

COMMITTENTE:



DIREZIONE INVESTIMENTI
DIREZIONE PROGRAMMI INVESTIMENTI
DIRETTRICE SUD - PROGETTO ADRIATICA

DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

MANDATARIA

MANDANTI



PROGETTO ESECUTIVO

LINEA PESCARA - BARI
RADDOPPIO DELLA TRATTA FERROVIARIA TERMOLI - LESINA
LOTTO 1- RADDOPPIO RIPALTA – LESINA

FA – OPERE CIVILI SSE RIPALTA
Relazione Geotecnica

L'Appaltatore	COMPAT S.c.a.r.l. Il Direttore Tecnico (Ing. Gianguido Babini)	I progettisti (il Direttore della progettazione)
data	<i>firma</i>	<i>firma</i>

COMMESSA	LOTTO	FASE	ENTE	TIPO DOC	OPERA / DISCIPLINA	PROGR	REV	SCALA
L I 0 7	0 1	E	Z Z	R H	S E 0 0 0 0	0 0 1	C	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato/Data
A	PRIMA EMISSIONE	PUGLIESE	Agosto 2021	DESSI'	Agosto 2021	BELLIZZI	Agosto 2021	
B	Aggiornamento per RdV	M. Pugliese	Aprile 2022	E. Jr. Dessi	Aprile 2022	S. Bellizzi	Aprile 2022	
C	Aggiornamento per RdV n.199	E. Jr. Dessi	Giugno 2022	E. Jr. Dessi	Giugno 2022	S. Bellizzi	Giugno 2022	
File: 0570_LI0701EZZRHSE0000001C.DOCX								n. Elab.

INDICE

1	PREMESSA	3
2	DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE	4
3	NORME DI RIFERIMENTO	5
3.1	LEGISLAZIONE	5
3.2	ISTRUZIONI TECNICHE	5
3.3	LEGISLAZIONE FERROVIARIA	6
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	7
4.1	SINTESI GEOLOGICA	7
4.2	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	8
4.3	CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE	9
4.4	IDROGEOLOGIA	9
5	CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA AREA DI PROGETTO	10
5.1	STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO.....	10
6	CARATTERIZZAZIONE SISMICA AREA DI PROGETTO	12
7	STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE	15

1 PREMESSA

Scopo della presente relazione è quello di definire le caratteristiche meccaniche e geomorfologiche dei terreni di interesse per la realizzazione della nuova SSE di Ripalta (FG), nell'ambito del più ampio Progetto Esecutivo del raddoppio del lotto 1 Ripalta - Lesina della tratta ferroviaria Termoli - Lesina (linea Pescara – Bari). In particolare nei paragrafi successivi verranno dapprima presentate in maniera sommaria le caratteristiche geomorfologiche dell'area di interesse, con particolare riferimento all'inquadramento geologico e la descrizione della campagna di indagini svolta.

Successivamente verrà riportata la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni di fondazione soggetti agli scarichi delle strutture da realizzarsi.

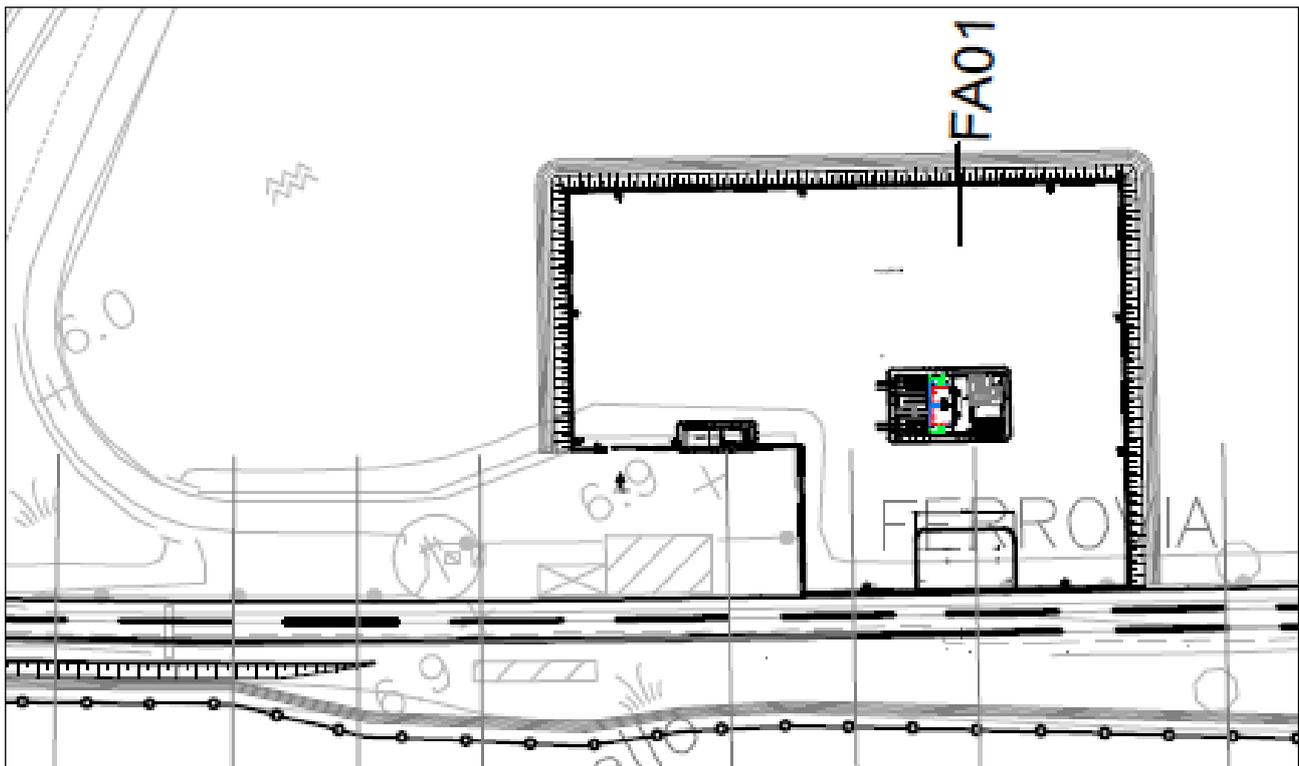


Fig. 1 - Stralcio planimetria SSE Ripalta

2 DESCRIZIONE DELLE STRUTTURE

Gli edifici in oggetto sono ubicati nella Provincia di Foggia, e sono concepiti con struttura fondale e in elevazione totalmente in calcestruzzo armato gettato in opera. Dal punto di vista geometrico, entrambi i fabbricati si sviluppano per un solo piano fuori terra e presentano con un corpo a pianta rettangolare avente le seguenti caratteristiche:

Fabbricato SSE

- Navate longitudinali: $n_1 = 2;$
- Campate trasversali $n_2 = 4$
- Lunghezza totale (asse pilastri) $L = 21,50 \text{ m}$
- Lunghezza totale (esterno pilastri) $L_1 = 21,90 \text{ m}$
- Larghezza totale (asse pilastri) $B = 12,10 \text{ m}$
- Larghezza totale (esterno pilastri) $B = 12,50 \text{ m}$
- Quota piano posa fondazioni (filo magrone): $H_1 = -2,30 \text{ m}$
- Quota estradosso fondazioni: $H_2 = -1,10 \text{ m}$
- Quota piano campagna $H_3 = 0,00 \text{ m}$
- Quota piano terra: $H_4 = +0,20 \text{ m}$
- Quota intradosso copertura: $H_5 = +4,80 \text{ m}$
- Quota estradosso copertura: $H_6 = +5,06 \text{ m}$
- Superficie: $S_1 = 273,8 \text{ m}^2$

Fabbricato ENEL

- Navate longitudinali: $n_1 = 1;$
- Campate trasversali $n_2 = 3$
- Lunghezza totale (asse pilastri) $L = 13,20 \text{ m}$
- Lunghezza totale (esterno pilastri) $L_1 = 13,60 \text{ m}$
- Larghezza totale (asse pilastri) $B = 4,00 \text{ m}$
- Larghezza totale (esterno pilastri) $B = 4,40 \text{ m}$
- Quota piano posa fondazioni (filo magrone): $H_1 = -1,50 \text{ m}$
- Quota estradosso fondazioni: $H_2 = -0,50 \text{ m}$
- Quota piano campagna $H_3 = 0,00 \text{ m}$
- Quota piano terra: $H_4 = +0,20 \text{ m}$

FA – OPERE CIVILI SSE RIPALTA**Relazione Geotecnica**

COMMESSA	LOTTO	FASE CODIFICA DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
LI07	01	E ZZ RH SE00000001	B	5 DI 18

- Quota intradosso copertura: $H_5 = +3,00$ m
- Quota estradosso copertura: $H_6 = +3,20$ m
- Superficie: $S_1 = 59,84$ m²

Dal punto di vista delle opere di fondazione, i fabbricati, nel loro complesso, sono costituiti dai seguenti sottosistemi:

1. **Fabbricato SSE** – fondazioni del tipo dirette, formate da un reticolo di travi di fondazione in calcestruzzo armato con travi longitudinali e perimetrali trasversali con sezione a T rovescia (Suola $B \times H = 100 \times 35$ cm e nervatura $B' \times H' = 50 \times 85$ cm) e travi trasversali di collegamento interne, con sezione rettangolare di dimensioni $B \times H = 40 \times 85$ cm.
2. **Fabbricato ENEL** - sistema fondale del tipo diretto, costituito da un reticolo di travi di fondazione in calcestruzzo armato con travi longitudinali con sezione a T rovescia (Suola $B \times H = 100 \times 30$ cm e nervatura $B' \times H' = 50 \times 70$ cm) e travi trasversali con sezione rettangolare di dimensioni $B \times H = 50 \times 70$ cm.

Per quanto concerne la soletta di ripartizione del solaio di primo calpestio è prevista scollegata dalla struttura portante a mezzo di un giunto elastico. Per maggiori dettagli inerenti le strutture si rimanda alle relative Relazioni di calcolo (Elaborati LI0001E78CLFA0100001A ed LI0001E78CLFA0200001A).

3 NORME DI RIFERIMENTO

3.1 LEGISLAZIONE

- **Legge n. 1086 del 5/11/1971:** “Norme per la disciplina delle opere di conglomerato cementizio armato, normale e precompresso ed a struttura metallica”.
- **Legge n. 64 del 2/2/1974:** “Provvedimento per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche”.
- **Decreto Ministeriale 14/01/2008:** NTC 2008 “Nuove norme tecniche per le costruzioni”
- **Circolare n. 617 del 02/02/2009:** “Istruzioni per l’applicazione delle «Nuove norme tecniche per le costruzioni»” di cui al DM 14/01/2008 pubblicata sulla GU n. 47 del 26/02/2009.

3.2 ISTRUZIONI TECNICHE

- **CNR 10011/97:** “Costruzioni in acciaio: istruzioni per il calcolo, l’esecuzione, il collaudo e la manutenzione”.
- **CNR 10018/88:** “Appoggi in gomma nelle Costruzioni”.

- **CNR CEI 7.6:** “Norme per il controllo della zincatura a caldo per l’immersione”;
- **UNI EN 206-1:2006: Calcestruzzo**, “Specificazione, prestazione, produzione e conformità”.
- **UNI 11104:2004:** “Calcestruzzo - Specificazione, prestazione, produzione e conformità - Istruzioni complementari per l'applicazione della EN 206-1”.

Inoltre si è tenuto presente delle seguenti referenze tecniche:

- **Eurocodice 2:** “Progettazione delle strutture di calcestruzzo” - 11/2005. UNI EN 1992 (EC2).
- **Eurocodice 8:** “Progettazione delle strutture per la resistenza sismica” - 03/2005. UNI EN 1998 (EC8).

3.3 LEGISLAZIONE FERROVIARIA

- **RFI DTC SI PS MA IFS 001 B** del 22/12/2017 - “Manuale di progettazione delle Opere Civili”;
- **RFI DTC SICS SP IFS 001 B** del 22/12/2017 - “Capitolato Generale Tecnico di Appalto delle Opere Civili”.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

4.1 SINTESI GEOLOGICA

Le formazioni geologiche interessate dalle opere di cui al Progetto Definitivo del raddoppio del lotto 1 Ripalta - Lesina della tratta ferroviaria Termoli - Lesina (linea Pescara – Bari), con particolare riferimento alla nuova SSE di Ripalta, sono costituite prevalentemente da **depositi alluvionali recenti** che ricoprono le unità plio-pleistoceniche di substrato. Nel seguito verranno forniti gli stralci, planimetro e altimetrico, della carta geologica di riferimento e la descrizione delle unità geologico-tecniche, individuate sulla base dei dati geognostici:

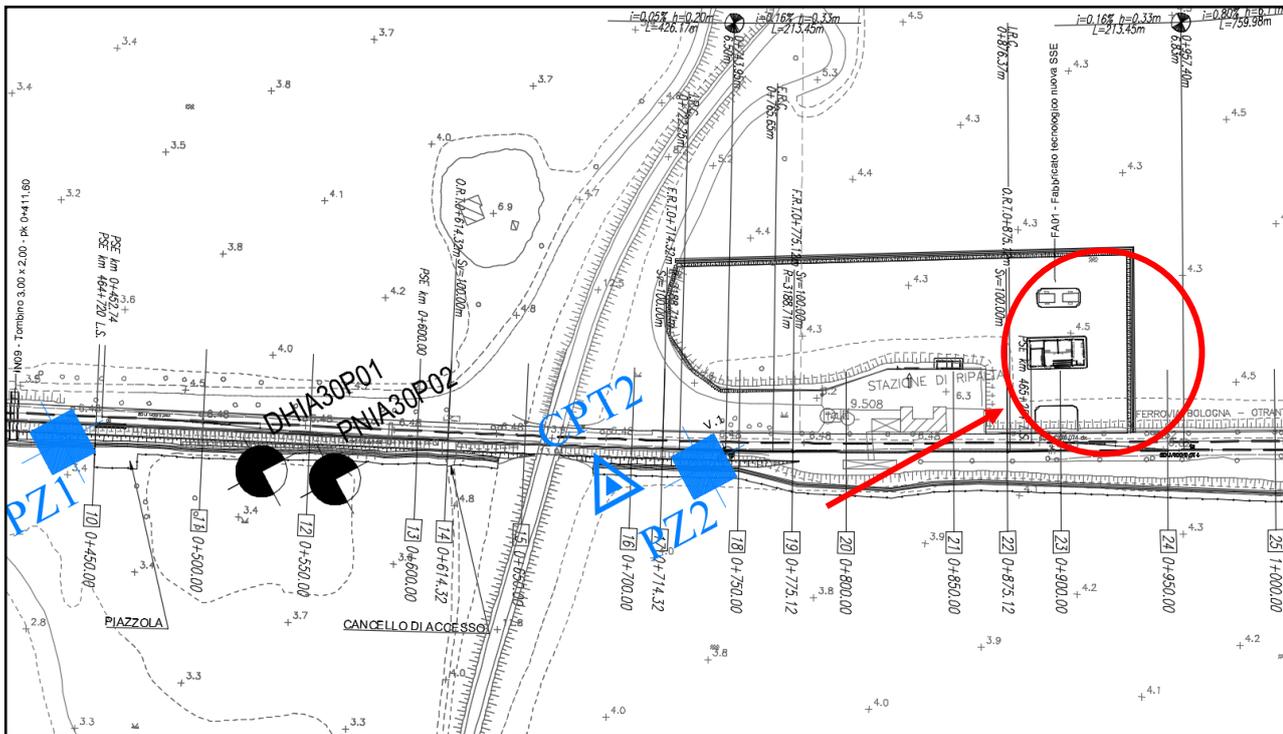


Figura 1 – Stralci carta geologica - planimetria



Figura 2 - Vista panoramica dei depositi alluvionali recenti.

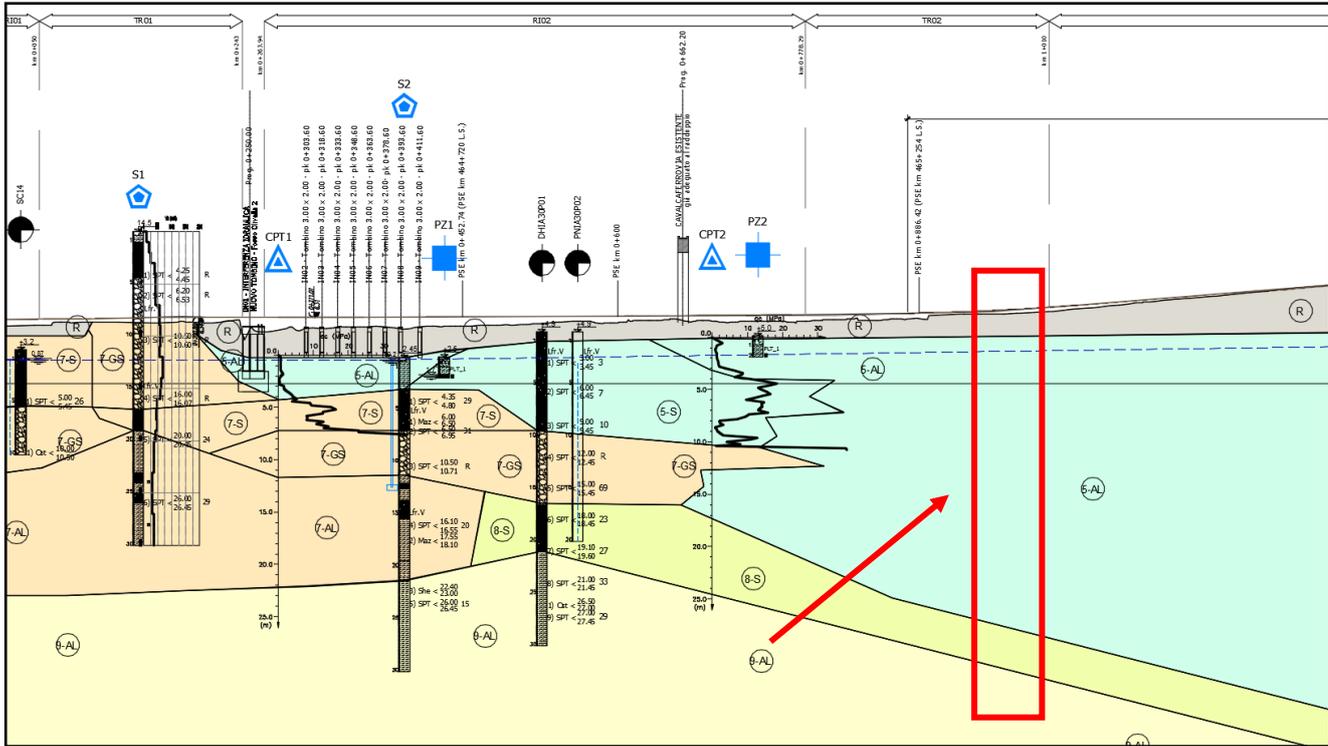


Figura 3 – Stralcio carta geologica - profilo longitudinale

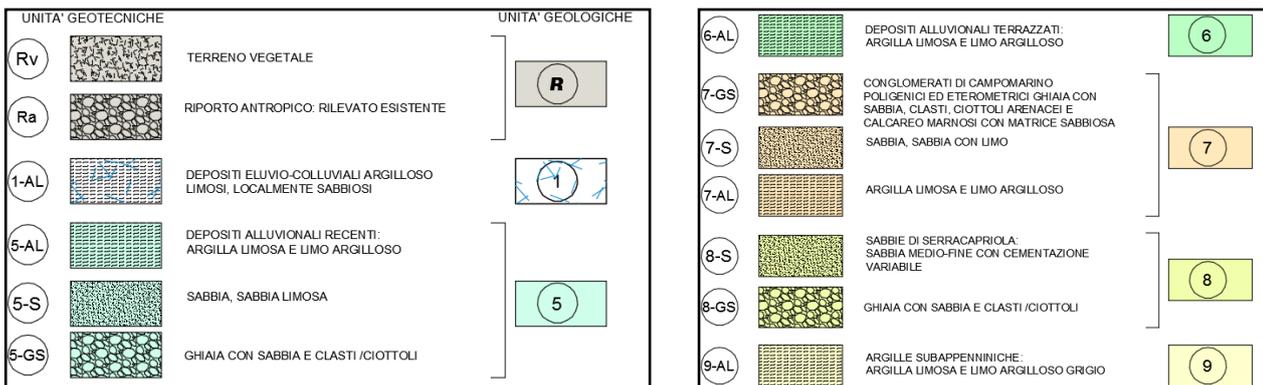


Figura 4 – Legenda

4.2 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'area presenta uno strato corticale di terreno vegetale e/o di riporto antropico (R) di spessore variabile tra 1.5m e 2.5m, fortemente rimaneggiato, al disotto del quale si identifica lo strato di Depositi alluvionali recenti (5). I presenti terreni si rinvencono diffusamente in corrispondenza delle piane alluvionali dei principali corsi d'acqua dell'area, come il F. Biferno, il T. Saccione ed il F. Fortore, e secondariamente, in lembi di limitata estensione, lungo il fondovalle dei corsi d'acqua secondari. Questa unità è riferibile all'intervallo Pleistocene superiore – Olocene e, come la precedente, risulta suddivisibile in due distinte facies litologiche. La prima, ascrivibile a depositi di canale

fluviale, argine e conoide alluvionale, è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante, oppure da sabbie e sabbie limose, a stratificazione indistinta o incrociata, con locali ghiaie eterometriche, da sub-arrotondate ad arrotondate. La seconda facies litologica al contrario, riferibile a depositi di piana inondabile, lago di meandro e canale in fase di abbandono, è formata da argille limose e limi argillosi, a struttura indistinta o laminata, con locali intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose. Localmente si rinvencono livelli poco potenti di torbe e terreni organici, spesso associati a sedimenti limoso-sabbiosi e limoso-argillosi.

4.3 CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area di interesse, per il nuovo fabbricato di SSE Ripalta, presenta una quota del piano campagna pari a circa +7.0m s.l.m., con un'orografia pressoché pianeggiante dell'area.

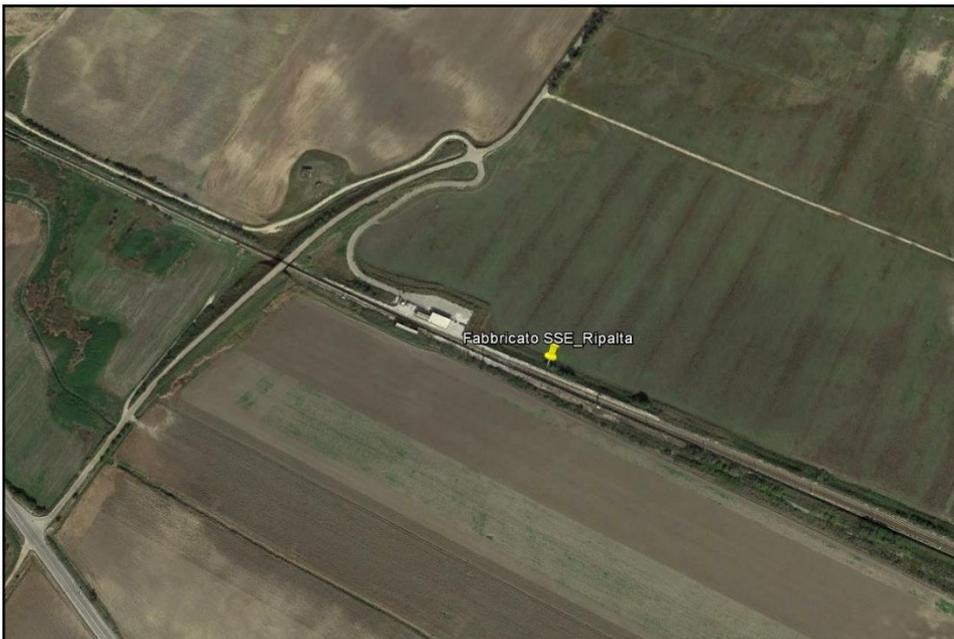


Figura 5 – Vista aerea del sito

4.4 IDROGEOLOGIA

L'assetto idrogeologico dell'area interessata dal fabbricato di SSE di Ripalta è stato ricostruito sulla base del profilo altimetrico *Figura 3 – Stralcio carta geologica - profilo longitudinale*, del contesto geologico - strutturale, delle caratteristiche di permeabilità delle formazioni ricavata dalle misure piezometriche eseguite, in particolare:

Prova	CPT2	CPT3
Livello di falda [m da p.c.]	2.15	3.75

La falda è stata assunta dunque ad una quota di circa 2,0m da piano campagna.

5 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA AREA DI PROGETTO

Al capitolo §5 della Relazione Geotecnica (elaborato LI0701EZZRHGE0005001C) si riporta la caratterizzazione geotecnica generale del tracciato, valutata sulla base dell'interpretazione di tutte le indagini svolte in sito ed in laboratorio, per effetto delle diverse campagne di indagine eseguite.

L'unità geotecnica individuata per l'area di interesse è caratterizzata da **Depositi alluvionali recenti** (unità geologica 5), ovvero terreni alluvionali che si possono distinguere, in base alla composizione granulometrica, nell'Unità 5AL (argille limose e limi argillosi con locali intercalazioni centimetriche di limi sabbiosi e/o di sabbie fini limose). Ai fini della caratterizzazione dei terreni, è stato fatto riferimento ai risultati delle:

- prove penetrometriche dinamiche SPT eseguite nei fori di sondaggio;
- prove penetrometriche statiche CPT;
- prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati e rimaneggiati;
- indagini sismiche (prove Down-Hole, Cross-Hole, RE.MI).

Dalla disamina dei dati raccolti, i parametri meccanici del terreno di fondazione - per il sito di interesse - possono desumersi da quanto evidenziato al paragrafo §5.3 della su citata relazione di riferimento.

5.1 STRATIGRAFIA DI RIFERIMENTO

Di seguito si riportano la stratigrafia di progetto e le caratteristiche meccaniche da utilizzare nei calcoli e nelle verifiche strutturali e geotecniche.

Osserviamo che per il fabbricato SSE (wbs FA01) il piano di imposta delle fondazioni è fissato a quota -2.30m (magrone a -2.40m) rispetto al piano di campagna, mentre per il fabbricato ENEL (wbs FA02) il piano di imposta è fissato a quota -1.50m (magrone a -1.60m).

STRATO 1 (da quota 0,00 a quota - 1,70 m) – *Materiale da rinterro e trattato a calce*

Sulla base dei risultati delle indagini geotecniche in sito (sondaggi e pozzetti esplorativi) è stato possibile individuare lo spessore di coltre vegetale e quindi il trattamento idoneo per la formazione del piano di posa. Nell'area interessata dal rilevato della SSE lo spessore vegetale è pari a 1,20m. Quindi si prevede **scotico 0,50m + bonifica 0,70m**; successivamente, considerando le scadenti caratteristiche meccaniche dei terreni in fondazione – come è evidenziato dalle prove di carico su piastra nel pozzetto 1 e 2:

Sigla indagine	Profondità prova da p.c. [m]	Md [MPa]	M'd [MPa]
PZ1-PLT1	1.2	2.38	-
PZ2-PLT1	1.2	4.59	-
PZ3-PLT1	1.1	14.71	46.88
PZ3-PLT2	1.6	13.89	49.18
PZ5-PLT1	1.1	76.92	157.89

PZ5-PLT2	1.6	41.67	107.14
PZ6-PLT1	0.8	14.93	50.00
PZ6-PLT2	1.5	48.39	96.77
PZ7-PLT1	1.8	51.72	107.14
PZ7-PLT2	1.2	71.43	187.50

Md = modulo di deformazione al primo ciclo di carico
 M'd=modulo di deformazione al secondo ciclo di carico

Tabella 1 – Risultati prove di carico su piastra – campagna geognostica del 2016

Si procederà a **trattamento a calce** del terreno al piano di posa (tipo A6, A7-6) per uno spessore di **0,50m**. Per una stima dei parametri di resistenza da associare ai terreni trattati a calce, si è fatto riferimento alle documentazioni bibliografiche su esperienze maturate per terreni simili in condizioni analoghe per il dettaglio delle quali si rimanda alla Relazione geotecnica (Elaborato **LI0701EZZRHGE0005001C**).

Dunque sono state assunte le seguenti caratteristiche:

Peso specifico	$\gamma = 19,0 \text{ kN/m}^3$
Coesione	$c' = 0 \text{ kPa}$
Angolo di attrito	$\phi' = 30^\circ$
Modulo elastico operativo	$E' = 20000 \text{ kPa}$

STRATO 2 (da quota – 1,70 m a quota - 25,00 m) – UNITÀ 5AL - *Argille limose e limi argillosi*

Sono state assunte le seguenti caratteristiche:

Peso specifico	$\gamma = 19 \text{ kN/m}^3$
Coesione	$c' = 7,5 \text{ kPa}$
Angolo di attrito	$\phi' = 24^\circ$
Coesione non drenata	$c_u = 95 \text{ kPa}$
Modulo elastico iniziale	$E_0 = 245000 \text{ kPa}$
Modulo elastico operativo	$E' = 49000 \text{ kPa}$

Sulla scorta delle profondità di imposta delle fondazioni, per entrambi i fabbricati si prevede di impostare il piano di imposta all'interno dello strato 2.

Ai fini della modellazione alla Winkler delle travi di fondazione dei due manufatti, si assume un valore $k_w = 40000 \text{ kN/m}^3$ (in accordo con i tabulati di calcolo prodotti in fase di progettazione definitiva).

6 CARATTERIZZAZIONE SISMICA AREA DI PROGETTO

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, deve essere valutata l'influenza delle condizioni litologiche locali, per questo motivo, è stata determinata la categoria di suolo di fondazione per la zona in oggetto, definita sulla scorta dei punti del reticolo di riferimento sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine ed ordinati a latitudine e longitudine crescenti, facendo variare prima la Longitudine e poi la Latitudine. I punti di interesse per il calcolo dell'azione sismica sono stati identificati nella località di Ripalta:

Longitudine = 15,255712

Latitudine = 41,904558

La determinazione del tipo di suolo, secondo normativa, può essere basata sulla stima dei valori della velocità media di propagazione delle onde di taglio $V_{s,30}$ entro i primi 30 metri di profondità ovvero sul numero medio di colpi $N_{SPT,30}$ ottenuti da prove penetrometriche dinamiche nei terreni ovvero sulla coesione non drenata media $c_{u,30}$.

L'analisi dell'assetto stratigrafico e dei valori di $V_{s,30}$ disponibili dalle prove sismiche in foro Down-Hole (DH) e Cross-Hole (CH) e dalle prove sismiche ReMi, confrontati con i valori di $c_{u,30}$ (derivati dall'interpretazione delle prove CPT-CPTE-CPTU e dalle prove di laboratorio) e di $N_{SPT,30}$, hanno permesso di definire la categoria di sottosuolo lungo il tracciato di progetto.

La categoria di sottosuolo è quella corrispondente alla **classe C**. (*Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s*).

Lo studio dell'azione sismica locale per il sito in questione è stato eseguito sia sulla base di dati progettuali specifici delle strutture in oggetto sia attraverso l'analisi geofisica sul suolo di riferimento.

Tale analisi ha permesso di definire alcuni importanti parametri necessari per caratterizzare l'azione sismica per l'area in studio.

Di seguito si riportano i parametri caratteristici del sito:

Coordinate sito	Latitudine: 41,904551
-----------------	-----------------------

	Longitudine: 15,255678
Vita nominale della struttura	75 anni
Classe d'uso	III – Opere strategiche
Coefficiente C_u	1,5
Periodo di riferimento per l'azione sismica – $V_R = V_N * C_u$	112,5 anni
Categoria suolo di fondazione	C
Categoria topografica	T1 (pianeggianti e subpianeggianti)

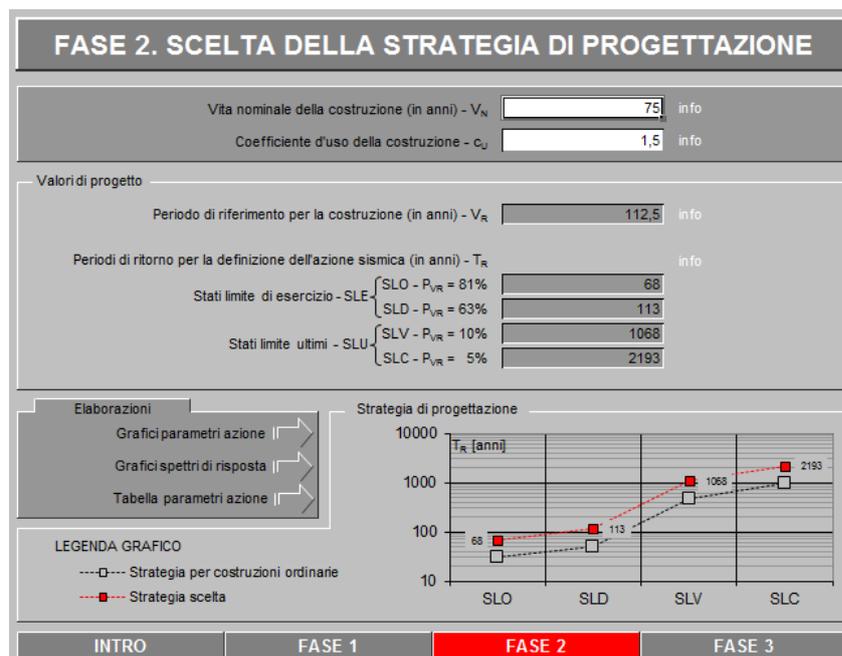


Figura 6 – Scelta della strategia di progettazione

Le NTC2008 prevedono la verifica della sicurezza e delle prestazioni di tutte le strutture agli Stati Limite durante la propria Vita Nominale. Gli Stati Limite da valutare sono:

- SLU Stato Limite Ultimo – che ha un carattere irreversibile
- SLE Stato Limite di Esercizio – che può avere carattere sia reversibile che irreversibile.

In presenza di una azione sismica gli Stati Limite da considerare sono:

per lo Stato Limite Ultimo SLU:

- SLV - Stato Limite di salvaguardia della Vita
- SLC - Stato Limite di prevenzione del Collasso

per lo Stato Limite di Esercizio SLE:

- SLO – Stato Limite di Operatività
- SLD - Stato Limite del Danno

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVR , cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella Tabella sottostante.

Stati Limite	P _{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

L'analisi dei dati caratteristici elencati in precedenza ha permesso il calcolo dell'accelerazione orizzontale massima al sito di riferimento a_g , del valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale F_0 e del periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale T_c^* . Ogni valore è riferito ad tempo di ritorno T_r associato ad uno stato limite. Il tempo di ritorno è calcolato sulla base della Probabilità di superamento del periodo di riferimento V_R :

STATO LIMITE	T _R [anni]	a _g [m/s ²]	F ₀ [-]	T _c [*] [s]
SLO	68	0,075	2,500	0,306
SLD	113	0,095	2,521	0,318
SLV	1068	0,245	2,449	0,345
SLC	2193	0,319	2,438	0,353

Tabella 2 – Parametri sismici

Di seguito si riportano i valori del coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s , del coefficiente C_c funzione della Categoria di sottosuolo e del coefficiente di amplificazione topografica S_T , associati allo Stato Limite di salvaguardia della Vita:

STATO LIMITE	S_s [-]	C_c [-]	S_T [-]
SLV	1,340	1,494	1,000

7 STABILITÀ NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

Di seguito si riportano i valori relativi alla pericolosità di liquefazione in termini integrali (potenziale di liquefazione IL), valutati nel PD mediante impiego di metodi di analisi semplificati in termini di tensioni totali. Tale metodo consente di stimare i cedimenti attesi in caso di sisma di progetto, e con in evidenza le prove che ricadono presso la progressiva pk 0+900.00 (area della SSE di Ripalta) avremo:

Prova	Tipologia	Pk di lotto	IL	Cedim. (cm)
CPT01	CPT	0+284	1.330	3.3
DHIA30P01	Sondaggio	0+546	36.475	35.7
CPT02	CPT	0+688	2.232	5.7
CPT03	CPT	1+794	0.337	1.1
S3	Sondaggio	2+082	9.838	29.1
PEIA33V08	CPTE	2+554	1.114	1.8
PUIA33V12	CPTE	2+644	0.780	1.7
PEIA33V07	CPTE	2+746	2.033	11.2
PEIA33V06	CPTE	2+838	1.405	10.1
PEIA33V04	CPTE	2+935	2.088	11.3
PUIA33V02	CPTE	2+983	2.156	11.5
PEIA33V01	CPTE	3+038	0.153	1.7
PUIA33V03	CPTE	3+136	0.007	0.4
PEIA33V05	CPTE	3+225	0.008	0.4
PEIA33V09	CPTE	3+638	0.465	1.8
PUIA33V10	CPTE	3+745	1.838	8.5

La conclusione del PD riteneva possibile affermare che il potenziale di liquefazione nell'area di intervento dei manufatti e per il tratto in esame si mantiene su valori bassi e moderati, con cedimenti compatibili con le azioni sismiche di progetto.

Con riferimento alle verifiche di liquefazione condotte in fase di PE, si riporta una breve sintesi delle analisi e verifiche riportate nell'elaborato LI0701EZZCLGE0005003B "Relazione degli interventi di mitigazione liquefazione".

Al §6.4 sono riportate le tipologie di analisi condotte su prove CPT, analizzando ciascuna coppia di valori q_c/f_s , valori tipicamente rilevati a intervalli di 0.2 m, come segue:

1. Il valore della resistenza alla punta q_c è stato ricondotto ad un valore normalizzato e corretto q_{c1N} mediante la seguente relazione:

$$q_{c1N} = \frac{q_c C_N}{p_a}$$

2. il coefficiente C_N , che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace, è stato ricavato per via iterativa dalla relazione di Boulanger e Idriss (2004):

$$C_N = \left(\frac{p_a}{\sigma'_v} \right)^{1.338 - 0.249(q_{c1N})^{0.264}}$$

dove p_a è la pressione atmosferica (100 kPa). Tale coefficiente non deve comunque superare il valore di 1.7.

3. il valore della resistenza penetrometrica normalizzata q_{c1N} è stato riportato ad un valore equivalente per le sabbie pulite attraverso la relazione di Idriss e Boulanger (2004):

$$q_{c1Ncs} = q_{c1N} \cdot k_c$$

dove

$$k_c = -17,88 + 33,75 \cdot I_c - 21,63 \cdot I_c^2 + 5,581 \cdot I_c^3 - 0,403 \cdot I_c^4$$

Il parametro I_c , che riflette il contenuto presunto di fini, viene determinato come descritto nel seguito.

4. dal valore di q_{c1Ncs} può essere ricavato il valore di resistenza alla liquefazione CRR mediante l'impiego di abachi di letteratura ottenuti dall'osservazione di casi storici, in cui sono rappresentate

le curve limite che separano le zone di possibile liquefazione da quelle di non liquefazione. Nella fattispecie, in accordo alle linee guida AGI (2005), si è fatto riferimento alla curva limite proposta da Idriss e Boulanger (2004), che può essere ottenuta tramite la seguente relazione:

$$CRR = \exp \left[\frac{q_{c1Ncs}}{540} + \left(\frac{q_{c1Ncs}}{67} \right)^2 - \left(\frac{q_{c1Ncs}}{80} \right)^3 + \left(\frac{q_{c1Ncs}}{114} \right)^4 - 3 \right]$$

Quindi, utilizzando l'espressione sopra riportata, è stato ricavato il valore di CRR. L'analisi è stata condotta tenendo conto del livello medio della falda registrato nel piezometro più vicino.

- La sicurezza nei confronti della liquefazione è stata valutata, alla profondità considerata, mediante il coefficiente di sicurezza FL.

Il metodo di analisi, descritto compiutamente nelle citate raccomandazioni AGI (2005), tiene conto automaticamente del presunto contenuto di fini mediante il parametro I_c , determinato come segue:

$$I_c = \left[(3,47 - \log(Q))^2 + (1,22 + \log(F))^2 \right]^{0,5}$$

dove:

$$Q = \left(\frac{q_c - \sigma_{vc}}{P_a} \right) \cdot \left(\frac{P_a}{\sigma'_{vc}} \right)^n$$

$$F = \left(\frac{f_s}{q_c - \sigma_{vc}} \right) \cdot 100\%$$

Tanto maggiore è il valore di I_c , tanto maggiore il contenuto presunto di fini. Nell'ambito delle analisi il valore di $I_c=2.6$ è considerato come il valore di passaggio tra terreni con contenuto di fini inferiore a 35% e comportamento equivalente a quello delle sabbie e terreni con contenuto di fini superiore a 35% e comportamento equivalente a quello delle argille. La distinzione operata nell'analisi tra terreni con comportamento equivalente a quello delle sabbie e terreni con comportamento equivalente a quello delle argille è necessariamente semplicistica e va applicata con giudizio, in quanto la correlazione tra I_c e il contenuto di fini presenta una forte dispersione e può essere considerata affidabile solo dopo attenta calibrazione sito-specifica. L'effettiva transizione tra terreni caratterizzati da un comportamento equivalente a quello delle sabbie e comportamento equivalente a quello delle argille può avvenire anche a valori di $I_c < 2.6$. D'altra parte, si rileva che anche terreni con contenuto di fini superiore a 35% possono

essere suscettibili alla liquefazione con comportamento analogo a quello delle sabbie, se i fini sono non plastici o di bassissima plasticità. Per quanto riguarda l'elaborazione delle prove penetrometriche statiche in termini di valutazione del potenziale rischio di liquefazione avremo:

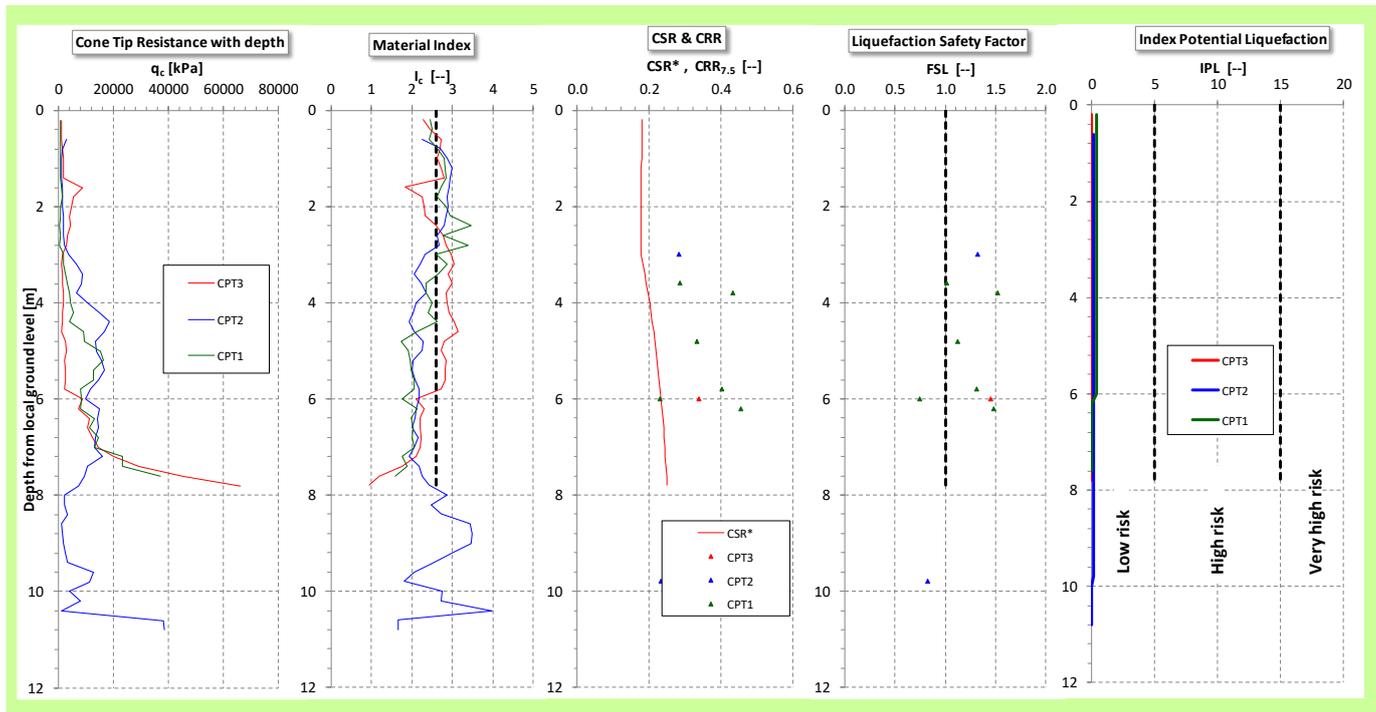


Figura 7 – Sintesi delle analisi di liquefazione da prove CPT (CPT1, CPT2, CPT3) – indagini in categoria C

Per maggiori dettagli circa il risultato delle analisi di liquefazione si rimanda alla sintesi indicata sul Profilo Longitudinale Geotecnico (tav. LI0701EZZF6GE0005001C, LI0701EZZF6GE0005002C, LI0701EZZF6GE0005003C e LI0701EZZF6GE0005004C), nelle quali si ipotizza il presunto andamento degli strati suscettibili di liquefazione (evidenziati in puntinato fucsia), caratterizzati da valori del fattore di sicurezza a liquefazione FLS inferiore all'unità. Per quanto riguarda il caso in esame sia la prova penetrometrica statica CPT2 che la CPT3 conferma l'assenza di possibile liquefazione.

Osserviamo che la prova CPT3, vicina al sondaggio S3, ha escluso potenziale liquefazione, ma si è arrestata alla profondità di 7 m circa e quindi non ci può dare informazioni sugli strati potenzialmente liquefacibili del sondaggio S3 che sono più profondi: tra 9 e 12.4 m e tra 16 e 21.7 m di profondità da p.c.. Relativamente a tale aspetto, al §7 della succitata relazione sulla liquefazione, in merito al rischio di perdita di stabilità del corpo del rilevato, con particolare riferimento al sondaggio S3 si può escludere tale rischio, in relazione alla profondità degli strati suscettibili di liquefazione, oltre i 9 m da p.c..