

Comune  
di Monterenzio



Regione Emilia-Romagna



Città Metropolitana di  
Bologna



CITTÀ  
METROPOLITANA  
DI BOLOGNA

Committente:

**RWE**

RWE RENEWABLES ITALIA S.R.L.  
via Andrea Doria, 41/G - 00192 Roma  
P.IVA/C.F. 06400370968

Titolo del Progetto:

**PARCO LION STONE**

Documento:

**PROGETTO DEFINITIVO**

N° Documento:

**PELI-P65**

ID PROGETTO:	PELI-P	DISCIPLINA:	C	TIPOLOGIA:	EI	FORMATO:	A4
--------------	--------	-------------	---	------------	----	----------	----

Elaborato:

(R) - ELABORATI TECNICI DESCRITTIVI  
RELAZIONE GEOTECNICA

FOGLIO:	1 di 23	SCALA:	-	Nome file:	PELI-P65-0
---------	---------	--------	---	------------	------------

Progettazione:



**Hydro Engineering s.s.**  
di Damiano e Mariano Galbo  
via Rossotti, 39  
91011 Alcamo (TP) Italy

Progettisti:

(Ing. Mariano Galbo)



Rev:	Data Revisione	Descrizione Revisione	Redatto	Controllato	Approvato
0	03/2024	PRIMA EMISSIONE	MG	VF	EG

---

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA .....</b>	<b>2</b>
<b>2</b>	<b>DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE .....</b>	<b>4</b>
<b>3</b>	<b>NORMATIVA DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>7</b>
<b>4</b>	<b>INQUADRAMENTO TERRITORIALE .....</b>	<b>8</b>
<b>5</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO .....</b>	<b>11</b>
<b>6</b>	<b>INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE.....</b>	<b>17</b>
<b>8</b>	<b>CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>20</b>

## 1 PREMESSA

La società Hydro Engineering s.s. è stata incaricata di redigere il progetto definitivo dell'impianto eolico denominato "Lion Stone" composto da 7 aerogeneratori, ciascuno di potenza nominale pari a 7,2 MW, per una potenza complessiva di 50,4 MW, ubicato nel comune di Monterenzio (BO) e proposto dalla società RWE Renewables Italia S.r.l., con sede legale in Via Andrea Doria, n.41/G, 00192 Roma.

Il modello tipo di aerogeneratore scelto avrà potenza nominale di 7,2 MW, con diametro rotore fino a 172 m e altezza massima al top della pala pari a 200 m. Questa tipologia di aerogeneratore è allo stato attuale quella ritenuta più idonea per il sito di progetto dell'impianto. Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori sono la Collina del Falchetto (PELI-01, PELI-02, PELI-03) e Monte Renzio (PELI-04, PELI-05, PELI-06, PELI-07).

Oltre che dagli aerogeneratori e opere civili connesse, il parco eolico si compone delle seguenti infrastrutture elettriche:

- cavidotto interno: sistema di cavidotti interrati 36 kV di collegamento tra gli aerogeneratori
- cavidotto esterno: cavo 36kV di collegamento tra la cabina utente 36 kV e lo stallo di arrivo produttore a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) 380/36 kV della RTN.
- edificio di consegna (cabina utente 36 kV).

La STMG (Cod. pratica202202256 del 27 06 2023) prevede che l'impianto venga collegato in antenna a 36 kV su una nuova Stazione Elettrica (SE) 380/36 kV della RTN da inserire in entrata – uscita alla direttrice "Calenzano - S. Benedetto del Querceto - Colunga", previa realizzazione dell'intervento 302-P previsto dal Piano di Sviluppo di Terna.

Pertanto, le opere di connessione alla RTN prevedono la realizzazione dell'impianto di rete per la connessione consistente nella costruzione di una nuova Stazione Elettrica (SE) 36-380 kV, ubicata nel comune di Monterenzio, con raccordo AT in aereo sulla nuova Linea area a 380kV Colunga-Calenzano

La progettazione dell'impianto di rete per la connessione è in carico ad altro produttore avente ruolo di capofila nei confronti di Terna S.p.A.; pertanto, il Piano Tecnico delle Opere (PTO) di rete per la connessione sarà condiviso a seguito dell'ottenimento del parere positivo sulla rispondenza ai requisiti tecnici del Codice di Rete ("Benestare").

Il presente documento si propone di descrivere la caratterizzazione geotecnica e sismica dei siti in oggetto.

## 2 DESCRIZIONE DELL'OPERA DI FONDAZIONE

La scelta della tipologia delle fondazioni sarà effettuata a seguito delle indagini geologiche esecutive.

Allo stato delle informazioni contenute nello studio geologico risulta cautelativo prevedere fondazioni indirette su pali.

Nel presente paragrafo sarà descritta la fondazione tipo degli aerogeneratori con rotore di diametro fino a 172,0 m. per un'altezza complessiva di 200,00 m. Le caratteristiche geotecniche dei terreni consentiranno nella fase di progettazione esecutiva ed a seguito delle indagini geologiche esecutive di scegliere la corretta tipologia di fondazione. I plinti presenteranno forma circolare ed a tergo dei lati del manufatto sarà collocata una geostuia drenante tipo Enkadrain, munita di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione.

Il dimensionamento delle fondazioni sarà effettuato sulla base dei parametri geotecnici derivanti dalle prove in sito e di laboratorio su campioni indisturbati prelevati nel corso di appositi sondaggi in fase di progettazione esecutiva.

In via esemplificativa, fermo restando che la scelta sarà effettuata in fase di progettazione esecutiva, di seguito si riporta lo schema di una fondazione su pali.

La fondazione indiretta sarà ipotizzata costituita da un plinto circolare, avente **diametro pari a 20,00m**, a sezione trapezia con altezza al bordo pari a 1,85m e 2,55 m in corrispondenza della parte centrale. Inoltre, nella parte centrale del plinto è presente un colletto circolare di raggio pari a 3,00 m, che si eleva sulla suola di fondazione altri 60 cm, per uno spessore totale di 3,15 m. posto su un numero di pali ipotizzato pari a 26 di diametro  $\Phi 1000$  e lunghezza 30,00 m.

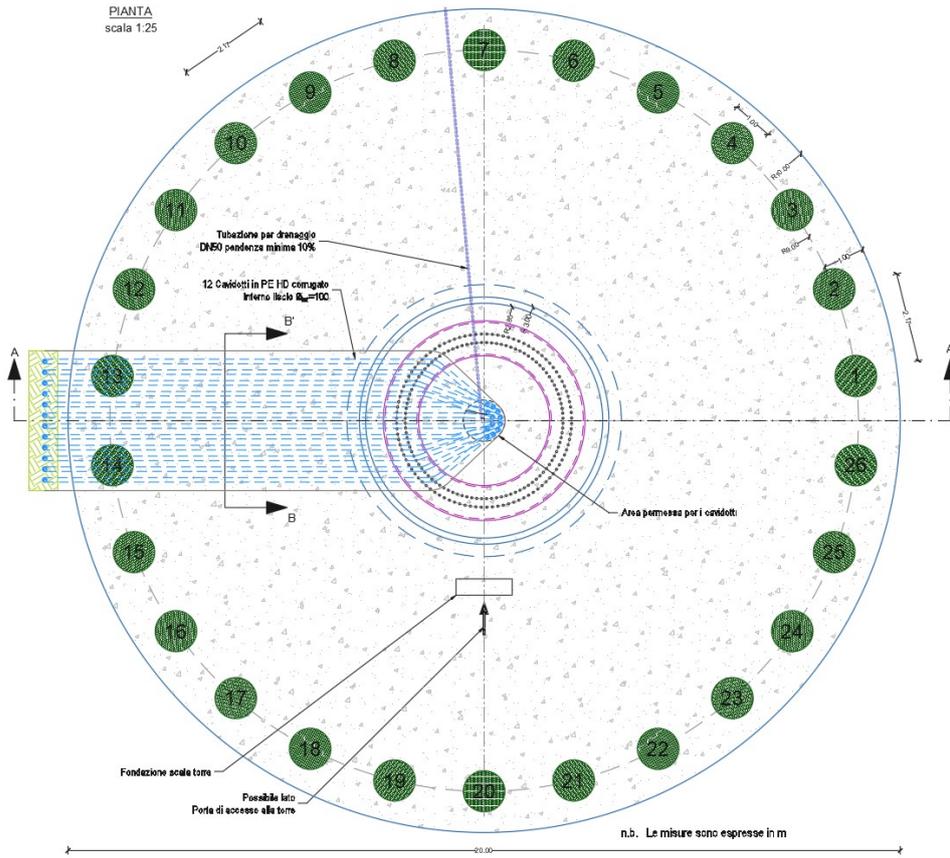


Figura 1 - Pianta del plinto con indicazione dei pali di fondazione (n.26 del diametro 1000mm)

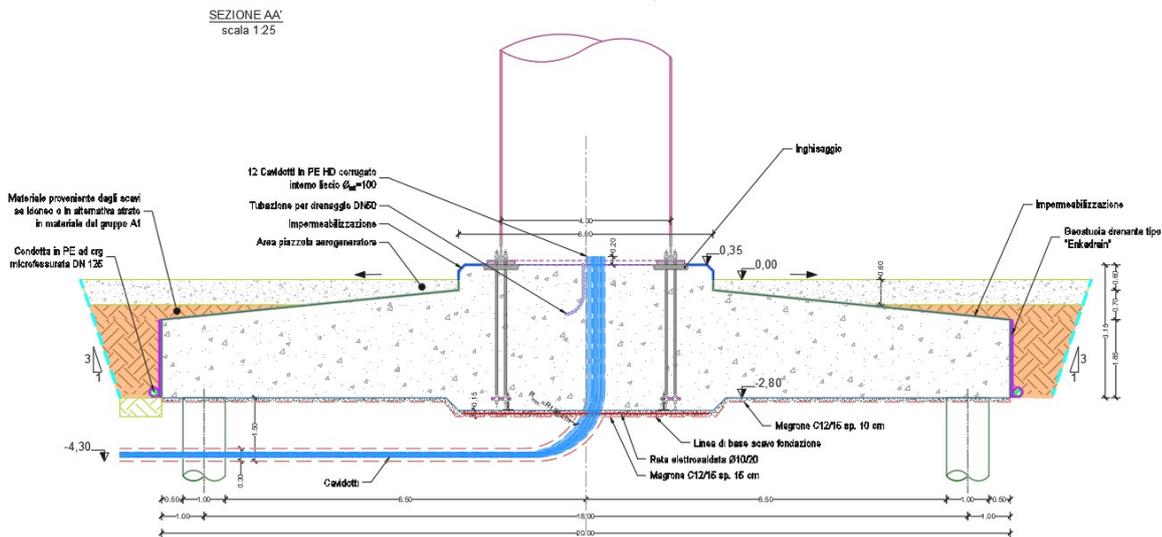


Figura 2 - Sezione del plinto

All'interno del plinto di fondazione sarà annegata una gabbia di ancoraggio metallica

cilindrica dotata di una piastra superiore di ripartizione dei carichi ed una piastra inferiore di ancoraggio. Entrambe le piastre sono dotate di due serie concentriche di fori che consentiranno il passaggio di barre filettate ad alta resistenza di diametro 36 mm, che, tramite dadi, garantiscono il corretto collegamento delle due piastre. A tergo dei lati del manufatto dovrà essere realizzato uno strato di drenaggio dello spessore di 180 cm, munito di tubazione di drenaggio forata per l'allontanamento delle acque dalla fondazione.

### 3 NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La normativa cui viene fatto riferimento nelle fasi di calcolo e progettazione è la normativa tecnica nazionale in vigore: "Norme Tecniche per le Costruzioni", D.M. 17/01/2018.

Si farà, inoltre, riferimento alle seguenti normative:

Legge n. 1086 del 05.11.1971 "Norme per la disciplina delle opere in c.a. normale e precompresso, ed a struttura metallica";

Legge n. 64 del 02.02.1974 – "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".

IEC 60400-1 "Wind Turbine safety and design";

Eurocodice 2 "Design of concrete structures".

Eurocodice 3 "Design of steel structures".

Eurocodice 4 "Design of composite steel and concrete structures".

Eurocodice 7 "Geotechnical design".

Eurocodice 8 "Design of structures for earthquake resistance".

## 4 INQUADRAMENTO TERRITORIALE

Le aree interessate dal posizionamento degli aerogeneratori sono la Collina del Falchetto (PELI-01, PELI-02, PELI-03), Monte Renzio (PELI-04, PELI-05, PELI-05, PELI-06, PELI-07).

Di seguito cartografie e fogli di mappa catastali interessati dalle opere:

IGM 25 K:

- 238\_SO
- 238\_NO

CTRN 10K WGS84:

- 238060
- 238100

Catastali

Comune di Monterenzio (BO)

- Fogli catastali n. 32, 35, 41, 54, 64, 68, 70

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 32 WGS84 degli aerogeneratori:

NOME	EST	NORD	Riferimenti catastali
PELI-01	696354,00	4907612,00	Monterenzio Foglio 54, p.lla: 29
PELI-02	696900,00	4907182,00	Monterenzio Foglio 68, p.lla: 10
PELI-03	697525,00	4906205,00	Monterenzio Foglio 70, p.lla: 37
PELI-04	694814,00	4910190,00	Monterenzio Foglio 35, p.lla: 21
PELI-05	693483,00	4910059,00	Monterenzio Foglio 32, p.lla: 70
PELI-06	693560,00	4908844,00	Monterenzio Foglio 41, p.lla: 68
PELI-07	693427,00	4906754,00	Monterenzio Foglio 64, p.lla: 7

Tabella 1 - Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 32 WGS84

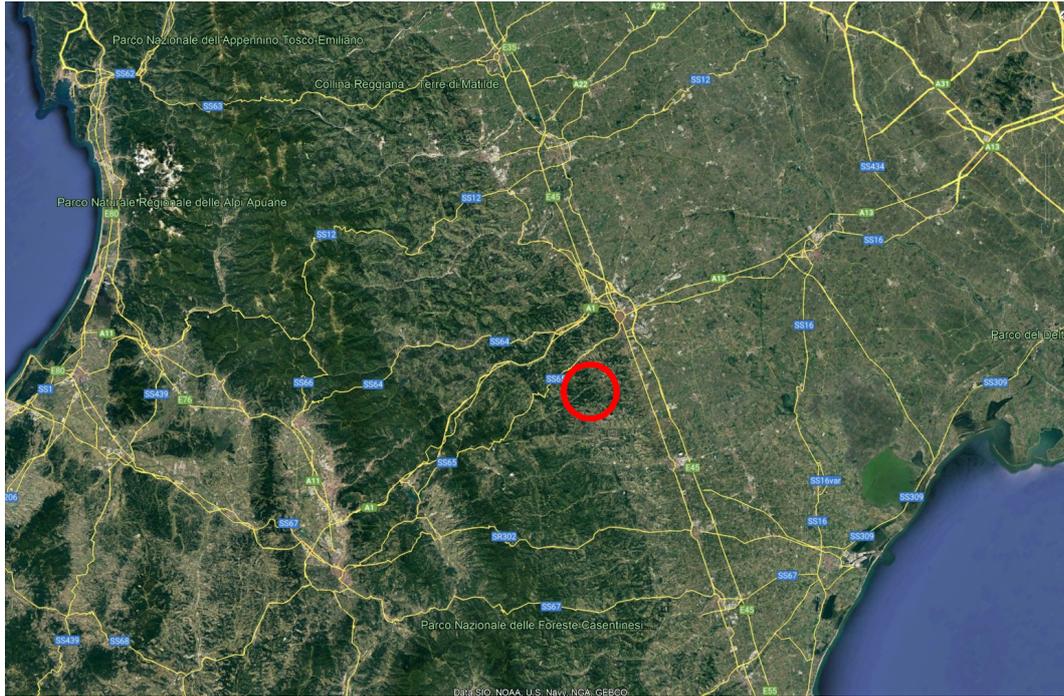


Figura 3 - Ubicazione area di impianto da satellite

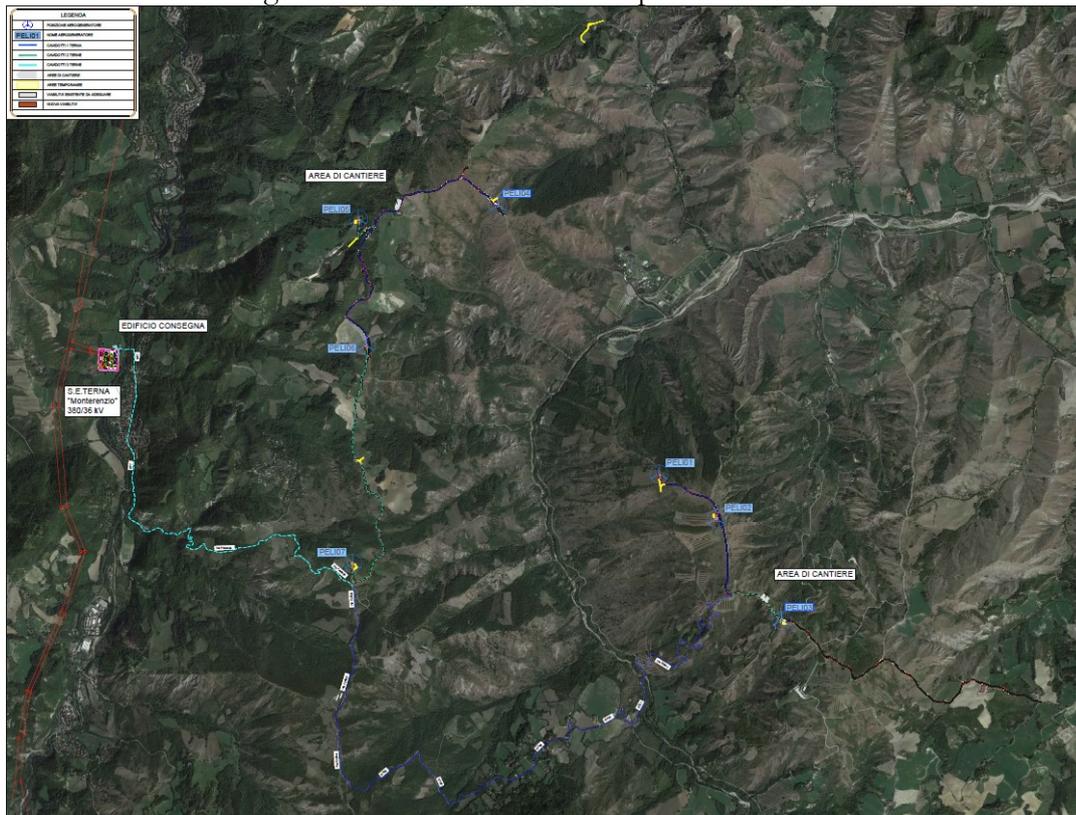


Figura 4 - Layout dell'impianto su Ortofoto 1:10000

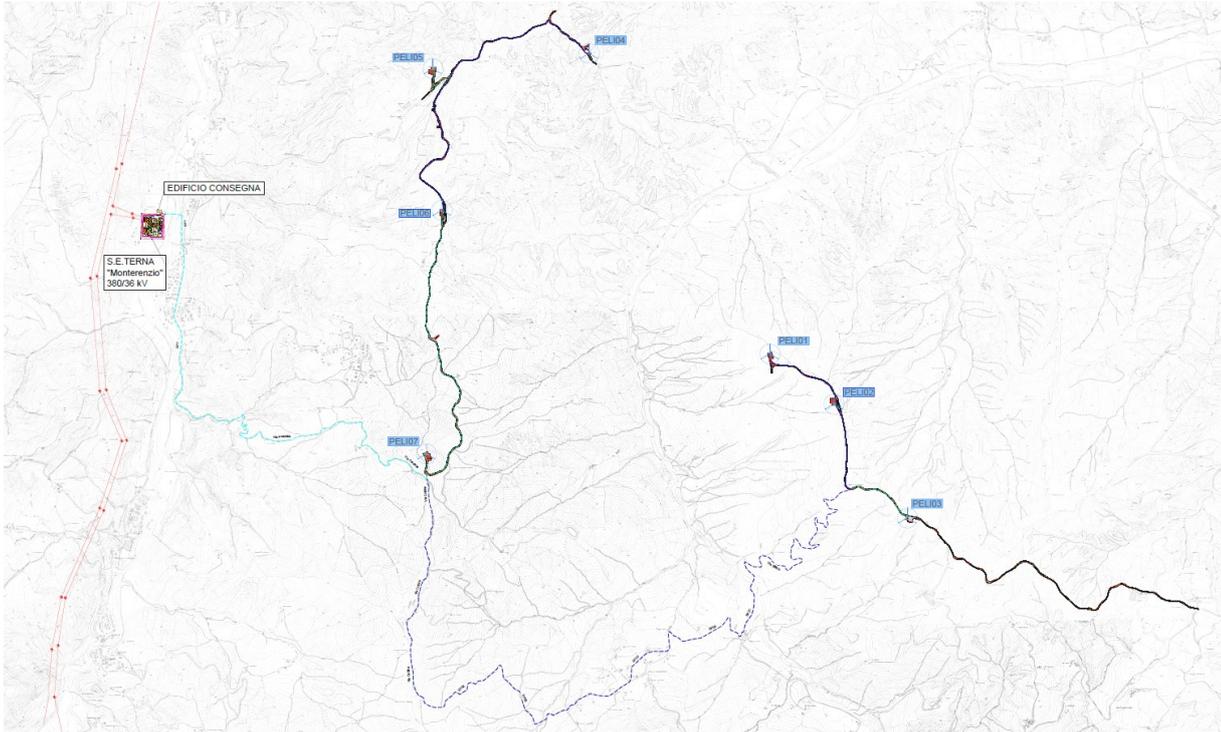


Figura 5 - Layout dell'impianto su CTR 1:10000

## 5 INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED IDROGEOLOGICO

Si riporta l'estratto dalla relazione geologica allegata al progetto.

*‘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 unico complesso descritto di seguito:*

*UNITA' DI MODENA (Olocene): in generale si tratta di un complesso costituito da ghiaie e ghiaie sabbiose o da sabbie con livelli e lenti di ghiaie ricoperte da una coltre limoso argillosa discontinua, in contesti di conoide alluvionale, canale fluviale e piana alluvionale intravalliva.*

*Detti terreni interessano la sottostazione elettrica e alcuni tratti di cavidotto.*

*FORMAZIONE PANTANO (Burdigaliano sup.–Langhiano): in generale si tratta di un complesso costituito da areniti fini grigio chiare, fossilifere. Detti terreni interessano alcuni tratti di cavidotto.*

*FORMAZIONE ANTOGNOLA (Rupeliano-Burdigaliano): in generale si tratta di un complesso costituito da marne siltose e siltoso-arenacee grigio-verdi a frattura da scheggiata a conoide, con patine manganesifere scure e rare intercalazioni di livelli arenitici sottili e medi a grana finissima, si segnalano locali sottili orizzonti vulcanoclastici giallastri.*

*Detti terreni interessano l'aerogeneratore WTG06.*

*MEMBRO DI ANCONELLA (Rupeliano sup. – Burdigaliano inf.): in generale si tratta di un complesso costituito da areniti quarzoso-feldspatiche grigio-giallastre da fini a molto grossolane, generalmente poco cementate, in strati da medio-sottili a spessi, raramente banchi, talvolta amalgamati. Sono presenti subordinate peliti nerastre e marne argillose grigio-verdi. Detti terreni interessano alcuni tratti di cavidotto.*

*FORMAZIONE DI CONTIGNACO (Aquitano sup. – Burdigaliano): in generale si tratta di un complesso costituito da marne siltose grigio cenere, localmente silicee, a frattura scheggiata, con patine scure manganesifere e intercalazioni di areniti fini grigie in strati gradati da sottili a spessi. Sono caratteristici della formazione alcuni livelli tripolacei chiari. Detti terreni interessano l'aerogeneratore WTG05 e alcuni tratti di cavidotto.*

*Brecce argillose della Val Tiepido-Canossa (Chattiano – Aquitano): in generale si tratta di un complesso costituito da argille grigie, che inglobano frammenti e clasti lapidei, di dimensioni variabili (in genere decimetriche o più piccole), costituiti da calciliti grigio chiare, e da areniti fini e finissime, micacee. Detti terreni interessano alcuni tratti di cavidotto.*

*MARNE DI MONTE PLANO (Luteziano sup. - Rupeliano inf.): in generale si tratta di un complesso costituito da marne argillose rossastre e rosate, recanti strati sottili di arenarie feldspatiche. Detti terreni interessano alcuni tratti di cavidotto.*

*Argille varicolori della Val Samoggia (Hauteriviano sup. - Eocene inf.): in generale si tratta di un complesso costituito da argilliti, talora siltose, grigio scure e nerastre a bande rosso scure e verdastre, con sottili intercalazioni di siltiti brune, arenarie fini e medie grigio scuro-violacee e calcari micritici silicizzati grigio-verdastri a patine manganesifere. Detti terreni interessano alcuni tratti di cavidotto.*

*Argille varicolori della Val Samoggia – LITOFACIES ARENACEA (Maastrichtiano sup. - Paleocene sup): in generale si tratta di un complesso costituito da alternanze di argilliti, talora siltose, grigio scure e nerastre a bande rosso scure e verdastre e arenarie feldspatiche. Detti terreni interessano l'aerogeneratore WTG03 e alcuni tratti di cavidotto.*

*Formazione di Monghidoro (Eocene superiore-Tortoniano): si tratta della litofacies marnosa costituita da marne calcaree. Detti terreni interessano l'aerogeneratore WTG07 e alcuni tratti di cavidotto.*

*Argille varicolori di Grizzana Morandi (Cenomaniano sup. - Santoniano sup.): in generale si tratta di un complesso costituito da argilliti a focature rosso-violacee, verdastre e grigio-scure, con intercalazioni di arenarie e siltiti brune in strati sottili e molto sottili e di calcilutiti verdastre o grigio chiare e marne biancastre in strati sottili e medi. Detti terreni interessano alcuni tratti di cavidotto.*

*Argille varicolori di Grizzana Morandi – Litofacies arenitica (Cenomaniano sup. - Santoniano sup.): si tratta della litofacies arenitica costituita da arenarie fini grigio-verdastre in strati sottili, alternate a peliti fissili nerastre o debolmente varicolorate. Detti terreni interessano alcuni tratti di cavidotto.*

*Argille a palombini (Berriasiano - Turoniano): in generale si tratta di un complesso costituito da argilliti siltose grigio scure e grigio-azzurrognole intercalate a calcilutiti silicizzate grigio chiare e grigio-verdi in strati da medi a spessi, talora a base arenitica media, fratturate. Locali intercalazioni di calcari marnosi grigi. Detti terreni interessano l'aerogeneratore WTG02 e alcuni tratti di cavidotto.*

*Argille a palombini - Litofacies argillitica con calcari budinati (Berriasiano - Turoniano): si tratta della litofacies argillitica costituita da argilliti varicolorate recanti blocchi budinati pluridecimetrici di calcilutiti biancastre. Detti terreni interessano gli aerogeneratori WTG01 e WTG04 e alcuni tratti di cavidotto.*

*Argille a palombini - litofacies a breccie ofiolitiche e diaspri (Berriasiano - Turoniano): in generale si tratta della litofacies a breccie ofiolitiche e diaspri costituita da Argilliti varicolorate con blocchi budinati pluridecimetrici di calcilutiti biancastre, associate a corpi eterometrici costituiti da breccie ofiolitiche e diaspri. Sono presenti locali intercalazioni da decimetriche a metriche di breccie poligeniche a matrice argillosa. Detti terreni interessano alcuni tratti di cavidotto.*

*DIASPRI (Oxfordiano – Kimmeridgiano): si tratta di I diaspri che costituiti da quarzo micro e criptocristallino granulare, in certi casi anche fibroso, combinato a volte a piccole quantità di silice opalina. Detti terreni interessano alcuni tratti di cavidotto.*

*In definitiva, dall'analisi della carta geologica e dai rilievi eseguiti in campagna, nonché dalle indagini sismiche eseguite per il presente studio sono state ricostruite i contatti stratigrafici descritti di seguito in corrispondenza degli aerogeneratori e della sottostazione.*

*In particolare, sono descritti di seguito, per ciascun aerogeneratore e per la cabina di consegna i terreni interessati dalle fondazioni:*

*PELI-01: argille varicolori con inclusi blocchi di calcilutiti biancastre. La frazione alterata, di spessore variabile tra 2-3 m, è costituita da limi argillosi, da scarsamente a mediamente consistenti, con inclusi sporadici elementi lapidei di natura calcarea di dimensioni centimetriche;*

*PELI-02: argilliti siltose grigio azzurre intercalate a calcilutiti silicizzate grigio chiare. La frazione alterata, di spessore variabile tra 3-4 m, è costituita da argille limose, da scarsamente a mediamente consistenti, con inclusi sporadici elementi lapidei di natura calcarea di dimensioni centimetriche;*

*PELI-03: argilliti scagliettate, talora siltose, grigio scure con intercalazioni di arenarie. La frazione alterata, di spessore variabile tra 2-3 m, è costituita da argille limose, da scarsamente a mediamente consistenti, con inclusi sporadici elementi lapidei di natura arenacea di dimensioni centimetriche;*

*PELI-04: argille varicolori con inclusi blocchi di calcilutiti biancastre. La frazione alterata, di spessore variabile tra 3-4 m, è costituita da limi argillosi, da scarsamente a mediamente consistenti, con inclusi sporadici elementi lapidei di natura calcarea di dimensioni centimetriche;*

*PELI-05: marne siltose grigio cenere, localmente silicee, con intercalazioni di strati arenitici. La frazione alterata, di spessore variabile tra 2-3 m, è costituita da limi, da scarsamente a mediamente consistenti, con inclusi sporadici elementi lapidei di natura arenacea di dimensioni centimetriche.*

*PELI-06: marne siltose consistenti di colore grigio-verde. La frazione alterata, di spessore variabile tra 3-4 m, è costituita da limi argillosi, da scarsamente a mediamente consistenti, con inclusi sporadici elementi lapidei di natura arenacea di dimensioni centimetriche.*

*PELI-07: marne calcaree consistenti. La frazione alterata, di spessore variabile tra 3-4 m, è costituita da argille marnose, da scarsamente a mediamente consistenti, con inclusi sporadici elementi lapidei di natura calcarea di dimensioni centimetriche.*

*Sottostazione elettrica: ghiaie e ghiaie sabbiose scarsamente addensate.*

*Tutti i suddetti terreni sono ricoperti da uno spessore variabile tra circa 1.00 e 2.00 m di terreno vegetale poco consistente e scarsamente addensato.*

*Si mette in evidenza che il tratto di cavidotto esterno al parco e di collegamento alla sottostazione che verrà realizzato su strade asfaltate, 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.*

## 6 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Si riporta l'estratto dalla relazione geologica allegata al progetto.

*“Da un punto di vista geomorfologico, l'area vasta in cui sono ubicate le opere in progetto è caratterizzata da un habitus geomorfologico irregolare, con versanti da media ad alta pendenza, con frequenti rotture di pendenza e numerosi fenomeni geodinamici attivi e/o quiescenti.*

*Si tratta di aree con elevata attività erosiva con impluvi molto incisi, con valli strette, spesso a carattere calanchivo, dove prevalgono i litotipi argillosi e sabbiosi.*

*Sono presenti delle zone di fondovalle stabili dove affiorano i termini alluvionali caratterizzati dalla presenza prevalente di ghiaie.*

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

*Per quanto riguarda i processi fluviali, il reticolato idrografico risulta avere un pattern molto articolato, essendo costituito prevalentemente da numerosi impluvi che drenano le acque sui torrenti principali Idice e Sillaro.*

*Da un punto di vista geomorfologico, si mette in evidenza che, tramite i rilievi di superficie, integrati dallo studio delle fotografie aeree eseguite con il drone, le aree strettamente interessate dagli aerogeneratori e dalla sottostazione elettrica si presentano stabili e quanto è confermato dal PAI e dalla Carta geologica in scala 1/50.000 redatta dal CARG, che non includono dette aree all'interno di quelle interessate da dissesti, mentre per quanto riguarda il tracciato del cavidotto sia il nostro studio che il PAIO, che il CARG indicano alcuni dissesti come indicato di seguito:*

*n. 5 tratti di cavidotto all'interno di “Zona 1” (Aree in dissesto) lungo la via Sassonero tra la SP35 e SP21 ed alcuni tratti all'interno di aree individuate come “Zona 4” (Aree da sottoporre a verifica) e “Zona 5” (Aree di influenza sull'evoluzione del dissesto). In questo tratto di cavidotto anche la “carta geologica ufficiale indica n. 3 aree, coincidenti in parte con quelle del PAI, come A1 (Frana in evoluzione) ovvero “Accumuli gravitativi caotici di materiale eterogeneo ed eterometrico con evidenze in atto”.*

*Di seguito sono visibili alcune immagini da cui si evince che in questi tratti la viabilità non presenta segni di dissesto, dovuto probabilmente al fatto che l'Ente responsabile della manutenzione della strada ha realizzato le opportune opere di regimentazione idraulica e consolidamento a difesa della stessa.*

*Non sussistono, quindi, problemi geomorfologici alla realizzazione del cavidotto.*

n. 1 limitato tratto di cavidotto, tra gli aerogeneratori PELI-07 e PELI-06, all'interno di "Zona 1" (Aree in dissesto) e di "Zona 4" (Aree da sottoporre a verifica). Sempre, in questo tratto la Carta geologica del CARG indica n. 3 limitati tratti come A1 (Frana in evoluzione – Accumuli gravitativi caotici di materiale eterogeneo ed eterometrico con evidenze in atto).

Come visibile dalle foto acquisite con il drone, detti dissesti sono riferibili a "Movimenti superficiali lenti" legati esclusivamente all'azione delle acque ed alla pendenza medio-alta dei versanti in quanto la coltre superficiale, di modesto spessore, si imbibisce durante i periodi di piogge prolungate e tende a muoversi sia pure con movimenti di massa superficiale lenti.

Si mette in evidenza che, trattandosi di movimenti franosi che coinvolgono spessori modesti consolidabili con le classiche opere di ingegneria naturalistica, nelle successive fasi di progettazione si eseguiranno le opportune indagini geognostiche e geotecniche che serviranno alla progettazione delle stesse per la protezione ed il completo consolidamento dei fenomeni geodinamici che interessano il cavidotto in studio.

Nell'eventualità che le indagini programmate dovessero evidenziare spessori più elevati di quelli oggi indicati dai risultati delle indagini geofisiche eseguite in questa fase, le opere di ingegneria naturalistica saranno accompagnate da opere di consolidamento tradizionali o si ricorrerà alla tecnologia TOC per il loro attraversamento.

Per preservare il sito da fenomeni di erosione superficiale verranno adottati tecniche utili alla stabilizzazione della porzione più superficiale di suolo che hanno il vantaggio di essere molto elastiche e in grado di adattarsi 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.

Dal punto di vista idrogeologico le aree in studio sono caratterizzate dall'affioramento di terreni diversi che 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 all'Unità di Modena, alla Formazione di Pantano, Formazione Antognola – Membro di Anconella, alla frazione arenacea delle Argille varicolori della Val Samoggia ed alla frazione arenacea delle Argille varicolori di Grizzana Morandi.

**Rocce impermeabili:** Si tratta di rocce che presentano fessure o pori di piccole dimensioni in cui l'infiltrazione si esplica tanto lentamente da essere considerate praticamente impermeabili. Rientrano in questo complesso i terreni afferenti alle Breccie argillose della Val Tiepido-Canossa, alle Argille varicolori della Val Samoggia, alle Argille varicolori di Grizzana Morandi ed alle Argille a Palombini.

**Rocce permeabili per poco permeabili per fratturazione:** Si tratta di rocce coerenti caratterizzate da una permeabilità bassa per fratturazione dovuta alla tettonizzazione. Rientrano in questo complesso i terreni

*affidenti alla Formazione Antognola, Formazione di Contignaco, Marne di Monte Piano, Formazione di Monghidoro e i Diaspri.*

*Nello specifico, le aree interessate dagli aerogeneratori in progetto, non sono interessate da falde freatiche sia in corrispondenza dell'affioramento prevalente di terreni impermeabili sia in corrispondenza dell'affioramento prevalente di terreni permeabili in quanto, trovandosi in zone di "cresta", le acque piovane che si infiltrano drenano velocemente verso valle. Ciò è confermato dalla assenza di pozzi in zona e di sorgenti.*

*In corrispondenza della cabina di consegna è, invece, presente una falda freatica che interessa i terreni prevalentemente ghiaiosi dell'Unità di Modena il cui livello si attesta alla profondità di circa 4 m dal p.c.*

*La profondità è tale da non essere interferita dalle fondazioni della cabina di consegna che avrà fondazioni superficiali a circa 1 metro di profondità.*

*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 idraulico le aree a pericolosità/rischio individuate dal P.A.I. e dal P.G.R.A. queste non interferiscono con gli aerogeneratori e la cabina di consegna in progetto.*

## 7 ANALISI SISMICA DELLA ZONA DI INTERESSE

Nella stesura dei calcoli strutturali e per le verifiche geotecniche si è tenuto conto dell'azione sismica. Nei riguardi dell'azione sismica l'obiettivo è il controllo del livello di danneggiamento della costruzione a fronte dei terremoti che possono verificarsi nel sito di costruzione. In base al D.M. 17/01/2018, l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire da una "pericolosità sismica di base", in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A nelle NTC). La pericolosità sismica in un generico sito è valutata:

- in termini di valori di accelerazione orizzontale massima  $a_g$  e dei parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC, nelle condizioni di sito di riferimento rigido orizzontale;
- in corrispondenza dei punti di un reticolo (reticolo di riferimento) i cui nodi sono sufficientemente vicini fra loro (non distano più di 10 km);
- per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o diversi periodi di ritorno TR ricadenti in un intervallo di riferimento compreso almeno tra 30 e 2475 anni, estremi inclusi.

L'azione sismica così individuata viene successivamente variata per tener conto delle modifiche prodotte dalle condizioni locali stratigrafiche del sottosuolo effettivamente presente nel sito di costruzione e dalla morfologia della superficie. Tali modifiche caratterizzano la risposta sismica locale. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni  $a_g$  e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste dalle NTC sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- $a_g$  accelerazione orizzontale massima del terreno;
- $F_0$  valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- $T^*_C$  periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Le forme spettrali previste dalle NTC sono caratterizzate da prescelte probabilità di superamento e vite di riferimento. A tal fine occorre fissare:

- la vita di riferimento VR della costruzione, ottenuto dal prodotto della vita nominale dell'opera VN per il coefficiente d'uso CU il quale dipende dalla classe d'uso secondo la tabella 2.4.II,
- le probabilità di superamento nella vita di riferimento PVR associate a ciascuno degli stati limite considerati, per individuare infine, a partire dai dati di pericolosità sismica disponibili, le corrispondenti azioni sismiche.

Si è ritenuto necessario l'utilizzo della tecnica di sismica passiva a stazione singola HVSR (tomografia) allo scopo di determinare le velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ) dei terreni presenti, in corrispondenza delle opere progettate.

In particolare, sono state eseguite, in corrispondenza di ciascun aerogeneratore e della cabina di consegna n. 8 misure di microtremore ambientale, con un tomografo digitale progettato specificatamente per l'acquisizione del rumore sismico.

Area dell'impianto eolico: Considerate le caratteristiche litotecniche e stratigrafiche dei terreni presenti, la velocità di propagazione delle onde sismiche secondarie è compresa tra 360 e 800 m/s; pertanto, la categoria sismica del suolo sarà la B.

Di seguito le coordinate assolute nel sistema UTM 33 WGS84 degli aerogeneratori:

NOME	EST	NORD	Riferimenti catastali
PELI-01	696354,00	4907612,00	Monterenzio Foglio 54, p.lla: 29
PELI-02	696900,00	4907182,00	Monterenzio Foglio 68, p.lla: 10
PELI-03	697525,00	4906205,00	Monterenzio Foglio 70, p.lla: 37
PELI-04	694814,00	4910190,00	Monterenzio Foglio 35, p.lla: 21
PELI-05	693483,00	4910059,00	Monterenzio Foglio 32, p.lla: 70
PELI-06	693560,00	4908844,00	Monterenzio Foglio 41, p.lla: 68
PELI-07	693427,00	4906754,00	Monterenzio Foglio 64, p.lla: 7

Tabella 2 - Coordinate aerogeneratori nel sistema UTM 32 WGS84

- Classe d'uso: Quarta (Punto 2.4.2 del D.M. 17/01/2018);
- categoria di suolo: B (Punto 3.2.2 del D.M. 17/01/2018);
- vita nominale  $\geq$  100 anni (Punto 2.4.1 del D.M. 17/01/2018);
- categoria topografica: T2 (Tabella 3.2.IV del D.M. 17/01/2018);
- coefficiente di amplificazione topografica: 1,0 (Tabella 3.2.VI del D.M. 17/01/2018).

La normativa sismica (N.T.C. 2018 di cui al D.M. 17/01/18 e ss.mm.ii.) raggruppa i diversi terreni nei cinque tipi riportati nella seguente tabella 3.2.II.

**Tab. 3.2.II – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato.**

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>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.</i>
C	<i>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.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente 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 100 e 180 m/s.</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

*Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

Tabella 3

ai sensi del D.M. 17/01/2018, dai dati delle indagini sismiche eseguite i terreni presenti in corrispondenza degli aerogeneratori 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" mentre in corrispondenza della cabina appartengono alla categoria 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".

In generale l'area interessata non presenta pericolosità sismiche.

## 8 CARATTERIZZAZIONE LITOTECNICA DEL SOTTOSUOLO

Per quanto riguarda la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni, per questo livello di progettazione, si rimanda alla relazione Geologica allegata al progetto.

Dall'esame della relazione geologica si evince che nell'area direttamente interessata dagli aerogeneratori e dalla cabina di consegna è presente uno spessore variabile da 1.0 e 2.0 m di terreno vegetale che, ricopre vari complessi litologici, costituito da limi e limi sabbiosi, di colore marrone, scarsamente consistenti e plastici. Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sopra citati, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:  $\phi' = 17^\circ$ ,  $c' = 0.0$  t/mq,  $\gamma = 1.7$  t/mc.

Si mette in evidenza che sarà totalmente asportato in fase di realizzazione.

Ne descriviamo singolarmente le caratteristiche litologiche per ciascun aerogeneratore e per la cabina di consegna.

**PELI-WTG01:** argille varicolori con inclusi blocchi di calcilutiti biancastre. La frazione alterata, di spessore variabile tra 2-3 m è costituita da limi argillosi, da scarsamente a mediamente consistenti con inclusi sporadici elementi lapidei di natura calcarea di dimensioni centimetriche. Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sopra citati, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:

Frazione alterata:  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 0.5$  t/mq,  $\gamma = 1.8$  t/mc.

Frazione inalterata:  $\phi' = 25^\circ$ ,  $c' = 1.0$  t/mq,  $\gamma = 1.9$  t/mc.

**PELI-WTG02:** argilliti siltose grigio azzurro intercalate a calcilutiti silicizzate grigio chiare. La frazione alterata, di spessore variabile tra 3-4 m è costituita da argille limose, da scarsamente a mediamente consistenti con inclusi sporadici elementi lapidei di natura calcarea di dimensioni centimetriche. Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sopra citati, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:

Frazione alterata:  $\phi' = 20^\circ$ ,  $c' = 0.5$  t/mq,  $\gamma = 1.8$  t/mc.

Frazione inalterata:  $\phi' = 28^\circ$ ,  $c' = 2.0$  t/mq,  $\gamma = 2.0$  t/mc.

**PELI-WTG03:** argilliti scagliettate, talora siltose, grigio scure con intercalazioni di arenarie.

La frazione alterata, di spessore variabile tra 2-3 m è costituita da argille limose, da scarsamente a mediamente consistenti con inclusi sporadici elementi lapidei di natura arenacea di dimensioni centimetriche. Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sopra citati, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:

Frazione alterata:  $\varphi' = 20^\circ$ ,  $c' = 0.5 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 1.8 \text{ t/mc}$ .

Frazione inalterata:  $\varphi' = 25^\circ$ ,  $c' = 1.0 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 1.9 \text{ t/mc}$ .

**PELI-WTG04:** argille varicolori con inclusi blocchi di calcilutiti biancastre. La frazione alterata, di spessore variabile tra 3-4 m è costituita da limi argillosi, da scarsamente a mediamente consistenti con inclusi sporadici elementi lapidei di natura calcarea di dimensioni centimetriche. Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sopra citati, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:

Frazione alterata:  $\varphi' = 20^\circ$ ,  $c' = 0.5 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 1.8 \text{ t/mc}$ .

Frazione inalterata:  $\varphi' = 25^\circ$ ,  $c' = 1.0 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 1.9 \text{ t/mc}$ .

**PELI-WTG05:** marne siltose grigio cenere, localmente silicee, con intercalazioni di strati arenitici. La frazione alterata, di spessore variabile tra 2-3 m è costituita da limi, da scarsamente a mediamente consistenti con inclusi sporadici elementi lapidei di natura arenacea di dimensioni centimetriche. Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sopra citati, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:

Frazione alterata:  $\varphi' = 25^\circ$ ,  $c' = 0.2 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 1.8 \text{ t/mc}$ .

Frazione inalterata:  $\varphi' = 30^\circ$ ,  $c' = 3.0 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 2.1 \text{ t/mc}$ .

**PELI-WTG06:** marne siltose consistenti di colore grigio-verde. La frazione alterata, di spessore variabile tra 3-4 m è costituita da limi argillosi, da scarsamente a mediamente consistenti con inclusi sporadici elementi lapidei di natura arenacea di dimensioni centimetriche. Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sopra citati, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:

Frazione alterata:  $\varphi' = 25^\circ$ ,  $c' = 0.2 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 1.8 \text{ t/mc}$ .

Frazione inalterata:  $\varphi' = 30^\circ$ ,  $c' = 3.0 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 2.1 \text{ t/mc}$ .

**PELI-WTG07:** marne calcaree consistenti. La frazione alterata, di spessore variabile tra 3-4

m è costituita da argille marnose, da scarsamente a mediamente consistenti con inclusi sporadici elementi lapidei di natura calcarea di dimensioni centimetriche.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sopra citati, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:

Frazione alterata:  $\varphi' = 25^\circ$ ,  $c' = 0.2 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 1.8 \text{ t/mc}$ .

Frazione inalterata:  $\varphi' = 30^\circ$ ,  $c' = 3.0 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 2.1 \text{ t/mc}$ .

**Cabina di consegna:** ghiaie e ghiaie sabbiose scarsamente addensate.

Per la caratterizzazione fisico-meccanica dei terreni sopra citati, può farsi riferimento, a tutto vantaggio della sicurezza, ai seguenti parametri desunti dall'esperienza maturata su questi terreni:

$\varphi' = 28^\circ$ ,  $c' = 0.0 \text{ t/mq}$ ,  $\gamma = 1.8 \text{ t/mc}$ .