D'APPOLONIA

VIA SAN NAZARO, 19 - 16145 GENOVA, ITALIA
TEL. +39 010 362 8148 FAX +39 010 362 1078 P. IVA 03476550102
e-mail dappolonia@dappolonia.it www.dappolonia.it

0	LUGLIO 2012	PROGETTO DEFINITIVO	PL	AO	AED
REV	DATE	DESCRIZIONE/DESCRIPTION	ESEGUITO/BY	CONTR/CHKD BY	APPROV/APPROV BY

CLIENTE/CLIENT

Enel Green Power S.p.A.

PROGETTO/PROJECT

Impianto di Produzione di Energia da Fonte Eolica in Ambito Portuale - Porto di Genova

TITOLO/TITLE

Progetto Definitivo
Elaborati Generali
Relazione Geotecnica e Sismica

TIMBRO/STAMP

	FIRMA/SIGNATURE	DATA/DATE	No INT/INTERNAL No	SCALA/SCALE	TAV/PLATE No	REV
ESEGUITO/BY	PL	LUGLIO 2012	12-412-H5	-	12-412_PD_A_004	0
CONTR/CHKD BY	AO	LUGLIO 2012				
APPROV/APPROV BY	AED	LUGLIO 2012				

Doc. No. 12-412-H5
Rev. 0 - LUGLIO 2012

Enel Green Power SpA
Roma, Italia

Impianto di Produzione di Energia da Fonte Eolica in Ambito Portuale Porto di Genova

Progetto Definitivo – Relazione Geotecnica e Sismica

ELENCO DELLE TABELLE

Tabella No.

Tabella 2.1: Modello Geotecnico Terreni di Fondazione Zona 1 4
Tabella 2.2: Modello Geotecnico Terreni di Fondazione Zona 6 6
Tabella 2.3: Modello Geotecnico Terreni di Fondazione Zona 7-8 7
Tabella 2.4: Proprietà geomeccaniche materiali da costruzione 8
Tabella 3.1 Definizione della pericolosità sismica di base 9
Tabella 3.2 Definizione dell'azione sismica di progetto 10

RELAZIONE GEOTECNICA E SISMICA
IMPIANTO DI PRODUZIONE DI ENERGIA DA FONTE EOLICA
IN AMBITO PORTUALE
PORTO DI GENOVA

1 INTRODUZIONE

La presente relazione ha lo scopo di fornire l'inquadramento geotecnico e sismico delle sezioni della Diga Foranea del Porto di Genova dove la società Enel Green Power S.p.A. intende installare un impianto per la produzione di energia elettrica da fonte eolica in ambito portuale.

L'area portuale prospiciente la diga foranea interessata dal progetto si estende tra la foce del Torrente Bisagno ed il porto di Voltri ed è caratterizzato dalla presenza di infrastrutture portuali, aeroportuali e produttive di dimensioni ragguardevoli.

I tratti di diga considerati per la collocazione degli aerogeneratori sono:

- Zona 1: tratto di diga antistante il quartiere fieristico (progetto 8 aerogeneratori);
- Zona 4: nella zona compresa tra lo spigolo di levante del Ponte Eritrea fino alla proiezione dello spigolo di ponente del Ponte Somalia (progetto 4 aerogeneratori);
- Zona 6: lungo la testata di levante della diga aeroportuale (progetto 7 aerogeneratori);
- Zona 7: lungo il tratto Est della diga di Voltri (progetto 4 aerogeneratori);
- Zona 8: lungo il tratto Sud della diga di Voltri (progetto 16 aerogeneratori).

La denominazione impiegata è in accordo alla denominazione riportata nell'elaborato grafico Tavola 1 – Planimetria Generale, a cui si rimanda e che prevede la suddivisione della Diga Foranea in otto Zone.

Le torri degli aerogeneratori sono ubicate sulla sovrastruttura dei tratti di diga sopra elencati, di conseguenzala caratterizzazione geotecnica dei terreni non è rilevante per il dimensionamento fondazioni degli ancoraggi delle torri alla struttura della diga.

La caratterizzazione geotecnica dei terreni assume maggiore rilevanza per le opere previste sul fondo del mare, all'esterno o all'interno delle dighe, quali gli scavi previsti per l'interramento dei cavi della rete di distribuzione elettrica.

L'inquadramento geotecnico fa riferimento sia ad informazioni di letteratura sia alle indagini geognostiche realizzate in passato per progetti riguardanti l'area portuale genovese.

1.1 NORMATIVA

- UNI ENV 1997-1 1997 EUROCODICE 7: "Geotechnical Design Part 1 General Rules";
- D.M. Lavori Pubblici 14/01/2008 - "Norme tecniche per le costruzioni";

1.2 RIFERIMENTI

- Consorzio Fincosit - Girola - Impremoviter, 1971, "Appalto concorso per la costruzione dell'Antemurale del bacino di Voltri. Parte VII. Calcoli Geotecnici", 3 Aprile, Padova,
- D'Appolonia, 2004, "Distretto Industriale e Fieristico del Porto di Genova. Realizzazione nuova Darsena Nautica ed ampliamento Darsena Tecnica. Progetto

Definitivo (P. 2406)", Relazione Geologica e Geotecnica, Doc. No. 03-810-H1-rev.2, Febbraio 2004, Genova,

- E.P.R.I., Manual on Estimating Properties for Foundation Design, 1990,
- Ing. Mantelli & C, 1971, "Bacino Portuale di Voltri. Appalto concorso per la costruzione dell'antemurale. Relazioni sulle indagini geognostica e geotecnica eseguite sui terreni di fondazione", 26 Marzo, Milano,
- Mesri G., "A revaluation of S_u (mob) = 0.22 σ'_p using laboratory shear tests", Canada Geotech. J., 26, N. 1, 1989,
- Peck, R.B., Hanson, W.E., and Thornburn, T.H. Foundation Engineering, 2nd edition, John Wiley and Sons, New York, 1974.

2 INQUADRAMENTO GEOTECNICO

Al fine di effettuare l'inquadramento geotecnico dei terreni di fondazione della Diga Foranea del Porto di Genova si è fatto riferimento alla documentazione esistente relativa al progetto della struttura stessa o al progetto di opere ubicate in prossimità di essa. E' stata inoltre analizzata la caratterizzazione geologica del sito descritta nella Relazione geologica di progetto (Doc. 12-412-PD-A-003).

Le principali tipologie di terreni e rocce riscontrate nell'area di studio al di sotto delle dighe comprendono alle quote più superficiali depositi marini e fluviali, aventi connotati differenti da un punto di vista granulometrico procedendo lungo i differenti tratti della diga. Nelle aree a levante i depositi sono costituiti in prevalenza da materiale di natura sabbioso-limosa e limoso-sabbiosa. Procedendo verso ponente lo spessore dello strato di riporto e il contenuto di fini aumentano considerevolmente e nella porzione centrale dell'area di intervento si riscontra una prevalenza di limi argillosi. Nella porzione più occidentale dell'area di studio, presso la diga di Voltri, i depositi hanno natura prevalentemente argillosa.

Nella parte occidentale dell'area di intervento (Zone 6, 7, 8) si riscontra in superficie, per potenze dell'ordine di 2 m, un livello denominato strato di compenetrazione, costituito da pietrame utilizzato per la realizzazione dello scanno di imbasamento delle dighe, in cui sono compenetrati nel corso del tempo depositi marini/fluviali superficiali.

Al di sotto dei depositi marini e fluviali superficiali si identificano litologie appartenenti ai Calcari del Monte Antola nella porzione più orientale dell'area di intervento. Procedendo verso ponente al di sotto dei depositi si trovano argille marnose e limi argillosi consistenti. Si nota tuttavia che le opere geotecniche previste dal progetto interessano principalmente gli strati di terreno più superficiali e, soprattutto nella parte occidentale dell'area di intervento, gli strati più profondi sono situati a profondità tali da non essere coinvolti in alcun modo dall'esecuzione delle opere previste dal progetto.

Alla luce della consultazione della documentazione disponibile è stata effettuata la scelta dei parametri geotecnici del terreno e sono state costruite le stratigrafie dei terreni presso le aree interessate dalla presenza degli aerogeneratori. Nei paragrafi seguenti sono riportate le caratterizzazioni per ogni singola Zona su cui è prevista dal progetto l'installazione di aerogeneratori.

2.1 ZONA 1 - MODELLO GEOTECNICO

La zona 1 è il prolungamento di levante della Diga Duca di Galliera e non è soggetta a limitazioni di alcun tipo in quanto la quota del cono aereo risulta elevata. Lungo questo tratto di diga si riscontrano due differenti tipologie di sezione: il tratto G-H (rif. Doc. 12-412-PD-B-001) è caratterizzato da una diga a parete verticale realizzata con cassoni cellulari in calcestruzzols poggianti su un imbasamento in pietrame naturale, mentre il tratto F-G è caratterizzato da una diga a gettata con un massiccio di coronamento in sommità realizzato parzialmente in murature e in calcestruzzo (rif. Doc. 12-412-PD-B-001).

Per la definizione del modello geotecnico della Zona 1 si è fatto riferimento alle indagini geotecniche realizzate per il progetto relativo alla realizzazione della Nuova Darsena Nautica ed ampliamento della Darsena Tecnica del Distretto Industriale e Fieristico del Porto di Genova (D'Appolonia, 2004). L'opera è ubicata ad una distanza di circa 350 m dalla Zona 1. Sono state inoltre considerate le risultanze dei sondaggi effettuati sulla Zona 2 della Diga Foranea (Diga Duca di Galliera) nel Maggio 2001, a una distanza di circa 400 m dal tratto di Diga Foranea oggetto dell'indagine.

I litotipi rilevati nell'area comprendono sedimenti marini e/o fluviali, caratterizzati dall'intercalazione di limi sabbiosi e sabbie limose, seguiti dal substrato roccioso costituito dalla formazione rocciosa dei Calcari dell'Antola.

Le unità possono essere così caratterizzate:

- Deposito marini e/o fluviali – Unita A - I
  - Descrizione: Sabbia limosa con intervalli limo sabbiosi;
  - Classificazione USCS: SM;
  - Limite Liquido: 30 – 32
  - Indice di plasticità: 3;
  - Contenuto dei fini: tra il 25 e 40%;
  - Contenuto d'acqua: 26 – 48%;
  - Peso di volume: 17 – 19 kN/m^3;
  - Numero di colpi $N1_{60}$: da 5 a 20.

- Calcari dell'Antola – Unità B -I
  - Descrizione: Calcare marnoso con intercalazioni argillose e marno scistose;
  - RQD: 50 – 70%;
  - Peso di volume: 26 kN/m^3;
  - Resistenza a compressione non confinata: circa 35 MPa.

Viene quindi definita nella Tabella 2.1 la stratigrafia di progetto da utilizzare per le successive verifiche previste dalla normativa vigente.

Tabella 2.1: Modello Geotecnico Terreni di Fondazione Zona 1

Unità	Da(1)	A(1)	γ_t(2)	φ(3)	c'(4)	UCS(5)
-	(m)	(m)	(kN/m^3)	(°)	(kPa)	(MPa)
A-I	0.0	8.0	19	28	-	
B-I	8.0	-	26	-	-	35

dove:

(1): quota riferita al fondale marino;

(2): peso di volume;

(3): angolo di attrito;

(4): coesione efficace;

(5): resistenza a compressione non confinata.

2.2 ZONA 4 - MODELLO GEOTECNICO

La zona 4 è individuata dalla proiezione dello spigolo di levante del Ponte Eritrea fino alla proiezione dello spigolo di ponente del Ponte Somalia. In quest'area sono presenti vincoli

per la costruzione degli aerogeneratori dovuti alla presenza del cono aereo indotto dalla presenza dell'aeroporto. L'intero tratto è caratterizzato dalla sezione di diga C-D (rif. Doc. 12-412-PD-B-001), costituito dalla sovrapposizione di massi ciclopici in calcestruzzo poggianti su un imbasamento in pietrame.

Per la definizione del modello geotecnico relativo ai terreni di fondazione della Zona 4, si fa riferimento a quanto assunto per la Zona 6.

2.3 ZONA 6 - MODELLO GEOTECNICO

La Zona 6 è ubicata alla testata di levante della diga aeroportuale ed è soggetta ai vincoli dovuti alla presenza del cono aereo indotto dalla presenza dell'aeroporto. L'intero tratto è caratterizzato dalla sezione di diga C-D (rif. Doc. 12-412-PD-B-001), realizzata con cassoni cellulari in calcestruzzo poggianti su un imbasamento in pietrame naturale.

Il modello geotecnico dei terreni di fondazione della porzione della Diga Foranea ubicata nella Zona 6, viene elaborato sulla basse delle indicazioni riportate nella relazione "Parte VII - Calcoli Geotecnici" (Consorzio Fincosit - Girola - Impremoviter, 1971) redatta dal Prof Pietro Colombo, ed avente come oggetto le verifiche geotecniche della Diga Foranea di Voltri, ma riportante anche considerazioni relative all'antemurale ubicato di fronte a Cornigliano. Dai sondaggi eseguiti risulta che il terreno di fondazione è costituito da un alternarsi di strati sabbiosi e sabbia limosa per una profondità di 25 m dal fondale, cui segue uno strato di argilla marnosa.

Per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni di fondazione si è fatto riferimento, oltre che ai dati relativi alle indagini sull'antemurale che ricade nella Zona 6, anche ai dati relativi all'area di Voltri. Sono state riscontrate analogie tra i litotipi presenti nelle due aree ad eccetto della parte più superficiale.

Le unità individuate possono essere così caratterizzate:

- Strato di compenetrazione – Unita A - VI
  - Descrizione: Pietrame utilizzato per la realizzazione dello scanno di imbasamento, compenetrato nei depositi marini/fluviali superficiali (Unita B - VI);
  - Peso di volume: 19 kN/m^3;

- Deposito marini e/o fluviali – Unita B - VI
  - Descrizione: Sabbia limosa con intervalli limo sabbiosi;
  - Classificazione USCS: ML;
  - Limite Liquido: 30 – 32
  - Indice di plasticità: 6;
  - Contenuto dei fini: tra il 25 e 40%;
  - Contenuto d'acqua: 26 – 48%;
  - Peso di volume: 17 – 19 kN/m^3;

- Argilla Marnosa – Limo Argilloso Compatto – Unità C -VI
  - Descrizione: Limo argilloso sovra consolidato, la cui frazione argillosa aumenta con la profondità, diventando argilla limosa;
  - Classificazione USCS: CH;
  - Limite Liquido: 60%;
  - Indice di plasticità: 25%;

- Contenuto dei fini: 88%;
- Contenuto d'acqua: 29%;
- Peso di volume: 19 kN/m^3.

Si definisce nella Tabella 2.2 la stratigrafia di progetto da utilizzare per le successive verifiche.

Tabella 2.2: Modello Geotecnico Terreni di Fondazione Zona 6

Unità	Da	A	γ_t	φ	c'	Cu$^{(1)}$
-	(m)	(m)	(kN/m^3)	(°)	(kPa)	(kPa)
A-VI	0.0	2.0	19	35	20	
B-VI	2.0	23.0	19	28	-	
C-VI	23.0	-	19	-	-	475+7.5·z$^{(2)}$

dove:

(1): Resistenza al taglio non drenata

(2): Resistenza crescente con lo spessore di ricoprimento (z).

2.4 ZONE 7-8 - MODELLO GEOTECNICO

La Zona 7 corrisponde al tratto Est della diga di Voltri, mentre la Zona 8 è posta lungo il tratto Sud della diga di Voltri. Entrambe le zone sono sottoposte al vincolo dovuto al cono aereo. Si nota che parte della Zona 7 rientra nella proiezione della rampa di decollo e ha pertanto valori del tetto aereo limitati.

La Zona 7 è costituita dai tratto I-J e J-L (rif. Doc. 12-412-PD-B-001), composti da cassoni cellulari in calcestruzzo poggianti su un imbasamento in pietrame naturale. La Zona 8 è costituita dal tratto M-N (rif. Doc. 12-412-PD-B-001), composto anch'esso da una diga a parete verticale realizzata con cassoni cellulari in calcestruzzo poggianti su un imbasamento in pietrame naturale, ma caratterizzato da differenti caratteristiche geometriche del coronamento in sommità e del muro paraonde.

Il modello geotecnico dei terreni di fondazione dell'antemurale presente nell'area di Voltri viene definito attraverso le considerazioni riportate nella relazione "Parte VII - Calcoli Geotecnici" e nel documento "Relazioni sulle indagini geognostica e geotecnica eseguite sui terreni di fondazione" (Ing. Mantelli & C, 1971).

Le unità individuate possono essere così caratterizzate:

- Strato di compenetrazione – Unita A - VII
  - Descrizione: Pietrame utilizzato per la realizzazione dello scanno di imbasamento, compenetrato nei depositi marini/fluviali superficiali (Unita B - VI);
  - Peso di volume: 19 kN/m^3.

- Deposito marini e/o fluviali – Unita B - VII
  - Descrizione: Limo argilloso;
  - Classificazione USCS: CL - ML;

- Limite Liquido: 36 – 38%
- Indice di plasticità: 8-10
- Contenuto dei fini: tra il 25 e 40%;
- Contenuto d'acqua: 42 – 50%;
- Peso di volume: 17 – 19 kN/m^3;

- Deposito marini e/o fluviali – Unita C - VII
  - Descrizione: Limo argilloso e sabbioso;
  - Classificazione USCS: ML;
  - Limite Liquido: 30 – 33%
  - Indice di plasticità: 5 - 8;
  - Peso di volume: 19 kN/m^3;

- Argilla Marnosa – Limo Argilloso Compatto – Unità D -VII
  - Descrizione: Limo argilloso sovra consolidato, la cui frazione argillosa aumenta con la profondità, diventando argilla limosa;
  - Classificazione USCS: CH;
  - Limite Liquido: 60%;
  - Indice di plasticità: 25%;
  - Contenuto dei fini: 88%;
  - Contenuto d'acqua: 29%;
  - Peso di volume: 19 kN/m^3.

Si definisce nella Tabella 2.3 la stratigrafia di progetto da utilizzare per le successive verifiche.

Tabella 2.3: Modello Geotecnico Terreni di Fondazione Zona 7-8

Unità	Da	A	γ_t	φ	c'	Cu
-	(m)	(m)	(kN/m^3)	(°)	(kPa)	(kPa)
A-VII	0.0	2.0	19	35	20	
B-VII	2.0	13.0	18	28	-	25
C-VII	13.0	23.0	19	28	-	-
D-VII	23.0	-	19	-	-	440+7.5·z

Per analizzare il comportamento in condizioni non drenate dell'unità Unità B-VII è necessario tuttavia prendere in considerazione gli effetti di consolidazione che la realizzazione della diga foranea ha comportato su tale litotipo.

Ne deriva che definito l'incremento tensionale medio ($\Delta\sigma_p$) che la realizzazione della diga foranea ha comportato sui terreni di fondazione, è possibile attraverso la relazione proposta da Mestri (1989) definire l'incremento di resistenza al taglio non drenato (ΔCu), secondo la seguente relazione:

$$\Delta Cu = 0.22 \cdot \Delta\sigma_p$$

L'incremento dello stato tensionale medio è desumibile dalle caratteristiche della struttura dell'opera foranea. La pressione totale agente sul piano di fondazione è legata alla costruzione della sovrastruttura è può essere così suddivisa:

- Pressione dovuta al peso del cassone e della sovrastruttura: 101 kPa;
- Pressione legata al peso dei massi guardiani: 113 kPa;

Ponendo l'incremento dello stato tensionale pari alla pressione agente sul piano di fondazione si perviene ad un valore totale di 214 kPa.

Ne deriva che l'incremento di resistenza al taglio non drenata è pari a 50 kPa. Per l'Unità B-VII si può assumere una resistenza al taglio non drenata pari a 75 kPa.

2.5 PROPRIETÀ DEI MATERIALI DA COSTRUZIONE DELLA DIGA FORANEA

Come già espresso in precedenza, la maggior parte delle opere geotecniche previste dal progetto riguarda le aree delle dighe e le fondazioni previste insistono direttamente sugli elementi strutturali della diga. Per questo motivo è stata effettuata una analisi dei materiali da costruzione che costituiscono le sezioni dell'opera foranea, a cui sono state assegnate delle caratteristiche geomeccaniche in termini di angolo d'attrito e coesione efficace, riportate nella seguente tabella. Sarà tuttavia fondamentale valutare l'effettiva consistenza dei materiali strutturali su cui saranno fondati gli aerogeneratori tramite tirafondi ancorati nel calcestruzzo. La criticità maggiore dal punto di vista geotecnico riguarda la Sezione F-G della Zona 1, per cui sarà necessario effettuare un'indagine per confermare le caratteristiche della sezione di diga a gettata su cui sarà realizzato il nuovo plinto.

Tabella 2.4: Proprietà geomeccaniche materiali da costruzione

MATERIALE	γ_t	φ	c'
-	(kN/m^3)	(°)	(kPa)
Tout Venant	19	38	20
Massi naturali	19	38	40
Massi artificiali in cls	19	38	50

3 INQUADRAMENTO SISMICO

Per la definizione dell'azione sismica di progetto si è fatto riferimento a quanto disposto dal DM 14 Gennaio 2008 "Nuove norme tecniche per le costruzioni".

E' stato utilizzato il documento Excel SPETTRI-NTC v1.0.3 fornito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (scaricabile dal sito www.cslp.it), in cui sono stati inseriti i dati della località e sono stati così ottenuti i valori dei parametri sismici riportati nella Tabella 3.1.

La struttura è situata nel Comune di Genova, con Latitudine di 44.3968° e Longitudine di 8.9160°;

La pericolosità sismica di base è definita in termini di accelerazione orizzontale massima del terreno (a_g), del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale (F_o) e dal periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale (T^*_c).

La pericolosità sismica di base è calcolata in funzione dei seguenti elementi:

- Le coordinate geografiche del sito, che determinano la sua posizione all'interno del reticolo di riferimento per la definizione della pericolosità sismica, in cui è stata suddiviso il territorio italiano;
- La vita nominale dell'opera (V_N) assunta pari a 50 anni;
- La classe d'uso, definita come classe III, a cui è associato un coefficiente d'uso (C_U) pari a 1.5;
- Il periodo di riferimento (V_R), definito come il prodotto tra la vita nominale dell'opera e il coefficiente della classe d'uso, assunto pari a 75 anni;
- Lo stato limite di verifica a cui è associata la probabilità di eccedenza (P_{VR}), che rappresenta la probabilità di accadimento, nel periodo di riferimento V_R, di almeno un sisma caratterizzato da un periodo di ritorno T_R.

La Tabella 3.1 riporta i parametri che definiscono la pericolosità sismica di base per i singoli stati limite di verifica, ovvero:

- Stato limite di operatività (SLO);
- Stato limite di danno (SLD);
- Stato limite di salvaguardia della vita (SLV);
- Stato limite di prevenzione del collasso (SLC).

Tabella 3.1 Definizione della pericolosità sismica di base

	T_R	a_g	F_o	T^*_c
	(anni)	(g)	(-)	(s)
SLO	45	0.028	2.528	0.202
SLD	75	0.035	2.545	0.224
SLV	712	0.079	2.534	0.293
SLC	1462	0.101	2.528	0.301

Al fine di considerare nella valutazione dell'azione sismica gli effetti di sito e ricondursi quindi alla definizione di un'azione sismica locale, devono essere presi in considerazione le condizioni lito-stratigrafiche e topografiche.

In base alle indicazioni riportate nel paragrafo sulle caratteristiche geotecniche dei terreni di fondazione, in mancanza di prove specifiche, ci si può ricondurre per il sito in esame ci si ad un suolo di tipo E, ovvero a terreni dei suoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con Vs > 800 m/s). Ne deriva un coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_S) pari a 1.6.

Per la definizione degli effetti legati alla configurazione geomorfologica (amplificazione topografica), si è in presenza di una superficie pianeggiante con inclinazione media inferiore a 15°. Ne deriva che il coefficiente di amplificazione topografica (S_T) può essere assunto pari a 1.

La Tabella 3.2 riporta la definizione dell'accelerazione orizzontale massima attesa al sito (a_{max}).

Tabella 3.2 Definizione dell'azione sismica di progetto

	a_g	S_S	S_T	a_{max}
	(g)	(-)	(-)	(g)
SLO	0.028	1.6	1	0.044
SLD	0.035	1.6	1	0.056
SLV	0.079	1.6	1	0.126
SLC	0.101	1.6	1	0.161

4 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Dal punto di vista geotecnico l'opera non presenta criticità relativamente alla fattibilità del progetto. La maggior parte delle opere strutturali è realizzata sulle dighe e pertanto i terreni naturali presenti in zona sono scarsamente interessati dall'aumento delle sollecitazioni dovuto alla presenza degli aerogeneratori. La verifica geotecnica più significativa è la verifica di stabilità dell'insieme diga - terreno, che coinvolge i materiali da costruzione impiegati alla base degli elementi strutturali delle dighe, quali tout-venant, massi naturali e massi artificiali e in misura nettamente minore i terreni naturali del fondo marino.

Una problematica geotecnica che riguarda direttamente i terreni naturali del fondo marino riguarda il posizionamento dei cavi di distribuzione elettrica, che collegano gli aerogeneratori con le stazioni sulla terraferma.

Il progetto prevede tre attraversamenti sottomarini all'interno del bacino portuale: il primo attraversamento ospita un solo cavidotto e collega il cavo di distribuzione elettrica degli aerogeneratori della Zona 6 con il sistema di cavi delle Zone 1 e 4.

Il secondo attraversamento ospita tre cavidotti e collega i cavi delle Zone 1, 4 e 6 con la stazione situata presso la centrale Enel presente all'interno del Porto di Genova, oltrepassando il canale portuale lungo una unica direttrice. Il collegamento dei cavi della Zona 1 con la Zona 4 è garantito lungo il tratto di diga foranea delle Zone 2 e 3.

Il terzo attraversamento ospita due cavidotti e collega i cavi di distribuzione della Zona di Voltri (Zona 7 e Zona 8) con la sottostazione presente presso il depuratore di Voltri.

Gli attraversamenti sottomarini verranno realizzati in trincea attraverso la realizzazione di uno scavo, all'interno del quale saranno alloggiati i cavi MT opportunamente armati e inseriti all'interno di un cavidotto di diametro 0.1 m. La quota dell'estradosso del cavidotto sarà garantita a 2 metri sotto la quota di progetto del fondale, come previsto nel piano dei dragaggi dell'Autorità Portuale di Genova, mentre i cavidotti che ospitano i cavi armati MT hanno altezza pari a 0.1 m. Per questo motivo la minima altezza di scavo sottomarino sarà pari a 2.1 m.

La profondità di terreno scavata è di poco superiore ai 2 m e pertanto per entrambi gli attraversamenti la tipologia di terreno incontrata lungo tutto il percorso sarà costituita da depositi marini e fluviali o dallo strato di compenetrazione.

Un aspetto geotecnico da approfondire nella successiva fase di progetto relativamente alla Sezione F-G della Zona 1, realizzata in tempi precedenti rispetto alle altre Zone, dove il progetto prevede ll'ancoraggio degli aerogeneratori a nuovi plinti di fondazione. In questo caso sarà necessario effettuare un'indagine volta a confermare la stratigrafia del rilevato costituente la diga.