per tale ragione gli accelerogrammi registrati sui terreni di superficie possono differire notevolmente da quelli registrati al tetto della formazione di base, convenzionalmente definita come substrato nel quale le onde di taglio, che

rappresentano la principale causa di trasmissione degli effetti delle azioni sismiche verso la superficie, si propagano con velocità maggiori o uguali a 1.000 m/sec.

Si può osservare in generale che nel caso in cui la "formazione di base" sia ricoperta da materiali poco deformabili e approssimativamente omogenei gli accelerogrammi che si registrano al tetto della formazione di base non differiscono notevolmente da quelli registrati in superficie: inoltre in tale caso lo spessore dei terreni superficiali non influenza significativamente la risposta dinamica locale.

Nel caso in cui la formazione di base è ricoperta da materiali deformabili, gli accelerogrammi registrati sulla formazione ed in superficie possono differire notevolmente, in particolare le caratteristiche delle onde sismiche vengono modificate in misura maggiore all'aumentare della deformabilità dei terreni.

La trasmissione di energia dal bedrock verso la superficie subisce trasformazioni tanto più accentuate quanto più deformabili sono i terreni attraversati; all'aumentare della deformabilità alle alte frequenze di propagazione corrispondono livelli di energia più bassi e viceversa a frequenze più basse corrispondono livelli di energia più alti.

Il valore del periodo corrispondente alla massima accelerazione cresce quanto la rigidità dei terreni diminuisce; nel caso di rocce sciolte tale valore aumenta anche all'aumentare della potenza dello strato di terreno.

Di particolare importanza è, inoltre, lo studio dei contatti stratigrafici in affioramento soprattutto tra terreni a risposta sismica differenziata.

Ai sensi del D.M. 17/01/2018, dai dati delle indagini sismiche eseguite i terreni presenti in corrispondenza degli aerogeneratori TRN01,

TRN02, TRN04 e TRN10 e la sottostazione, appartengono alla C “*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s*”, mentre in corrispondenza degli aerogeneratori TRN03, TRN05, TRN06, TRN07, TRN08, TRN09 appartengono alla *Categoria B - “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*.

6. LIQUEFAZIONE DEI TERRENI

Il problema della liquefazione dei terreni è di estrema importanza in aree a rischio sismico, come quella in cui si deve realizzare il progetto.

Si tratta di un fenomeno estremamente importante e pericoloso in particolari condizioni.

Il termine *liquefazione* viene usato, per definire un processo per cui una massa di terreno saturo, a seguito dell'intervento di forze esterne, statiche o dinamiche perde resistenza al taglio e si comporta come un fluido.

Ricordando la relazione di un terreno incoerente saturo:

$$\tau_f = (\sigma_f - u) \operatorname{tg} \varphi$$

se per effetto delle azioni esterne la pressione applicata si trasferisce integralmente alla fase liquida, ossia $\sigma = u$, viene $\tau_f = 0$ e quindi resistenza tangenziale nulla.

Sono soprattutto le azioni dinamiche a disturbare l'equilibrio dello scheletro solido orientando le particelle di roccia, immerse in acqua, verso una maggiore compattezza.

Le particelle di terreno sotto la vibrazione, si dispongono infatti facilmente in un nuovo assetto ed in questa fase di transizione perdono il contatto fra di loro e, quindi, sono «flottanti» temporaneamente nell'acqua perdendo ogni funzione portante.

La presenza dell'acqua pone le sabbie, sottoposte a rapide alternanze di carico, in situazione analoga a quella delle argille sature sottoposte rapidamente a carichi statici; infatti la velocità con la quale si producono le variazioni di volume è talmente elevata che, nonostante la forte permeabilità dello scheletro granulare della sabbia, l'acqua non riesce a sfuggire

mentre avviene la riduzione di volume del tessuto e, quindi, le pressioni interstiziali annullano la resistenza di attrito.

Di qui la liquefazione del terreno e lo sprofondamento delle opere.

La predisposizione alla liquefazione dipende, quindi, dalla capacità del terreno ad aumentare la propria densità, il che è legato evidentemente alla percentuale di vuoti iniziale.

Il fenomeno della liquefazione si verifica per stratificazioni superficiali, a profondità di 15 m può dirsi che esso sia escluso a causa della compattezza prodotta dalla pressione geostatica.

Notevoli assestamenti possono verificarsi con terreni anche asciutti sottoposti a vibrazioni ma senza la presenza della falda non è possibile l'istaurarsi del fenomeno della liquefazione.

I metodi con cui si calcola la tendenza alla liquefazione sono divisi in due categorie: a) Metodi semplificati; b) Metodi empirici ed il nostro studio utilizza quelli definiti dal programma Liquiter della Geostru.

I metodi semplificati si basano sul rapporto che intercorre fra le sollecitazioni di taglio che producono liquefazione e quelle indotte dal terremoto; hanno perciò bisogno di valutare i parametri relativi sia all'evento sismico sia al deposito, determinati questi ultimi privilegiando metodi basati su correlazioni della resistenza alla liquefazione con parametri desunti da prove in situ ed indagini geofisiche per il calcolo delle Vs30.

La resistenza del deposito alla liquefazione viene, quindi, valutata in termini di fattore di resistenza alla liquefazione

$$(1.0)F_s = \frac{CRR}{CSR}$$

dove CRR (Cyclic Resistance Ratio) indica la resistenza del terreno agli sforzi di taglio ciclico e CSR (Cyclic Stress Ratio) la sollecitazione di taglio massima indotta dal sisma.

I metodi semplificati proposti differiscono fra loro soprattutto per il modo con cui viene ricavata CRR, la resistenza alla liquefazione.

Il parametro maggiormente utilizzato è il numero dei colpi nella prova SPT anche se oggi, con il progredire delle conoscenze, si preferisce valutare il potenziale di liquefazione utilizzando prove di misurazione delle onde di taglio Vs.

I metodi di calcolo del potenziale di liquefazione adottati dal programma sono:

- 1) *Metodo di Seed e Idriss (1982);*
- 2) *Metodo di Iwasaki et al. (1978; 1984);*
- 3) *Metodo di Tokimatsu e Yoshimi (1983);*
- 4) *Metodo di Finn (1985);*
- 5) *Metodo di Cortè (1985);*
- 6) *Metodo di Robertson e Wride modificato (1997);*
- 7) *Metodo di Andrus e Stokoe (1998);*
- 8) *Metodi basati sull'Eurocodice 8 (ENV 1998-5);*
- 9) *Metodo basato sull'NTC 2008.*

In base all'Eurocodice 8 (ENV 1998-5) si può escludere pericolo di liquefazione per i terreni sabbiosi saturi che si trovano a profondità di 15 m o quando $a_g < 0,15$ e, contemporaneamente, il terreno soddisfi almeno una delle seguenti condizioni:

- ❖ contenuto in argilla superiore al 20%, con indice di plasticità > 10 ;
- ❖ contenuto di limo superiore al 10% e resistenza $N_{1,60} > 20$;

- ❖ frazione fine trascurabile e resistenza $N_{1,60} > 25$.

Quando nessuna delle precedenti condizioni è soddisfatta, la suscettibilità a liquefazione deve essere verificata come minimo mediante i metodi generalmente accettati dall'ingegneria geotecnica, basati su correlazioni di campagna tra misure in situ e valori critici dello sforzo ciclico di taglio che hanno causato liquefazione durante terremoti passati.

Lo sforzo ciclico di taglio CSR viene stimato con l'espressione semplificata:

$$CSR = 0,65 \frac{a_g}{g} S \frac{\sigma_{vo}}{\sigma'_{vo}} \frac{r_d}{MSF}$$

dove **S** è il coefficiente di profilo stratigrafico, definito come segue:

| Categoria suolo | Spettri di Tipo 1 - S ($M > 5,5$) | Spettri di Tipo 2 - S ($M < 5,5$) |
|-----------------|-------------------------------------|-------------------------------------|
| A | 1,00 | 1,00 |
| B | 1,20 | 1,35 |
| C | 1,15 | 1,50 |
| D | 1,35 | 1,80 |
| E | 1,40 | 1,60 |

Il fattore di correzione della magnitudo **MSF** consigliato dalla normativa è quello di Ambraseys.

Nel caso vengano utilizzati dati provenienti da prove SPT, la resistenza alla liquefazione viene calcolata mediante la seguente relazione di Blake, 1997:

(a)

$$CRR = \frac{0,04844 - 0,004721(N_{1,60})_{cs} + 0,0006136[(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,00001673[(N_{1,60})_{cs}]^3}{1 - 0,1248(N_{1,60})_{cs} + 0,009578[(N_{1,60})_{cs}]^2 - 0,0003285[(N_{1,60})_{cs}]^3 + 0,000003714[(N_{1,60})_{cs}]^4}$$

dove $(N_{1,60})_{cs}$ viene valutato con il metodo proposto da Youd e Idriss (1997) e raccomandato dal NCEER:

$$(N_{1,60})_{cs} = \alpha + \beta N_{1,60}$$

dove $N_{1,60}$ è la normalizzazione dei valori misurati dell'indice N_m (ridotti del 25% per profondità < 3 m) nella prova SPT rispetto ad una pressione efficace di confinamento di 100 KPa ed a un valore del rapporto tra l'energia di impatto e l'energia teorica di caduta libera pari al 60%, cioè:

$$N_{1,60} = C_N C_E N_m$$

$$C_N = \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,5}$$

$$C_E = \frac{ER}{60}$$

dove ER è pari al rapporto dell'energia misurato rispetto al valore teorico x 100 e dipende dal tipo di strumento utilizzato.

| Attrezzatura | C_E |
|--|----------------------|
| Safety Hammer | 0,7 – 1,2 |
| Donut Hammer (USA) | 0,5 – 1,0 |
| Donut Hammer (Giappone) | 1,1 – 1,4 |
| Automatico-Trip Hammer (Tipo Donut o Safety) | 0,8 – 1,4 |

I parametri α e β , invece, dipendono dalla frazione fine (FC):

$$\alpha = 0 \quad \text{per } FC \leq 5\%$$

$$\alpha = \exp[1,76 - (190 / FC^2)] \quad \text{per } 5\% < FC \leq 35\%$$

$$\alpha = 5 \quad \text{per } FC > 35\%$$

$$\beta = 1,0 \quad \text{per } FC \leq 5\%$$

$$\beta = [0,99 + (FC^{1,5} / 1000)] \quad \text{per } 5\% < FC \leq 35\%$$

$$\beta = 1,2 \quad \text{per FC} > 35\%$$

Se invece si possiedono dati provenienti da una prova penetrometrica statica (CPT), i valori di resistenza alla punta misurati q_c devono essere normalizzati rispetto ad una pressione efficace di confinamento pari a 100 KPa e vanno calcolati mediante la seguente formula

$$q_{c1N} = \frac{q_c}{Pa} \left(\frac{Pa}{\sigma'_{vo}} \right)^n$$

Per poter tenere conto della eventuale presenza di particelle fini, il software utilizza il metodo di Robertson e Wride.

Poiché, come dimostrato, è possibile assumere:

$$\frac{(q_{c1N})_{cs}}{(N_{1,60})_{cs}} = 5$$

come proposto dall'EC8, derivato $(N_{1,60})_{cs}$, si utilizza la (a) per il calcolo di CRR.

Quando invece si possiedono dati provenienti da prove sismiche, si calcola la velocità di propagazione normalizzata con la formula:

$$V_{s1} = V_s \left(\frac{100}{\sigma'_{vo}} \right)^{0,25}$$

e la resistenza alla liquefazione mediante la formula di Andrus e Stokoe:

$$CRR = 0,03 \left(\frac{V_{s1}}{100} \right)^2 + 0,9 \left[\frac{1}{(V_{s1})_{cs} - V_{s1}} - \frac{1}{(V_{s1})_{cs}} \right]$$

Rispetto alla normativa europea, la normativa italiana (NTC 2008) è meno accurata e non fornisce proposte di metodologie per valutare il potenziale di liquefazione.

La normativa richiede che il controllo della possibilità di liquefazione venga effettuato quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse

di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

Secondo le normative europea e italiana è suscettibile di liquefazione un terreno in cui lo sforzo di taglio generato dal terremoto supera l'80% dello sforzo critico che ha provocato liquefazione durante terremoti passati.

La probabilità di liquefazione P_L , invece, è data dall'espressione di Juang et al. (2001):

$$P_L = \frac{1}{1 + \left(\frac{F_s}{0,72} \right)^{3,1}}$$

Nello specifico del nostro lavoro e dai dati in nostro possesso, si evince che in corrispondenza delle opere in progetto dove sono presenti i litotipi conglomeratici e argillosi non è possibile la formazione di fenomeni di liquefazione.

Si ritiene che anche in corrispondenza della TRN01, TRN02, TRN03, TRN04, TRN05, TRN06 e TRN07 dove sono presenti il complesso sabbioso pleistocenico e quello pliocenico che poggiano sui terreni del complesso argilloso pliocenico, non si possono formare fenomeni di liquefazione in quanto, dai rilievi effettuati, si evince che non è presente una falda freatica a profondità minori di 15 m.

Per quanto riguarda il sito della sottostazione che si trova in corrispondenza dell'affioramento del complesso alluvionale che poggia sulle argille si può dire che lo spessore delle alluvioni è variabile intorno a 3-4 metri è di composizione granulometria fine con parecchia matrice limosa. Siamo nella parte periferica dell'ammasso per cui non si ci aspetta di avere presenza di falde anche in relazione agli spessori modesti. Il substrato argilloso, ovviamente, non dà origine a fenomeni di liquefazione.

Quanto detto sopra si evince dal fatto che i siti degli aerogeneratori si trovano sulle creste e l’acqua piovana infiltratasi drena velocemente verso i versanti argillosi.

A vantaggio della sicurezza, in questa fase sono stati eseguiti i primi preliminari calcoli, simulando la presenza di falda, che ci confortano in base alla notevole presenza di materiali a granulometria fine che inibiscono l’istaurarsi di tale fenomeno per cui si può dire che in generale il problema non sussiste, come peraltro dimostra la serie storica dei terremoti che si sono avvertiti in zona.

Infatti, in tutta la storia recente, pur in presenza di terremoti anche di magnitudo importante, non si sono osservati fenomeni di liquefazione in sito.

Si ritiene, comunque, indispensabile che in fase di progettazione esecutiva e di calcolo delle strutture in c.a. si eseguano le indagini di verifica delle su esposte ipotesi geologiche.

7. CAMPAGNA INDAGINI GEOGNOSTICHE E GEOTECNICHE DA ESEGUIRE IN FASE DI PROGETTAZIONE ESECUTIVA

Fermo restando che il piano di indagini sotto indicato sarà individuato in modo definitivo prima della redazione della progettazione esecutiva utile per la realizzazione dell'impianto, sulla base di un'analisi preliminare si ritiene opportuno eseguire, nelle successive fasi di progettazione, le indagini di seguito elencate.

In corrispondenza di ciascun aerogeneratore:

- ✓ n. 1 sondaggio a carotaggio continuo ciascuno di profondità pari a 40 mt. dal p.c. con installazione di piezometro a tubo aperto;
- ✓ prelievo di n. 3 campioni indisturbati, per ciascun sondaggio, sui quali eseguire le prove geotecniche in laboratorio per la caratterizzazione fisico-meccanica;
- ✓ n. 6 S.P.T. in foro per ciascun sondaggio;
- ✓ esecuzione di n. 10 prove granulometriche in laboratorio per lo studio del potenziale di liquefazione per ciascun sondaggio;

In corrispondenza della sottostazione:

- ✓ n. 1 sondaggi a carotaggio continuo ciascuno di profondità pari a 15 mt. dal p.c. con installazione di piezometro a tubo aperto;
- ✓ prelievo di n. 2 campioni indisturbati sui quali eseguire le prove geotecniche in laboratorio per la caratterizzazione fisico-meccanica;
- ✓ n. 4 S.P.T. in foro;
- ✓ esecuzione di n. 10 prove granulometriche in laboratorio per lo studio del potenziale di liquefazione;
- ✓ n. 1 indagine di sismica attiva “Masw”.

8. CONCLUSIONI

Da quanto detto precedentemente in ordine alle caratteristiche geologico-tecniche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area vasta si evince che:

- i tipi litologici affioranti in corrispondenza delle opere in progetto sono riferibili ad un ampio periodo di tempo e che distinguiamo dal più recente al più antico:
 - ✓ **DEPOSITI ALLUVIONALI (Olocene):** Interessano brevi tratti di cavidotto e la sottostazione;
 - ✓ **COMPLESSO SABBIOSO PLEISTOCENICO (Pleistocene):** Interessano gli aerogeneratori TRN01, TRN02, TRN03, COR05 TRN06 e TRN07 e poggiano sulla frazione sabbiosa pliocenica. Detto complesso interessa parte del cavidotto;
 - ✓ **COMPLESSO CONGLOMERATICO (Pliocene sup.):** Interessa alcuni tratti del cavidotto;
 - ✓ **COMPLESSO SABBIOSO PLIOCENICO (Pliocene sup.):** Affiorano nelle aree in cui sono ubicati gli aerogeneratori TRN04 e TRN10 e poggiano sulla frazione argillosa pliocenica. Detto complesso interessa alcuni tratti del cavidotto;
 - ✓ **COMPLESSO ARGILLOSO PLIOCENICO (Pliocene sup.):** Interessa gli aerogeneratori TRN08 e TRN09 e parte del cavidotto;
 - ✓ **COMPLESSO CALCAREO (Cretaceo inf.):** Interessa una limitata parte del cavidotto;
- tutti i suddetti terreni sono ricoperti da uno spessore variabile tra circa 1.5 e 3.00 m di terreno vegetale, poco consistente e scarsamente addensato;

➤ in corrispondenza delle opere in progetto dove sono presenti i litotipi conglomeratici e argillosi non è possibile la formazione di fenomeni di liquefazione. Si ritiene che anche in corrispondenza della TRN01, TRN02, TRN03, TRN04, TRN05, TRN06 e TRN07 dove sono presenti il complesso sabbioso pleistocenico e quello pliocenico che poggiano sui terreni del complesso argilloso pliocenico, non si possono formare fenomeni di liquefazione in quanto, dai rilievi effettuati, si evince che non è presente una falda freatica a profondità minori di 15 m. Quanto detto sopra si evince dal fatto che i siti degli aerogeneratori si trovano sulle creste e l’acqua piovana infiltratasi drena velocemente verso i versanti argillosi. Per quanto riguarda il sito della sottostazione che si trova in corrispondenza dell’affioramento del complesso alluvionale che poggia sulle argille si può dire che lo spessore delle alluvioni è variabile intorno a 3-4 metri è di composizione granulometria fine con parecchia matrice limosa. Siamo nella parte periferica dell’ammasso per cui non si ci aspetta di avere presenza di falde anche in relazione agli spessori modesti. Il substrato argilloso, ovviamente, non dà origine a fenomeni di liquefazione.

A vantaggio della sicurezza, in questa fase sono stati eseguiti i primi preliminari calcoli, simulando la presenza di falda, che ci confortano in base alla notevole presenza di materiali a granulometria fine che inibiscono l’instaurarsi di tale fenomeno per cui si può dire che in generale il problema non sussiste, come peraltro dimostra la serie storica dei terremoti che si sono avvertiti in zona. Infatti, in tutta la storia recente, pur in presenza di terremoti anche di magnitudo importante, non si sono osservati fenomeni di liquefazione in sito;

- dai rilievi idrogeologici si può affermare che in corrispondenza degli aerogeneratori non ci sono le condizioni geologiche per la formazione di falde freatiche a profondità interferite dai lavori, anche in relazione alla realizzazione di fondazioni su pali perché le acque meteoriche che si infiltrano hanno un flusso idrico sotterraneo, al contatto con il substrato argilloso, verso la piana alluvionale che è, al contrario, sede di una ricca falda di subalveo. In ogni caso si evidenzia che l’impianto in fase di esercizio e cantiere non produce emissioni in suolo/sottosuolo/falda sostanze inquinanti di nessun tipo.

La profondità del contatto con il substrato argilloso è variabile ma in generale superiore alla lunghezza dei pali di progetto. Si ritiene, quindi, che anche in corrispondenza degli aerogeneratori TRN01, TRN02, TRN03, TRN04, TRN05, TRN06, TRN07, TRN10, dove i complessi sabbiosi pliocenico e pleistocenico poggiano sui terreni del complesso argilloso pliocenico, non si possono creare interferenze negative tra i pali di fondazione (anche per la loro interdistanza) ed il deflusso idrico sotterraneo. Quanto detto sopra si evince dal fatto che i siti degli aerogeneratori si trovano sulle creste e l’acqua piovana infiltratasi drena velocemente verso i versanti argillosi;

- la sottostazione si trova in corrispondenza dell’affioramento del complesso alluvionale che poggia sulle argille. Lo spessore delle alluvioni è variabile intorno a 3-4 metri ed è di composizione granulometria fine con parecchia matrice limosa. Siamo nella parte periferica dell’ammasso per cui non si ci aspetta di avere presenza di falde anche in relazione agli spessori modesti.

- da un punto di vista geotecnico il calcolo delle fondazioni deve tenere conto che presumibilmente, nel periodo delle piogge invernali, la parte alterata possa essere in condizioni di saturazione per il notevole potere di assorbimento che caratterizza le porzioni superficiali dei complessi argillosi e sabbio-limosi;
- da un punto di vista idraulico il P.A.I. ed il P.G.R.A. non inseriscono le opere in progetto all'interno di aree identificate con pericolosità e/o rischio;
- l'area non rientra all'interno di acquiferi considerati dalla Regione come significativi e nelle vicinanze dell'impianto non sono presenti né pozzi né sorgenti tutelati dal PTA.
- per quanto riguarda il cavidotto esterno si può dire che per alcuni modesti tratti interessa “Aree a pericolosità idraulica Alta” e con “Rischio idraulico R3” ma nessuna interferenza può esserci considerato che il cavidotto sarà interrato all'interno della fondazione/rilevato stradale;
- per quanto concerne le forme di dissesto legate ai movimenti franosi presenti nei versanti interessati dalle opere in progetto si mette in evidenza che tramite i rilievi di superficie, integrati dallo studio delle fotografie aeree del territorio e dalle indagini geofisiche eseguite per il presente studio, si evince che le condizioni di stabilità dei versanti dove sono ubicati gli aerogeneratori e i cavidotti interni al parco godono di condizioni di buona stabilità (condizione da verificare in fase di progettazione esecutiva sulla base di verifiche di stabilità dei pendii da redigere a valle delle indagini geognostiche e geotecniche che saranno eseguite dopo l'Autorizzazione Unica e quando si avrà certezza sull'effettiva localizzazione degli aerogeneratori), mentre tre

limitati fenomeni geodinamici sono limitrofi alla viabilità dove sarà interrato il cavidotto come visibile nelle carte del P.A.I. allegate. Detti dissesti sono riferibili principalmente a scorrimenti attivi con un grado di Pericolosità P2;

- per preservare i tratti di viabilità interessati dai fenomeni gravitativi superficiali legati soprattutto alle acque meteoriche che si infiltrano nella coltre alterata superficiale dei terreni, verranno adottate, di concerto con gli enti gestori dell’infrastruttura, tecniche utili alla stabilizzazione della porzione più superficiale di suolo che oltre ad essere molto efficaci in situazioni geomorfologiche come quelle presenti nel sito di progetto, hanno il vantaggio di essere molto elastiche e in grado di adattarsi all’habitus geomorfologico caratteristico del territorio in cui si opera, alle irregolarità del terreno ed a ulteriori movimenti di assestamento del terreno dopo la messa in opera. In tal modo il consolidamento ed il ripristino delle condizioni ambientali saranno raggiunti impiegando opere relativamente leggere per non sovraccaricare il terreno, assicurando la massima protezione antierosiva;
- ai sensi del D.M. 17/01/2018, dai dati delle indagini sismiche eseguite i terreni presenti in corrispondenza degli aerogeneratori TRN01, TRN02, TRN04 e TRN10 e della sottostazione appartengono alla C *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”*, mentre in corrispondenza degli aerogeneratori TRN03, TRN05,

TRN06, TRN07, TRN08, TRN09 appartengono alla *Categoria B - “Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s”*:

- si ritiene, comunque, indispensabile che in fase di progettazione esecutiva e di calcolo delle strutture in c.a. si eseguano le indagini di verifica delle su esposte ipotesi geologiche.