



# AUTOSTRADA REGIONALE CISPADANA DAL CASELLO DI REGGIOLO-ROLO SULLA A22 AL CASELLO DI FERRARA SUD SULLA A13

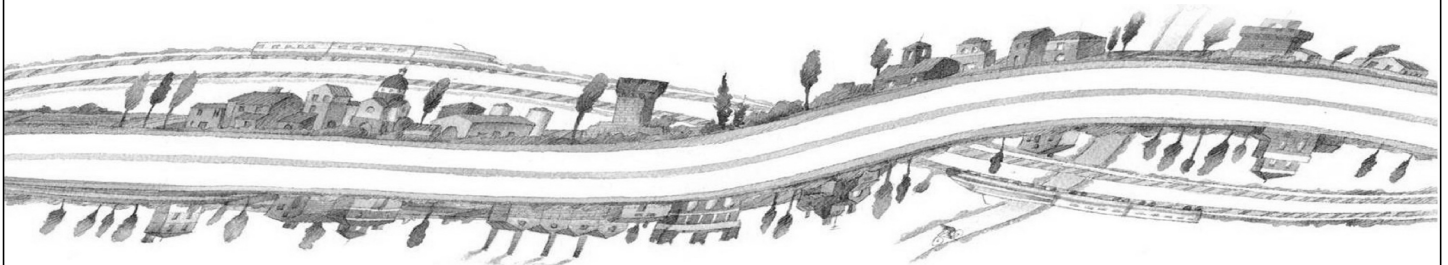
CODICE C.U.P. E81B08000060009

## PROGETTO DEFINITIVO

**ASSE AUTOSTRADALE (COMPRESIVO DEGLI INTERVENTI LOCALI DI COLLEGAMENTO VIARIO AL SISTEMA AUTOSTRADALE)  
GEOLOGIA, IDROGEOLOGIA, SISMICA E GEOTECNICA**

**GEOTECNICA**

**RELAZIONE DI VERIFICHE GEOTECNICHE  
ADDENDUM PER LIQUEFAZIONE**



IL PROGETTISTA

Ing. Gianfranco Marchi  
Albo Ing. Ravenna n°342

RESPONSABILE INTEGRAZIONE  
PRESTAZIONI SPECIALISTICHE

Ing. Antonio Anania  
Albo Ing. Perugia n° A2574

**Dott. Ing. Antonio Anania**  
IMPRESA PIZZAROTTI & C. S.p.A.  
Iscritto ordine Ingegneri di Perugia n° A2574

IL CONCESSIONARIO

Autostrada Regionale  
Cispadana S.p.A.  
IL PRESIDENTE  
Graziano Pattuzzi

G										
F										
E										
D										
C										
B										
A	01.08.2019	EMISSIONE PER OTTEMPERANZA DECRETO VIA DEL 25.07.2017	BOSCHI	MARCHI	ANANIA					
REV.	DATA	DESCRIZIONE	REDAZIONE	CONTROLLO	APPROVAZIONE					
IDENTIFICAZIONE ELABORATO					DATA: <b>AGOSTO 2019</b>					
NUM. PROGR.	FASE	LOTTO	GRUPPO	CODICE OPERA WBS	TRATTO OPERA	AMBITO	TIPO ELABORATO	PROGRESSIVO	REV.	SCALA: _
7181	PD	0	A00	A0000	0	GT	RB	08	A	



## INDICE

<b>1. PREMESSA</b> .....	<b>4</b>
<b>2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO</b> .....	<b>5</b>
2.1. NORMATIVE .....	5
2.2. ELABORATI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO .....	5
2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA.....	5
<b>3. APPROFONDIMENTI DI INDAGINE IN LABORATORIO</b> .....	<b>6</b>
3.1.1. Unità 2 .....	7
3.1.2. Unità 3 .....	10
3.1.3. Unità 4 .....	12
3.1.4. Unità 5 .....	14
<b>4. STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE LIQUEFACIBILI CON PGA DA APPROCCIO SEMPLIFICATO DA NTC 2008 (PD 2012)</b> .....	<b>16</b>
4.1. VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE .....	16
4.2. INDIVIDUAZIONE AREE LIQUEFACIBILI CON PGA DA APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2008 (PD2012) E GRAFICI DELLE VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVI DI CIASCUNA AREA LIQUEFACIBILE.....	33
<b>5. STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE CON ACCELERAZIONE DA RISPOSTA SISMICA LOCALE</b> .....	<b>50</b>
<b>6. RILEVATI – STRATIGRAFIE E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO NELLE ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI DI LIQUEFAZIONE</b> .....	<b>67</b>
6.1. ZONA LIQUEFACIBILE 0L .....	68
6.2. ZONA LIQUEFACIBILE 1L .....	68
6.3. ZONA LIQUEFACIBILE 2L .....	69
6.4. ZONA LIQUEFACIBILE 4L .....	70
6.5. ZONA LIQUEFACIBILE 5AL .....	71
6.6. ZONA LIQUEFACIBILE 5BL .....	72
6.7. ZONA LIQUEFACIBILE 9L.....	73
6.8. ZONA LIQUEFACIBILE 13BL – ASSE AUTOSTRADALE.....	74
6.9. ZONA LIQUEFACIBILE 13BL – SVINCOLO S03 .....	75
6.10. ZONA LIQUEFACIBILE 16L.....	75
6.11. ZONE LIQUEFACIBILI 17AL E 17BL.....	76
6.12. ZONA LIQUEFACIBILE 18L.....	77

6.13. ZONA LIQUEFACIBILE 19L.....	78
6.14. ZONA LIQUEFACIBILE 20L – SVINCOLO S04.....	79
6.15. ZONA LIQUEFACIBILE 22L.....	79
6.16. ZONA LIQUEFACIBILE 23L.....	80
6.17. ZONA LIQUEFACIBILE 24L.....	81
6.18. ZONA LIQUEFACIBILE 25L.....	82
<b>7. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI IN ZONA LIQUEFACIBILE .....</b>	<b>83</b>
7.1.1. Zona liquefacibile 0L – Interconnessione I01 - Tratto in affiancamento ad A22 .....	86
7.1.1.1 $H_{rl} = 4.70\text{ m}$ .....	86
7.1.2. Zona liquefacibile 1L – Svincolo S01.....	87
7.1.3. Zona liquefacibile 2L – Interconnessione I01 .....	87
7.1.3.1 $H_{rl} = 6.00\text{ m}$ .....	87
7.1.3.2 $H_{rl} = 13.00\text{ m}$ .....	88
7.1.4. Zona liquefacibile 4L.....	89
7.1.4.1 $H_{rl} = 9.50\text{ m}$ .....	89
7.1.5. Zona liquefacibile 5aL.....	91
7.1.5.1 $H_{rl} = 2.50\text{ m}$ .....	91
7.1.6. Zona liquefacibile 5bL.....	92
7.1.6.1 $H_{rl} = 2.50\text{ m}$ .....	92
7.1.7. Zona liquefacibile 9L.....	93
7.1.7.1 $H_{rl} = 6.00\text{ m}$ .....	93
7.1.8. Zona liquefacibile 13bL – Asse autostradale.....	94
7.1.8.1 $H_{rl} = 3.00\text{ m}$ .....	94
7.1.9. Zona liquefacibile 13bL – Svincolo S03.....	96
7.1.10. Zona liquefacibile 16L.....	96
7.1.10.1 $H_{rl} = 10.0\text{ m}$ .....	96
7.1.10.2 $H_{rl} = 11.0\text{ m}$ .....	97
7.1.10.3 $H_{rl} = 13.0\text{ m}$ .....	98
7.1.11. Zona liquefacibile 17aL.....	100
7.1.11.1 $H_{rl} = 5.00\text{ m}$ .....	100
7.1.11.2 $H_{rl} = 6.00\text{ m}$ .....	101
7.1.11.3 $H_{rl} = 8.00\text{ m}$ .....	102
7.1.12. Zona liquefacibile 17bL.....	104
7.1.12.1 $H_{rl} = 5.00\text{ m}$ .....	104
7.1.13. Zona liquefacibile 18L.....	105
7.1.13.1 $H_{rl} = 4.00\text{ m}$ .....	105
7.1.14. Zona liquefacibile 19L.....	106
7.1.14.1 $H_{rl} = 2.50\text{ m}$ .....	106
7.1.15. Zona liquefacibile 20L Svincolo S04.....	107
7.1.16. Zona liquefacibile 22L.....	108
7.1.16.1 $H_{rl} = 2.50\text{ m}$ .....	108
7.1.17. Zona liquefacibile 23L.....	109

7.1.17.1	$H_{rl} = 5.00$ m.....	109
7.1.18.	Zona liquefacibile 24L.....	110
7.1.18.1	$H_{rl} = 3.00$ m.....	110
7.1.19.	Zona liquefacibile 25L – asse autostradale .....	111
7.1.19.1	$H_{rl} = 10.00$ m.....	111
7.1.20.	Zona liquefacibile 25L – Interconnessione I02 .....	113
7.1.20.1	$H_{rl} = 6.00$ m.....	113
7.1.20.2	$H_{rl} = 8.00$ m.....	114
7.1.20.3	$H_{rl} = 10.00$ m.....	115
7.1.20.4	$H_{rl} = 11.00$ m.....	116
<b>8.</b>	<b>VERIFICHE DEI CEDIMENTI VERTICALI E DEGLI SPOSTAMENTI ORIZZONTALI IN CONDIZIONI DI LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>119</b>
<b>9.</b>	<b>INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEI RILEVATI NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE .....</b>	<b>134</b>

## **1. PREMESSA**

---

Nell'ambito delle attività di progettazione previste per la redazione del Progetto Definitivo di Autostrada Regionale Cispadana dal casello di Reggiolo-Rolo su A22 al casello di Ferrara Sud su A13, il presente documento riporta le analisi e le verifiche geotecniche inerenti gli aspetti connessi alla liquefazione.

Nel seguito dell'elaborato verranno in particolare descritte ed approfondite le seguenti tematiche:

- normativa di riferimento per le verifiche geotecniche;
- verifiche di stabilità nei confronti dei fenomeni della liquefazione;
- verifiche dei rilevati in zone liquefacibili in termini di:
  - spostamento (cedimenti verticali e spostamenti orizzontali);
  - stabilità globale;
- interventi di mitigazione nei confronti del fenomeno della liquefazione per i rilevati.

I risultati delle verifiche geotecniche inerenti le singole WBS sono riportate nelle rispettive relazioni geotecniche.

## 2. NORMATIVA E DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

---

### 2.1. NORMATIVE

---

Le normative di riferimento sono riportate nell'elaborato:

- PD\_0\_000\_00000\_0\_GE\_KT\_01, "Elenco delle Normative di riferimento".

### 2.2. ELABORATI PROGETTUALI DI RIFERIMENTO

---

- Rif. [1] PD\_0\_X01\_X0000\_0\_IL\_CF\_01\_A: PROVE DI LABORATORIO LOTTO 1 - PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI DA SONDAGGI GEOGNOSTICI;
- Rif. [2] PD\_0\_X02\_X0000\_0\_IL\_CF\_01\_A: PROVE DI LABORATORIO LOTTO 2 - PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI DA SONDAGGI GEOGNOSTICI;
- Rif. [3] PD\_0\_X03\_X0000\_0\_IL\_CF\_01\_A: PROVE DI LABORATORIO LOTTO 3 - PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI DA SONDAGGI GEOGNOSTICI;
- Rif. [4] Elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_01: RELAZIONE GEOTECNICA GENERALE;
- Rif. [5] Elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02: CRITERI GENERALI VERIFICHE GEOTECNICHE;
- Rif. [6] Elaborato PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_09: RELAZIONE DI VERIFICHE GEOTECNICHE - ADDENDUM PER LIQUEFAZIONE - ALLEGATO 1;
- Rif. [7] Elaborato PD\_0\_A0000\_0\_GT\_RB\_03: RELAZIONE DI VERIFICHE GEOTECNICHE;
- Rif. [8] Elaborato PD\_0\_X04\_X0000\_0\_IL\_CF\_01: PROVE DI LABORATORIO SU CAMPIONI PRELEVATI DA SONDAGGI GEOGNOSTICI.
- Rif. [9] Elaborato PD\_0\_I01\_I0000\_0\_GT\_RB\_01: RELAZIONE GEOTECNICA INTERCONNESSIONE A22
- Rif. [10] Elaborato PD\_0\_I02\_I0000\_0\_GT\_RB\_01: RELAZIONE GEOTECNICA INTERCONNESSIONE A13

### 2.3. DOCUMENTAZIONE TECNICA

---

- Rif. [11] DGR 2193/2015 Regione Emilia Romagna - ART. 16 della L.R. N.20 DEL 24/3/2000. Approvazione aggiornamento dell'atto di coordinamento tecnico denominato "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica in Emilia-Romagna per la pianificazione territoriale e urbanistica", di cui alla Deliberazione dell'Assemblea Legislativa 2 maggio 2007, n. 112

Si rimanda inoltre al documento PD\_0\_A00\_A0000\_0\_GT\_RB\_02.

### 3. APPROFONDIMENTI DI INDAGINE IN LABORATORIO

Le Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008, di riferimento per la progettazione condotta, prevedono circostanze di esclusione della verifica a liquefazione, riportate al paragrafo 7.11.3.4.2 delle stesse e riprese anche nel Rif. [5].

Circostanze di esclusione dalla verifica a liquefazione di una determinata unità geotecnica sono in particolare le seguenti:

- *Norme Tecniche per le Costruzioni del 14/01/2008 – §7.11.3.4.2*

“La verifica a liquefazione può essere omessa quando [...] distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c < 3,5$  ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità  $U_c > 3,5$ ”;

- *DGR 2193/2015 Regione Emilia Romagna – Allegato3, punto A1 (Rif. [11])*

“La probabilità che si manifestino fenomeni di liquefazione è bassa o nulla se è verificata almeno una delle seguenti condizioni:

[...]

3. Terreni con caratteristiche ricadenti in una delle tre seguenti categorie:

- frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità  $IP > 10\%$ ;

[...]

4. Distribuzione granulometrica esterna per oltre il 50% al fuso indicato in Figura 1a nel caso di materiale con coefficiente di uniformità  $U_c < 3.5$  ed in Figura 1b per coefficienti di uniformità  $U_c > 3.5$ .”.

Viene inoltre precisato che “La frazione fine è definita come la frazione passante al setaccio 200 ASTM (0.074 mm) e può essere determinata con misure dirette in laboratorio o mediante relazioni empiriche.”

Sono state pertanto condotte idonee valutazioni su tali criteri di esclusione della verifica a liquefazione con riferimento alle unità geotecniche individuate in sede di progettazione definitiva, di potenziale interesse per tali verifiche, ovvero (Rif. [4]):

- **unità 2:** limi sabbiosi e sabbie limose, talora debolmente argillose;
- **unità 3:** sabbie fini, debolmente limosa, da poco a mediamente addensate;



- **unità 4:** sabbie medie, talora debolmente limose, da mediamente addensate ad addensate;
- **unità 5:** sabbie medie, talora debolmente limose, con un buon grado di addensamento;

valutando i seguenti criteri:

- frazione di fine, FC, superiore al 20%, con indice di plasticità  $IP > 10\%$ ;
- distribuzione granulometrica esterna per oltre il 50% ai fusi indicati in precedenza.

Sono stati considerati i risultati delle prove di laboratorio in termini di granulometria e limiti di consistenza per:

- n. 185 campioni di terreno prelevati durante la campagna indagini a corredo del Progetto Definitivo (Rif. [1], Rif. [2], Rif. [3]);
- n. 126 campioni di terreno prelevati il 19/01/2018 dalle cassette dei sondaggi di Progetto Definitivo (Rif. [8]).

Nel seguito si riportano le principali risultanze per le unità geotecniche indicate e per la totalità dei campioni suddetti.

### **3.1.1. Unità 2**

- *Confronto fra analisi granulometriche e fusi di normativa.*

In Figura 3-1 e Figura 3-2 sono riportati i fusi di normativa e le analisi granulometriche dei campioni analizzati appartenenti all'unità geotecnica 2; non è riportata la legenda ove la moltitudine dei dati renderebbe comunque impossibile l'individuazione del singolo campione.

Si nota come la quasi totalità dei campioni ricada all'interno del fuso per una percentuale superiore al 50%.

I pochi campioni che presentano più del 50% di curva granulometrica extra fuso appartengono a livelli già non liquefacibili ai sensi dei criteri di verifica illustrati nel Rif. [5].

- *Valutazioni in merito alla frazione di fine ed all'indice di plasticità.*

I campioni analizzati che rispettano i limiti per l'esclusione della verifica a liquefazione sono indicati in Tabella 3-1.

Di interesse risultano i campioni che:

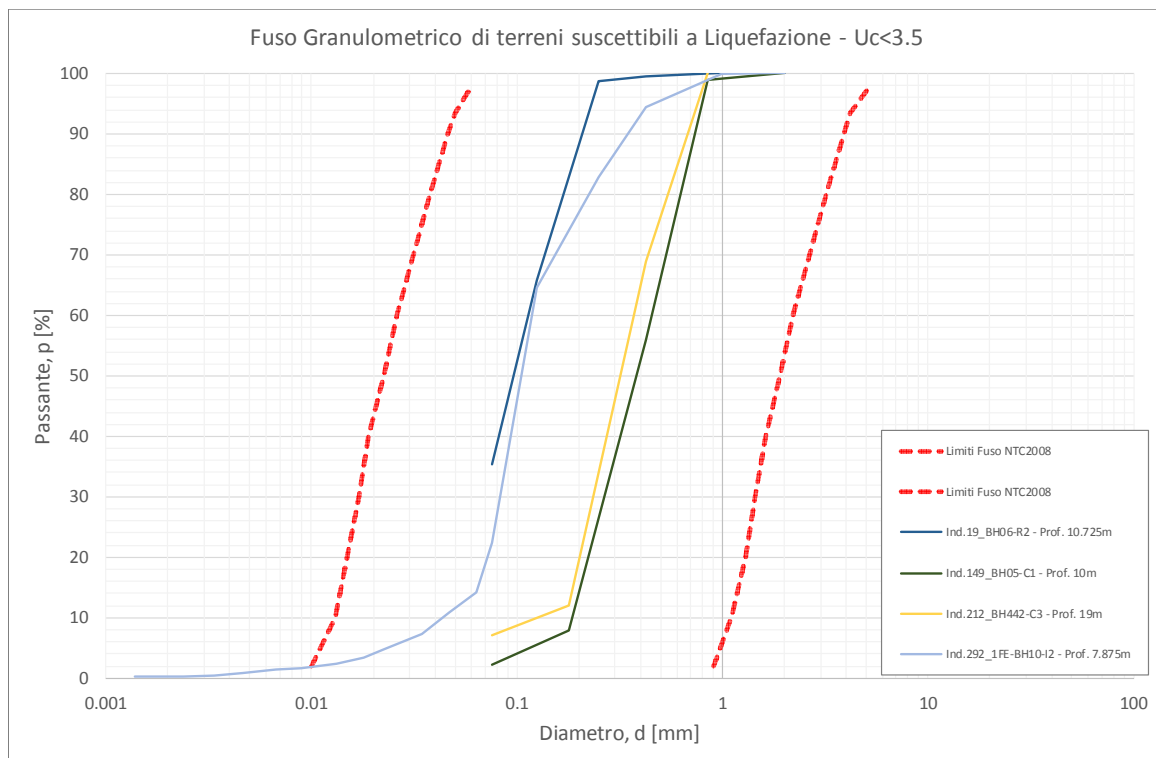
- risultano liquefacibili sulla base delle verifiche condotte in accordo al Rif. [5];
- ricadono al contrario nella categoria di esclusione della verifica a liquefazione in base al criterio della DGR 2193/2015 (Rif. [11]) in termini di granulometria e plasticità;

ovvero (campioni indicati in **verde** in Tabella 3-1):

- il campione I3 del BH22;
- il campione I1 del BH424.

che consentono di non considerare liquefacibile l'unità 2 nelle verifiche rispettivamente:

- della CPTU 53 nel range di profondità 9.9-12.4 m
- della CPTU 445 nel range di profondità 1.8÷3.8 m.



**FIGURA 3-1: UNITÀ 2 – FUSO GRANULOMETRICO PER TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE ( $U_c < 3.5$ ) ED ANALISI GRANULOMETRICHE DEI CAMPIONI ANALIZZATI.**

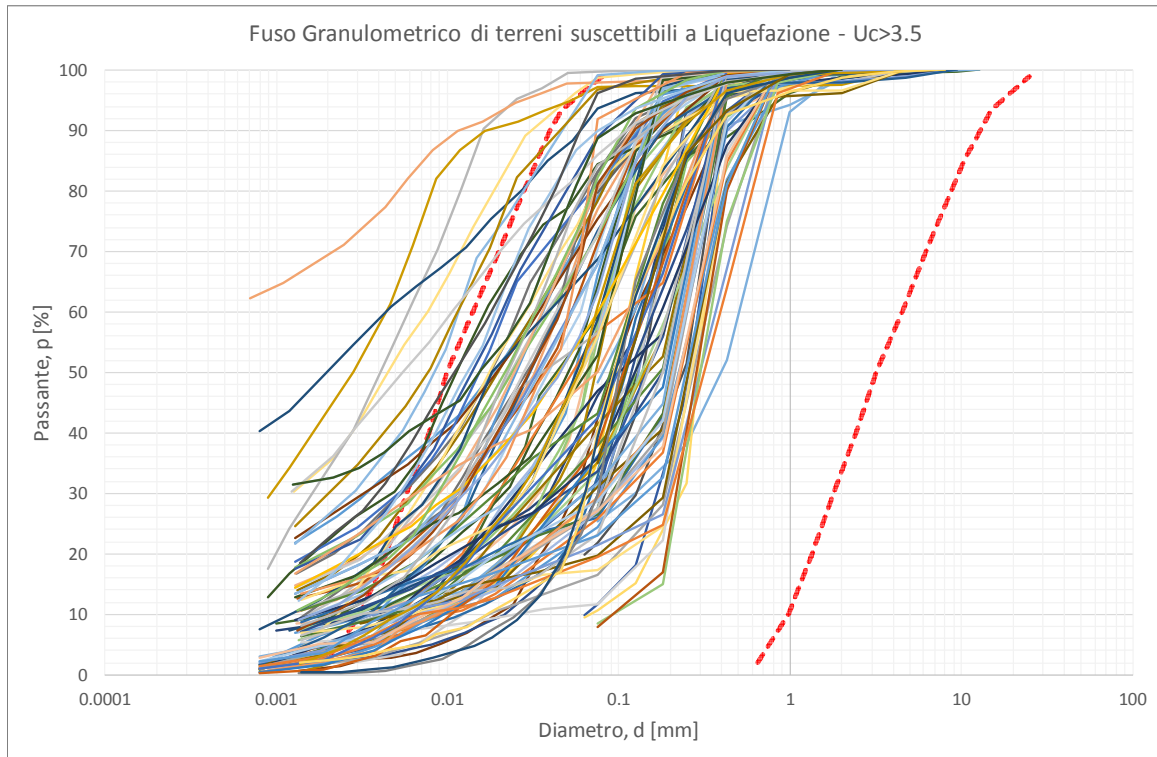


FIGURA 3-2: UNITÀ 2 – FUSO GRANULOMETRICO PER TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE ( $U_c > 3.5$ ) ED ANALISI GRANULOMETRICHE DEI CAMPIONI ANALIZZATI.

TABELLA 3-1: UNITÀ 2 – VALUTAZIONI IN MERITO ALLA FRAZIONE DI FINE ED ALL'INDICE DI PLASTICITÀ

<i>Sond.</i>	<i>Camp.</i>	<i>Unità</i>	<i>Prof.</i>	<i>Campione prelevato nel 2018</i>	<i>FC</i>	<i>IP</i>
			[m]		[%]	[%]
BH22	I3	2	11.3		64.3	15
BH26	I1	2	2.3		76.9	13
BH26	I2	2	5.3		79.7	16
BH28	I3	2	8.3		83.3	13
BH340	I1	2	3.8		56.7	12
BH41	I2	2	7.3		98.7	21
BH52	I1	2	4.3		57.6	15
BH352	I1-r	2	4.3		78.9	14
BH55	I1	2	3.3		78.4	15
BH206	I1	2	2.3		99.77	37
BH208	I2	2	4.3		97.23	38
BH211	I3	2	7.8		93.61	58
BH214	I2	2	5.3		97.95	52
BH442	I1	2	2.3		71.4	24

<i>Sond.</i>	<i>Camp.</i>	<i>Unità</i>	<i>Prof.</i>	<i>Campione prelevato nel 2018</i>	<i>FC</i>	<i>IP</i>
			<i>[m]</i>		<i>[%]</i>	<i>[%]</i>
BH442	I2	2	5.3		83	14
BH444	I1	2	2.3		81.4	16
BH52	C1	2	5.8	x	99.1	17
BH424	C1	2	2.7	x	73.4	12
BH516	C1	2	7.5	x	68.7	12
BH14	I2	2	7.3		81.1	11
<b>BH424</b>	<b>I1</b>	<b>2</b>	<b>3.3</b>		<b>82.2</b>	<b>13</b>
1FE-BH502	I1	2	2.3		96.2	15

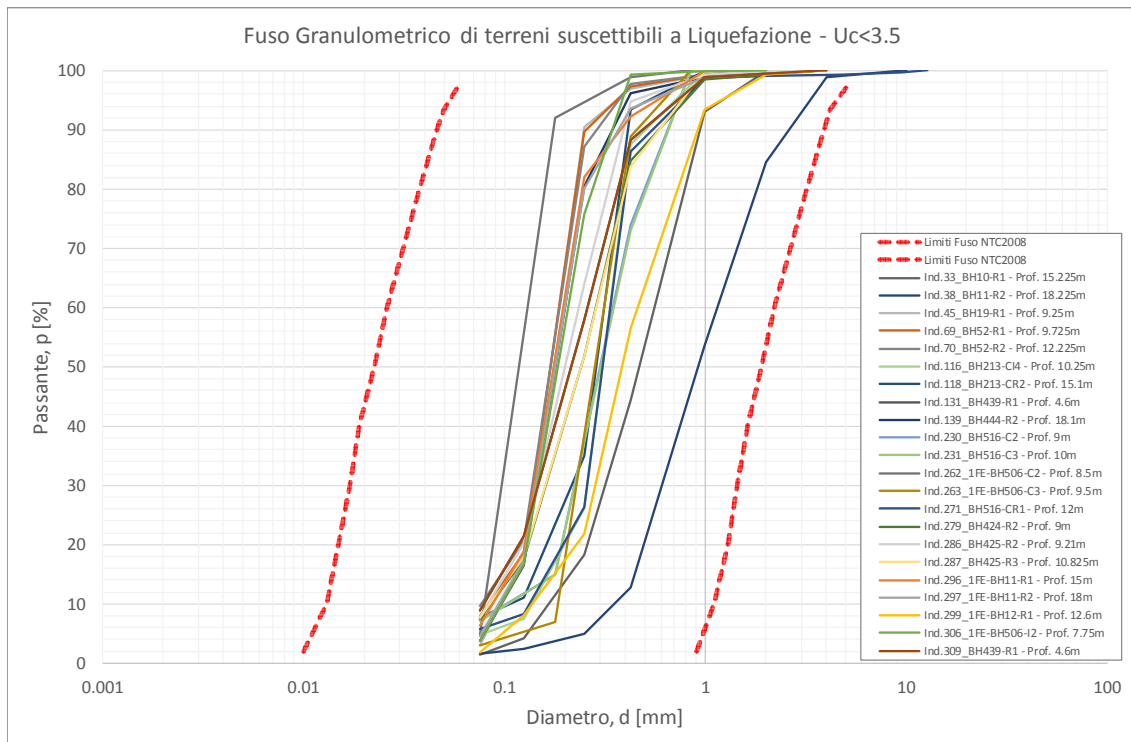
### 3.1.2. Unità 3

- *Confronto fra analisi granulometriche e fusi di normativa.*

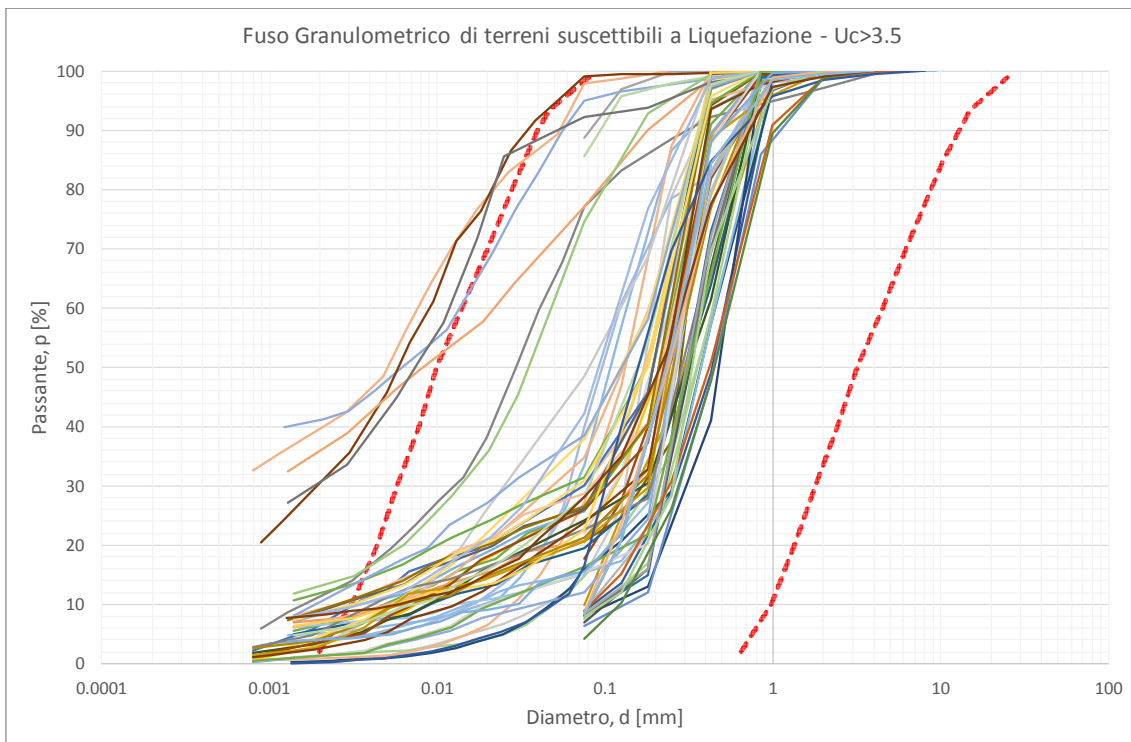
In Figura 3-3 e Figura 3-4 sono riportati i fusi di normativa e le analisi granulometriche dei campioni analizzati appartenenti all'unità geotecnica 3; non è riportata la legenda ove la moltitudine dei dati renderebbe comunque impossibile l'individuazione del singolo campione.

Si nota come la quasi totalità dei campioni ricada all'interno del fuso per una percentuale superiore al 50%.

I pochi campioni che presentano più del 50% di curva granulometrica extra fuso appartengono a livelli già non liquefacibili ai sensi dei criteri di verifica illustrati nel Rif. [5].



**FIGURA 3-3: UNITÀ 3 – FUSO GRANULOMETRICO PER TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE ( $U_c < 3.5$ ) ED ANALISI GRANULOMETRICHE DEI CAMPIONI ANALIZZATI.**



**FIGURA 3-4: UNITÀ 3 – FUSO GRANULOMETRICO PER TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE ( $U_c > 3.5$ ) ED ANALISI GRANULOMETRICHE DEI CAMPIONI ANALIZZATI.**

- *Valutazioni in merito alla frazione di fine ed all'indice di plasticità.*

I campioni che rispettano i limiti per l'esclusione della verifica a liquefazione sono indicati in Tabella 3-2.

TABELLA 3-2: UNITÀ 3 – VALUTAZIONI IN MERITO ALLA FRAZIONE DI FINE ED ALL'INDICE DI PLASTICITÀ

<i>Sond.</i>	<i>Camp.</i>	<i>Unità</i>	<i>Prof.</i>	<i>Campione prelevato nel 2018</i>	<i>FC</i>	<i>IP</i>
			<i>[m]</i>		<i>[%]</i>	<i>[%]</i>
BH10	I1	3	4.25		98.01	25
BH11	I2	3	7.3		94.9	19
BH208	I1	3	1.8		77.1	16
BH211	R1	3	12.1		99.09	12
BH52	C2	3	13.0	x	77.2	24
BH212	C3	3	8.5	x	92.3	17

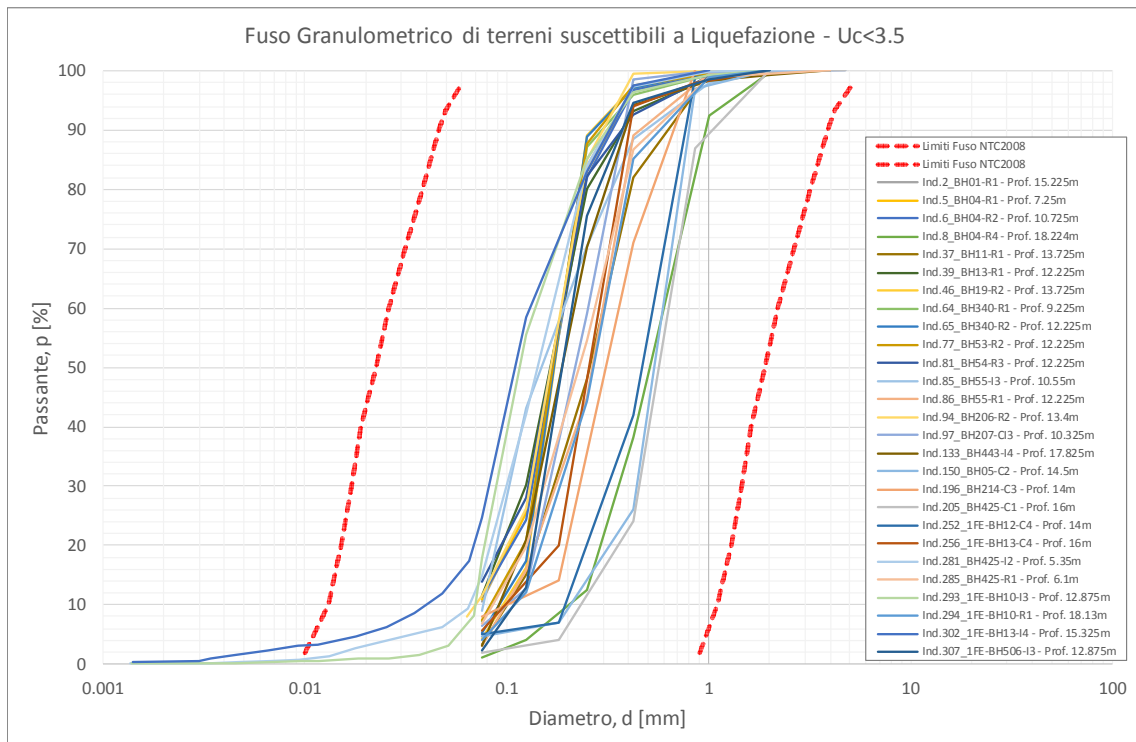
Tali campioni risultano già non liquefacibili sulla base delle verifiche condotte in accordo al Rif. [5].

### **3.1.3. Unità 4**

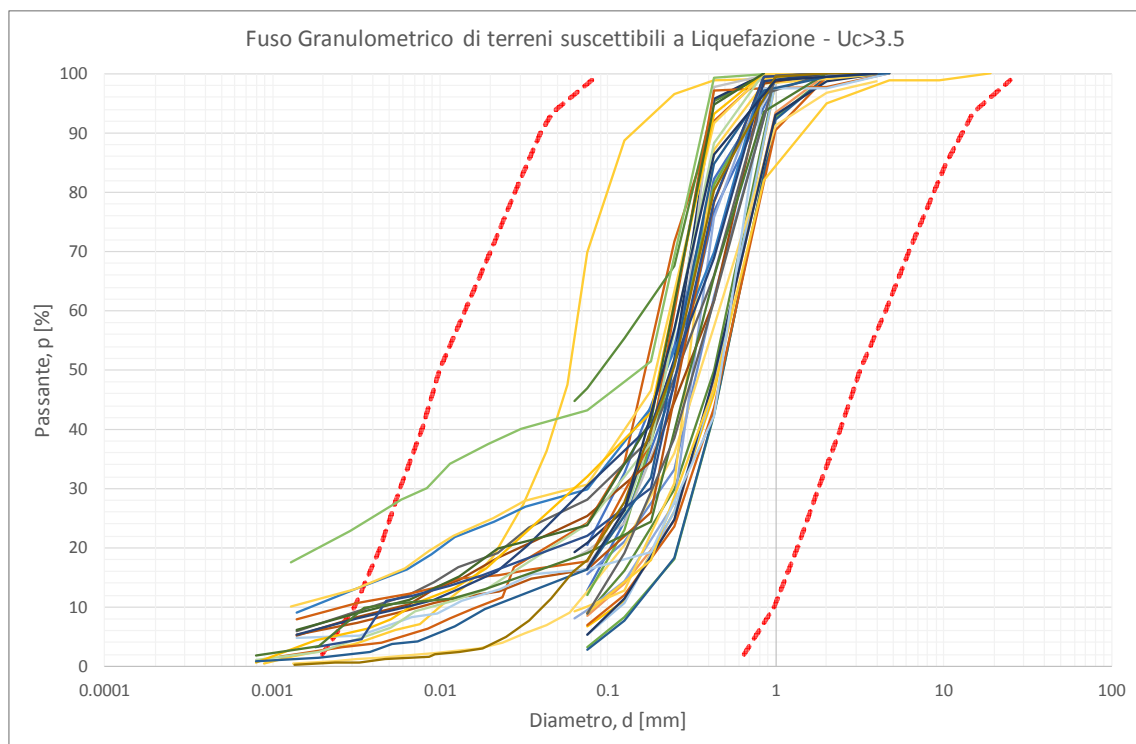
- *Confronto fra analisi granulometriche e fusi di normativa.*

In Figura 3-5 e Figura 3-6 sono riportati i fusi di normative e le analisi granulometriche dei campioni analizzati appartenenti all'unità geotecnica 4; non è riportata la legenda ove la moltitudine dei dati renderebbe comunque impossibile l'individuazione del singolo campione.

Si nota come la totalità dei campioni ricada all'interno del fuso per una percentuale superiore al 50%.



**FIGURA 3-5: UNITÀ 4 – FUSO GRANULOMETRICO PER TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE ( $U_c < 3.5$ ) ED ANALISI GRANULOMETRICHE DEI CAMPIONI ANALIZZATI.**



**FIGURA 3-6: UNITÀ 4 – FUSO GRANULOMETRICO PER TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE ( $U_c > 3.5$ ) ED ANALISI GRANULOMETRICHE DEI CAMPIONI ANALIZZATI.**

- *Valutazioni in merito alla frazione di fine ed all'indice di plasticità.*

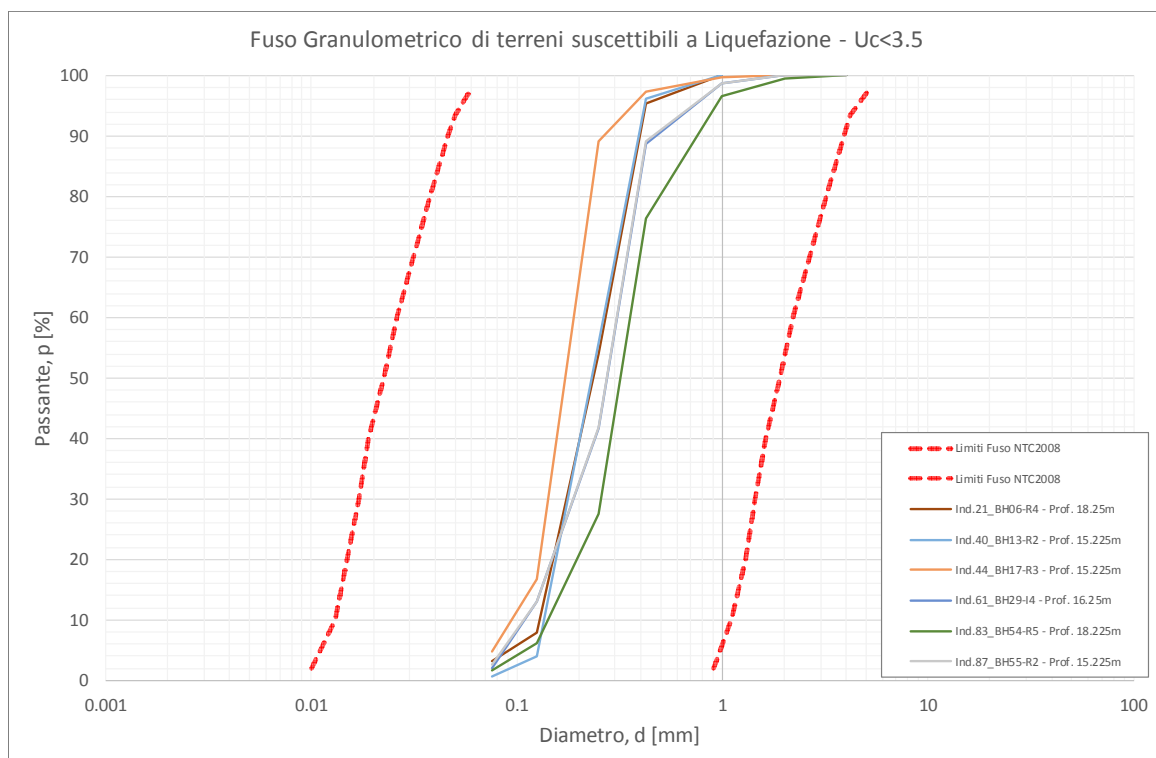
Non si hanno campioni che rispettano i limiti per l'esclusione della verifica a liquefazione in base a contenuto di fine e indice plastico.

### 3.1.4.      Unità 5

- *Confronto fra analisi granulometriche e fusi di normativa.*

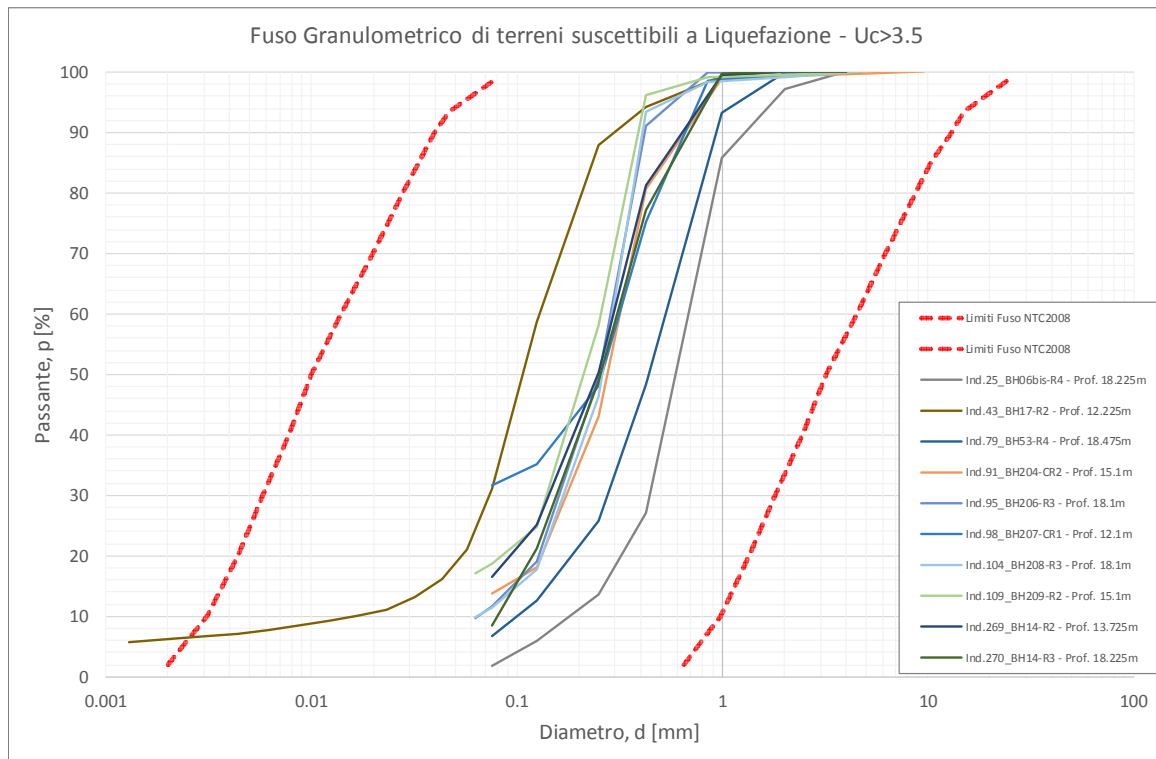
In Figura 3-7 e Figura 3-8 sono riportati i fusi di normative e le analisi granulometriche dei campioni analizzati appartenenti all'unità geotecnica 5.

Si nota come la totalità dei campioni ricada all'interno del fuso per una percentuale superiore al 50% e, in generale, completamente.



**FIGURA 3-7: UNITÀ 5 – FUSO GRANULOMETRICO PER TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE ( $U_c < 3.5$ ) ED ANALISI GRANULOMETRICHE DEI CAMPIONI ANALIZZATI.**





**FIGURA 3-8: UNITÀ 5 – FUSO GRANULOMETRICO PER TERRENI SUSCETTIBILI DI LIQUEFAZIONE ( $U_c > 3.5$ ) ED ANALISI GRANULOMETRICHE DEI CAMPIONI ANALIZZATI.**

- *Valutazioni in merito alla frazione di fine ed all'indice di plasticità.*

Non si hanno campioni che rispettano i limiti per l'esclusione della verifica a liquefazione in base a contenuto di fine e indice plastico.

## 4. STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE ED INDIVIDUAZIONE DELLE AREE LIQUEFACIBILI CON PGA DA APPROCCIO SEMPLIFICATO DA NTC 2008 (PD 2012)

---

### 4.1. VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE

---

Le verifiche sono state condotte in accordo a quanto indicato nel Rif. [5].

Di seguito si riportano, in forma tabellare, i risultati delle verifiche di liquefazione per ciascuna verticale di indagine in termini di:

- IL, potenziale di liquefazione.

Vengono inoltre riportati per ogni prova CPTU i seguenti input della verifica:

- zona omogenea geotecnica (vedi Rif. [4] e Rif. [7]);
- parametri di definizione dell'azione sismica;
- Comune di riferimento;
- livello di falda di progetto;
- magnitudo ed accelerazione di riferimento.

TABELLA 4-1:RIEPILOGO STIMA POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE IL E CEDIMENTI POST-SISMICI ASSE AUTOSTRADALE, INTERCONNESSIONI, SVINCOLI.

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
ZO1	CPTU1	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	2.87	NO
	CPTU2	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	8.64	SI
	CPTUL01	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	11.11	SI
	CPTUL02	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	9.52	SI
	CPTUL03	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	8.16	SI
	CPTUL04	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	4.5	NO
	CPTUL05	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	6.42	SI
	CPTU3	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	5.80	SI
	CPTU4	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	3.61	NO
	CPTU5	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	12.54	SI
	CPTU6	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	4.87	NO
	CPTU7	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	3.21	NO
	CPTUL06	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	4.5	NO
	CPTU14	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	0.18	NO
	CPTU15	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	4.92	NO
	CPTU17	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	0.84	NO
	CPTU16	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	2.52	NO
	CPTU12	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	10.11	SI
	CPTU13	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	2.39	NO
	CPTU8	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	4.23	NO
CPTU9	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	3.92	NO	
CPTU10	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	0.34	NO	
CPTU11	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	1.61	NO	
ZO2	CPTU18	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	0.18	NO
	CPTUV01	100	IV	C	Rolo (RE)	0.5	5.50	0.324	6.54	SI
	CPTUV02	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	0.68	NO
	CPTUV03	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	4.33	NO
	CPTU19	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	0.66	NO
ZO3	CPTU20	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	3.38	NO
	CPTU21	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	3.40	NO
	CPTU22	100	IV	C	Reggiolo (RE)	0.5	5.50	0.294	3.38	NO
	CPTU23	100	IV	C	Rolo (RE)	0.5	5.50	0.324	0.84	NO
	CPTU24	100	IV	C	Rolo (RE)	0.5	5.50	0.324	11.17	SI
	CPTUL10	100	IV	C	Rolo (RE)	0.5	5.50	0.324	8.70	SI
	CPTUL11	100	IV	C	Rolo (RE)	0.5	5.50	0.324	11.53	SI

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTU26	100	IV	C	Rolo (RE)	0.5	5.50	0.324	3.88	NO
	CPTU25	100	IV	C	Rolo (RE)	0.5	5.50	0.324	6.28	SI
	CPTU27	100	IV	C	Rolo (RE)	0.5	5.50	0.324	0.68	NO
ZO4	CPTU28	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	1.26	NO
	CPTU29	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	1.62	NO
	CPTU30	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	3.13	NO
	CPTUL12	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	7.60	SI
	CPTUL13	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	7.31	SI
	CPTU31	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	5.50	SI
	CPTU32	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	0.36	NO
	CPTU33	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	0.17	NO
	CPTU34	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	1.06	NO
	CPTU35	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	1.27	NO
	CPTU36	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	1.49	NO
	CPTU37	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	0.86	NO
	CPTU38	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	0.73	NO
	CPTU39	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	0.55	NO
	CPTU40	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	0.65	NO
	CPTU41	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	2.82	NO
ZO5	CPTU42	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	0.69	NO
	CPTU43	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	4.64	NO
	CPTUV04	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	5.76	SI
	CPTUV05	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	7.20	SI
	CPTU44	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	9.44	SI
	CPTUV06	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	1.74	NO

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTU45	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	1.00	NO
	CPTUV07	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	1.61	NO
	CPTU46	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	2.20	NO
	SCPTV08	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	0.56	NO
	CPTU47	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1.0	5.50	0.326	14.55	SI
ZO6	CPTU48	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	0.83	NO
	SCPTV10	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	1	5.50	0.326	1.82	NO
	CPTV11	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	3.63	NO
	CPTU50	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	2.20	NO
	CPTU49	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	2.82	NO
	CPTU51	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	2.9	NO
	CPTUV12	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	5.06	SI
	CPTU52	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	0.39	NO
	CPTU53	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	3.00	NO
	CPTUV13	100	IV	C	Novi di Modena (MO)	0.5	5.50	0.326	15.82	SI
	CPTU54	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	0.93	NO
	CPTU55	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	1.94	NO
	CPTU56	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	4.16	NO
	CPTU57	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	1.82	NO
	CPTU58	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	1.77	NO
	CPTU59	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	1.1	NO
	CPTU60	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	1.69	NO
	CPTU62	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	0.56	NO
	CPTU61	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	0.48	NO
	CPTU63	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	6.3	SI
	CPTUL14	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	1.41	NO
	CPTU64	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	2.29	NO
CPTU65	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	0.64	NO	
CPTU69	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	4.88	NO	

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTU70	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	0.21	NO
	CPTU71	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	0.73	NO
	CPTU66	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	0.13	NO
	CPTU67	100	IV	C	Concordia (MO)	0.5	5.50	0.316	2.37	NO
	CPTU68	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	2.85	NO
	CPTUL15	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	7.95	SI
	CPTU72	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	5.24	SI
	CPTUL16	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	5.35	SI
	CPTU73	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	8.23	SI
	CPTUL18	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	4.14	NO
	CPTU80	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	2.71	NO
	CPTU75	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	2.56	NO
	CPTU76	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	2.61	NO
	CPTU74	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	0.44	NO
	CPTU77	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	0.67	NO
	CPTU79	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	2.09	NO
	CPTU78	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	1.26	NO
	CPTU81	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	0.89	NO
	CPTU82	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	1.52	NO
	CPTUL19	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	1.81	NO
	CPTUL20	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	3.64	NO
ZO7	CPTU83	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	5.18	SI
	CPTU84	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	0.84	NO
	CPTU85	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	0.38	NO
	CPTUL21	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	3.47	NO

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTU86	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	3.90	NO
	CPTU383	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	1.24	NO
	CPTU384	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	2.20	NO
	CPTU385	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	5.35	SI
	CPTU386	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	3.39	NO
	CPTU87	100	IV	C	San Possidonio (MO)	0.5	5.50	0.326	2.88	NO
	CPTU88	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	2.97	NO
	CPTU89	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.13	NO
	CPTU90	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	1.20	NO
	CPTU91	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.15	NO
	CPTU92	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.88	NO
	CPTU93	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	3.30	NO
	CPTU94	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	1.71	NO
	CPTU95	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	2.94	NO
	CPTU96	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	3.00	NO
	CPTU97	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.42	NO
	CPTU98	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	2.00	NO
	CPTU99	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	1.91	NO
	CPTU100	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.36	NO
	CPTU101	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	2.99	NO
	CPTU102	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.74	NO
	CPTU103	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.02	NO
	CPTU104	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.20	NO
ZO8	CPTU105	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	1.32	NO
	CPTU305	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.58	NO
	CPTU106	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.08	NO
	CPTU107	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	0.74	NO
	CPTU108	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	2.37	NO
	CPTU110	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	4.75	NO
	CPTU109	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	3.29	NO
	CPTU111	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	1.59	NO
	CPTUL22	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	1.84	NO
	CPTU312	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	3.65	NO
	CPTU112	100	IV	C	Mirandola (MO)	0.5	5.50	0.328	12.89	SI

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
ZO9	CPTUL23	100	IV	C	Mirandola (MO)	1.5	5.50	0.328	3.22	NO
	CPTU113	100	IV	C	Mirandola (MO)	1.5	5.50	0.328	2.06	NO
	CPTUL24	100	IV	C	Mirandola (MO)	1.5	5.50	0.328	3.30	NO
	CPTU114	100	IV	C	Mirandola (MO)	1.5	5.50	0.328	5.79	SI
	CPTU115	100	IV	C	Mirandola (MO)	1.5	5.50	0.328	3.74	NO
	CPTU116	100	IV	C	Mirandola (MO)	1.5	5.50	0.328	6.17	SI
	CPTUL25	100	IV	C	Mirandola (MO)	1.5	5.50	0.328	6.05	SI
	CPTU117	100	IV	C	Mirandola (MO)	1.5	5.50	0.328	3.04	NO
	CPTU118	100	IV	C	Medolla (MO)	1.5	5.50	0.342	4.36	NO
	CPTU119	100	IV	C	Medolla (MO)	1.5	5.50	0.342	1.18	NO
	CPTU120	100	IV	C	Medolla (MO)	1.5	5.50	0.342	2.47	NO
	CPTU121	100	IV	C	Medolla (MO)	1.5	5.50	0.342	1.29	NO
ZO10	CPTU122	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.5	5.50	0.344	0.87	NO
	CPTU123	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.47	NO
	CPTU124	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	0.60	NO
	CPTUL26	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	3.90	NO
	CPTU125	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	1.53	NO
	CPTU126	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	2.50	NO
	CPTU128	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.09	NO
	CPTU127	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	6.02	SI
	CPTU129	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	1.22	NO
	CPTU130	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	1.21	NO
	CPTU131	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	3.97	NO
ZO11	CPTU132	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	2.93	NO
	CPTU134	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	0.5	5.50	0.344	2.89	NO
	CPTU133	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	0.5	5.50	0.344	2.48	NO
	CPTU135	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	0.5	5.50	0.344	2.07	NO
	CPTU201	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	0.5	5.50	0.344	1.36	NO



ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTU202	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	0.5	5.50	0.344	3.72	NO
	CPTU203	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	0.5	5.50	0.344	2.69	NO
ZO12	CPTU204	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	2.59	NO
	CPTU205	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	1.46	NO
	CPTU206	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	0.11	NO
	CPTU207	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	0.76	NO
	CPTU209	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	2.76	NO
	CPTU210	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	0.40	NO
	CPTU211	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	0.66	NO
	CPTUL28	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	1.42	NO
	CPTU212	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	7.14	SI
	CPTUL29	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.41	NO
	CPTUL30	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	8.75	SI
	CPTU213	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	5.66	SI
	CPTU214	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	6.04	SI
	CPTUL31	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	7.18	SI
	CPTU215	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.27	NO
	CPTU216	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.14	NO
CPTU218	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	2.59	NO	
ZO13	CPTU222	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	1.68	NO
	CPTU217	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	6.09	SI
	CPTU219	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	7.10	SI
	CPTUL35	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	8.61	SI
	CPTUL36	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.83	NO

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTUL37	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.34	NO
	CPTUL38	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	8.01	SI
	CPTUL39	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	3.21	NO
	CPTUL40	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	12.51	SI
	CPTU220	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.44	NO
	CPTV50	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.65	NO
	CPTV51	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.88	NO
	CPTV52	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	10.35	SI
	CPTV53	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	8.39	SI
	CPTUV54	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	13.43	SI
	CPTUV56	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	9.75	SI
	CPTU223	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	4.90	NO
	CPTU227	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	13.02	SI
	CPTU228	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	11.65	SI
	CPTU527	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	13.02	SI
	CPTU528	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	15.22	SI
	CPTU229	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1.0	5.50	0.344	5.00	SI
	CPTU224	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	4.37	NO
	CPTU225	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	6.17	SI
	CPTU226	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	11.64	SI
	CPTUL 42	100	IV	C	Finale Emilia (MO)		5.50	0.341	11.22	SI
	CPTU230	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	0.42	NO
	CPTU231	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	0.34	NO
	CPTU901	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	5.33	SI

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
ZO14	CPTUL043	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1	5.50	0.341	0.80	NO
	CPTU902	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	9.16	SI
	CPTUL044	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1	5.50	0.341	1.08	NO
	CPTUL045	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1	5.50	0.341	0.03	NO
	CPTUL046	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1	5.50	0.341	5.98	SI
	CPTUL047	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1	5.50	0.344	0.15	NO
	CPTUV57	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1	5.50	0.344	2.09	NO
	CPTUL048	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1	5.50	0.344	1.17	NO
	CPTUL49	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1	5.50	0.344	4.89	NO
	CPTUL50	100	IV	C	San Felice sul Panaro (MO)	1	5.50	0.344	6.09	SI
	CPTU232	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.374	0.08	NO
	CPTU233	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.374	0.43	NO
	CPTU234						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU235	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.374	2.29	NO
	CPTU236	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	3.36	NO
	CPTU237	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	2.77	NO
CPTU239	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	1.0	5.50	0.341	1.84	NO	
ZO15	CPTU238						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU240						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU242	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	0.02	NO
	CPTU241	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	0.10	NO
	CPTU243						ESCLUSA		0.00	NO
ZO16	CPTU244						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU245	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	3.02	NO
	CPTUV014	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	1.40	NO
	CPTUV015	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	1.30	NO

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?	
	CPTUV016	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	2.91	NO	
	CPTUV017	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	15.16	SI	
	CPTU246	100	IV	C			ESCLUSA		0.00	NO	
	CPTU247	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	2.40	NO	
	CPTU248	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	0.39	NO	
	CPTU249	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	6.66	SI	
	CPTU250	100	IV	C	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.341	0.58	NO	
ZO17	CPTU251	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	3.68	NO	
	CPTU252	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	1.67	NO	
	CPTUV018	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	1.81	NO	
	CPTUV019	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	3.17	NO	
	CPTUV020	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	0.00	NO	
	CPTUV021	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	0.40	NO	
	CPTUV022	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	0.61	NO	
	CPTU552						ESCLUSA		0.00	NO	
	CPTU553						ESCLUSA		0.00	NO	
	CPTU554				D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	0.96	NO
	CPTU555						ESCLUSA		0.00	NO	
	CPTU556				D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	1.09	NO
ZO18	CPTU557						ESCLUSA		0.00	NO	
	CPTU558	100	IV	D	Finale Emilia (MO)	0.5	5.50	0.374	1.48	NO	
	CPTUL-051	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	7.35	SI	
	CPTUL-052	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	0.21	NO	
	CPTU559	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	11.61	SI	
	CPTUL-053	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	0.17	NO	
	CPTUL-054	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	0.95	NO	
	CPTU903	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	8.04	SI	
	CPTU560	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	3.08	NO	
CPTU561	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	4.68	NO		

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTU562	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	4.25	NO
	1FE-CPTU2	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	5.12	SI
	CPTU563	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	11.67	SI
	CPTU904	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	3.33	NO
	CPTUL-060	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	11.81	SI
	CPTUL-061	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	2.06	NO
	CPTUL-059	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	2.91	NO
	CPTUL-062	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	2.28	NO
	CPTUL-063	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	7.87	SI
	CPTUL-064	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	1.25	NO
	CPTUL-065	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	4.73	NO
	CPTUL-066	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	3.36	NO
	CPTUL-067	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	6.54	SI
	CPTUL-068	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	1.95	NO
	CPTU564	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	5.47	SI
	1FE-CPTU1	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	13.99	SI
	CPTU566	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	3.54	NO
	CPTU565	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	2.78	NO
	CPTU567	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	1.72	NO
	CPTU568	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	1.62	NO
	CPTU569	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	2.80	NO
	CPTU570	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	1.19	NO
	CPTUV23	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	0.46	NO
	CPTUV24	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	0.36	NO
	CPTU571	100	IV	D	Cento (FE)	0.5	5.50	0.378	0.10	NO
ZO A	CPTU279						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU280						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU284						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU285	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	1.85	NO
	CPTU286	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	1.24	NO
	CPTU287	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	1.25	NO
	CPTUV25	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	3.33	NO
	CPTUV26	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	2.65	NO
	CPTUV27	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	3.16	NO
	CPTU288	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.00	NO
	CPTU289							ESCLUSA		0.00

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTU290						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU291						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU292						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU294	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	3.62	NO
	CPTU401	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	2.34	NO
	CPTL-069	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.84	NO
	CPTL-070	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	3.04	NO
	CPTL-071	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	4.41	NO
	CPTUV28	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.61	NO
	CPTUV29	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.00	NO
	CPTUV30	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.93	NO
	CPTUV33	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	1.28	NO
	CPTUV34	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	7.88	SI
	CPTUV35	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	17.36	SI
	CPTUV36	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	2.82	NO
	CPTUV37	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.40	NO
	CPTUV38	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.26	NO
	SCPTUV39	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.43	NO
	CPTUV40	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.25	NO
	CPTU402	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	5.88	SI
	CPTU603	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	2.74	NO
	CPTU604	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.24	NO
	CPTU905	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	1.82	NO
	CPTU906	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	17.87	SI
	CPTU907	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	8.56	SI
	CPTU607	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.83	NO
	CPTU606	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.75	NO
	CPTU605	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.11	NO
	CPTU608	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	3.00	NO
	CPTUV-041	100	IV	D	S. Agostino - Mirabello (FE)	1.0	5.50	0.376	0.77	NO

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTUL-072	100	IV	D	S.Agostino - Mirabello (FE)	1.0	5.50	0.376	0.66	NO
	CPTUL-073	100	IV	D	S.Agostino - Mirabello (FE)	1.0	5.50	0.376	0.95	NO
	CPTUL-074	100	IV	D	S.Agostino - Mirabello (FE)	1.0	5.50	0.376	1.82	NO
	CPTUL-075	100	IV	D	S.Agostino - Mirabello (FE)	1.0	5.50	0.376	0.90	NO
	CPTUL-076	100	IV	D	S.Agostino - Mirabello (FE)	1.0	5.50	0.376	0.69	NO
	CPTUL-077	100	IV	D	S.Agostino - Mirabello (FE)	1.0	5.50	0.376	0.68	NO
	CPTUL-078	100	IV	D	S.Agostino - Mirabello (FE)	1.0	5.50	0.376	0.48	NO
	CPTU609	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	3.87	NO
	CPTU610	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	0.70	NO
	CPTU611	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	3.73	NO
	CPTU412	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	7.83	SI
	CPTU413	100	IV	D	S. Agostino (FE)	1.0	5.50	0.376	8.76	SI
	CPTU612	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	1.80	NO
	CPTU613	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	2.44	NO
	CPTU614	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	1.11	NO
	CPTU615	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	1.49	NO
	CPTU422						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU421	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	0.72	NO
	CPTU616	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	1.92	NO
	CPTU617	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	1.14	NO
	CPTU618	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	2.34	NO
	CPTU415	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	2.67	NO

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTU416	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	1.33	NO
	CPTU417	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	1.24	NO
	CPTUV-042	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	1.48	NO
	CPTUV-043bis	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	0.72	NO
	CPTUV-044	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	0.69	NO
	CPTUV-045	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	0.68	NO
	CPTU418	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	1.29	NO
	CPTU419						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU420						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU619	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	0.34	NO
	CPTU423	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	0.19	NO
	CPTU425	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	0.98	NO
	CPTU622	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	0.69	NO
	CPTU426						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU424						ESCLUSA		0.00	NO
ZO B	CPTU620						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU427						ESCLUSA		0.00	NO
ZO C	CPTU428	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.0	5.50	0.377	0.94	NO
	CPTU429	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	2.0	5.50	0.377	0.58	NO
	CPTU430	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	2.0	5.50	0.377	0.44	NO
	CPTU431						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU432						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU433						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU434						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU435						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU436						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU437	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	2.0	5.50	0.377	0.54	NO
CPTU438	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	2.0	5.50	0.377	0.24	NO	



ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTU439						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU440	100	IV	C	Poggio Renatico (FE)	2.0	5.50	0.347	2.44	NO
ZO D	CPTU441	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.5	5.50	0.377	0.72	NO
	CPTU442	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.5	5.50	0.377	0.63	NO
	CPTU443						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU444	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.5	5.50	0.377	2.66	NO
	CPTUL-080	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.5	5.50	0.377	0.47	NO
	CPTUL-081	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	1.5	5.50	0.377	0.00	NO
	ZO E	CPTUL-082	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	1.53
CPTUL-083		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	0.88	NO
CPTU445		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	11.81	SI
CPTUL-084		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	9.90	SI
CPTUL-085		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	10.04	SI
CPTUL-086		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	10.89	SI
CPTU446		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	15.19	SI
CPTUL-087		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	11.38	SI
CPTUL-088		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	15.78	SI
CPTUL-089		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	8.42	SI
CPTUL-090		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	5.89	SI
CPTUL-091		100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	3.60	NO
ZO F		CPTU447	100	IV	D	Poggio Renatico (FE)	0.5	5.50	0.377	2.36
	CPTU448						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU449						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU450						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU451	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	1.29	NO
	CPTU452						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU453						ESCLUSA		0.00	NO

ZO	n° CPTU	Vita Nominale [anni]	Cl. d'uso	Categ. sottosuolo	Comune	Falda m da p.c.	Magnitudo	a <sub>max</sub> /g	Potenziale di liquefazione (IL)	IL>5?
	CPTUL-092	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	9.55	SI
	CPTUL-093	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	13.15	SI
	CPTU455	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	12.09	SI
	CPTU454	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	0.41	NO
	CPTUV47	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	0.34	NO
	CPTUV48	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	0.33	NO
	CPTUV49	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	0.25	NO
	CPTU456						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU457						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU458	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	0.89	NO
	CPTU459						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU460	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	2.56	NO
	CPTU661	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	0.00	NO
	CPTU461						ESCLUSA		0.00	NO
	CPTU462	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	2.54	NO
	CPTU463	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	1.49	NO
	CPTUL-094	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	3.15	NO
	CPTUL-095	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	0.74	NO
	CPTU465	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	24.43	SI
	CPTU466	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	11.98	SI
	CPTUL-096	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	16.44	SI
	CPTU467	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	8.64	SI
	CPTUL-097	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	7.30	SI
	CPTUL-098	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	9.98	SI
	CPTU469	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	4.86	NO
	CPTU468	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	4.52	NO
	CPTU470	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	7.17	SI
	CPTU471	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	10.14	SI
	CPTUL-099	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	1.43	NO
	CPTUL-100	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	1.01	NO
	CPTUL-101	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	2.46	NO
	CPTUL-102	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	4.75	NO
	CPTUL-103	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	3.63	NO
	CPTUL-104	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	1.22	NO
	CPTUL-105	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	5.98	SI
	CPTU472	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	14.96	SI
	CPTUL106	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	5.37	SI
	CPTUL107	100	IV	D	Ferrara	0.5	5.50	0.361	12.20	SI

Gli Output completi del software LiquefyPro sono consultabili nell'elaborato Rif. [6].

## 4.2. INDIVIDUAZIONE AREE LIQUEFACIBILI CON PGA DA APPROCCIO SEMPLIFICATO NTC2008 (PD2012) E GRAFICI DELLE VERIFICHE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVI DI CIASCUNA AREA LIQUEFACIBILE

Le aree liquefacibili sono state individuate come descritto nell'elaborato Rif. [5].

Sulla base dei suddetti criteri sono state definite 29 aree liquefacibili lungo il tracciato autostradale principale, comprensivo di interconnessione e svincoli, la cui estensione planimetrica è rappresentata nell'elaborato Rif. [6].

Nella Tabella 4-2 sono elencate le aree liquefacibili individuate unitamente a:

- zona omogenea geotecnica di riferimento (vedi Rif. [4] e Rif. [7]);
- eventuali progressive di inizio e fine della zona liquefacibile;
- superficie complessiva dell'area liquefacibile;
- altezza massima di rilevato per ciascun tratto.

**TABELLA 4-2: IDENTIFICAZIONE DELLE ZONE LIQUEFACIBILI E MASSIME ALTEZZE DI RILEVATO IN CIASCUNA ZONA LIQUEFACIBILE.**

ZONA LIQUEFACIBILE	ZONA OMOGENEA	Pk inizio	Pk fine	Superficie [m <sup>2</sup> ]	H <sub>max ril.</sub> [m]
0L – interc. I01	2	I01 0+203	I01 0+311	2 050	4.7
1L – Svincolo S01 <sup>1</sup>	1	Svincolo Rolo-Reggiolo	Svincolo Rolo-Reggiolo	60 300	6.0
2L – interc. I01	1	I01 0+290	I01 0+500	12 400	13.0
3L	3	1+144	1+884	38 300	8.0
4L	4	2+438	2+783	24 250	9.5
5aL	5	5+328	5+768	18 850	2.5
5bL	5 e 6	7+492	8+309	36 750	2.5
6L	6	10+252	10+305	4 650	11.5
7L	6	10+906	11+451	26 900	5.0

<sup>1</sup> Per quanto riguarda l'analisi della zona liquefacibile 1L si rimanda all'elaborato PD\_0\_S01\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di Reggiolo Rolo.

ZONA LIQUEFACIBILE	ZONA OMOGENEA	Pk inizio	Pk fine	Superficie [m <sup>2</sup> ]	H <sub>max ril.</sub> [m]
8L	7	13+075	13+105	1 200	2.5
9L	8	18+426	18+572	8 200	6.0
10L	9	18+750	18+832	5 050	5.5
11L	9	18+962	19+162	12 600	6.5
12aL	12	25+513	25+569	2 300	3.5
12bL	12	25+616	26+199	21 700	2.5
13aL	12 e 13	27+186	27+765	27 050	3.0
13bL – asse autostradale	13	27+824	28+399	80 500	3.0
13bL – Svincolo S03 <sup>2</sup>	13	/	/		9.5
14L	13	28+485	28+947	30 000	9.0
15L	13 e 14	29+162	29+356	13 150	10.0
16L	16	34+721	35+119	29 300	13.0
17aL	18	38+859	39+205	18 100	8.0
17bL	18	39+269	39+364	4 200	5.0
18L	18	40+395	40+852	19 100	4.0
19L	18	40+852	41+170	14 150	2.5
20L – Svincolo S04 <sup>3</sup>	18	/	/	7 550	2.5
21L	A2	48+375	48+502	4 750	3.0
22L	A2	49+892	50+141	18 600 compresivi del sedime di via Luneda (V37)	2.5
23L	A2	51+339	51+438	6 200	5.0
24L	E	58+609	59+817	57 400	3.0
25L – asse autostradale	F	51+524	61+728	56 500	10.0
25L – interc. I02	F	I02	I02		11.0

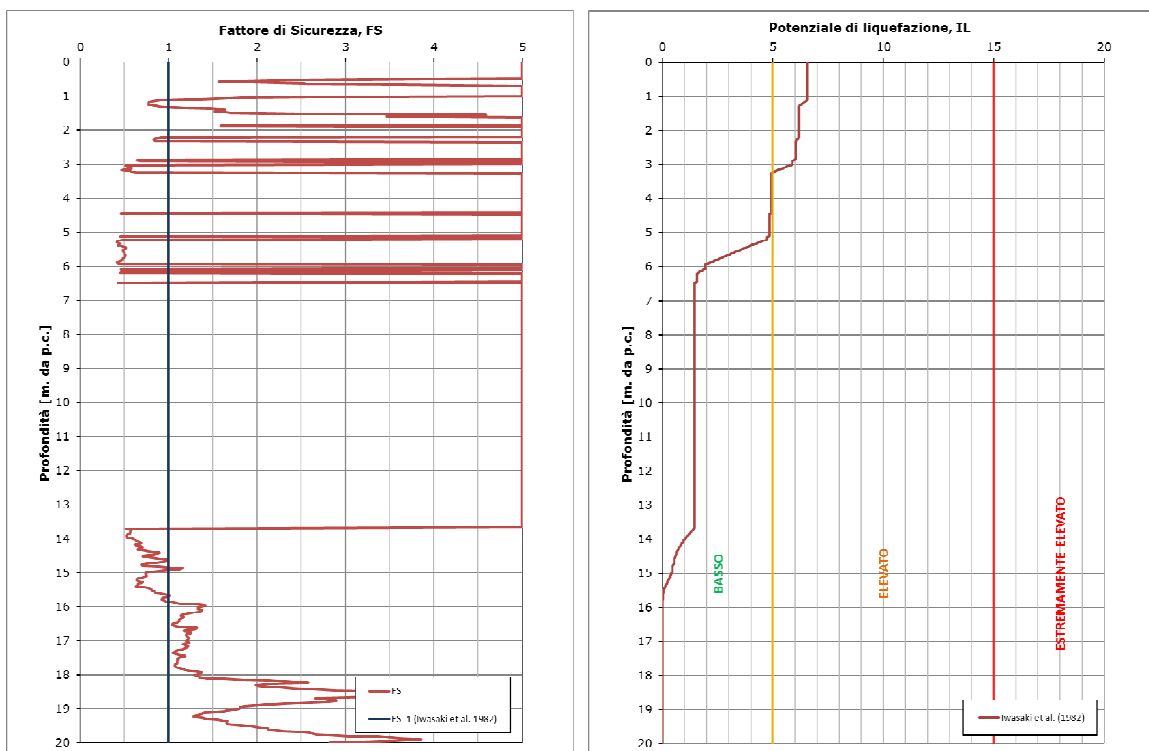
Per ciascuna delle aree identificate è stata considerata rappresentativa dell'intera area la verticale di indagine che ha mostrato il potenziale di liquefazione IL massimo.

<sup>2</sup> Per quanto riguarda l'analisi della zona liquefacibile 13bL-Svincolo S03 si rimanda all'elaborato PD\_0\_S03\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di S. Felice sul Panaro-Finale Emilia.

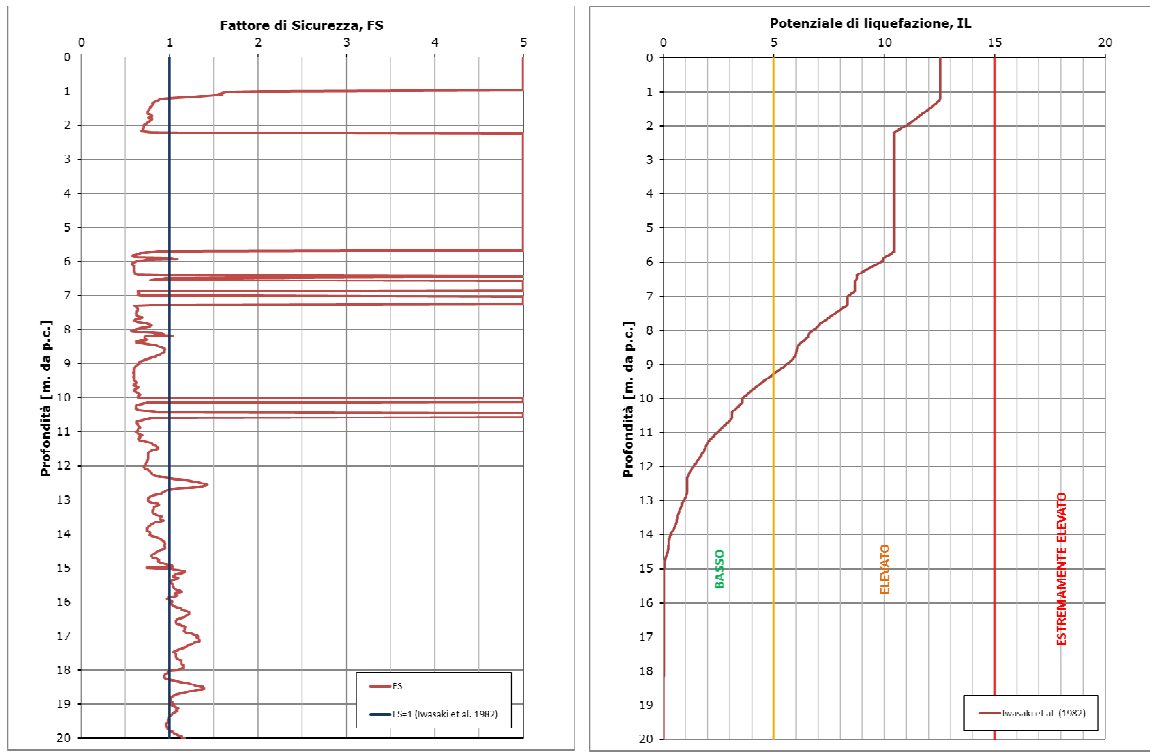
<sup>3</sup> Per quanto riguarda l'analisi della zona liquefacibile 20L-Svincolo S04 si rimanda all'elaborato PD\_0\_S04\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di Cento.

Per tali CPTU si riportano di seguito, in forma grafica, i risultati in termini di:

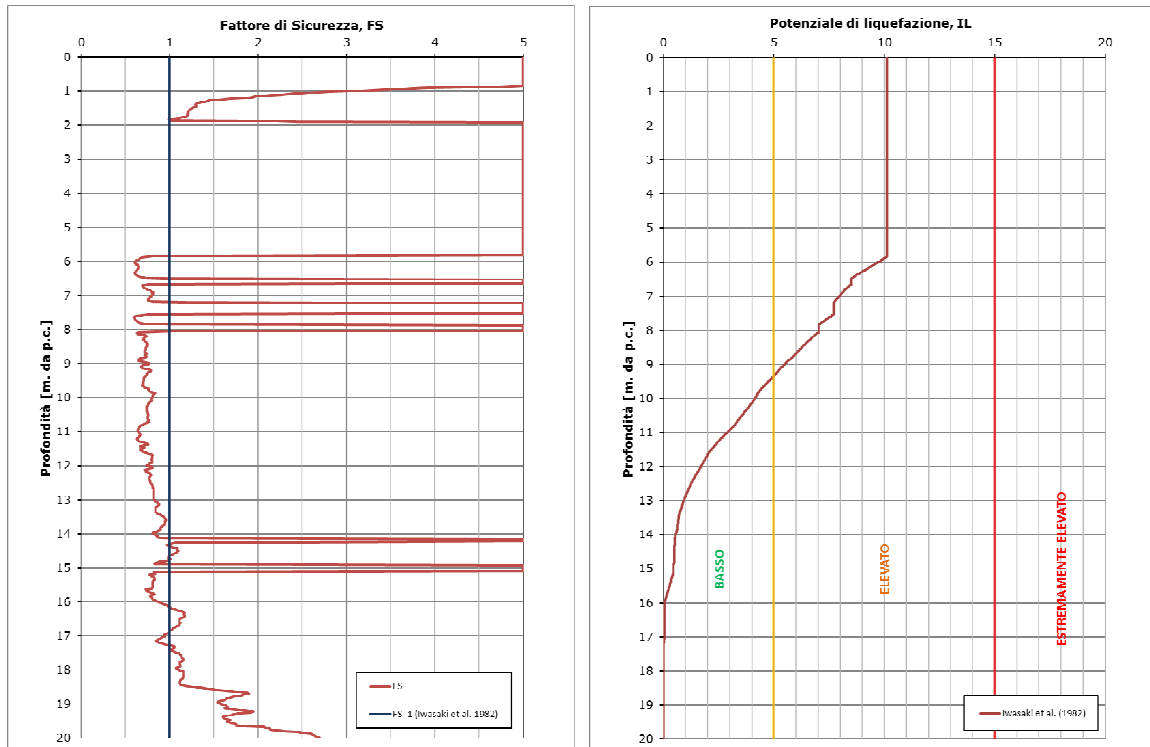
- IL, potenziale di liquefazione;
- FS, coefficiente di sicurezza espresso come rapporto tra rapporto di resistenza ciclica CRR e rapporto di tensione ciclica CSR (per la cui descrizione dettagliata si rimanda all'elaborato Rif. [5]).



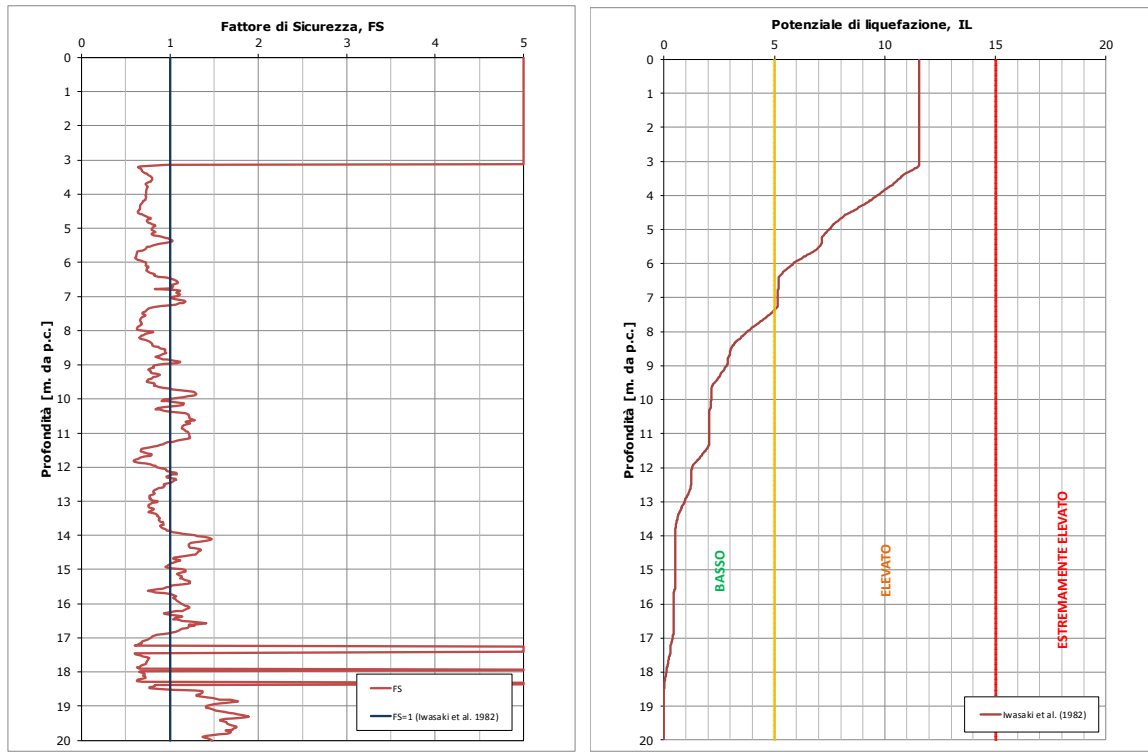
**FIGURA 4-1: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z0L (CPTU V001) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



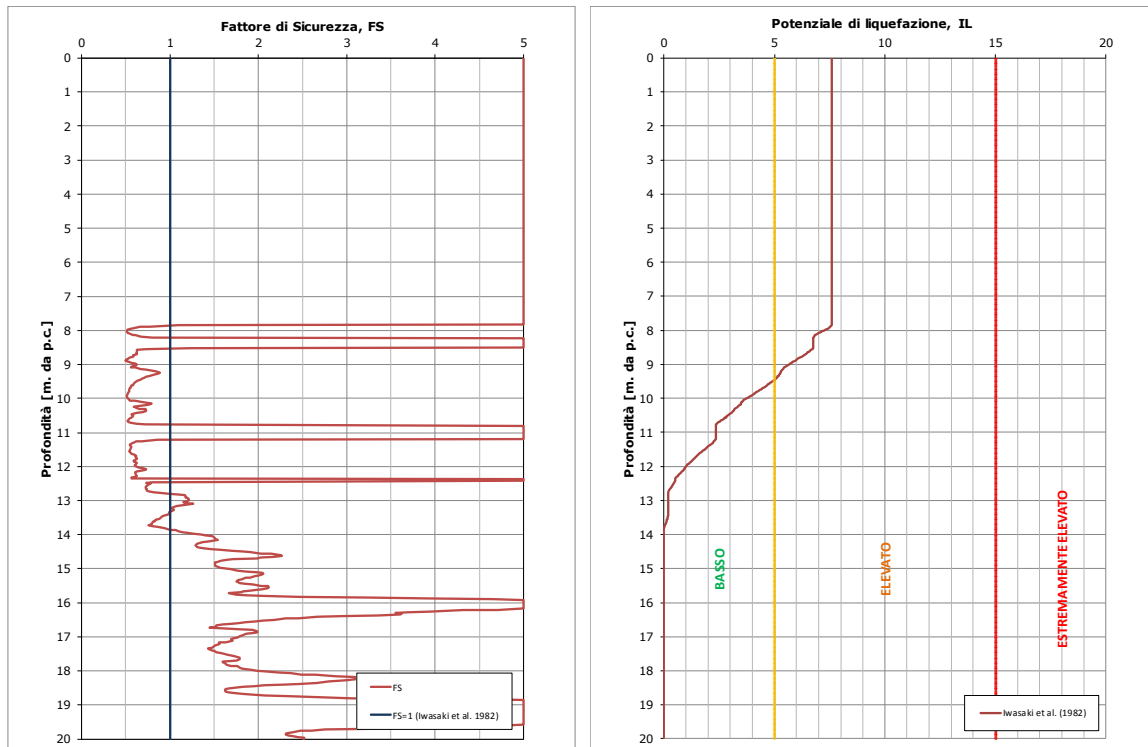
**FIGURA 4-2: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z1L (CPTU 005) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



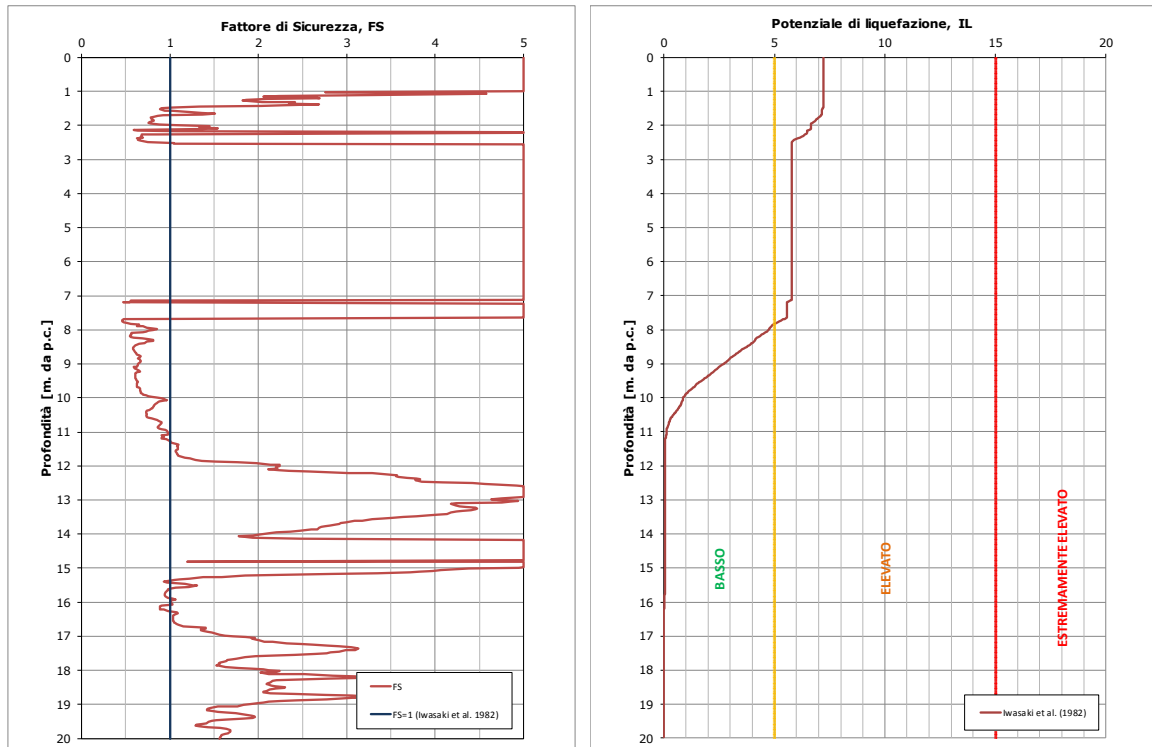
**FIGURA 4-3: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z2L (CPTU 012) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



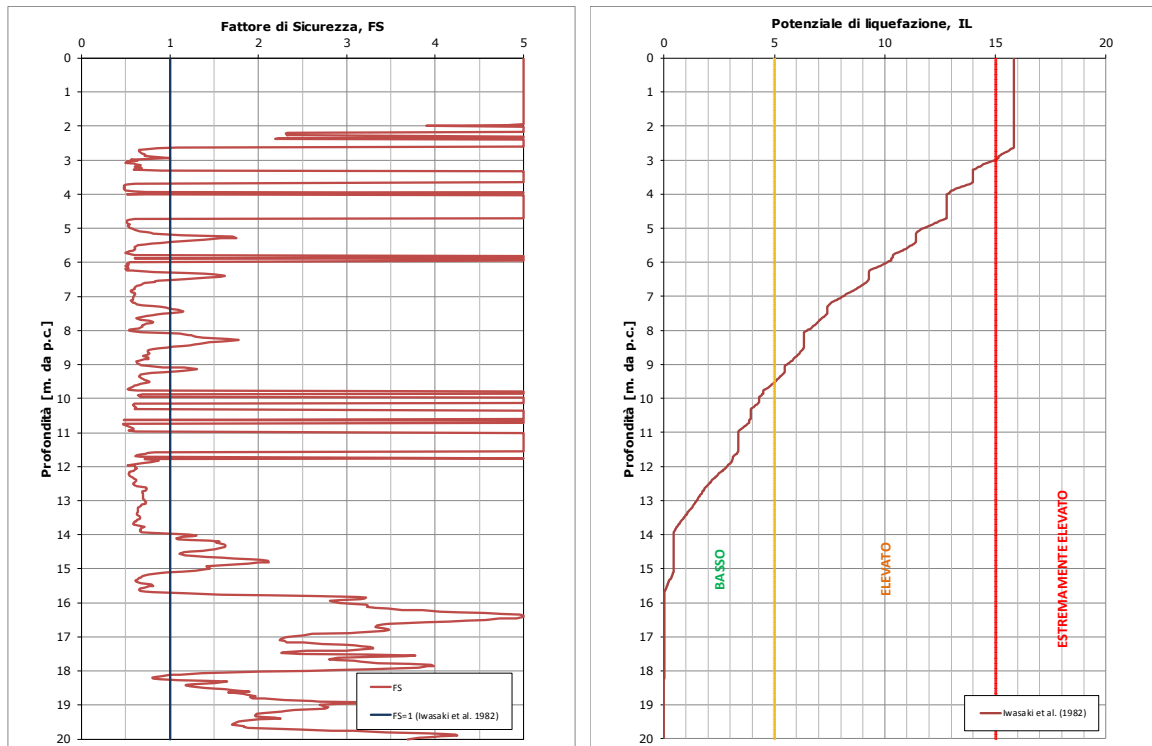
**FIGURA 4-4: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z3L (CPTU L011) con ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



**FIGURA 4-5: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z4L (CPTU L012) con ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**

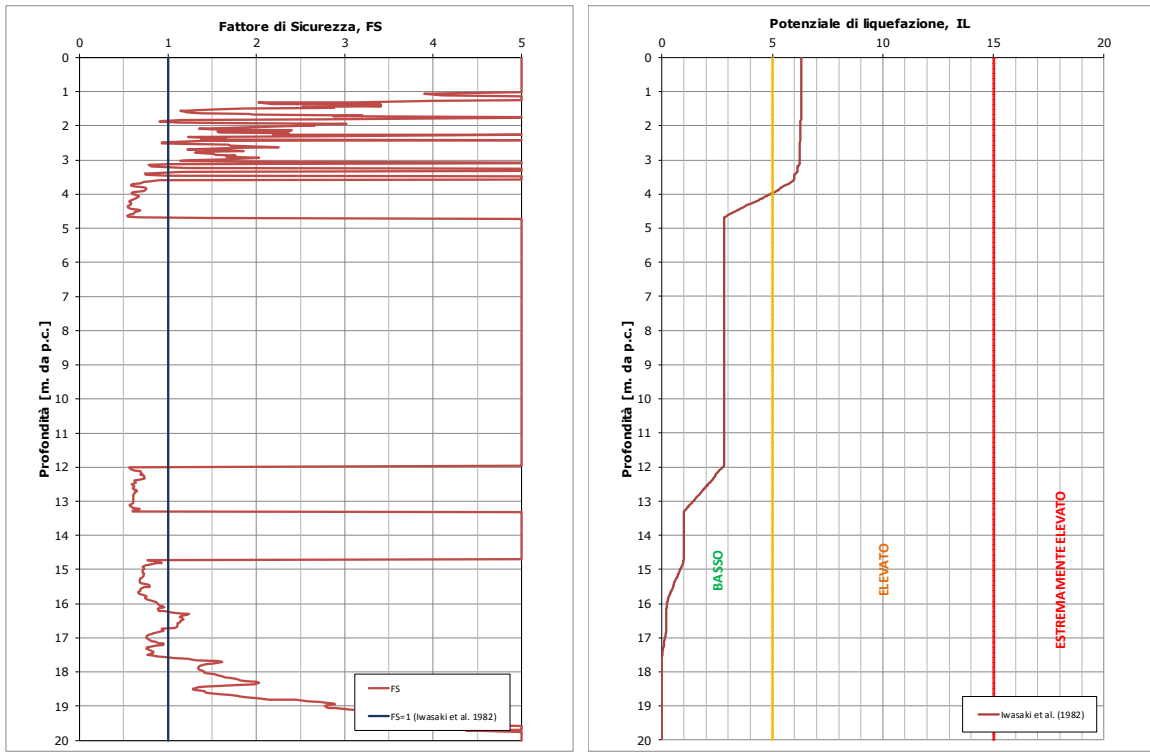


**FIGURA 4-6: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z5AL (CPTU V05) con ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**

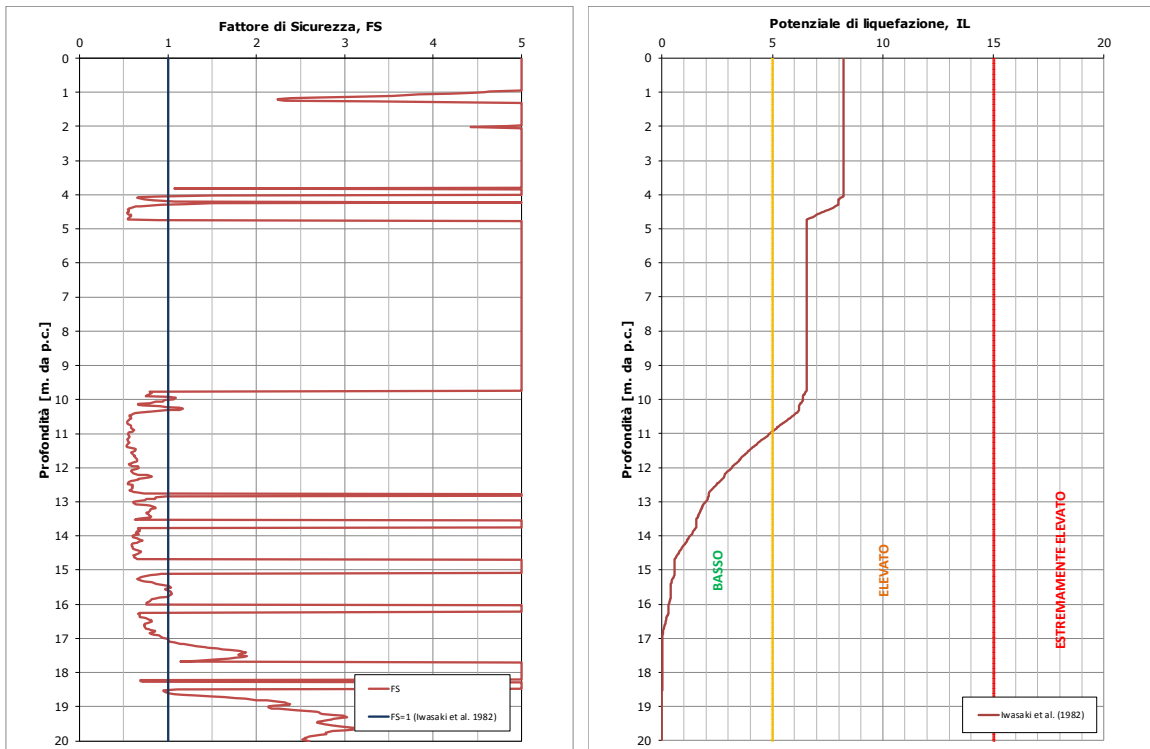


**FIGURA 4-7: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z5BL (CPTU V13) con ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**

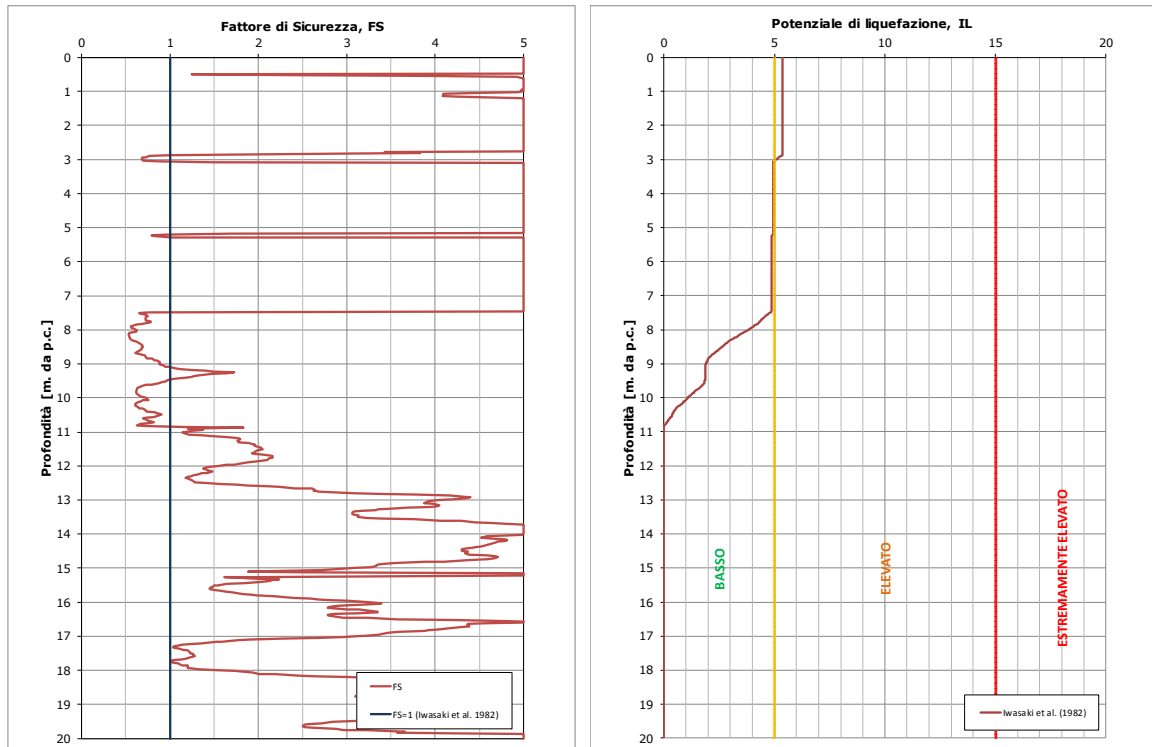




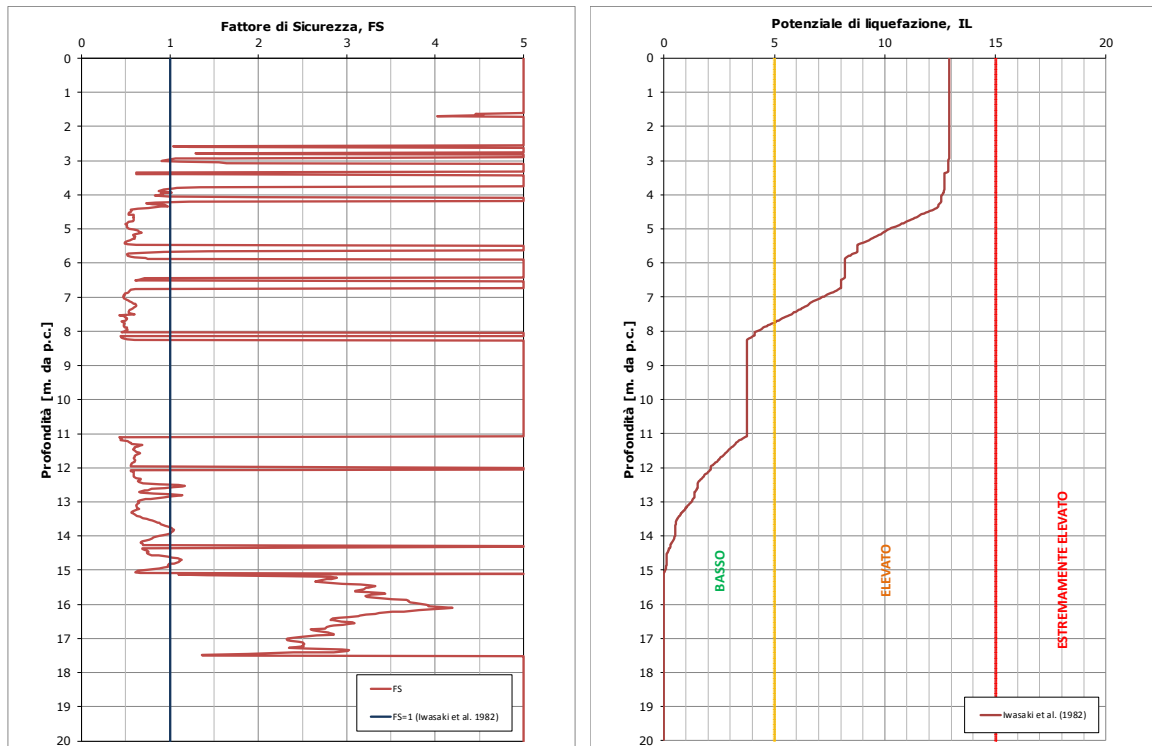
**FIGURA 4-8: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z6L (CPTU 63) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



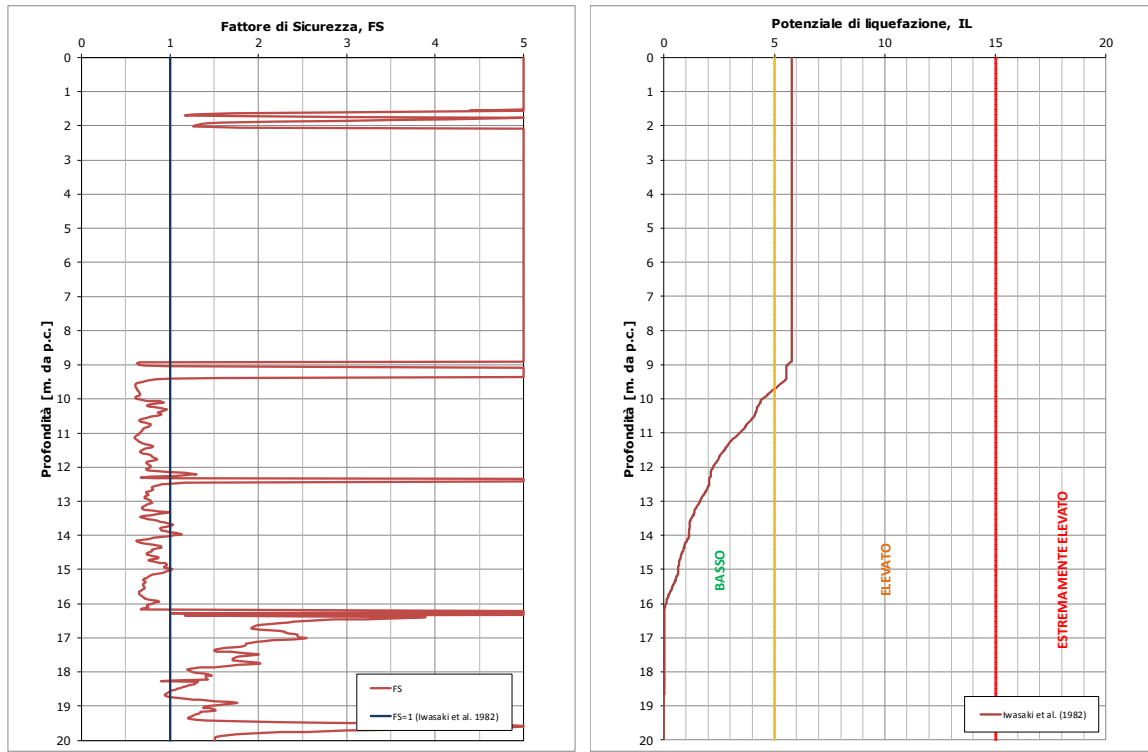
**FIGURA 4-9: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z7L (CPTU 73) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



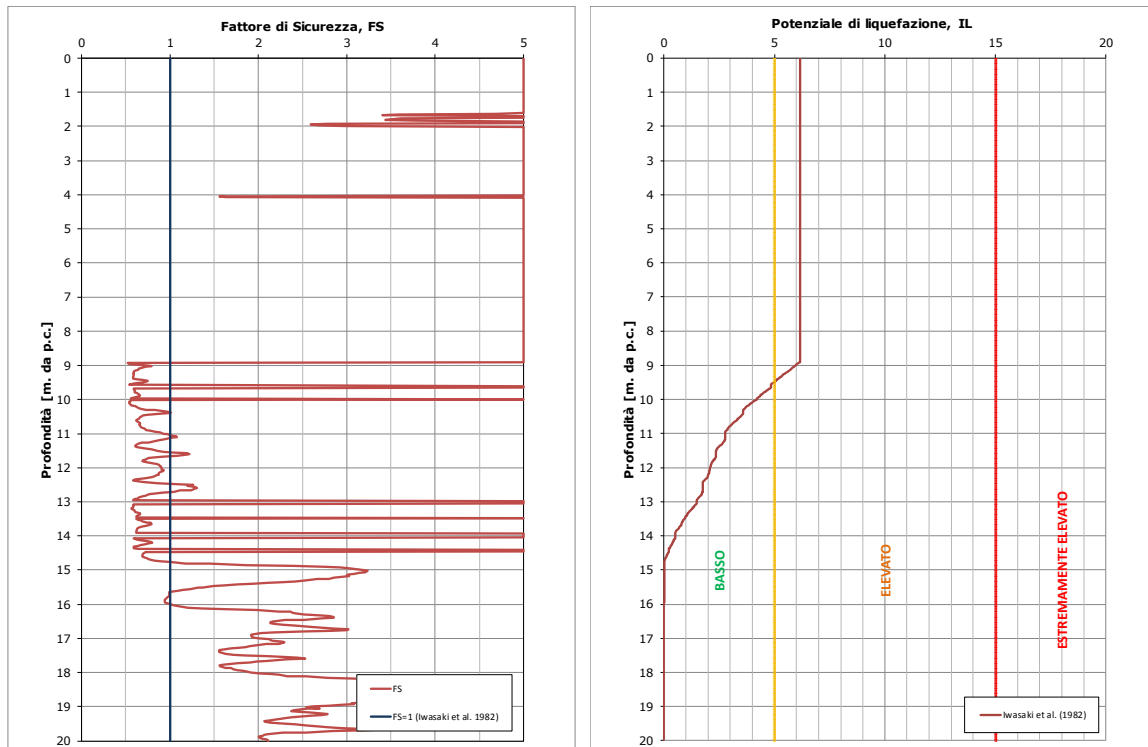
**FIGURA 4-10: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z8L (CPTU 385) con ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



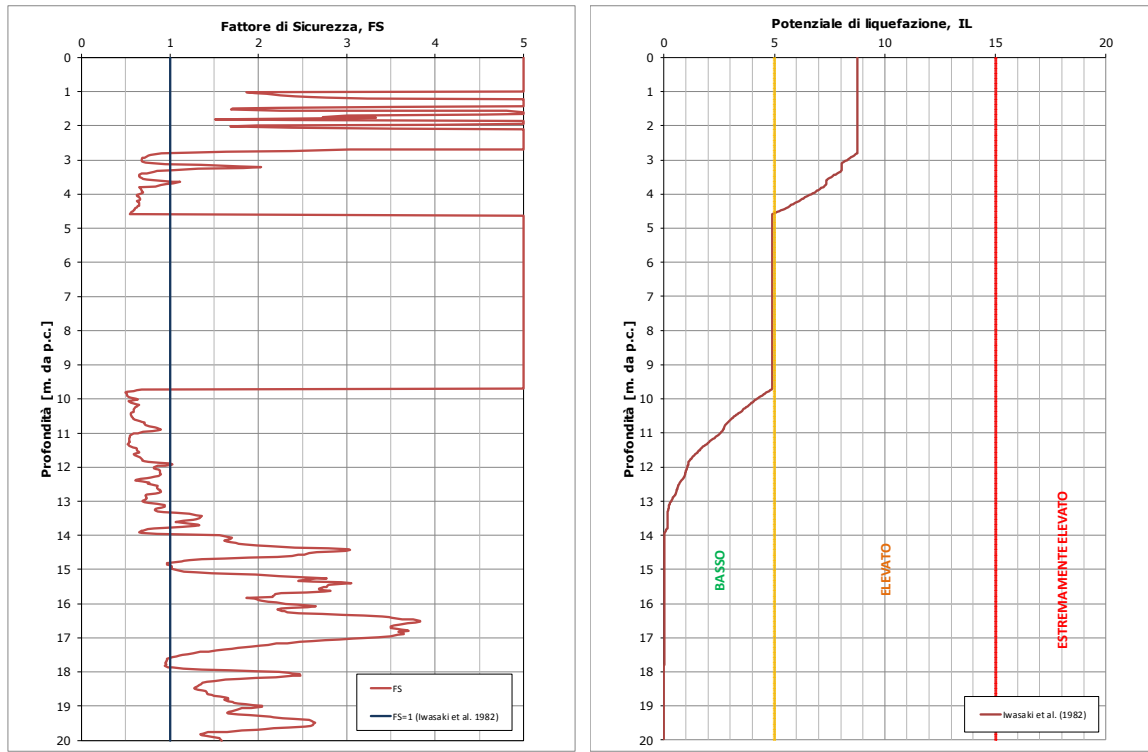
**FIGURA 4-11: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z9L (CPTU 112) con ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



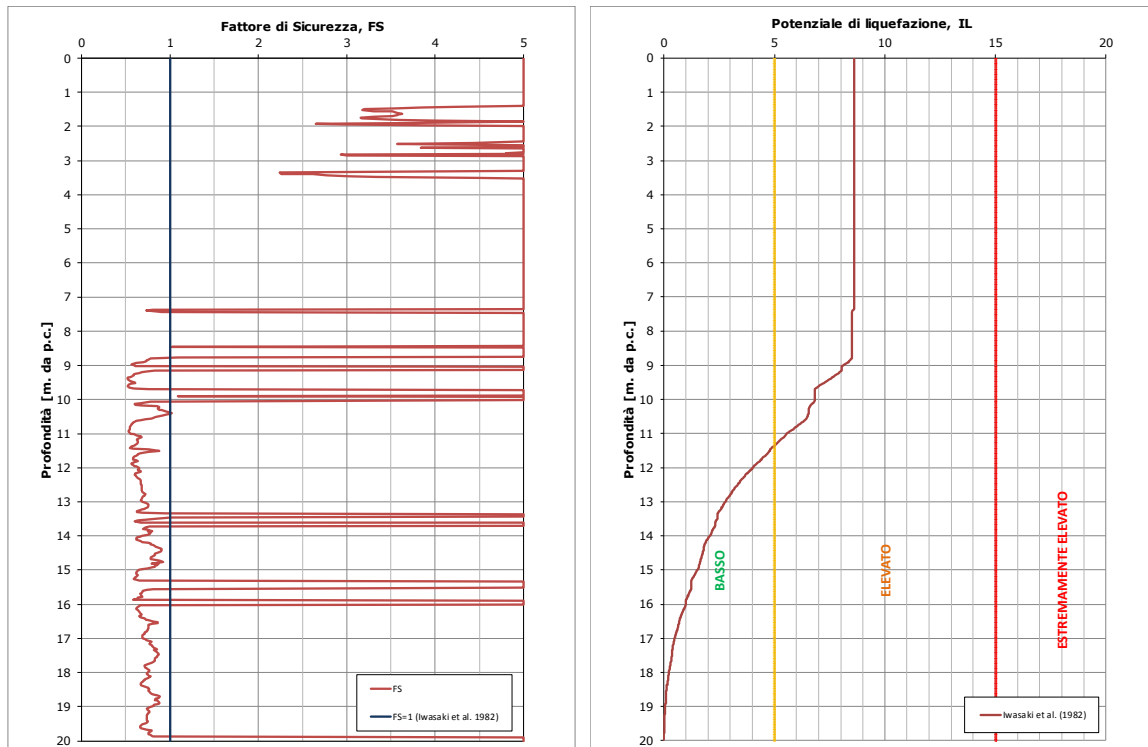
**FIGURA 4-12: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z10L (CPTU 114) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



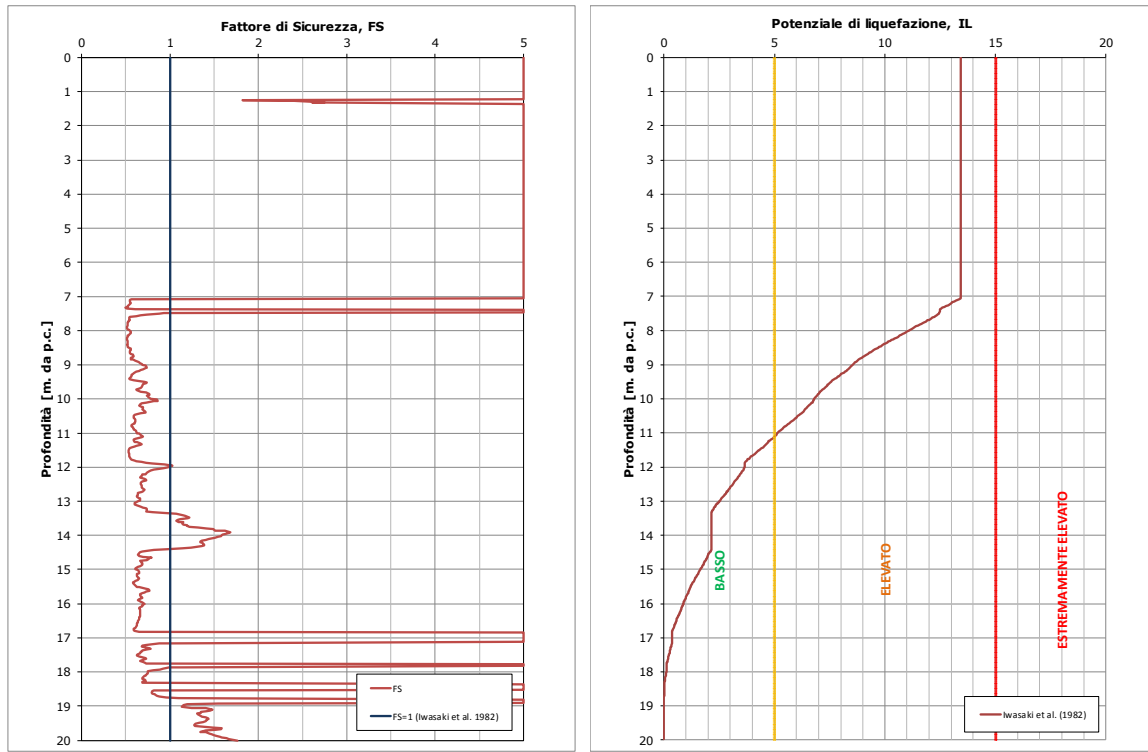
**FIGURA 4-13: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z11L (CPTU 116) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



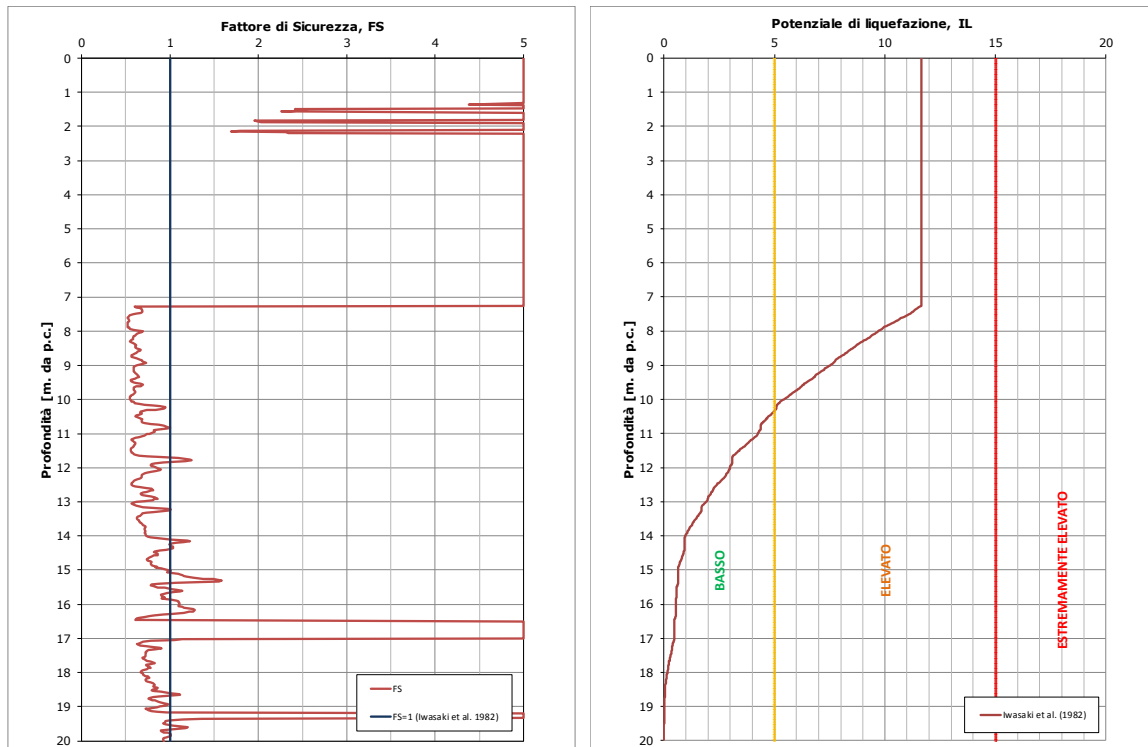
**FIGURA 4-14: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z12AL E 12BL (CPTU L030) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



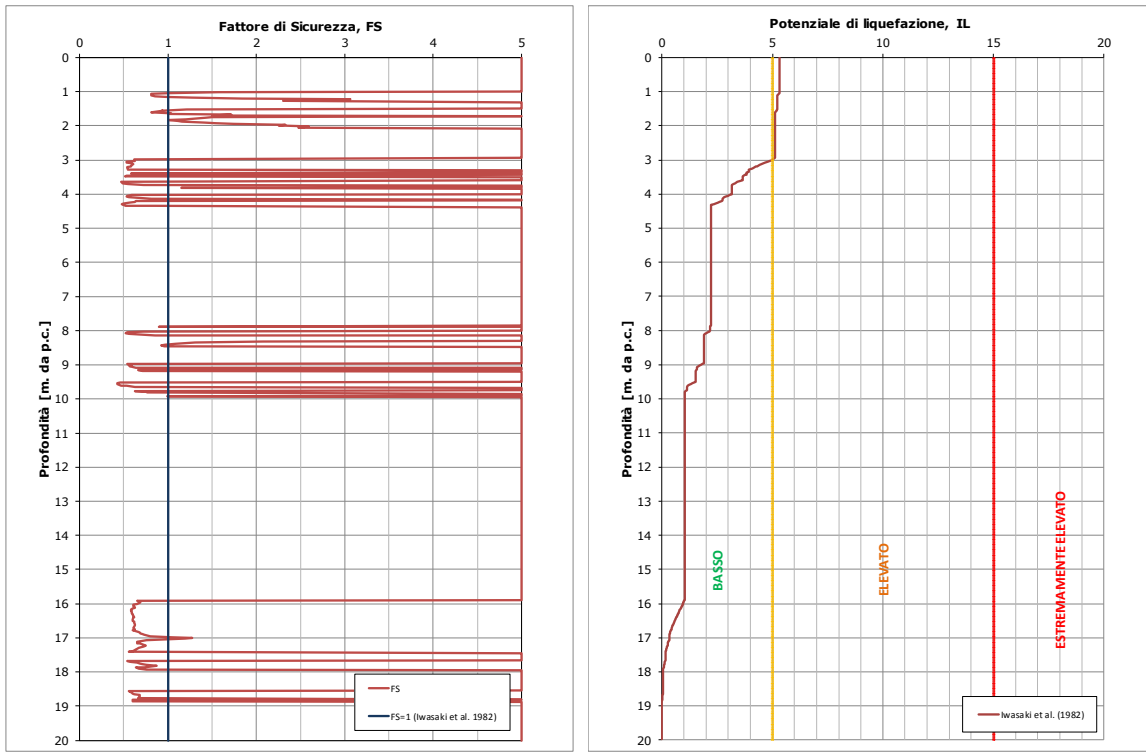
**FIGURA 4-15: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z13AL (CPTU L35) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



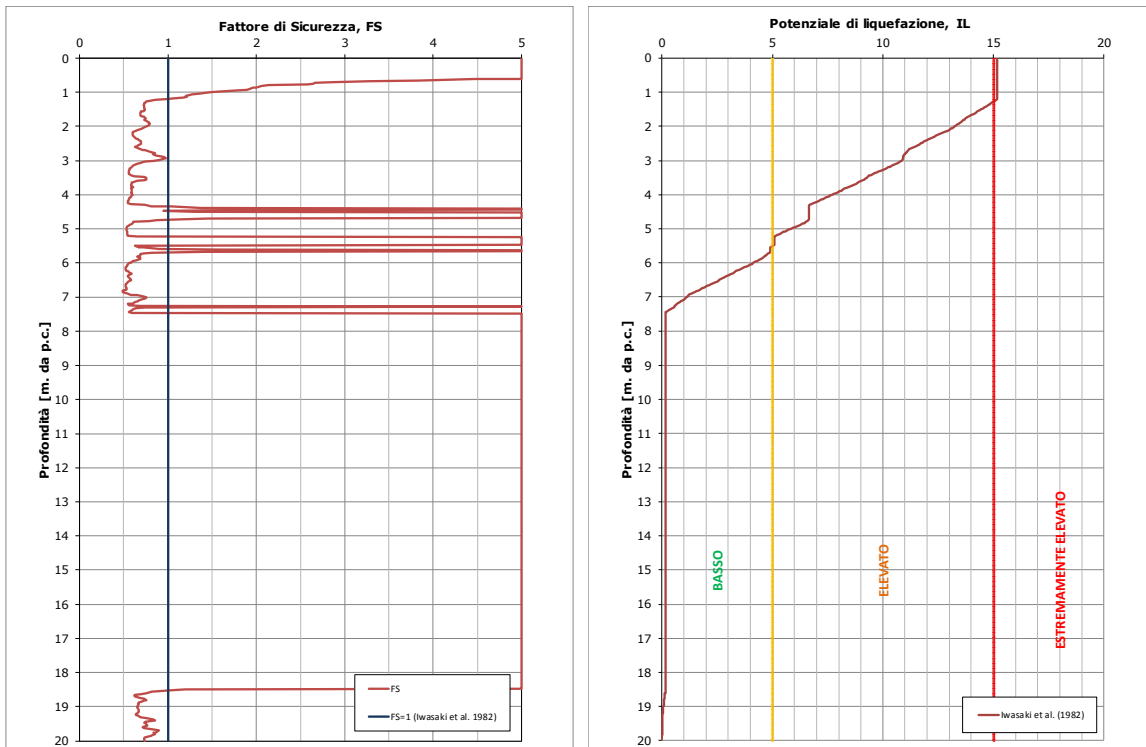
**FIGURA 4-16: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z13bL (CPTU V054) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



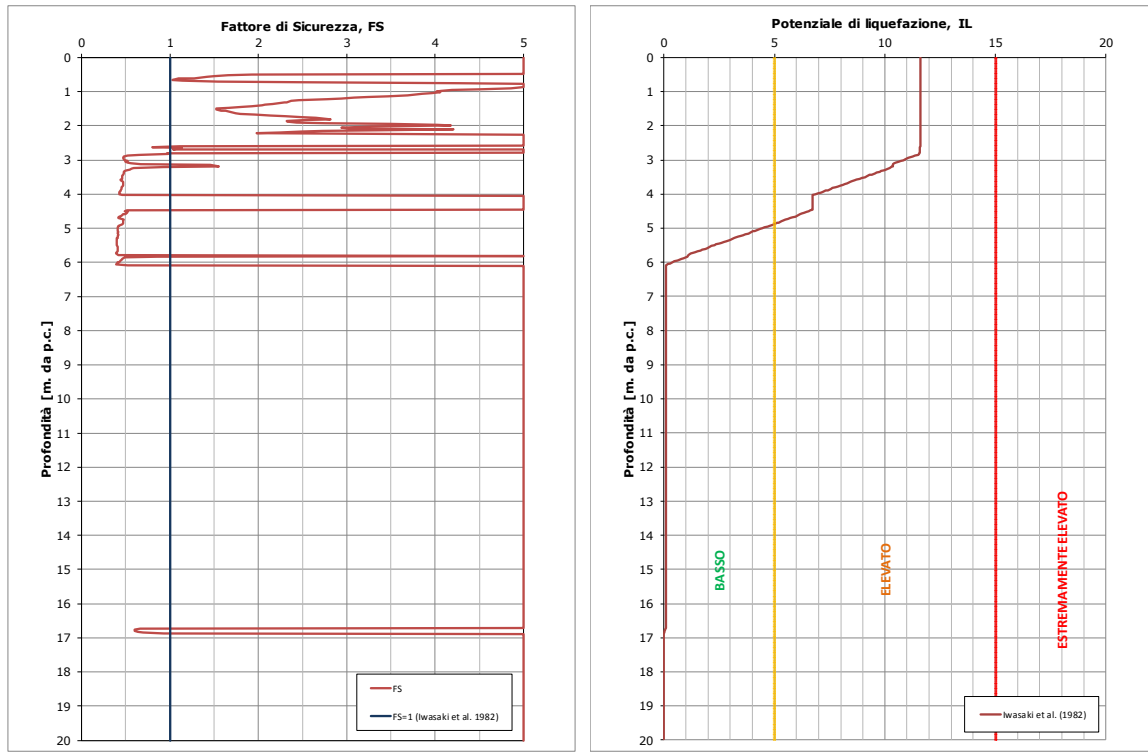
**FIGURA 4-17: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z14L (CPTU 226) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



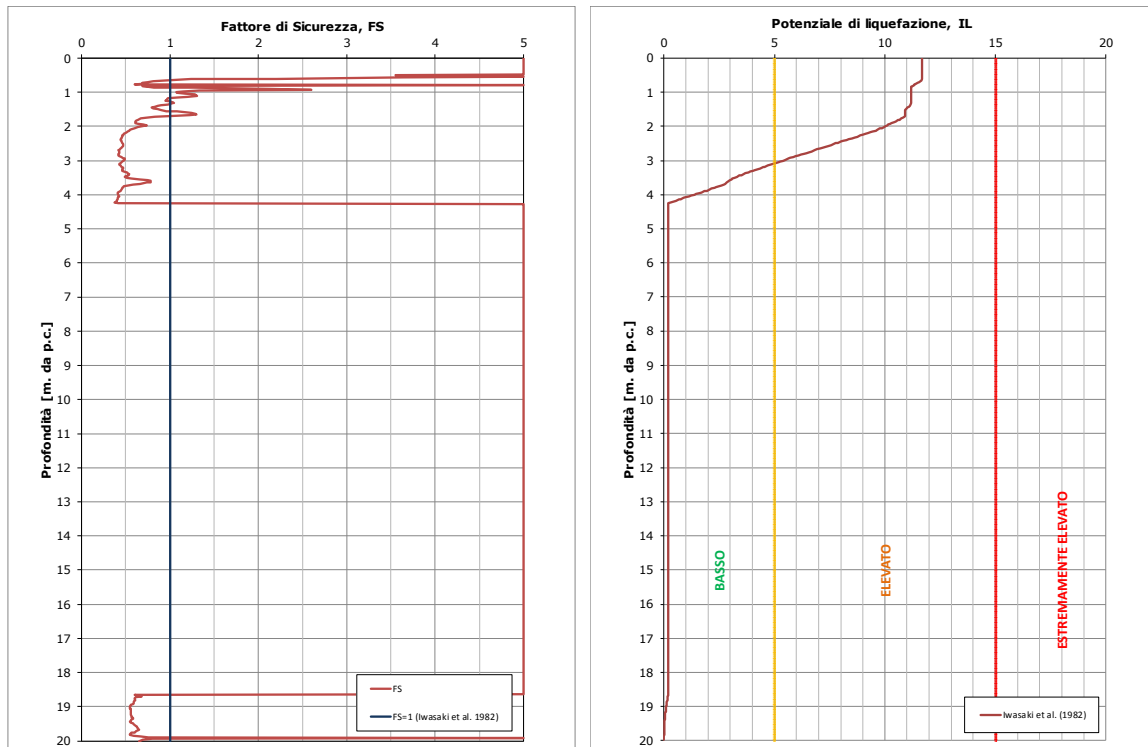
**FIGURA 4-18: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z15L (CPTU 901) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



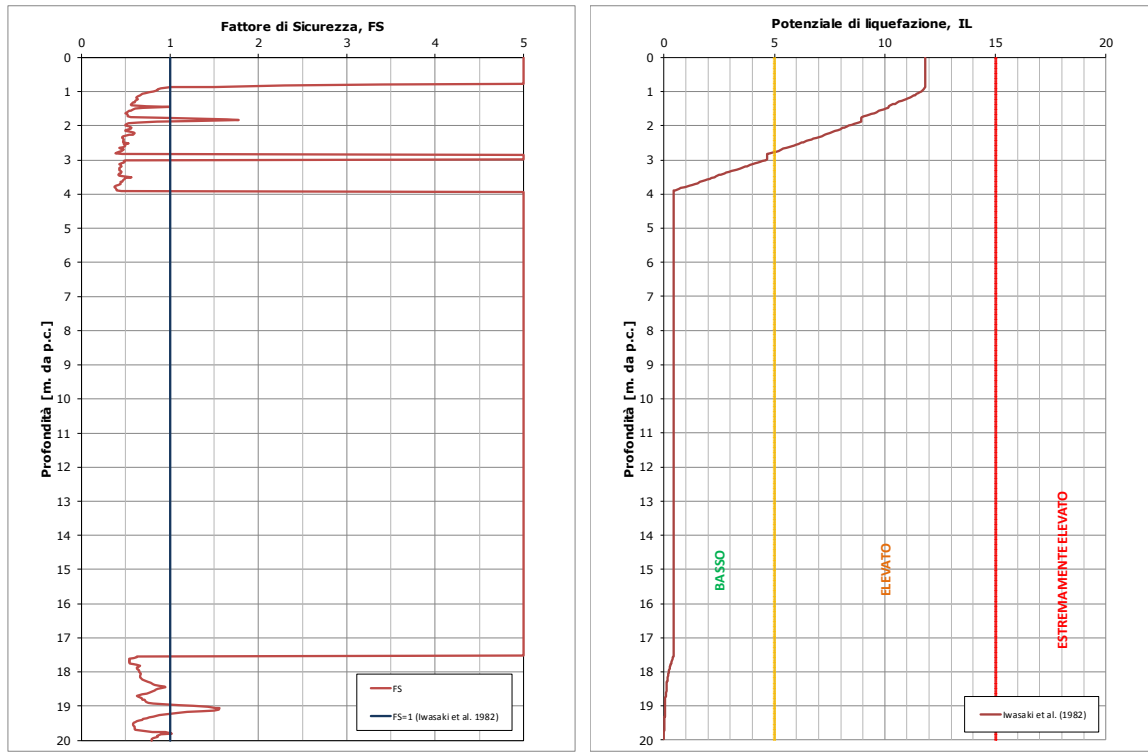
**FIGURA 4-19: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z16L (CPTU V017) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



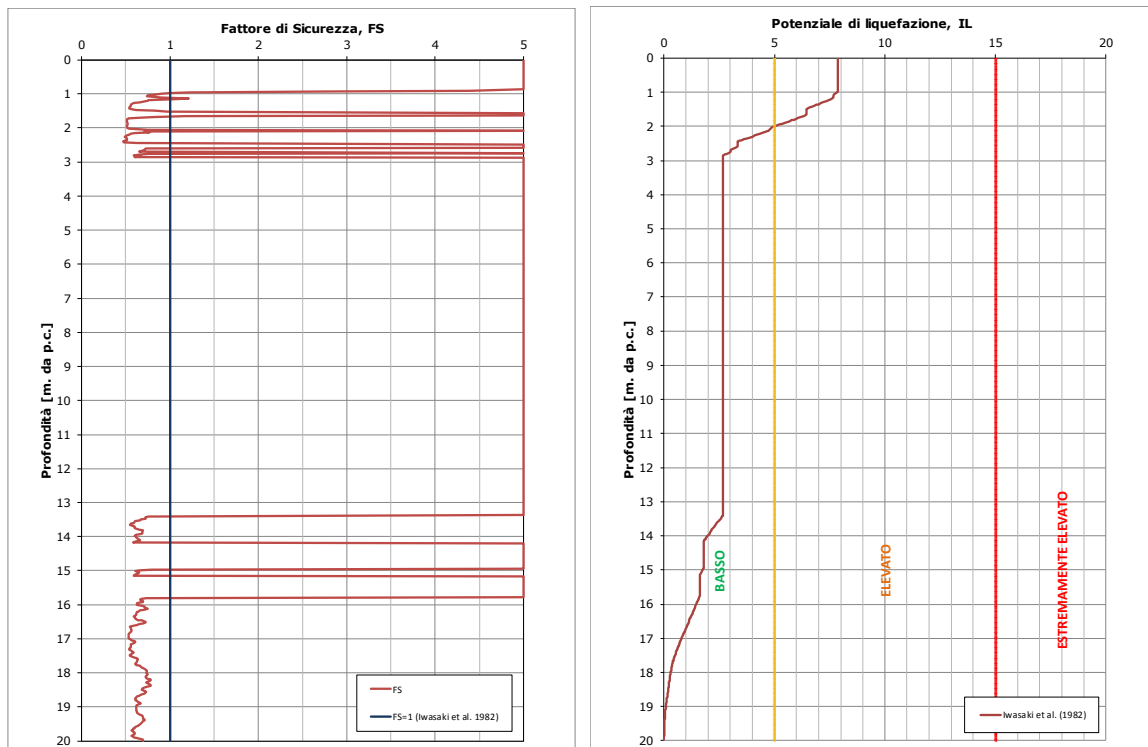
**FIGURA 4-20: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z17aL E Z17bL (CPTU 559) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



**FIGURA 4-21: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z18L (CPTU 563) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**

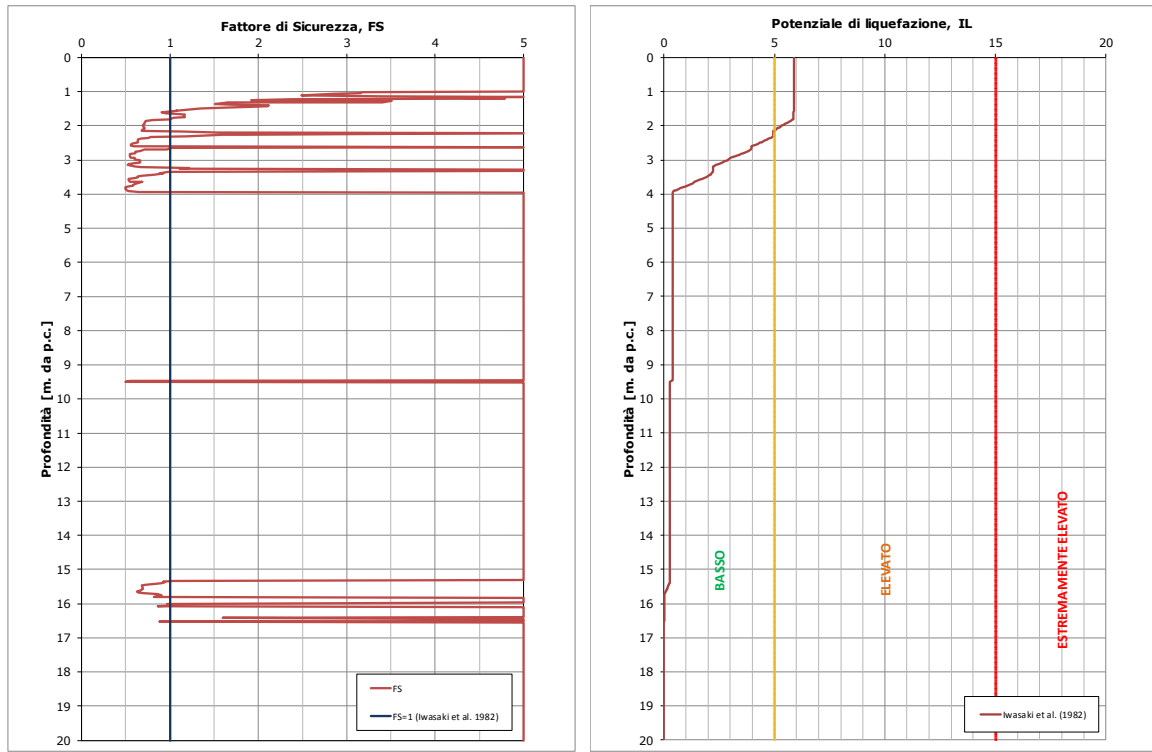


**FIGURA 4-22: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z19L (CPTU L060) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**

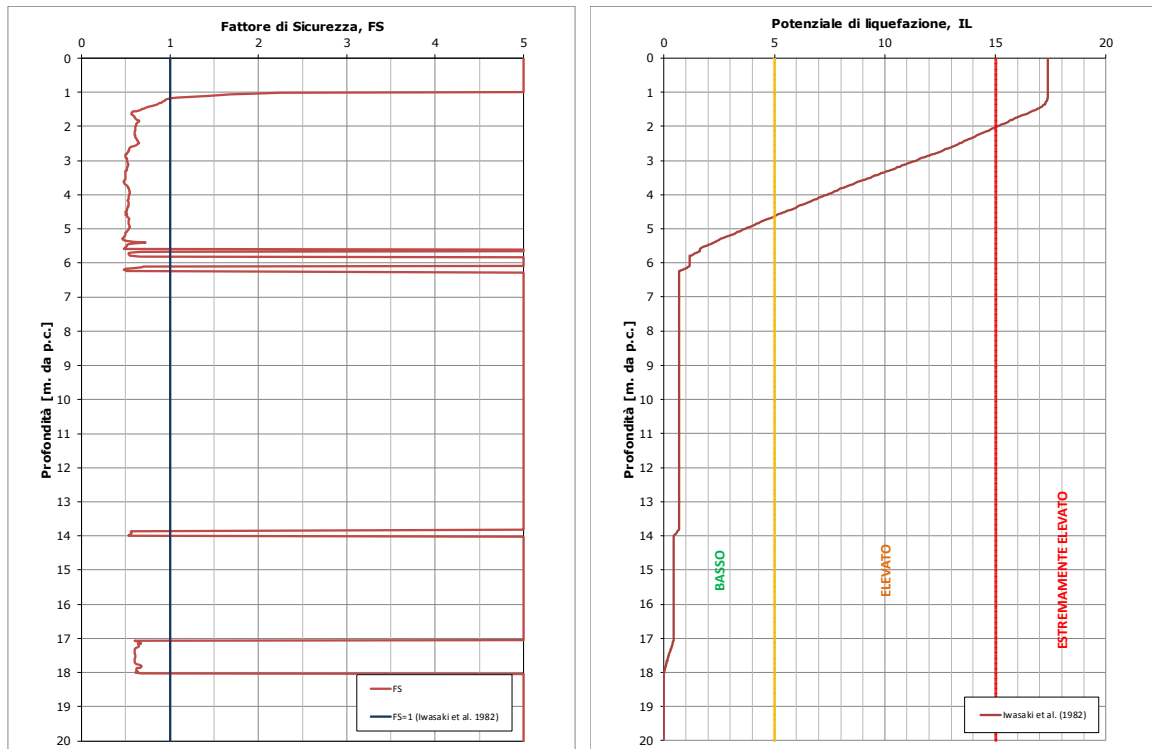


**FIGURA 4-23: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z20L (CPTU L063) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**

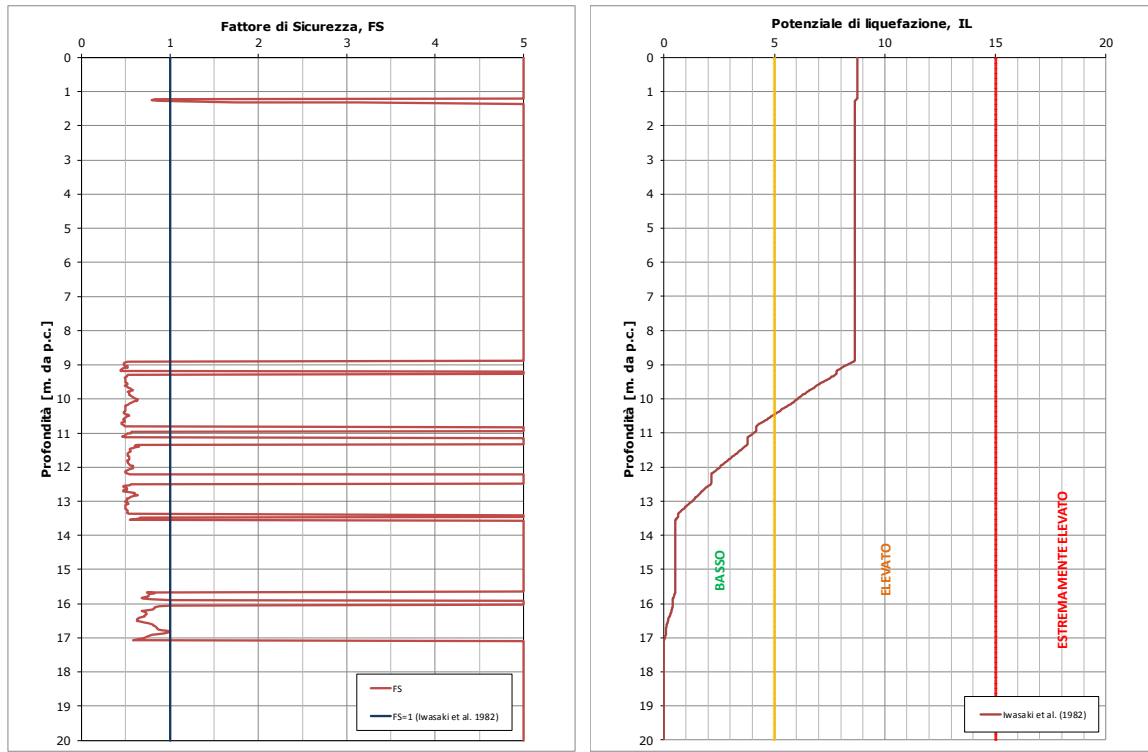




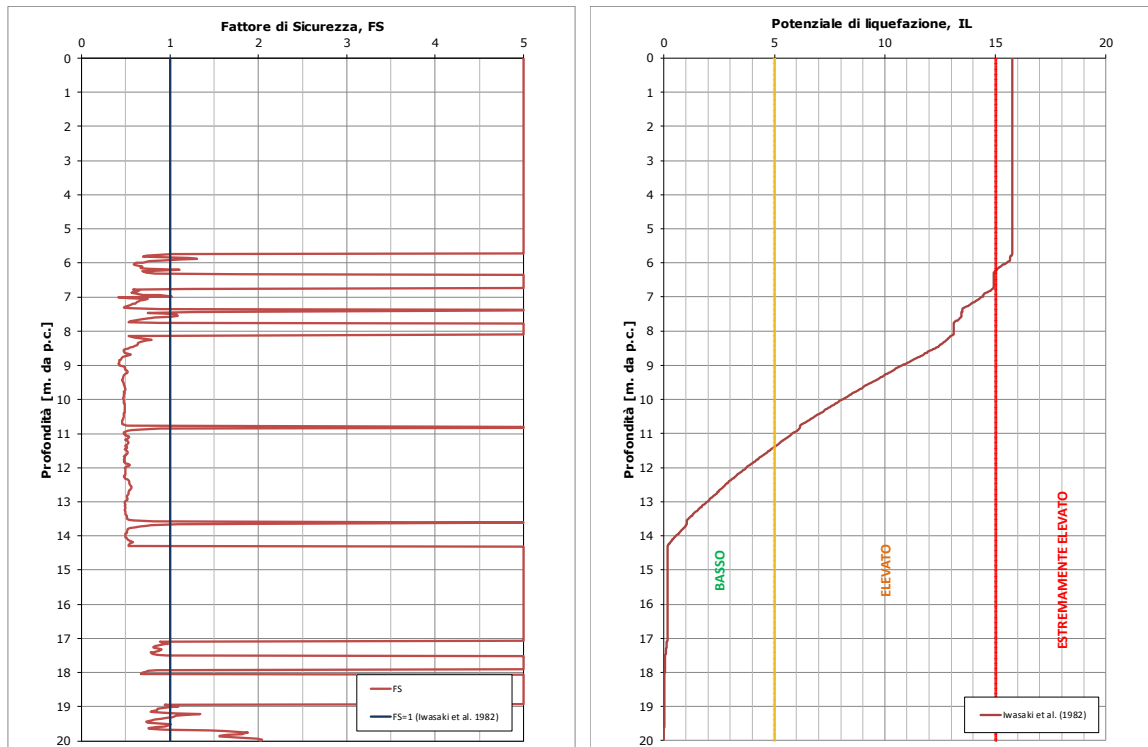
**FIGURA 4-24: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z21L (CPTU 402) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



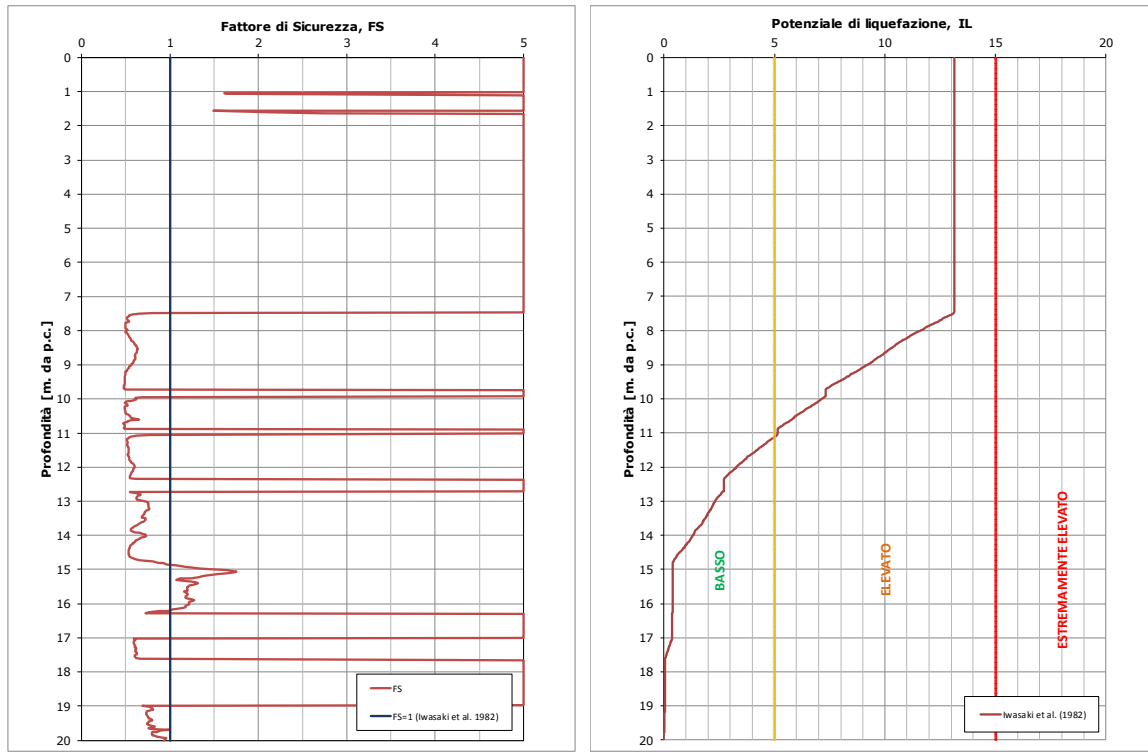
**FIGURA 4-25: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z22L (SCPTU V35) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



**FIGURA 4-26: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z23L (CPTU 413) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



**FIGURA 4-27: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z24L (CPTU L088) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**



**FIGURA 4-28: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z25L (CPTU L93) CON ACCELERAZIONE DA APPROCCIO SEMPLIFICATO**

## **5. STIMA DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE CON ACCELERAZIONE DA RISPOSTA SISMICA LOCALE**

In corrispondenza di ogni zona liquefacibile, calcolato il potenziale di liquefazione di tutte le prove CPTU a disposizione, è stata estratta la prova CPTU rappresentativa dell'area (i risultati in termini di IL ed FS sono presentati al capitolo 4), ed è stata eseguita l'analisi di risposta sismica locale al fine di determinare l'accelerazione in superficie (PGA) e lo spettro di progetto.

L'analisi di risposta sismica locale è stata effettuata secondo quanto indicato nel Rif. [5].

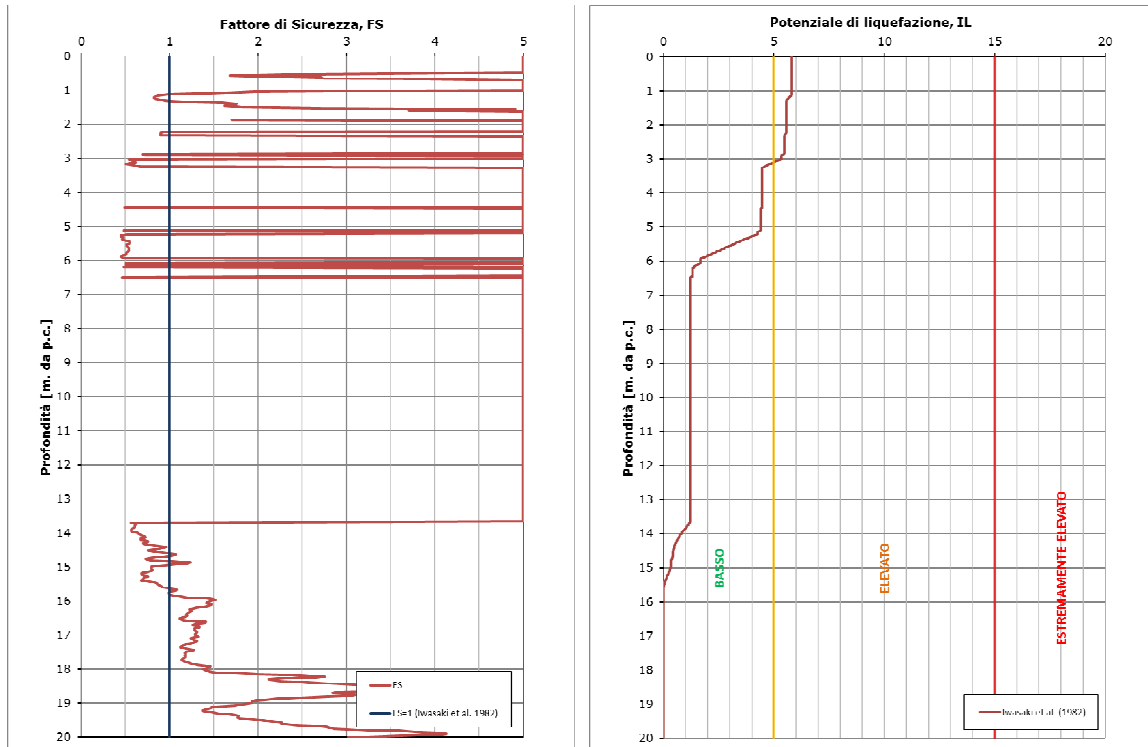
Per ciascuna zona liquefacibile definita a partire dalle PGA da approccio semplificato descritto nelle NTC 2008, attraverso l'analisi di risposta sismica è stata quindi ottenuta una nuova PGA di progetto che ha consentito di ricalcolare nuovamente il potenziale di liquefazione.

Sulla base di tale nuova accelerazione di progetto è stato quindi possibile identificare le zone liquefacibili anche da RSL; tali zone liquefacibili verranno esaminate nel seguito in termini di verifiche di stabilità globale e di spostamenti in condizione di liquefazione in accordo a quanto indicato nel Rif. [5].

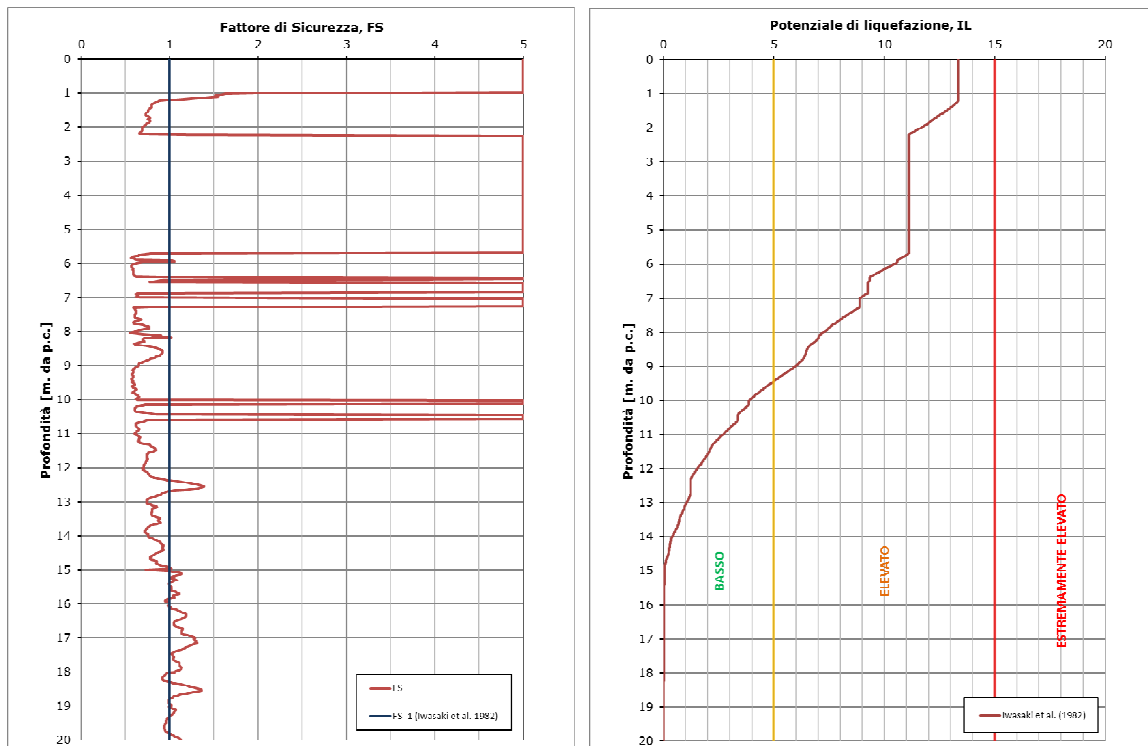
Si riportano a seguire, per tutte le zone liquefacibili indicate al capitolo 4 in Tabella 4-2:

- i risultati in termini di potenziale di liquefazione rappresentativo per ogni zona e il fattore di sicurezza FS espresso come rapporto tra rapporto di resistenza ciclica CRR e rapporto di tensione ciclica CSR;

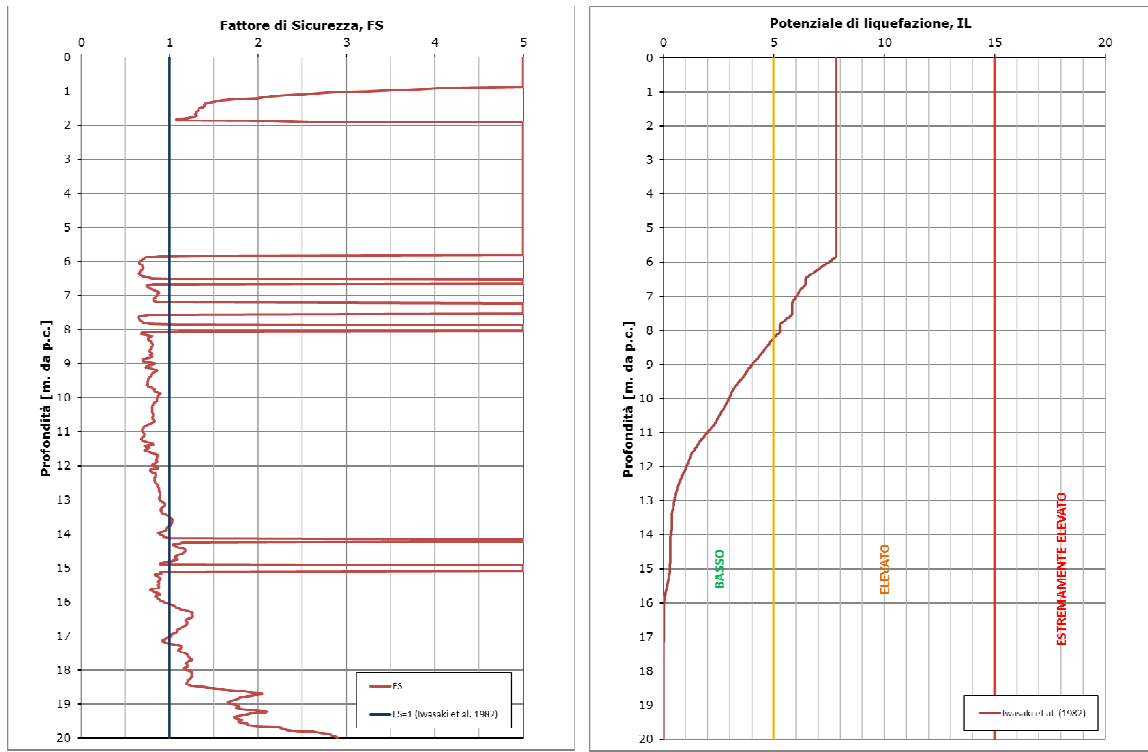
adottando come input l'accelerazione da Risposta Sismica Locale.



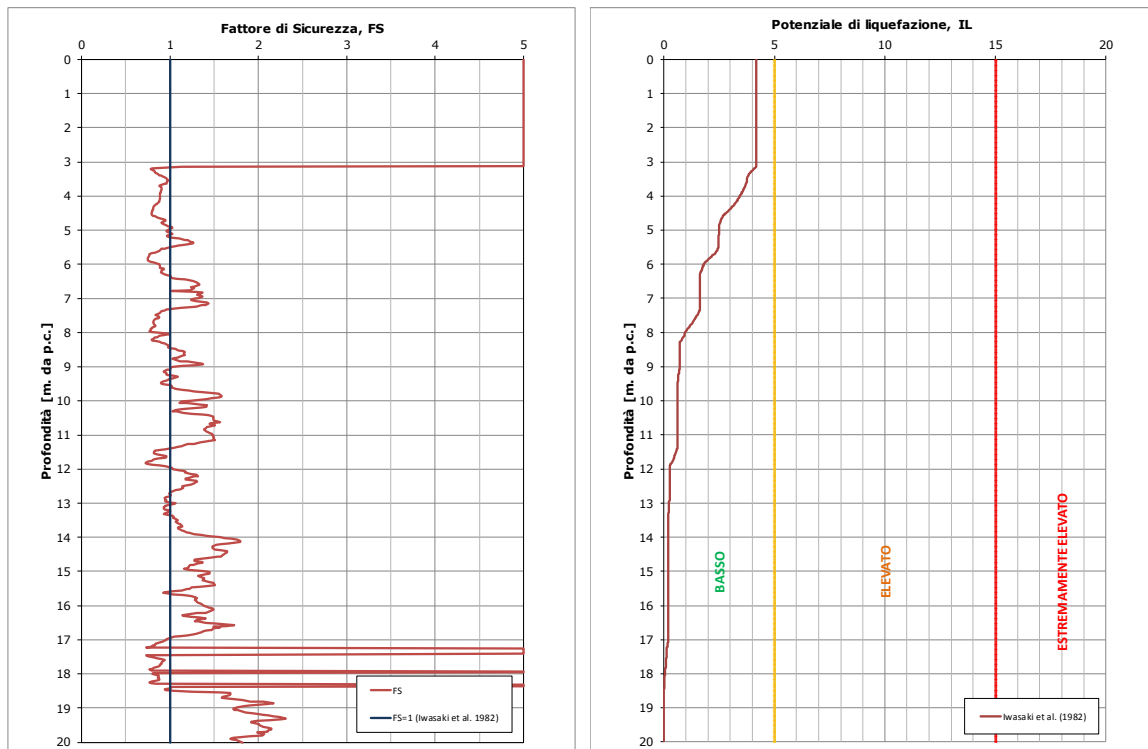
**FIGURA 5-1: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z0L (CPTU V001) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



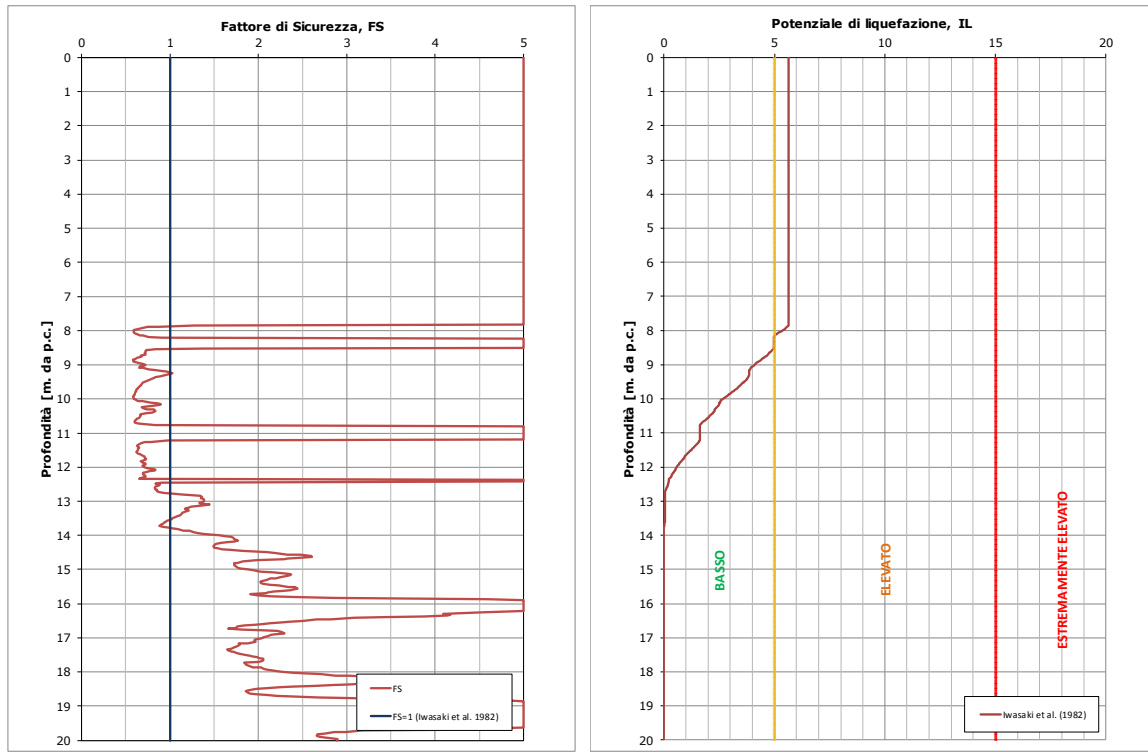
**FIGURA 5-2: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z1L (CPTU 005) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



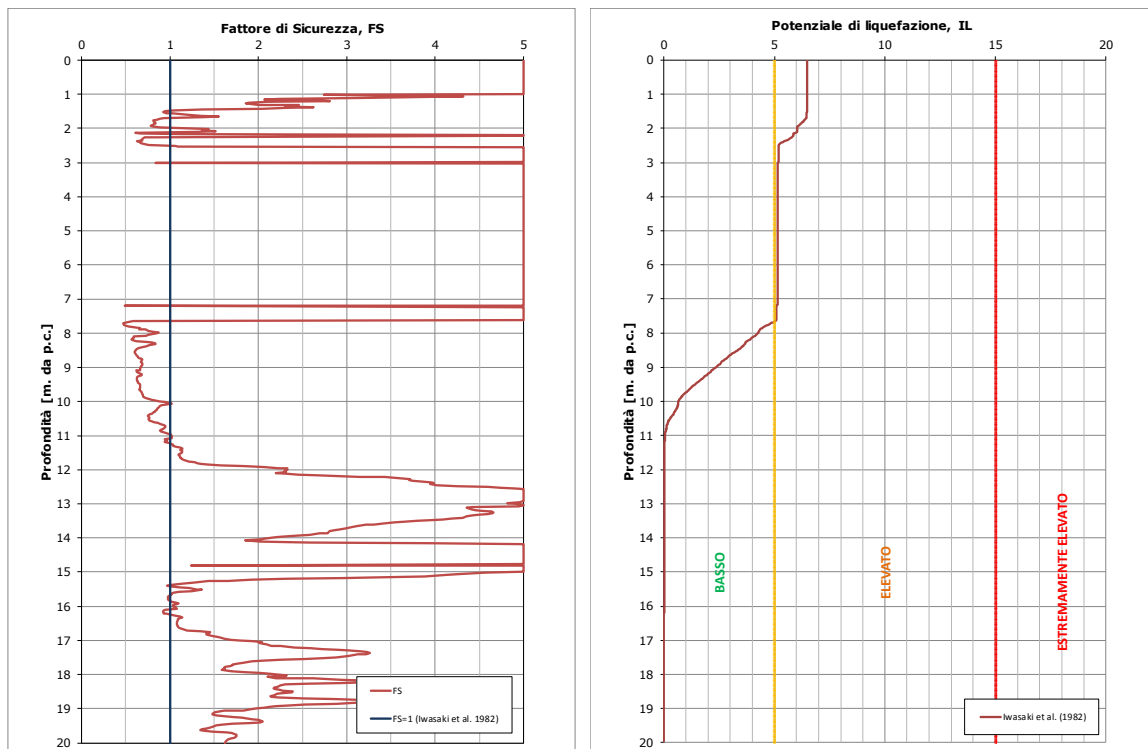
**FIGURA 5-3: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z2L (CPTU 012) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



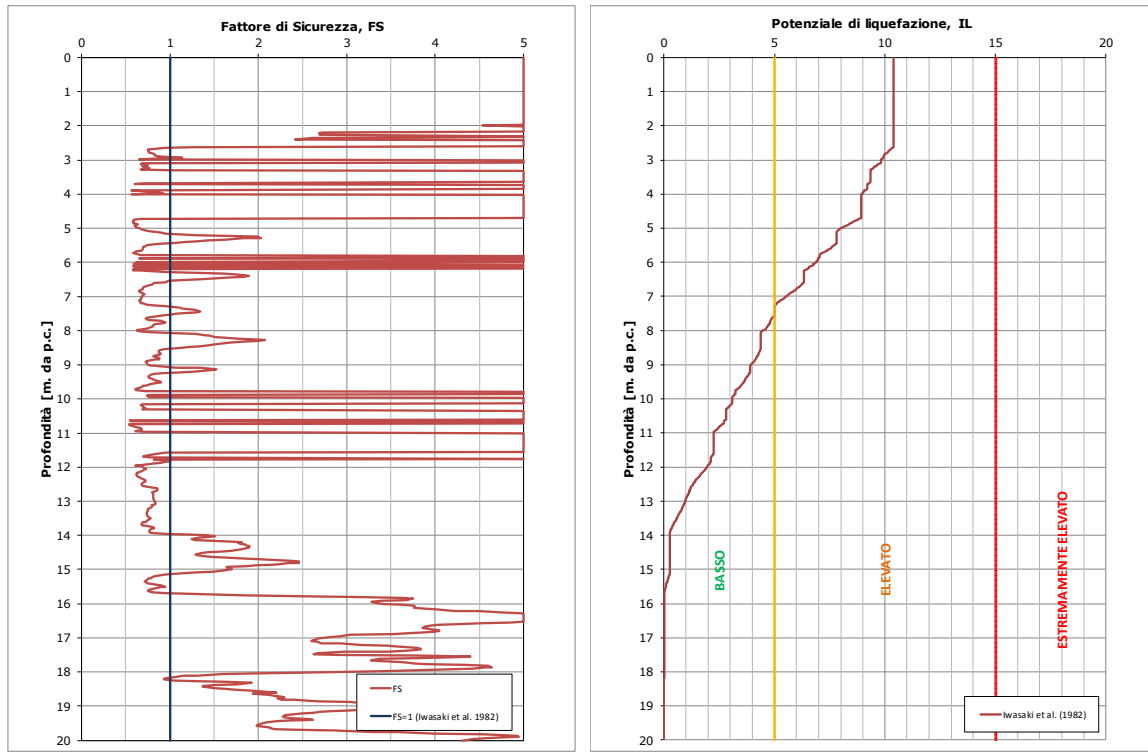
**FIGURA 5-4: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z3L (CPTU L011) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



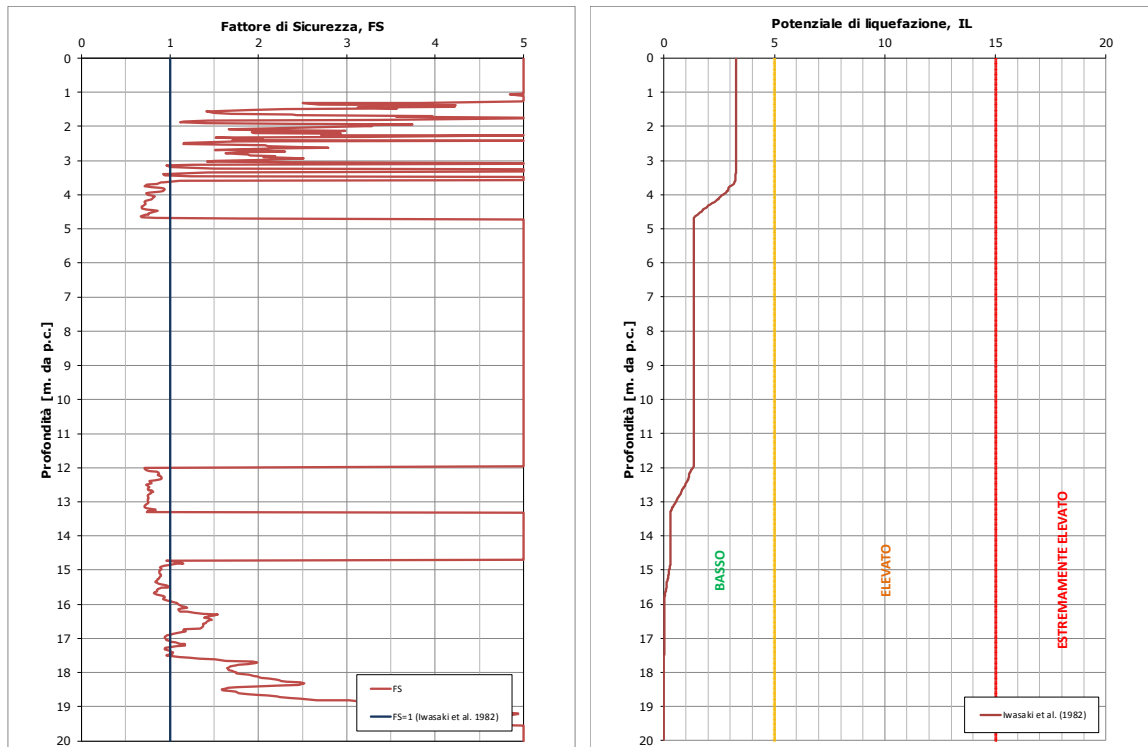
**FIGURA 5-5: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z4L (CPTU L012) con ACCELERAZIONE DA RSL**



**FIGURA 5-6: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z5AL (CPTU V05) con ACCELERAZIONE DA RSL**

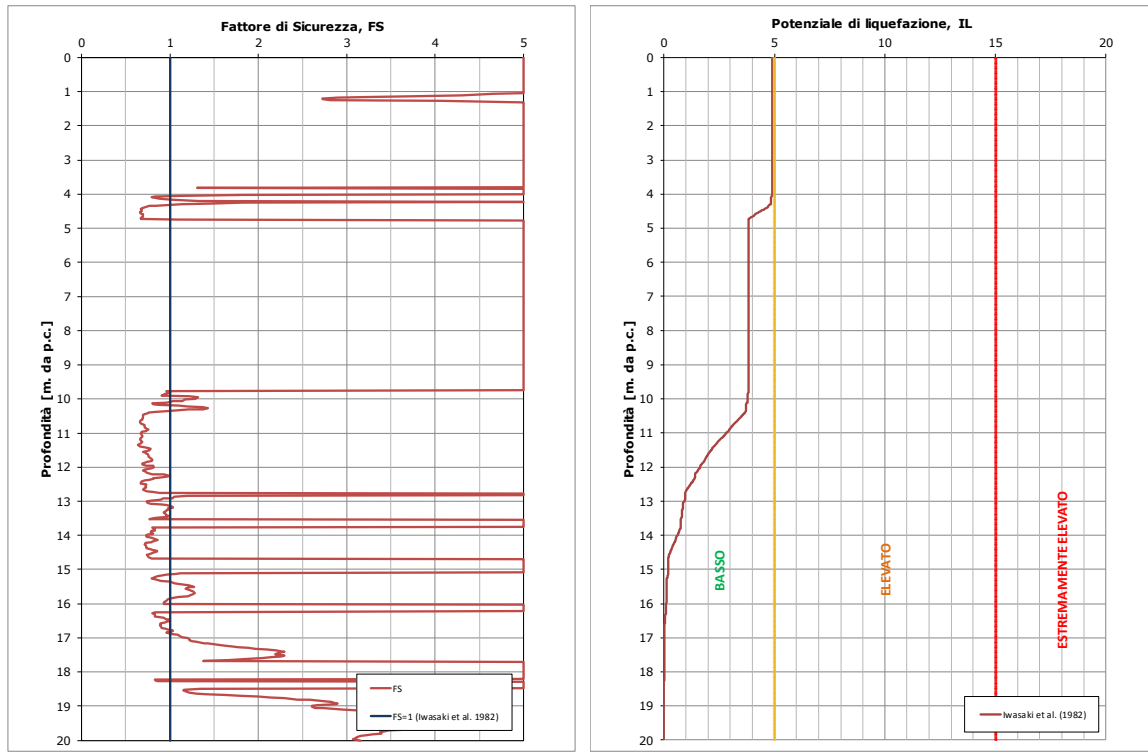


**FIGURA 5-7: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z5bL (CPTU V13) CON ACCELERAZIONE DA RSL**

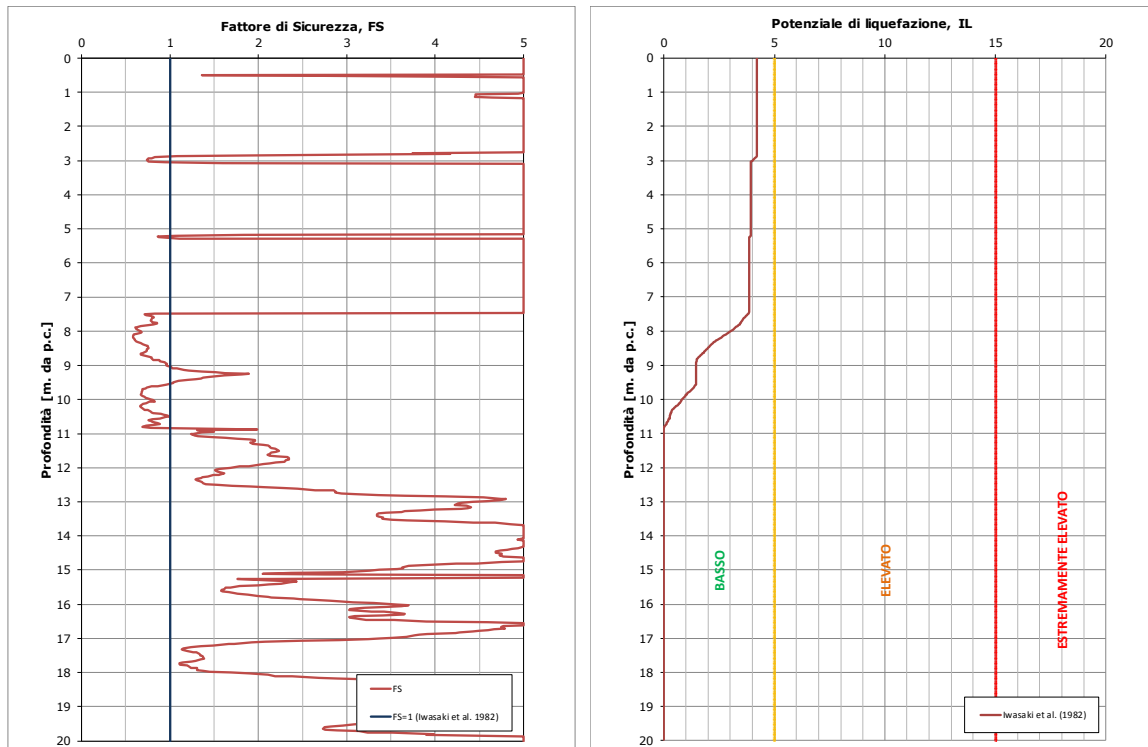


**FIGURA 5-8: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z6L (CPTU 63) CON ACCELERAZIONE DA RSL**

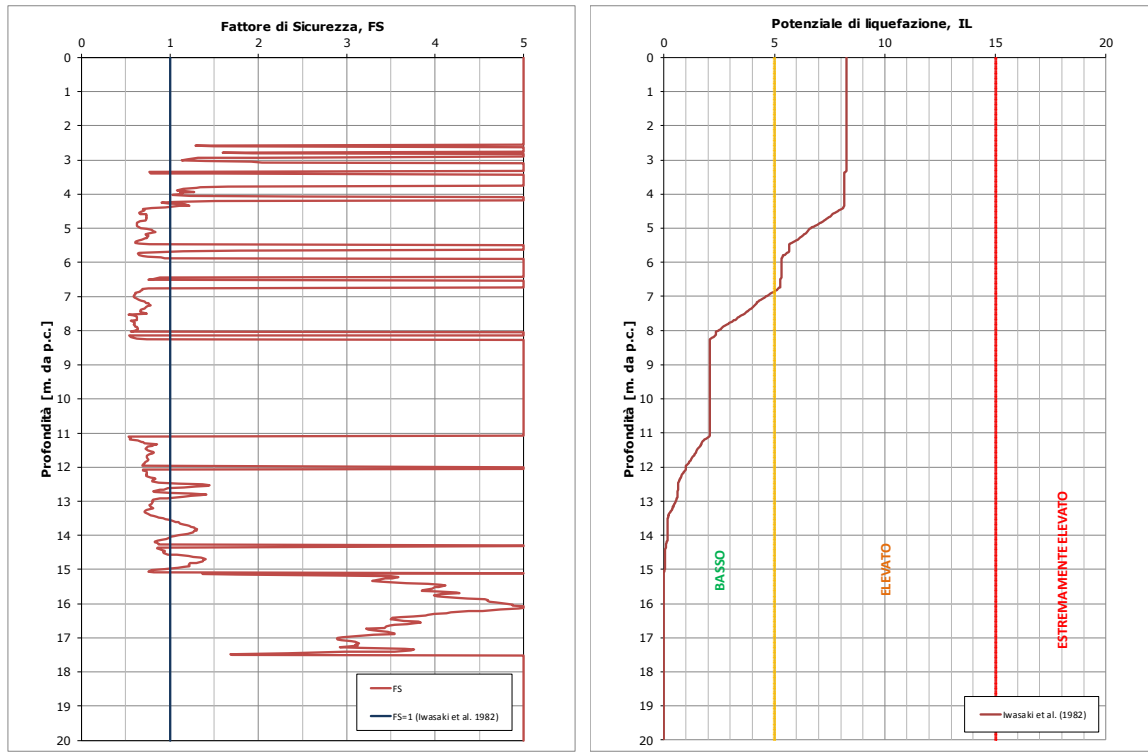




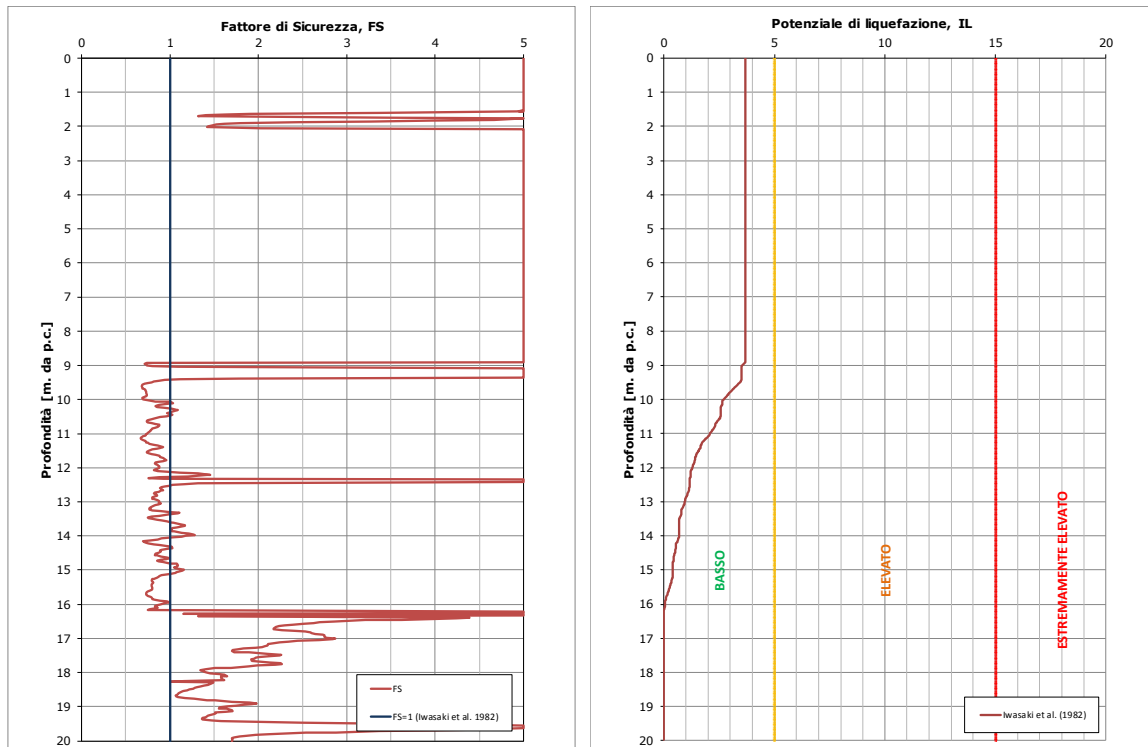
**FIGURA 5-9: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z7L (CPTU 73) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



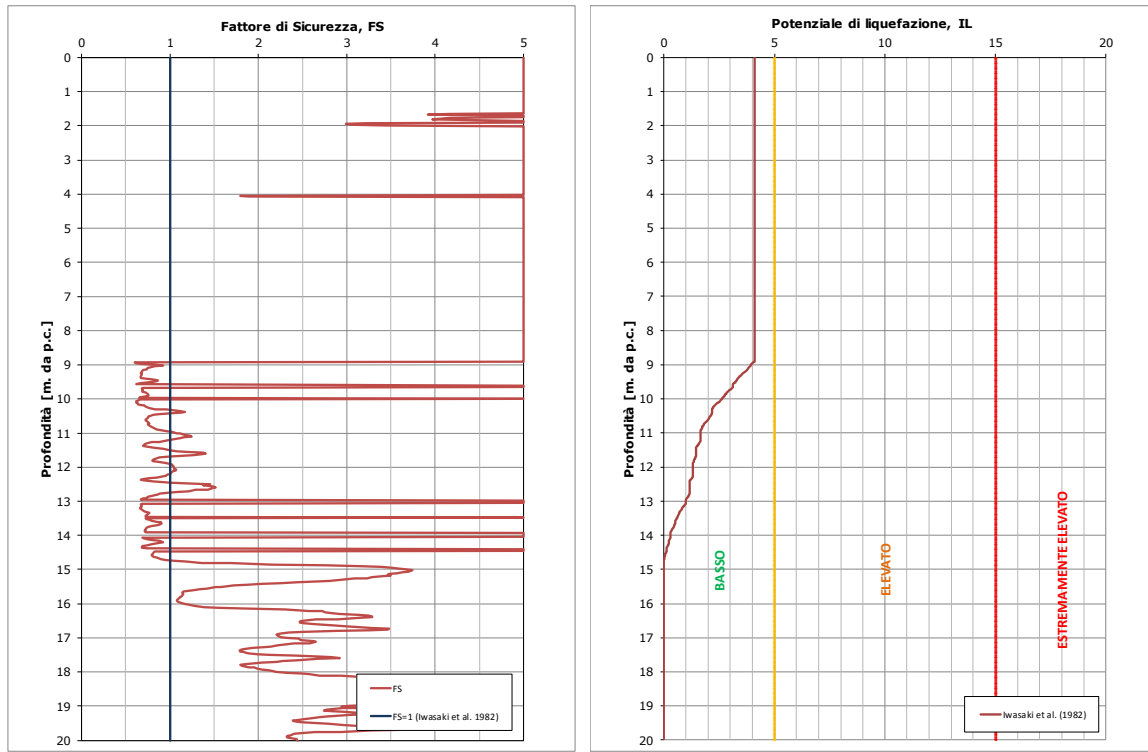
**FIGURA 5-10: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z8L (CPTU 385) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



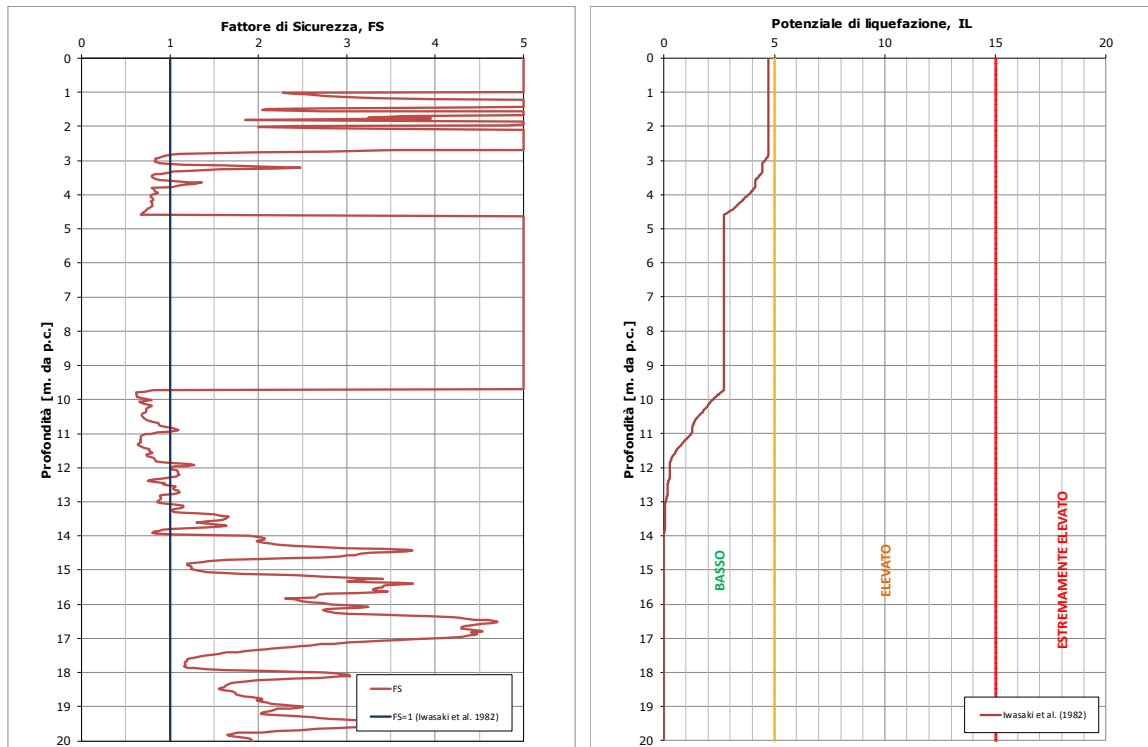
**FIGURA 5-11: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z9L (CPTU 112) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



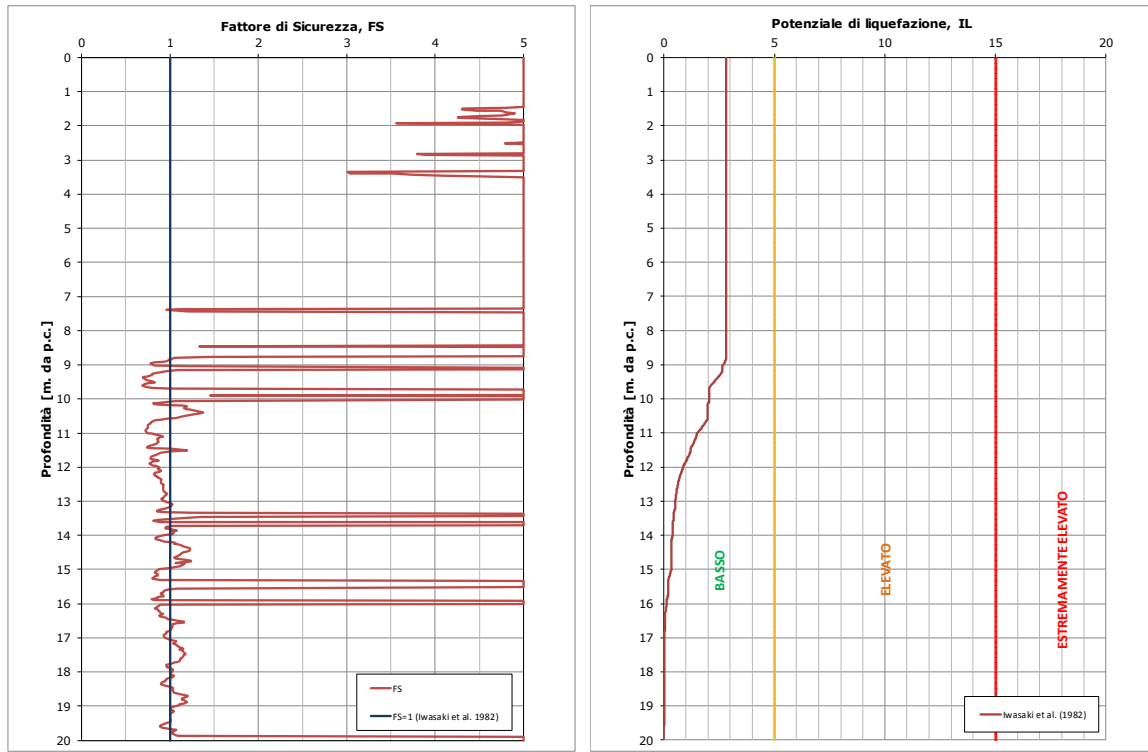
**FIGURA 5-12: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z10L (CPTU 114) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



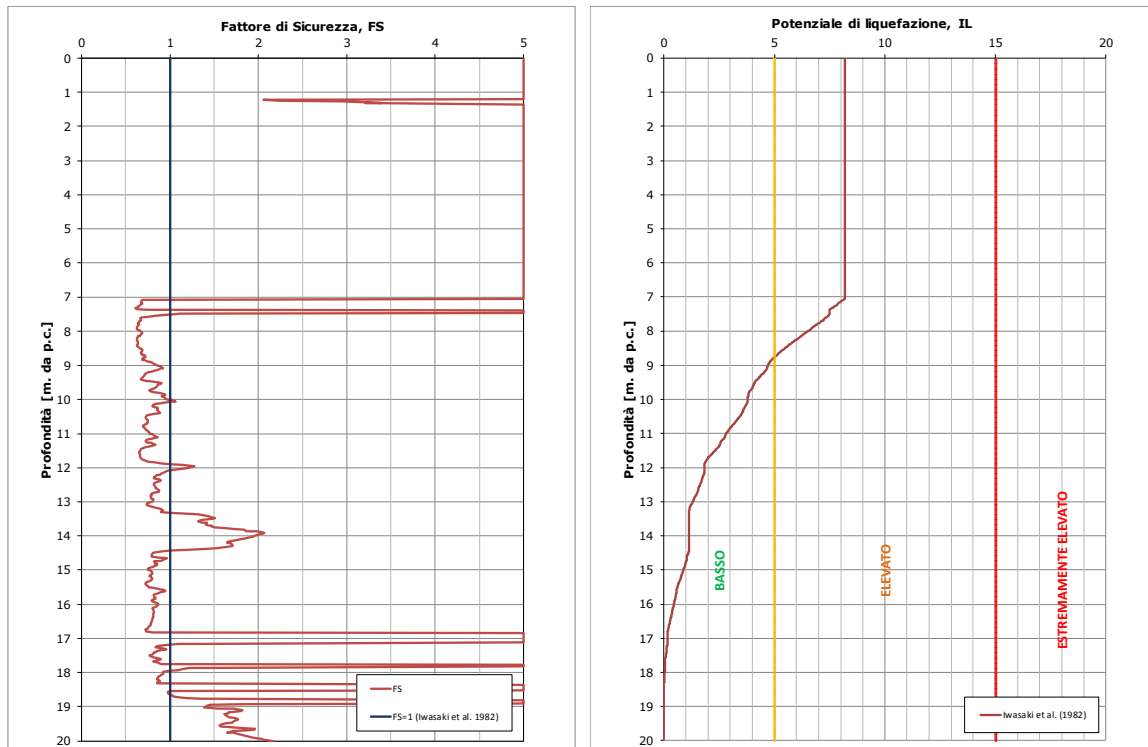
**FIGURA 5-13: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z11L (CPTU 116) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



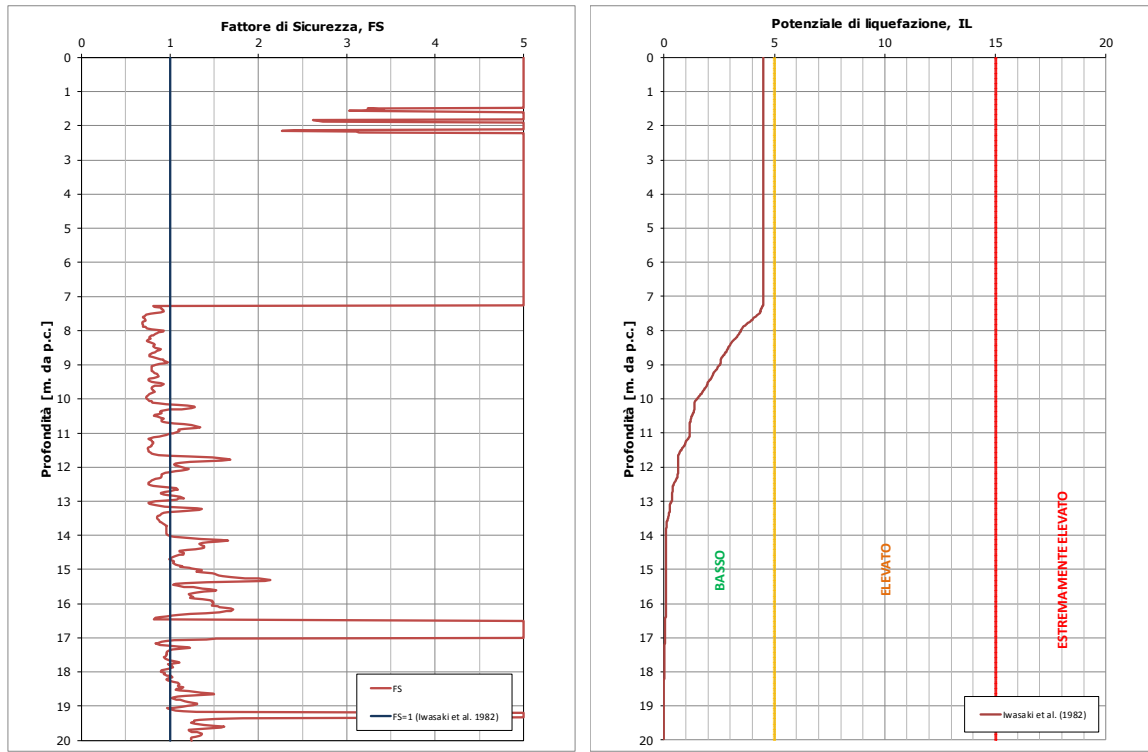
**FIGURA 5-14: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z12AL E 12BL (CPTU L030) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



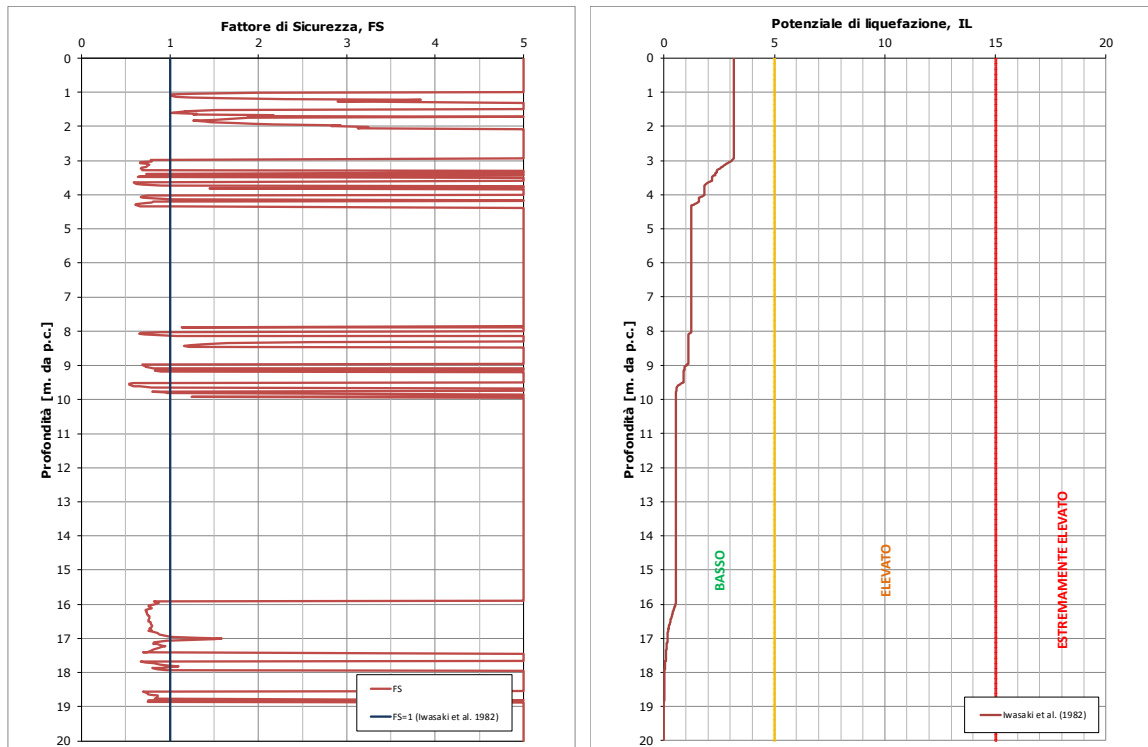
**FIGURA 5-15: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z13aL (CPTU L35) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



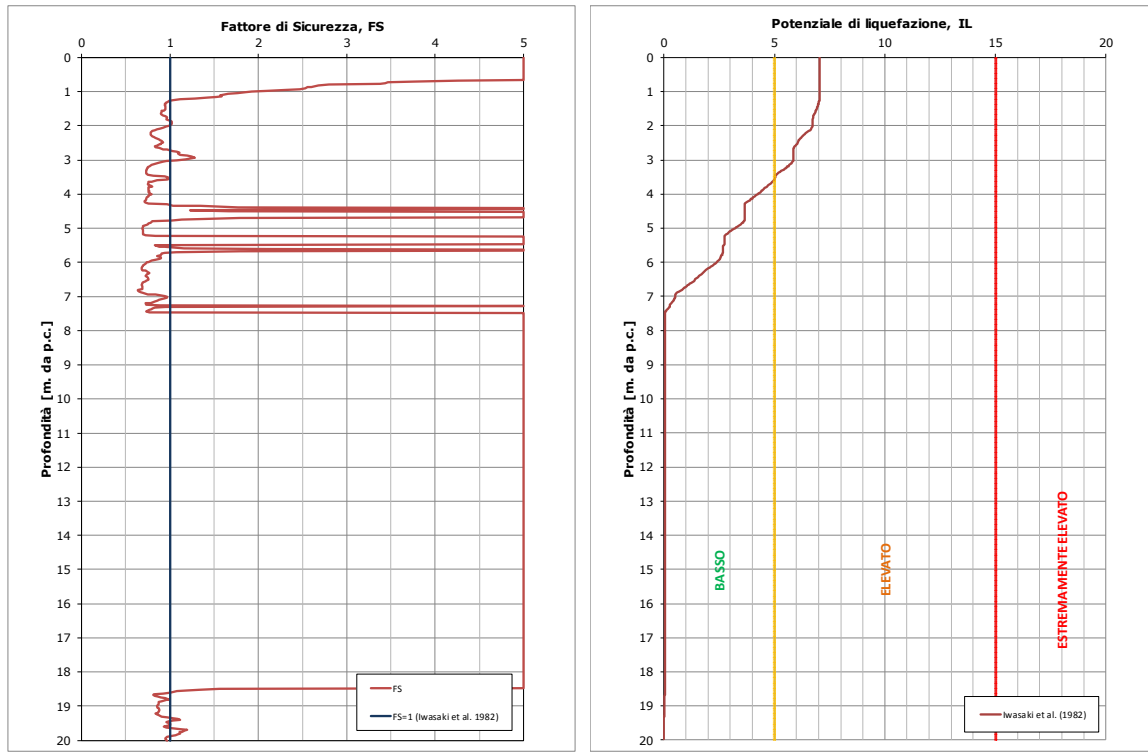
**FIGURA 5-16: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z13bL (CPTU V054) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



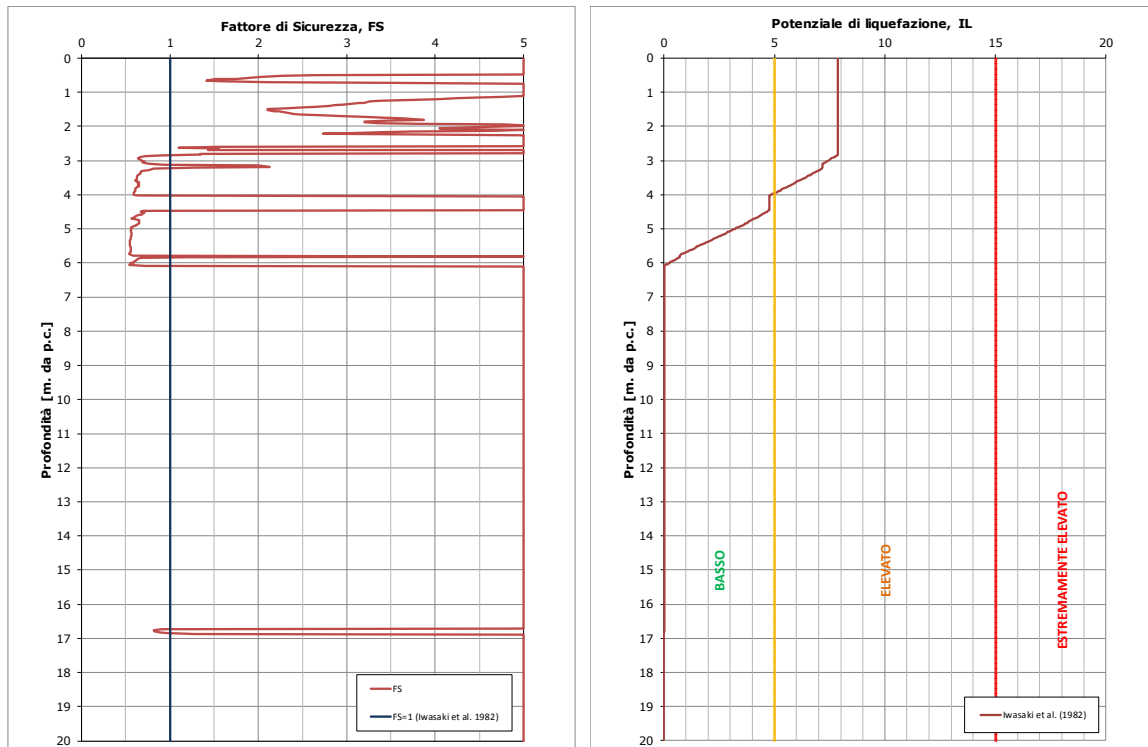
**FIGURA 5-17: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z14L (CPTU 226) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



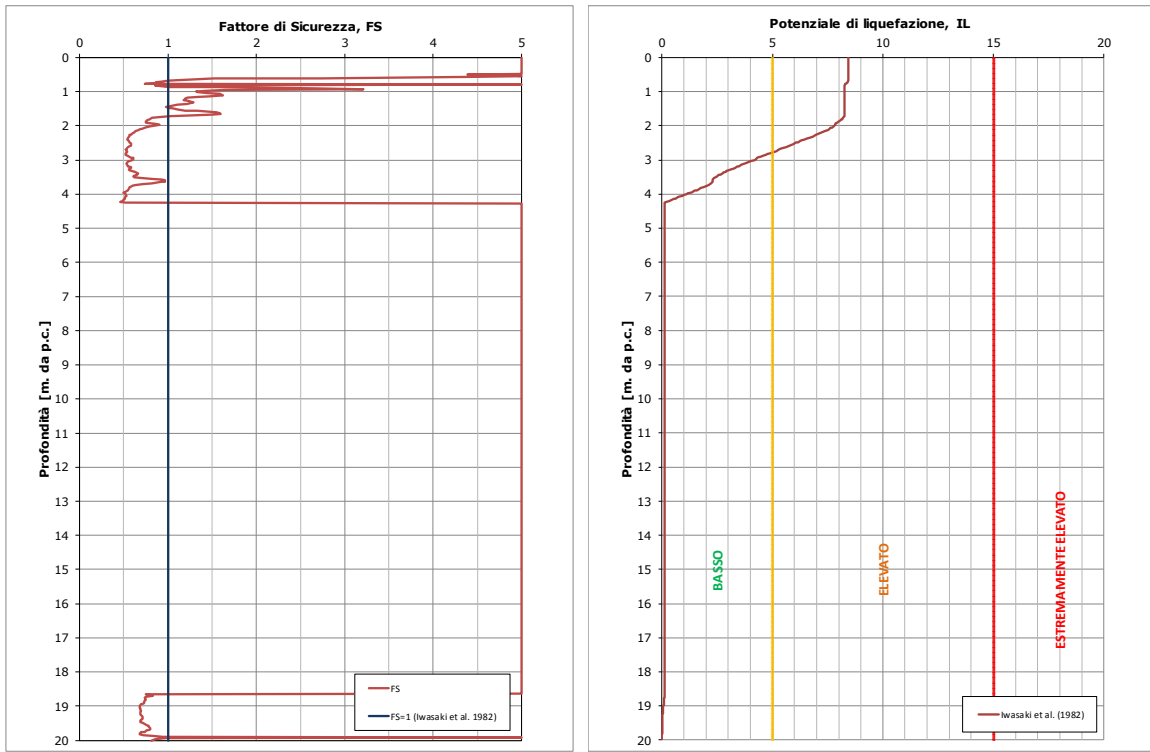
**FIGURA 5-18: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z15L (CPTU 901) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



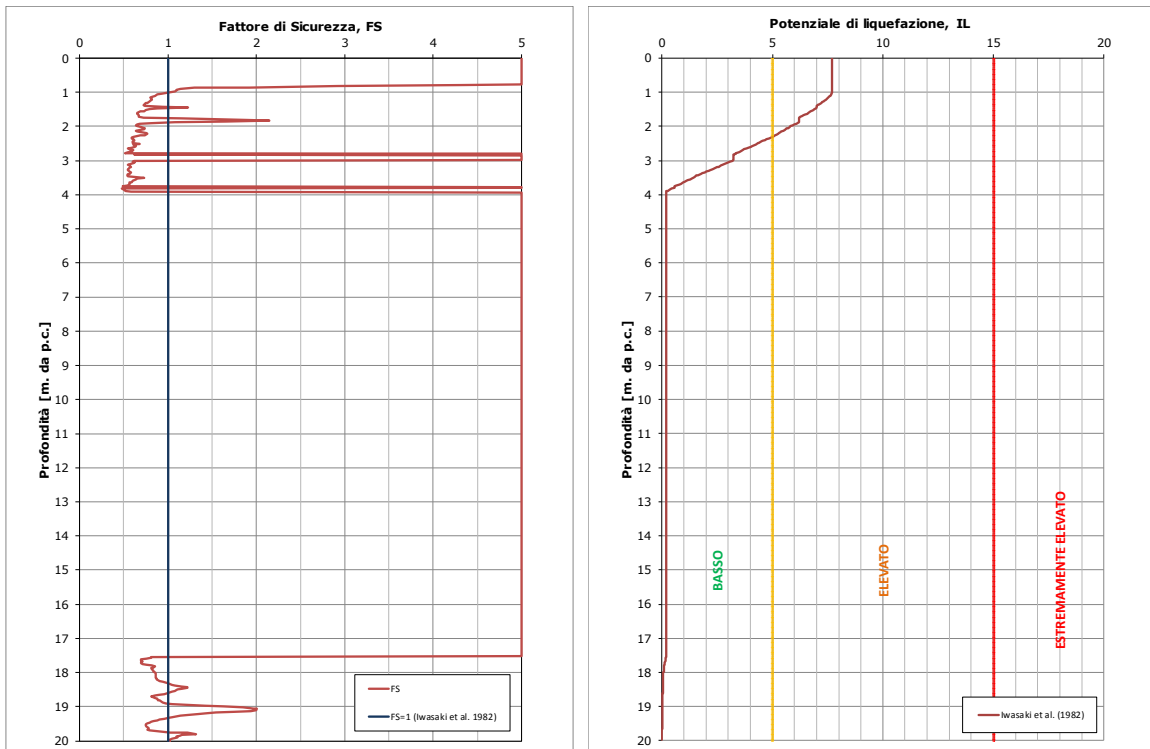
**FIGURA 5-19: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z16L (CPTU V017) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



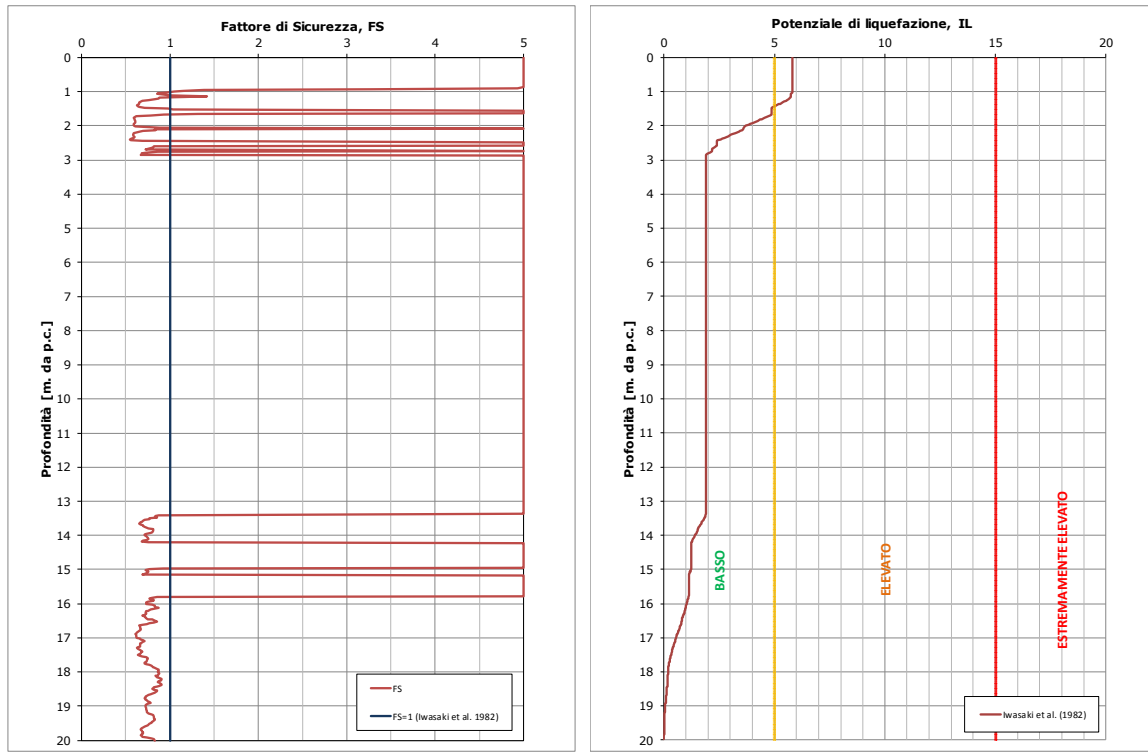
**FIGURA 5-20: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z17AL E Z17BL (CPTU 559) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



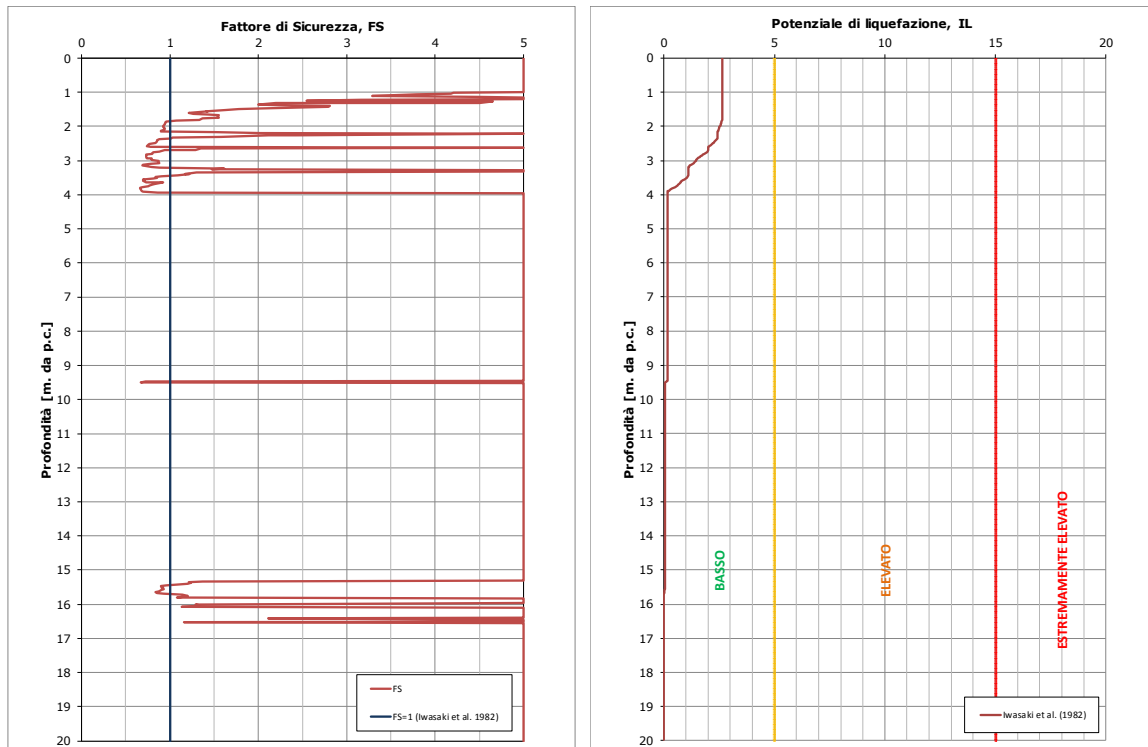
**FIGURA 5-21: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z18L (CPTU 563) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



**FIGURA 5-22: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z19L (CPTU L060) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



**FIGURA 5-23: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z20L (CPTU L063) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



**FIGURA 5-24: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z21L (CPTU 402) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



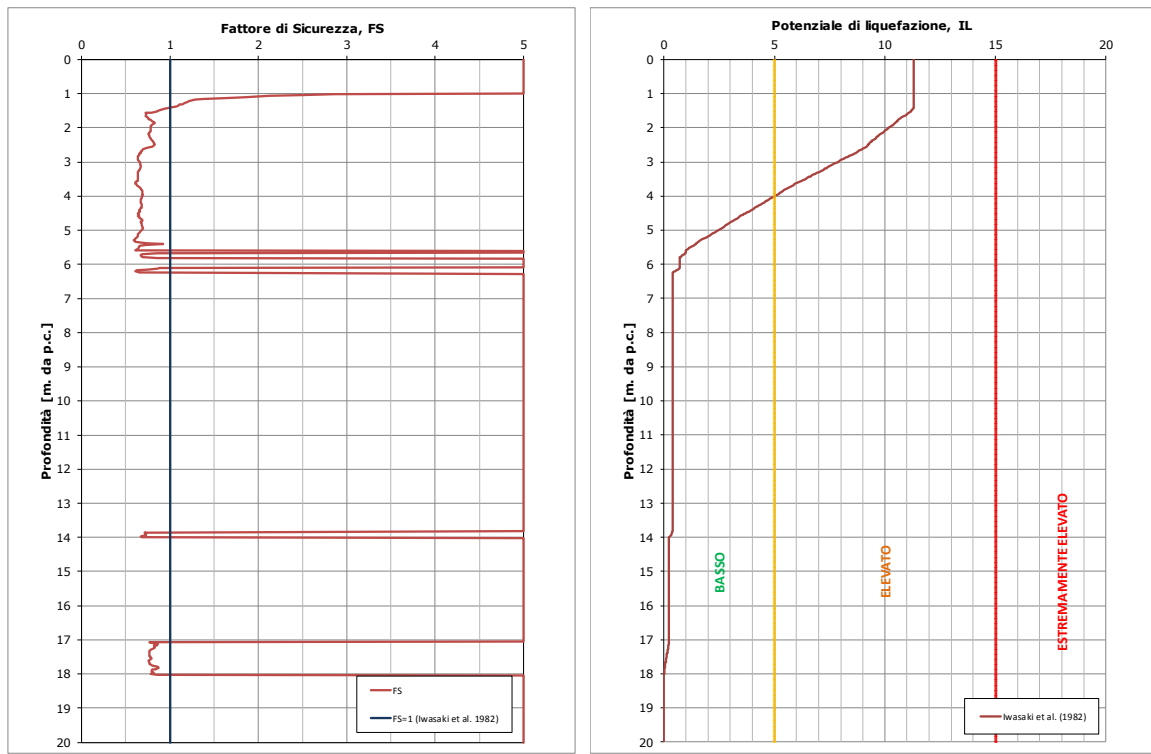


FIGURA 5-25: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z22L (SCPTU V35) CON ACCELERAZIONE DA RSL

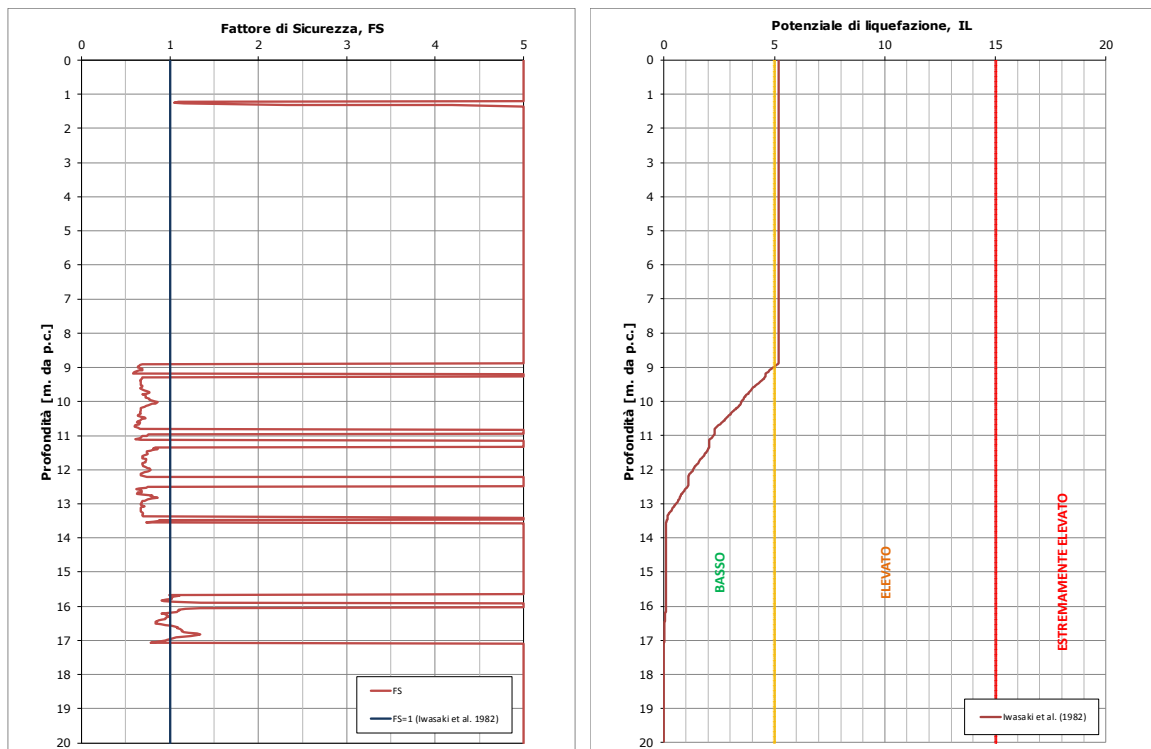
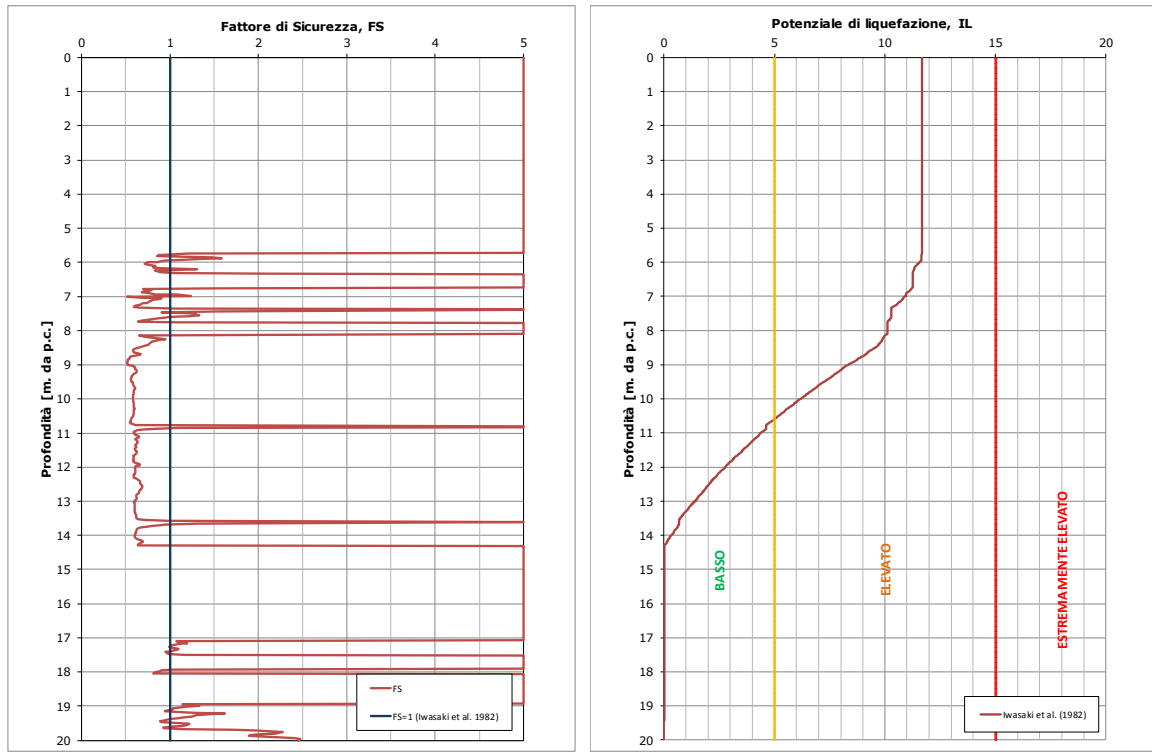
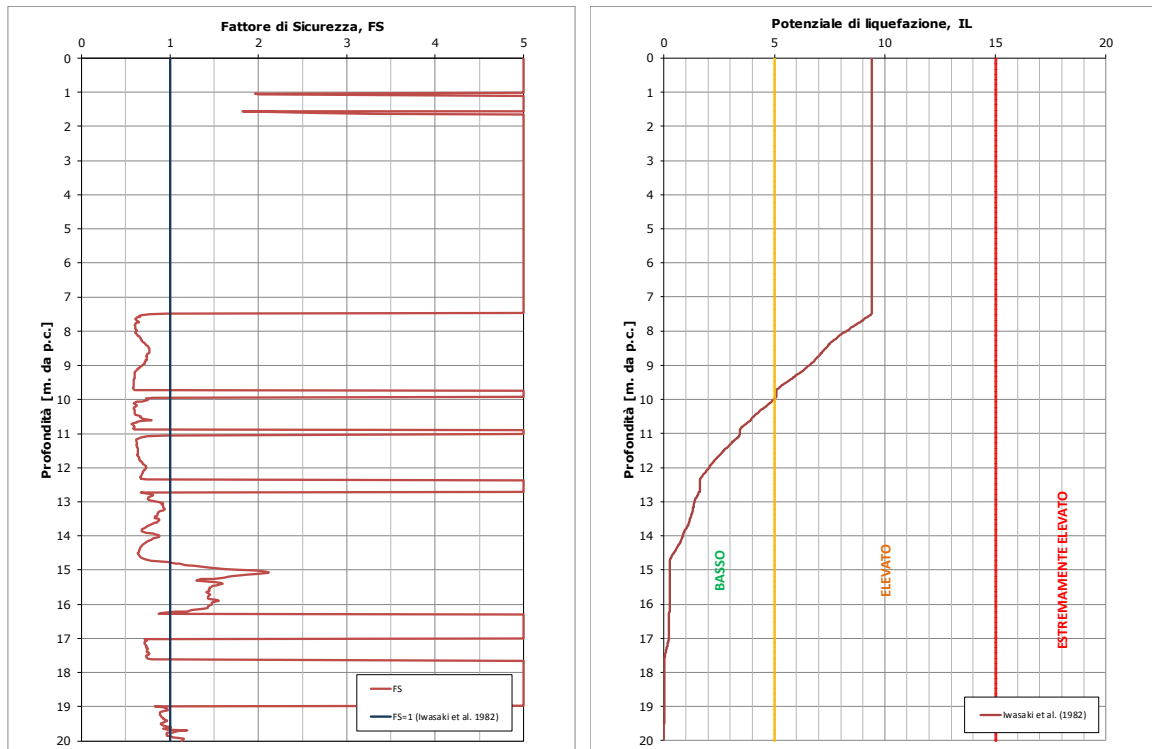


FIGURA 5-26: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z23L (CPTU 413) CON ACCELERAZIONE DA RSL



**FIGURA 5-27: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z24L (CPTU L088) CON ACCELERAZIONE DA RSL**



**FIGURA 5-28: OUTPUT DI CALCOLO DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE RAPPRESENTATIVO PER LA Z25L (CPTU L93) CON ACCELERAZIONE DA RSL**

Nella successiva Tabella 5-1, per ogni zona liquefacibile sono riepilogati:

- la prova CPTU di riferimento;
- la PGA da analisi di risposta sismica locale e il relativo potenziale di liquefazione;
- l'indicazione delle aree che risultano liquefacibili anche a seguito di RSL e che pertanto vanno verificate, in termini di rilevati e/o opere, nei confronti della liquefazione.

TABELLA 5-1: RIASSUNTO DEI RISULTATI DELL'ANALISI DI LIQUEFAZIONE NELLE ZONE LIQUEFACIBILI LUNGO IL TRACCIATO AUTOSTRADALE

ZONA LIQUEFACIBILE	CPTU di riferimento	accelerazione (PGA) da RSL [g]	IL da RSL	ZONE LIQUEFACIBILI DA RSL (IL>5)
0L – I01	CPTU V001	0.303	5.81	X
1L-Svincolo S01 <sup>4</sup>	CPTU 005	0.301	13.36	X
2L – I01	CPTU 012	0.273	7.81	X
3L	CPTU L011	0.264	4.16	-
4L	CPTU L012	0.283	5.63	X
5aL	CPTU V05	0.313	6.49	X
5bL	CPTU V13	0.280	10.37	X
6L	CPTU 63	0.255	3.27	-
7L	CPTU 73	0.268	4.92	-
8L	CPTU 385	0.299	4.22	-
9L	CPTU 112	0.264	8.26	X
10L	CPTU 114	0.291	3.70	-
11L	CPTU 116	0.284	4.11	-
12aL	CPTU L030	0.280	4.73	-
12bL	CPTU L030	0.280	4.73	-
13aL	CPTU L35	0.254	2.80	-
13bL-asse autostradale 13bL-Svincolo S03 <sup>5</sup>	CPTU V054	0.279	8.19	X
14L	CPTU 226	0.254	4.51	-
15L	CPTU 901	0.271	3.15	-
16L	CPTU V017	0.260	7.03	X
17aL	CPTU 559	0.275	7.87	X
17bL	CPTU 559	0.275	7.87	X

<sup>4</sup> Per quanto riguarda l'analisi della zona liquefacibile 1L si rimanda all'elaborato PD\_0\_S01\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di Reggiolo Rolo.

<sup>5</sup> Per quanto riguarda l'analisi della zona liquefacibile 13bL-Svincolo S03 si rimanda all'elaborato PD\_0\_S03\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di S. Felice sul Panaro-Finale Emilia.

ZONA LIQUEFACIBILE	CPTU di riferimento	accelerazione (PGA) da RSL [g]	IL da RSL	ZONE LIQUEFACIBILI DA RSL (IL>5)
18L	CPTU 563	0.306	8.44	X
19L	CPTU L060	0.292	7.70	X
20L – Svincolo S04 <sup>6</sup>	CPTU L063	0.322	5.81	X
21L	CPTU 402	0.284	2.62	-
22L	CPTU V035	0.294	11.29	X
23L	CPTU 413	0.281	5.19	X
24L	CPTU L088	0.310	11.69	X
25L	CPTU L93	0.297	9.42	X

Si evidenzia che per il cavalcavia V35, S.P. N.6 Bondeno Cento, non sono state previste opere di mitigazione per la liquefazione, nonostante ricada nell'area 19L, caratterizzata da un potenziale di liquefazione IL, calcolato con accelerazione da RSL, maggiore di 5.

Infatti, per il V35 la verticale di indagine più rappresentativa non è la CPTU L060, di riferimento dell'area, ma è la CPTU564 che presenta un potenziale di liquefazione IL, calcolato con accelerazione da RSL, inferiore a 5.

Le analisi di stabilità dei rilevati e le verifiche di spostamento in condizione di liquefazione vengono effettuate per tutte le zone liquefacibili a seguito di risposta sismica locale elencate nella Tabella 5-1.

<sup>6</sup> Per quanto riguarda l'analisi della zona liquefacibile 20L-Svincolo S04 si rimanda all'elaborato PD\_0\_S04\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di Cento.

## 6. RILEVATI – STRATIGRAFIE E PARAMETRI GEOTECNICI DI CALCOLO NELLE ANALISI DI STABILITÀ IN CONDIZIONI DI LIQUEFAZIONE

Le stratigrafie di calcolo nelle zone liquefacibili sono state dedotte a partire dalle CPTU di riferimento di ciascuna zona, seguendo la procedura descritta nel presente paragrafo; si rimanda anche al Rif. [5].

Dalla colonna dei fattori di sicurezza FS dedotti dall'analisi di liquefazione, con accelerazione da risposta sismica locale, sono stati individuati nei primi 20.0 m di profondità gli strati potenzialmente liquefacibili, cioè gli intervalli in corrispondenza dei quali si registra  $FS < 1$ .

E' stata determinata quindi la stratigrafia di calcolo per le singole zone liquefacibili sulla base dei risultati della prova CPTU di riferimento, assegnando agli strati potenzialmente liquefacibili (aventi  $FS < 1$ ) una resistenza al taglio caratteristica in condizione di terreno liquefatto desunta dalla formulazione proposta da Kramer e Wang (2007):

$$S_r = 2116 \cdot \exp\left(-8,444 + 0,109 (N_L)_{60} + 5,379 \left(\frac{\sigma_v'}{2116}\right)^{0,1}\right)$$

come descritto nell'elaborato Rif. [5].

Per tutte le zone di Tabella 5-1 lungo il tracciato autostradale principale, ovvero che presentano potenziale di liquefazione  $IL > 5$  con accelerazione da risposta sismica locale, pertanto, nel seguito si riportano:

- la stratigrafia di calcolo;
- i principali parametri geotecnici assunti per le varie unità litostratigrafiche considerate;

da adottare nelle verifiche geotecniche di stabilità globale e spostamenti dei rilevati.

## 6.1. ZONA LIQUEFACIBILE 0L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-1.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio in condizioni di liquefazione ( $S_{m-in}$  e  $S_{m-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-1: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 0L – CPTU V0001.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	5.20	1	18.8	4.0	24.0	50.0	50.0	3.2	19.6	35.7	35.7
5.20	5.90	2Liq1	19.0	-	-	6.0	6.0	-	-	4.3	4.3
5.90	13.50	1	18.8	4.0	24.0	50.0	50.0	3.2	19.6	35.7	35.7
13.50	15.50	2Liq2	19.0	-	-	19.3	19.3	-	-	13.8	13.8
15.50	23.00	4	19.0	-	33.0	-	-	-	27.5	-	-
23.00	30.00	5	19.5	-	33.0	-	-	-	27.5	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 6.2. ZONA LIQUEFACIBILE 1L

Si rimanda all'elaborato PD\_0\_S01\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di Reggiolo Rolo.

### 6.3. ZONA LIQUEFACIBILE 2L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-2.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-2: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 2L – CPTU 012.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	5.90	1	18.8	5.0	25.0	55.0	55.0	4.0	20.5	39.3	39.3
5.90	6.70	2Liq1	19.0	-	-	16.3	-	-	-	11.6	-
6.70	7.20	2Liq2	19.0	-	-	44.4	-	-	-	31.7	-
7.20	8.10	2Liq3	19.0	-	-	13.9	-	-	-	9.9	-
8.10	13.50	2Liq4	19.0	-	-	32.2	-	-	-	23.0	-
13.50	14.10	3Liq1	19.0	-	-	33.5	-	-	-	23.9	-
14.10	15.10	3	19.0	-	31.0	-	-	-	25.7	-	-
15.10	16.10	3Liq2	19.0	-	-	29.1	-	-	-	20.8	-
16.10	18.40	3	19.0	-	31.0	-	-	-	25.7	-	-
18.40	22.30	4	19.0	-	33.0	-	-	-	27.5	-	-
22.30	30.00	5	19.5	-	33.0	-	-	-	27.5	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 6.4. ZONA LIQUEFACIBILE 4L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-3.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-3: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 4L – CPTU L12.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	2.50	1	18.8	3.0	25	50.0	50.0	2.4	20.46	35.7	35.7
2.50	7.80	1	18.8	3.0	25	45.0	45.0	2.4	20.46	32.1	32.1
7.80	9.20	2Liq1	18.5	-	-	14.3	14.3	-	-	10.2	10.2
9.20	9.50	3Liq1	18.5	-	-	27.2	27.2	-	-	19.4	19.4
9.50	10.80	2Liq2	18.5	-	-	16.6	16.6	-	-	11.9	11.9
10.80	11.20	1	18.8	3.0	25	90.0	90.0	2.4	20.46	64.3	64.3
11.20	12.40	2Liq3	18.5	-	-	17.4	17.4	-	-	12.4	12.4
12.40	14.00	3Liq2	18.5	-	-	27.3	27.3	-	-	19.5	19.5
14.00	30.00	4	19.0	-	33	-	-	-	27.45	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.



## 6.5. ZONA LIQUEFACIBILE 5AL

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-4.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-4: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 5AL – CPTU V05.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	1.50	1	18.8	3.0	25	60.0	60	20.46	20.46	43	43
1.50	2.50	2Liq1	18.5	-	-	7.0	7.0	25.67	-	5.0	5.0
2.50	7.70	1	18.8	3.0	25	60.0	60	20.46	20.46	43.0	43.0
7.70	10.00	2Liq2	18.5	-	-	25.0	25.0	25.67	-	17.9	17.9
10.00	11.30	3Liq1	18.5	-	-	34.3	34.3	26.56	-	24.5	24.5
11.30	11.60	3	18.5	-	32	-	-	26.56	26.56	-	-
11.60	15.40	5	19.5	-	33	-	-	27.45	27.45	-	-
15.40	15.80	4	19.0	-	32	-	-	26.56	26.56	-	-
15.80	16.30	4Liq1	19.4	-	-	35.6	35.6	26.56	-	25.4	25.4
16.30	16.80	4	19.0	-	32	-	-	26.56	26.56	-	-
16.80	23.80	5	19.5	-	33	-	-	27.45	27.45	-	-
23.80	24.50	4	19.0	-	32	-	-	26.56	26.56	-	-
24.50	30.00	5	19.5	-	33	-	-	27.45	27.45	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 1.00 m da p.c.

## 6.6. ZONA LIQUEFACIBILE 5BL

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-5.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-5: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 5BL – CPTU V13.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	2.70	1	18.8	3.0	25	60.0	60.0	2.4	20.46	43	43
2.70	4.00	2Liq1	18.5	-	-	5.9	5.9	-	-	4.2	4.2
4.00	4.70	2	18.5	-	31	-	-	-	25.67	-	-
4.70	10.00	2Liq2	18.5	-	-	13.4	13.4	-	-	9.6	9.6
10.00	11.60	1	18.8	3.0	25	40.0	40.0	2.4	20.46	29.0	29.0
11.60	14.00	2Liq3	18.5	-	-	15.4	15.4	-	-	11.0	11.0
14.00	15.20	5	19.5	-	33	-	-	-	27.45	-	-
15.20	15.70	2Liq4	18.5	-	-	17.6	17.6	-	-	12.6	12.6
15.70	30.00	5	19.5	-	33	-	-	-	27.45	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 1.00 m da p.c.

## 6.7. ZONA LIQUEFACIBILE 9L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-6.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-6: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 9L – CPTU 112.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	1.50	3	18.5	-	31	-	-	-	25.67	-	-
1.50	1.80	2	18.5	-	31	-	-	-	25.67	-	-
1.80	4.30	1	18.6	5.0	23	60.0	60.0	4.0	18.76	43	43
4.30	5.90	2Liq1	18.5	-	-	9.4	9.4	-	-	6.7	6.7
5.90	6.80	1	18.6	5.0	23	62.5	65.0	4.0	18.76	45.0	47.0
6.80	8.30	2Liq2	18.5	-	-	8.9	8.9	-	-	6.3	6.3
8.30	11.10	1	18.6	5.0	23	70.4	80.0	4.0	18.76	50	57
11.10	15.10	3Liq1	18.5	-	-	22.9	22.9	-	-	16.3	16.3
15.10	17.20	5	19.5	-	32	-	-	-	26.56	-	-
17.20	26.30	1	18.6	5.0	23	80.0	80.0	4.0	18.76	57.0	57.0
26.30	27.30	2	18.5	-	31	-	-	-	25.67	-	-
27.30	30.00	5	19.5	-	32	-	-	-	26.56	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 6.8. ZONA LIQUEFACIBILE 13BL – ASSE AUTOSTRADALE

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-7.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

**TABELLA 6-7: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 13BL – CPTU V054.**

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	2.30	1	19.1	4.5	24	52.5	52.5	3.6	19.61	37.5	37.5
2.30	7.00	1	19.1	4.5	24	77.5	77.5	3.6	19.61	55.4	55.4
7.00	11.90	2Liq1	19.4	-	-	16.6	16.6	-	-	11.8	11.8
11.90	13.30	3Liq1	18.8	-	-	25.0	25.0	-	-	17.9	17.9
13.30	14.50	4	19.8	-	33	-	-	-	27.45	-	-
14.50	16.80	2Liq2	19.4	-	-	19.6	19.6	-	-	14.0	14.0
16.80	17.20	2	19.4	-	32	-	-	-	26.56	-	-
17.20	18.60	2Liq3	19.4	-	-	21.2	21.2	-	-	15.2	15.2
18.60	19.10	2	19.4	-	32	-	-	-	26.56	-	-
19.10	30.00	5	20.0	-	33	-	-	-	27.45	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 6.9. ZONA LIQUEFACIBILE 13BL – SVINCOLO S03

Si rimanda all'elaborato PD\_0\_S03\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di S. Felice sul Panaro-Finale Emilia.

## 6.10. ZONA LIQUEFACIBILE 16L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-8.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-8: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 16L – CPTU V017.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	5.50	2L1	18.8	-	-	11.2	11.2	-	-	8.0	8.0
5.50	7.50	2L2	18.8	-	-	14.1	14.1	-	-	10.1	10.1
7.50	15.00	1	19.0	4.0	24	40.1	86	3.2	19.61	28.6	61.1
15.00	17.40	1	19.0	4.0	24	85.0	85.0	3.2	19.61	60.7	60.7
17.40	18.40	2	18.8	-	29	-	-	-	23.91	-	-
18.40	20.00	3L1	20.5	-	-	19.6	19.6	-	-	14.0	14.0
20.00	22.10	3	20.5	-	33	-	-	-	27.45	-	-
22.10	28.80	1	19.0	4.0	24	85.0	85.0	3.2	19.61	60.7	60.7
28.80	30.00	2	18.8	-	29	-	-	-	23.91	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 6.11. ZONE LIQUEFACIBILI 17AL E 17BL

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-9.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

**TABELLA 6-9: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONE LIQUEFACIBILI 17AL E 17BL – CPTU 559.**

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	2.80	1	18.5	3.5	22	40.0	40.0	2.8	17.91	28.6	28.6
2.80	4.00	2Liq1	19.0	-	-	8.9	8.9	-	-	6.3	6.3
4.00	4.40	1	18.5	3.5	22	40.0	40.0	2.8	17.91	28.6	28.6
4.40	6.10	2Liq2	19.0	-	-	9.5	9.5	-	-	6.8	6.8
6.10	16.70	1	18.5	3.5	22	51.0	88.5	2.8	17.91	36.4	63.2
16.70	16.90	2Liq3	19.0	-	-	18.8	18.8	-	-	13.4	13.4
16.90	22.80	1	18.5	3.5	22	80.0	80.0	2.8	17.91	57.1	57.1
22.80	24.20	2	19.0	0.0	30	-	-	0	24.79	-	-
24.20	26.30	4	20.5	0.0	33	-	-	0	27.45	-	-
26.30	30.00	1	18.5	3.5	22	80.0	80.0	2.8	17.91	57.1	57.1

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 6.12. ZONA LIQUEFACIBILE 18L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-10.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-10: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 18L – CPTU 563.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	1.70	2	18.5	-	30.0	40.0	40.0	-	24.79	28.6	28.6
1.70	4.30	2Liq1	19.0	-	-	10.0	10.0	-	-	7.1	7.1
4.30	6.00	1	18.5	3.5	22.0	40.0	40.0	2.8	17.91	28.6	28.6
6.00	15.00	1	18.5	3.5	22.0	51.0	82.5	2.8	17.91	36.4	58.9
15.00	18.65	1	18.5	3.5	22.0	80.0	80.0	2.8	17.91	57.1	57.1
18.65	20.00	2Liq2	19.0	-	-	16.8	16.8	-	-	12.0	12.0
20.00	22.20	3	19.5	-	32.0	-	-	-	26.56	-	-
22.20	23.00	4	20.0	-	33.0	-	-	-	-	-	-
23.00	24.50	3	19.5	-	32.0	-	-	-	26.56	-	-
24.50	24.90	1	18.5	3.5	22.0	80.0	80.0	2.8	17.91	57.1	57.1
24.90	25.60	4	20.0	0.0	33.0	-	-	0	27.45	-	-
25.60	26.00	2	19.0	0.0	30.0	-	-	0	24.79	-	-
26.00	27.50	4	20.0	0.0	33.0	-	-	0	27.45	-	-
27.50	28.40	2	19.0	0.0	30.0	-	-	0	24.79	-	-
28.40	30.00	4	20.0	0.0	33.0	-	-	0	27.45	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

### 6.13. ZONA LIQUEFACIBILE 19L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-11.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-11: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 19L – CPTU L060.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	1.00	1	18.5	3.5	22	40.0	40.0	2.8	22	28.6	28.6
1.00	4.00	2Liq1	19.0	-	-	7.8	7.8	-	-	5.5	5.5
4.00	6.00	1	18.5	3.5	22	40.0	40.0	2.8	22	28.6	28.6
6.00	7.00	6	14.1	0.0	16	18.8	18.8	0	16	13.4	13.4
7.00	15.00	1	18.5	3.5	22	54.5	82.5	2.8	22	38.9	58.9
15.00	17.50	1	18.5	3.5	22	80.0	80.0	2.8	22	57.1	57.1
17.50	18.20	3Liq1	19.5	-	-	22.0	22.0	-	-	15.7	15.7
18.20	19.20	4Liq1	20.5	-	-	27.3	27.3	-	-	19.5	19.5
19.20	20.00	3Liq2	19.5	-	-	20.1	20.1	-	-	14.4	14.4
20.00	30.00	3	19.5	-	32	-	-	-	32	-	-

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.



## 6.14. ZONA LIQUEFACIBILE 20L – SVINCOLO S04

Si rimanda all'elaborato PD\_0\_S04\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di Cento.

## 6.15. ZONA LIQUEFACIBILE 22L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-12.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-12: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 22L – CPTU V035.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				c' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	c' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	1.40	2	19.0	-	29	-	-	-	23.91	-	-
1.40	6.30	2Liq1	19.0	-	-	8.8	8.8	-	-	6.3	6.3
6.30	17.00	1	18.6	3.0	22	60.0	60.0	2.4	17.91	42.9	42.9
17.00	18.00	2Liq2	19.0	-	-	20.2	20.2	-	-	14.4	14.4
18.00	21.40	1	18.6	3.0	22	73.6	77.7	2.4	17.91	52.6	55.5
21.40	21.90	2	19.0	-	29	-	-	-	23.91	-	-
21.90	24.70	4	20.5	-	32	-	-	-	26.56	-	-
24.70	25.60	5	20.5	-	34	-	-	-	28.35	-	-
25.60	27.40	4	20.5	-	32	-	-	-	26.56	-	-
27.40	30.00	1	18.6	3.0	22	84.7	84.7	2.4	17.91	60.5	60.5

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 1.00 m da p.c.

## 6.16. ZONA LIQUEFACIBILE 23L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-13.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-13: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 23L – CPTU 413.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	9.00	1	18.6	3.0	22	60.0	60.0	2.4	17.91	42.9	42.9
9.00	9.20	2Liq1	19.0	-	-	19.2	19.2	-	-	13.7	13.7
9.20	10.80	2Liq2	19.0	-	-	48.8	48.8	-	-	34.9	34.9
10.80	11.10	2Liq3	19.0	-	-	21.1	21.1	-	-	15.1	15.1
11.10	13.70	2Liq4	19.0	-	-	26.6	26.6	-	-	19.0	19.0
13.70	15.70	1	18.6	3.0	22	60.0	60.0	2.4	17.91	42.9	42.9
15.70	16.30	3	19.5	-	31	-	-	-	25.67	-	-
16.30	16.60	3Liq1	19.5	-	-	76.8	76.8	-	-	54.9	54.9
16.60	17.10	3	19.5	-	31	-	-	-	25.67	-	-
17.10	30.00	1	18.6	3.0	22	72.5	88.00	2.4	17.91	51.8	62.9

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 1.00 m da p.c.

## 6.17. ZONA LIQUEFACIBILE 24L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-14.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

**TABELLA 6-14: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 24L – CPTU L088.**

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				C' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	C' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	5.80	1	18.8	5.0	21	42.5	42.5	4	17.07	30.4	30.4
5.80	6.20	3Liq1	19.0	-	-	21.0	-	-	-	15.0	-
6.20	6.80	1	18.8	5.0	21	42.5	42.5	4	17.07	30.4	30.4
6.80	7.80	3Liq2	19.0	-	-	25.9	-	-	-	18.5	-
7.80	8.10	1	18.8	5.0	21	42.5	42.5	4	17.07	30.4	30.4
8.10	8.60	3Liq3	19.0	-	-	25.6	-	-	-	18.3	-
8.60	14.30	2Liq1	19.4	-	-	15.7	-	-	-	11.2	-
14.30	17.20	1	18.8	5.0	21	54.9	66.8	4	17.07	39.2	47.7
17.20	17.50	3Liq4	19.0	-	-	27.5	-	-	-	19.6	-
17.50	17.90	1	18.8	5.0	21	68.0	69.6	4	17.07	48.6	49.7
17.90	18.10	3	19.0	-	32	-	-	-	26.56	-	-
18.10	19.10	2	19.5	-	30	-	-	-	24.79	-	-
19.10	19.70	3Liq5	19.0	-	-	28.3	-	-	-	20.2	-
19.70	30.00	6	17.7	-	13	40.0	60.0	-	10.46	28.6	42.9

Nota: suffisso “,in” = tetto dello strato; suffisso “,fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 6.18. ZONA LIQUEFACIBILE 25L

La stratigrafia adottata per i calcoli geotecnici relativi alla zona liquefacibile in oggetto è illustrata in Tabella 6-15.

Per ogni unità litostratigrafica individuata sono riportati i parametri di resistenza al taglio caratteristici e di progetto ai fini delle verifiche di stabilità.

Gli intervalli liquefacibili sono evidenziati con il colore rosso e si riportano i valori della resistenza al taglio residua in condizioni di liquefazione ( $S_{rm-in}$  e  $S_{rm-fin}$ ) nelle colonne corrispondenti alla coesione non drenata.

TABELLA 6-15: STRATIGRAFIA E PARAMETRI DI PROGETTO – ZONA LIQUEFACIBILE 25L – CPTU L093.

Z <sub>min</sub> [m da p.c.]	Z <sub>max</sub> [m da p.c.]	Unità	γ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici				Parametri di resistenza al taglio di progetto			
				c' <sub>k</sub> [kPa]	φ' <sub>k</sub> [°]	C <sub>uk-in</sub> [kPa]	C <sub>uk-fin</sub> [kPa]	c' <sub>d</sub> [kPa]	φ' <sub>d</sub> [°]	C <sub>ud-in</sub> [kPa]	C <sub>ud-fin</sub> [kPa]
0.00	3.00	1	18.5	5.0	24	57.0	57.0	4.0	19.6	40.7	40.7
3.00	5.00	1	18.5	5.0	24	40.0	40.0	4.0	19.6	28.6	28.6
5.00	7.40	1	18.5	5.0	24	42.0	48.0	4.0	19.6	30.0	34.3
7.40	9.90	2Liq1	18.8	-	-	5.4	5.4	-	-	3.9	-
9.90	10.80	2Liq2	18.8	-	-	7.4	7.4	-	-	5.3	5.3
10.80	12.30	2Liq3	18.8	-	-	17.0	17.0	-	-	12.1	-
12.30	12.70	1	18.5	5.0	24	55.0	55.0	4.0	19.6	39.3	39.3
12.70	14.10	3Liq1	19.0	-	-	28.7	28.7	-	-	20.5	-
14.10	14.70	2Liq4	18.8	-	-	17.7	17.7	-	-	12.6	-
14.70	16.30	3	19.0	-	32	-	-	-	26.1	-	-
16.30	17.00	1	18.5	5.0	24	77.3	77.3	4.0	19.6	55.2	55.2
17.00	17.70	2Liq5	18.8	-	-	16.2	16.2	-	-	11.6	11.6
17.70	18.90	1	18.5	5.0	24	78.2	78.2	4.0	19.6	55.9	55.9
18.90	20.00	3Liq2	19.0	-	-	24.7	24.7	-	-	17.6	17.6
20.00	30.00	1	18.5	5.0	24	79.0	84.0	4.0	19.6	56.4	60.0

Nota: suffisso “in” = tetto dello strato; suffisso “fin” = base dello strato.

Con riferimento a quanto indicato al paragrafo nell'elaborato Rif. [4], nelle elaborazioni è stato assunto il livello di falda pari a 0.50 m da p.c.

## 7. VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI IN ZONA LIQUEFACIBILE

Nel presente capitolo saranno riportate le analisi relative alla stabilità globale dei rilevati in tutte le zone che risultano liquefacibili anche a seguito di analisi di risposta sismica locale.

Per quanto concerne i criteri adottati per tali verifiche e le condizioni di analisi si rimanda all'elaborato "Criteri generali verifiche geotecniche" Rif. [5].

Le verifiche sono state condotte, per ciascuna zona liquefacibile, con riferimento alle stratigrafie e ai livelli di falda riportati al precedente capitolo 6.

Per completezza in aggiunta a tali parametri si riportano nella seguente tabella i parametri geotecnici caratteristici adottati per il materiale da rilevato ipotizzato in materiale stabilizzato a calce, per il terreno vegetale adottato per il rivestimento delle scarpate e per l'eventuale materiale costituente rilevati esistenti interferenti con la viabilità principale.

**TABELLA 7-1: PARAMETRI DI RESISTENZA AL TAGLIO MATERIALE DA RILEVATO E TERRENO VEGETALE.**

Unità	$\gamma$ [kN/m <sup>3</sup> ]	Parametri di resistenza al taglio caratteristici			Parametri di resistenza al taglio di progetto		
		$c'_k$ [kPa]	$\phi'_k$ [°]	$c_{uk}$ [kPa]	$c'_d$ [kPa]	$\phi'_d$ [°]	$c_{ud}$ [kPa]
Materiale da rilevato	19.5	15	28	200.0	12	23.04	142.90
Terreno vegetale	18.5	5	24	-	4	19.61	-

Con riferimento all'input sismico si riassumono nella seguente tabella, per ciascuna zona liquefacibile esaminata, i valori dei coefficienti sismici adottati nelle verifiche di stabilità in condizione di liquefazione ottenuti a partire dai massimi valori di PGA da analisi di risposta sismica locale.

**TABELLA 7-2: PROVA CPTU DI RIFERIMENTO, VALORI DELLA PGA OTTENUTA DA RSL, ALTEZZE DI RILEVATO MASSIME E COEFFICIENTI SISMICI ORIZZONTALE E VERTICALE ADOTTATI IN CONDIZIONE DI LIQUEFAZIONE (SISMA  $\pm 50\%$ ) PER CIASCUNA ZONA LIQUEFACIBILE ESAMINATA.**

ZONA LIQUEFACIBILE	H <sub>ril max</sub> [m]	CPTU riferimento	PGA da RSL [g]	k <sub>h</sub> da PGA 50%	k <sub>v</sub> da PGA 50%
0L – I01	4.7	CPTU V001	0.303	0.02121	±0.01060
1L – Svincolo S01	Elaborato PD_0_S01_S0000_0_GT_RB_01				
2L – I01	13.0	CPTU 012	0.273	0.03800	±0.01900
4L	9.5	CPTU L012	0.283	0.03962	±0.01981
5aL	2.5	CPTU V05	0.313	0.04400	±0.02200
5bL	2.5	CPTU V013	0.28	0.03900	±0.01950
9L	6.0	CPTU 112	0.264	0.03700	±0.01850
13bL – asse autostradale	3.0	CPTU V054	0.279	0.03900	±0.01950
13bL – Svincolo S03	Elaborato PD_0_S03_S0000_0_GT_RB_01				
16L	13.0	CPTU V017	0.260	0.03600	±0.01800
17aL	8.0	CPTU 559	0.275	0.03850	±0.01950
17bL	5.0	CPTU 559	0.275	0.03850	±0.01950
18L	4.0	CPTU 563	0.306	0.04300	±0.02150
19L	2.5	CPTU L060	0.292	0.04100	±0.02050
20L – Svincolo S04	Elaborato PD_0_S04_S0000_0_GT_RB_01				
22L	2.5	CPTU V035	0.294	0.04116	±0.02058
23L	5.0	CPTU 413	0.281	0.03900	±0.01950
24L	3.0	CPTU L088	0.310	0.04300	±0.02200
25L – asse autostradale	10.0	CPTU L093	0.297	0.04158	±0.02079
25L – I02	11.0	CPTU L093	0.297	0.04158	±0.02079

Sulla base delle altezze massime di rilevato individuate in corrispondenza delle singole zone liquefacibili è stata analizzata la stabilità globale; le superfici di scorrimento interessano il corpo rilevato e gli strati di terreno al di sotto del rilevato e consentono di definire la necessità di elementi di rinforzo alla base o all'interno del corpo rilevato o la necessità di mitigazione del fenomeno della liquefazione.

Nella seguente tabella si riassumono le principali caratteristiche del rilevato per ciascuna zona liquefacibile analizzata.

TABELLA 7-3: ALTEZZE DI RILEVATO ANALIZZATE NELLE VERIFICHE DI STABILITÀ GLOBALE PER LE ZONE LIQUEFACIBILI

ZONA LIQUEFACIBILE	H <sub>rit</sub> [m]	Nota
0L – I01	4.7	Massima altezza di rilevato
1L – S01		Elaborato PD_0_S01_S0000_0_GT_RB_01
2L – I01	6.0	Massima altezza di rilevato senza banca
	13.0	Massima altezza di rilevato
4L	9.50	Massima altezza di rilevato
5aL	2.50	Massima altezza di rilevato
5bL	2.50	Massima altezza di rilevato
9L	6.00	Massima altezza di rilevato
13bL - asse	3.00	Massima altezza di rilevato
13bL – S03		Elaborato PD_0_S03_S0000_0_GT_RB_01
16L	10.00	Massima altezza di rilevato con banca e senza geogriglie di rinforzo
	11.00	Altezza di rilevato intermedia con banca e con geogriglia di rinforzo (alla base del rilevato)
	13.00	Massima altezza di rilevato con banca e con due strati di geogriglie di rinforzo (alla base del rilevato e a 2.0m da p.c.)
17aL	5.00	Massima altezza di rilevato senza banca e senza geogriglie di rinforzo
	6.00	Massima altezza di rilevato senza banca e con geogriglie di rinforzo
	8.00	Massima altezza di rilevato con banca e con geogriglie di rinforzo
17bL	5.00	Massima altezza di rilevato
18L	4.00	Massima altezza di rilevato
19L	2.50	Massima altezza di rilevato
20L – S04		Elaborato PD_0_S04_S0000_0_GT_RB_01
22L	2.50	Massima altezza di rilevato
23L	5.00	Massima altezza di rilevato
24L	3.00	Massima altezza di rilevato
25L – asse	10.00	Massima altezza di rilevato
25L – I02	6.00	Massima altezza di rilevato senza banca
	8.00	Massima altezza di rilevato con banca e senza geogriglie di rinforzo
	10.00	Massima altezza di rilevato con banca e con geogriglia di rinforzo (alla base del rilevato)
	11.00	Massima altezza di rilevato con banca e con due strati di geogriglie di rinforzo (alla base del rilevato e a 2.0m da p.c.)

## 7.1.1. Zona liquefacibile 0L – Interconnessione I01 - Tratto in affiancamento ad A22

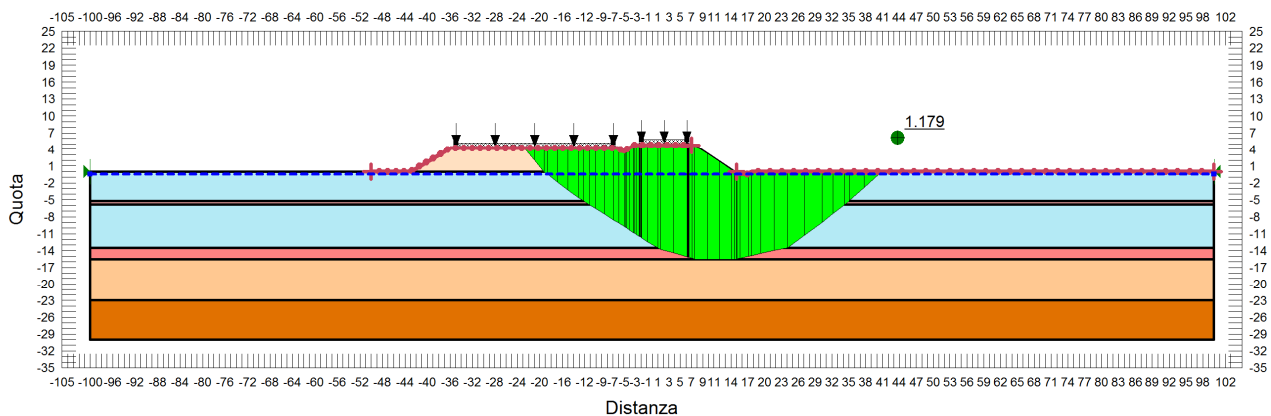
### 7.1.1.1 $H_{rij} = 4.70\text{ m}$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z0L.

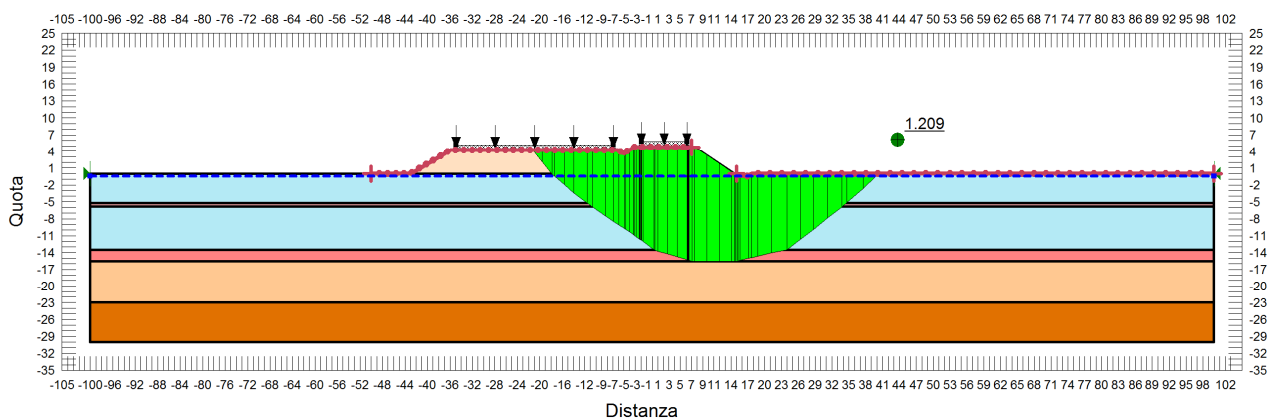
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [9].

**TABELLA 7-4: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=4.70\text{ M}$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=4.70 m	1.179	1.209



**FIGURA 7-1: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=4.70 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-2: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=4.70 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**



Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 0L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

E' prevista comunque la mitigazione in corrispondenza delle spalle dell'opera IPO 02.

### **7.1.2. Zona liquefacibile 1L – Svincolo S01**

Si rimanda all'elaborato PD\_0\_S01\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di Reggiolo Rolo.

### **7.1.3. Zona liquefacibile 2L – Interconnessione I01**

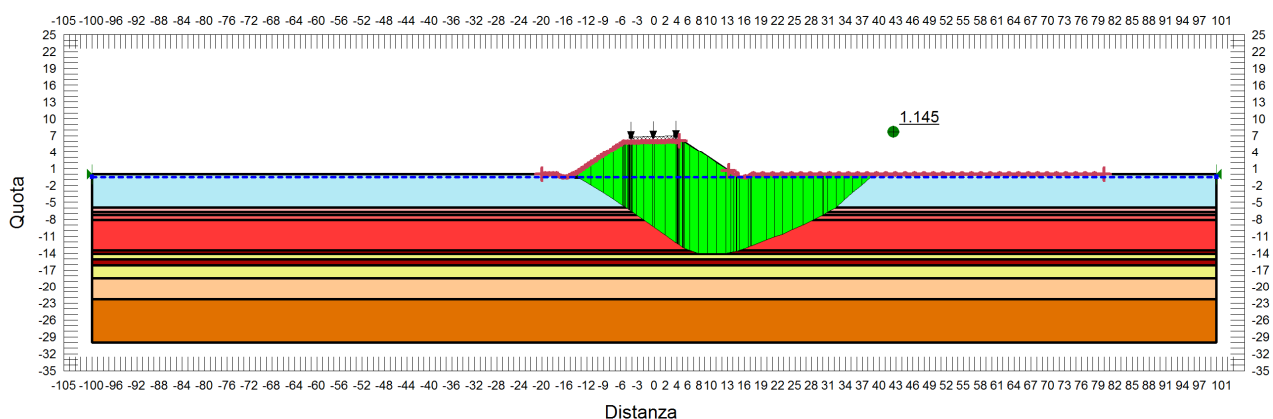
#### **7.1.3.1 $H_{ril} = 6.00\text{ m}$**

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z2L.

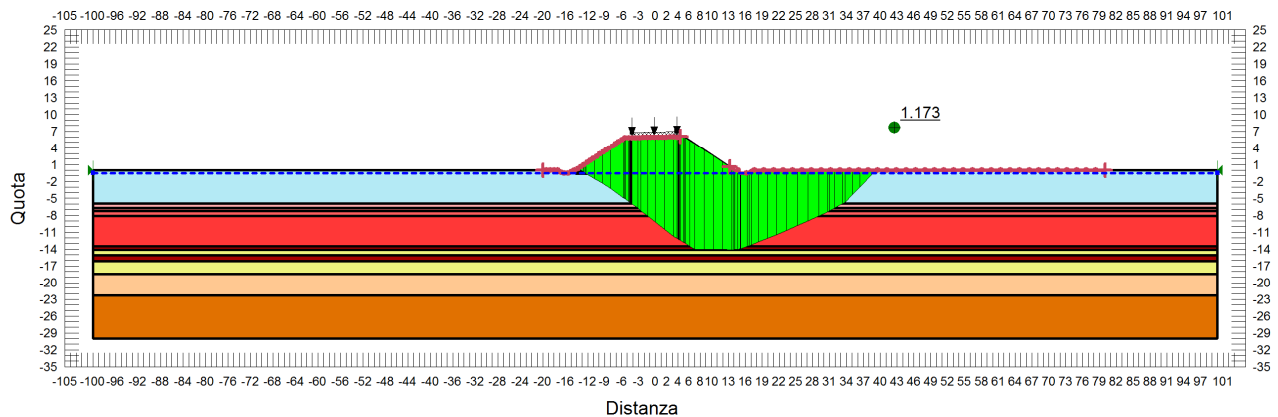
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [9].

**TABELLA 7-5: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=6.00\text{ M}$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=6.00 m	1.145	1.173



**FIGURA 7-3: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-4: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 2L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

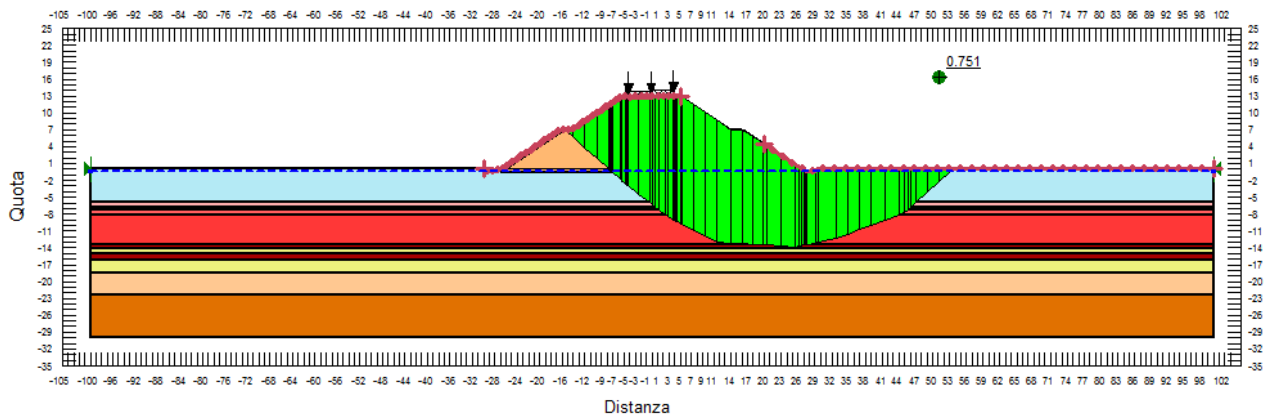
### 7.1.3.2 $H_{ril} = 13.00\text{ m}$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z2L.

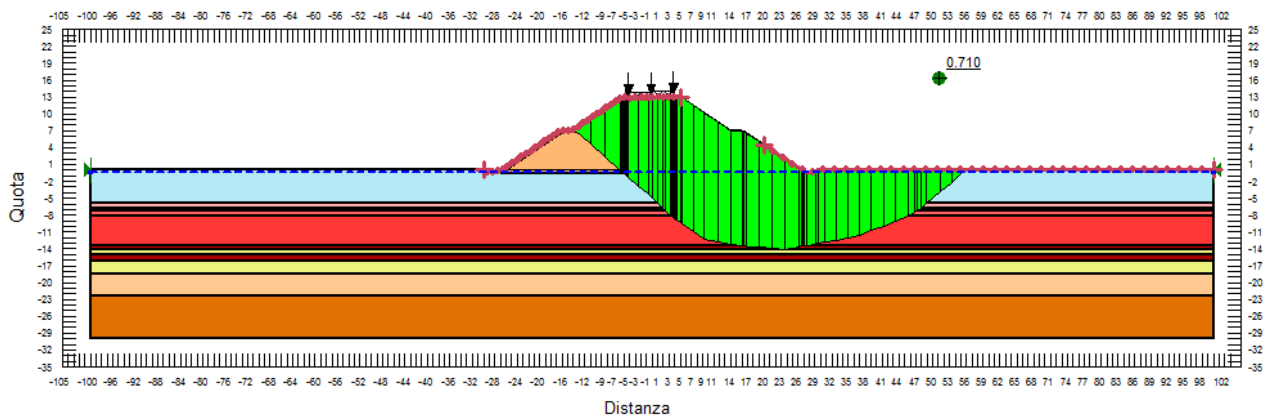
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-6: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=13.00\text{ M}$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=13.00 m	0.751	0.710



**FIGURA 7-5: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=13.00 m - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-6: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=13.00 m - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 2L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

#### **7.1.4. Zona liquefacibile 4L**

##### **7.1.4.1 $H_{rij} = 9.50 m$**

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z4L.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

TABELLA 7-7: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=9.50$  M.

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=9.50 m	0.810	0.819

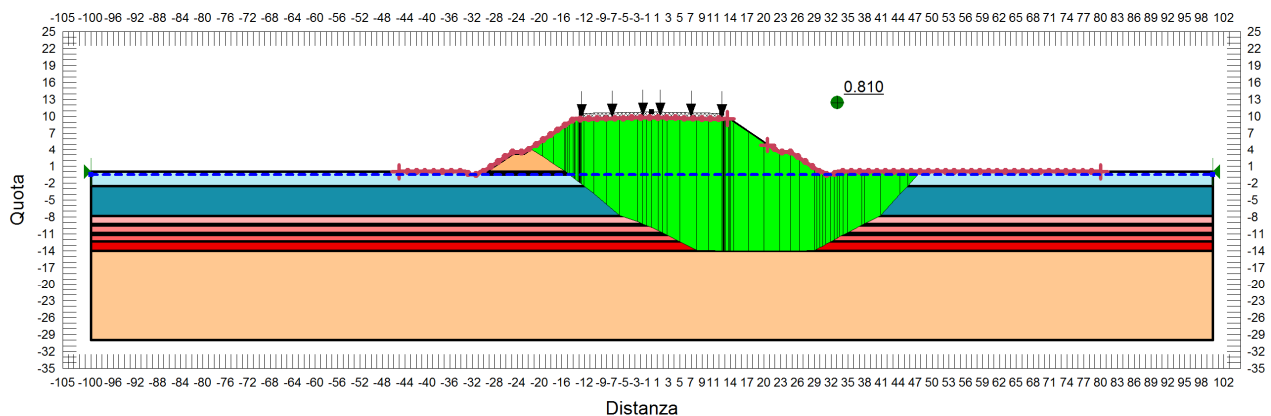


FIGURA 7-7: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=9.50 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.

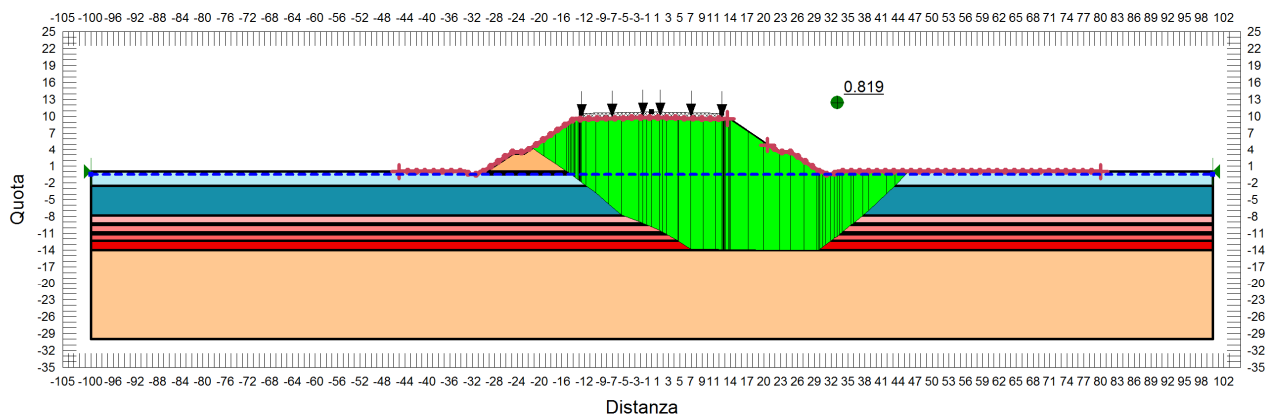


FIGURA 7-8: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=9.50 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 4L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

## 7.1.5. Zona liquefacibile 5aL

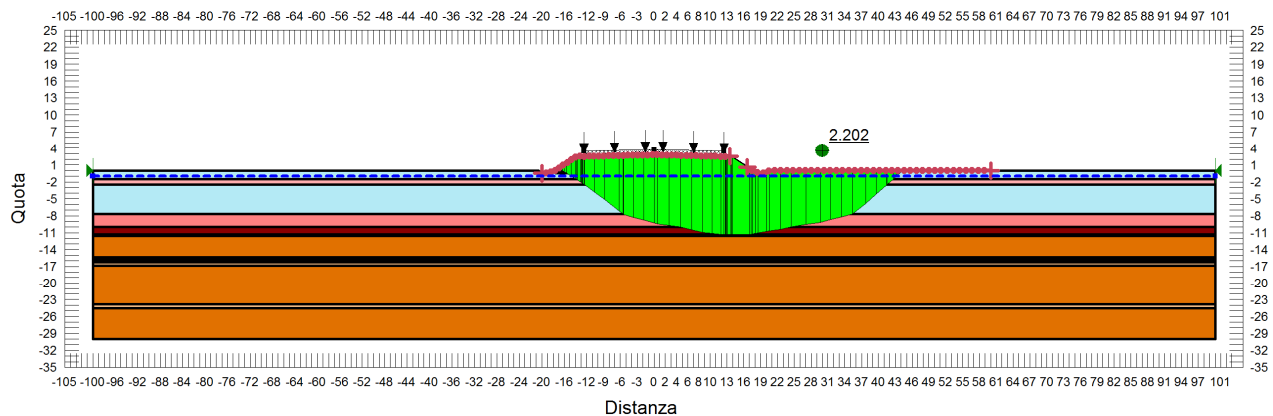
### 7.1.5.1 $H_{ril} = 2.50\text{ m}$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z5aL.

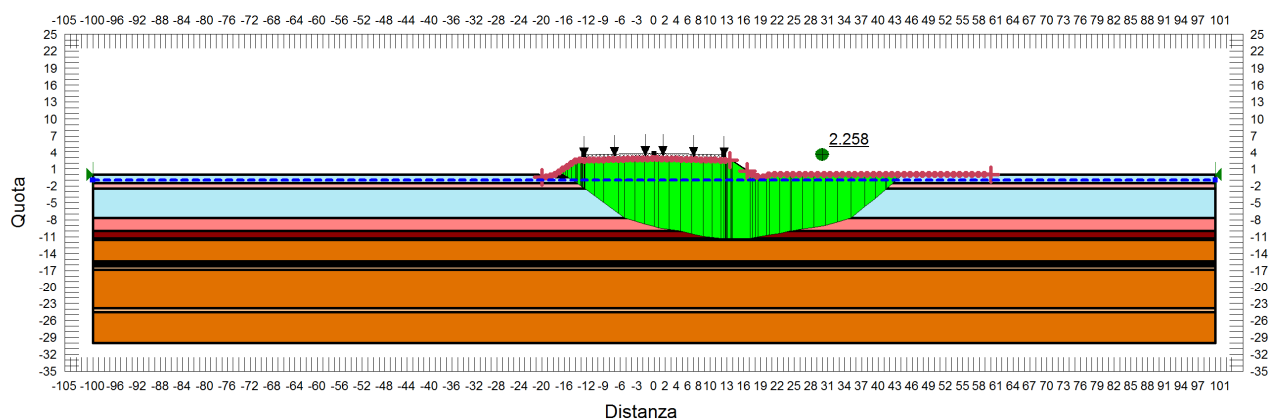
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-8: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=2.50\text{ M}$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=2.50 m	2.202	2.258



**FIGURA 7-9: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=2.50 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-10: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=2.50 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 5aL, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

### 7.1.6. Zona liquefacibile 5bL

#### 7.1.6.1 $H_{ril} = 2.50\text{ m}$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z5bL.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

TABELLA 7-9: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=2.50\text{ M}$ .

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=2.50 m	1.300	1.308

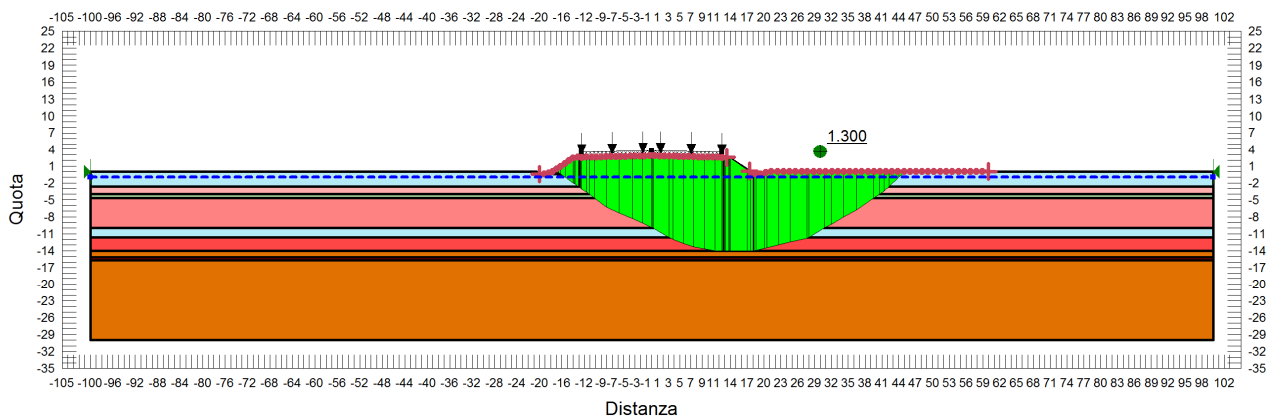
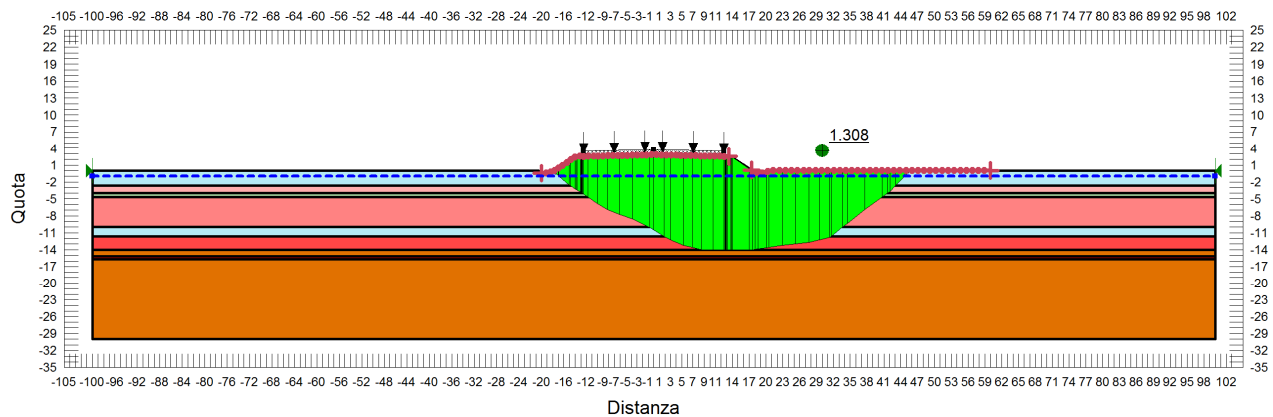


FIGURA 7-11: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=2.50 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.



**FIGURA 7-12: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=2.50 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 5bL, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

### **7.1.7. Zona liquefacibile 9L**

#### **7.1.7.1 $H_{ril} = 6.00 m$**

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z9L.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-10: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=6.00 M$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=6.00 m	0.990	1.011

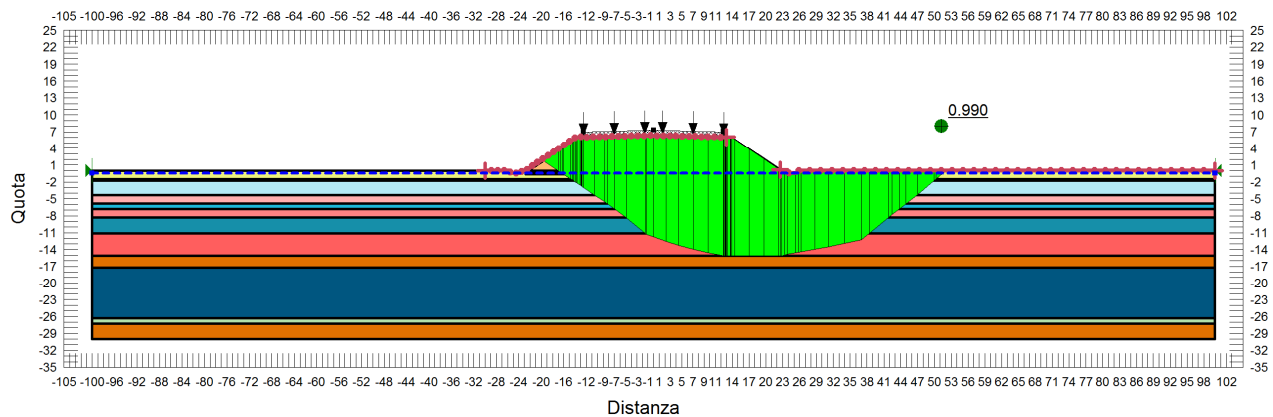


FIGURA 7-13: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 m - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.

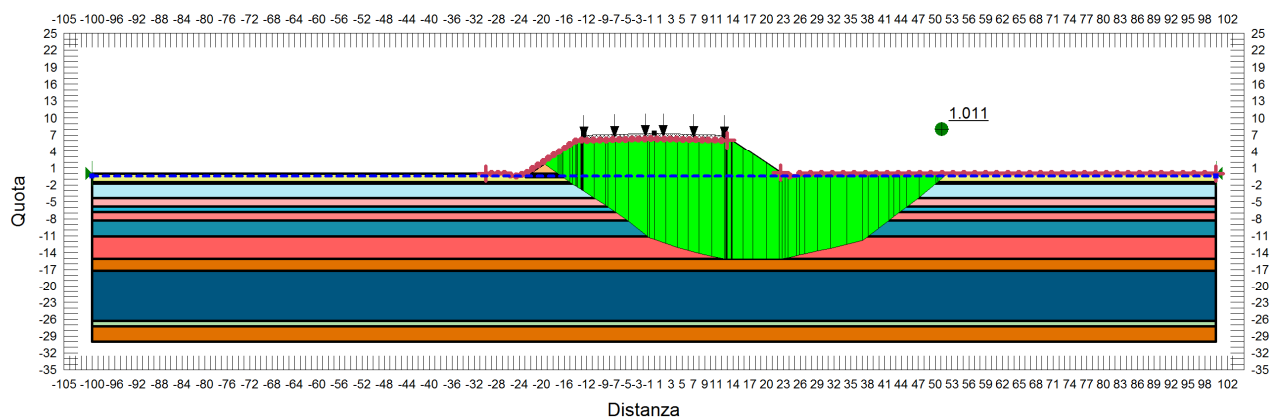


FIGURA 7-14: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 m - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 9L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

### 7.1.8. Zona liquefacibile 13bL – Asse autostradale

#### 7.1.8.1 $H_{rij} = 3.00 m$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z13bL.



Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

TABELLA 7-11: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=3.00$  M.

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=3.00 m	1.675	1.687

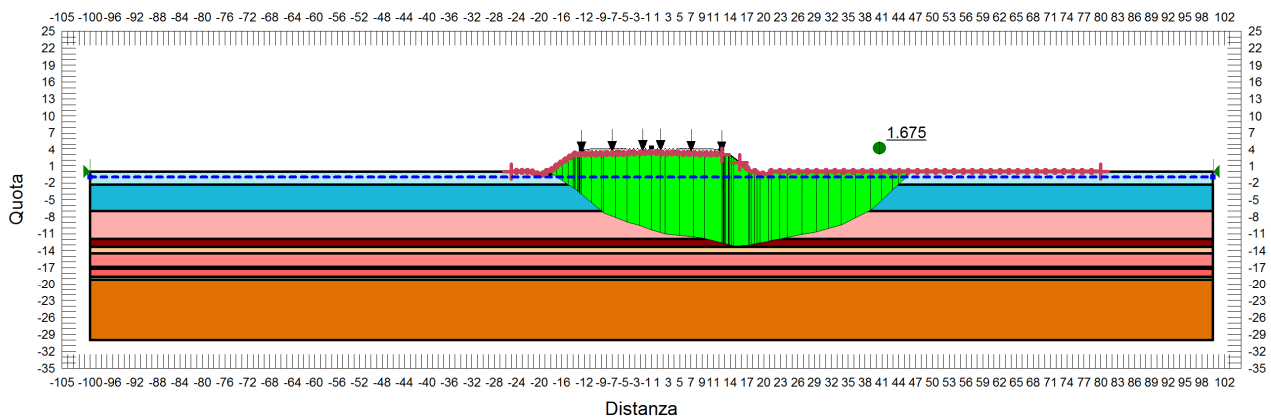


FIGURA 7-15: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=3.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.

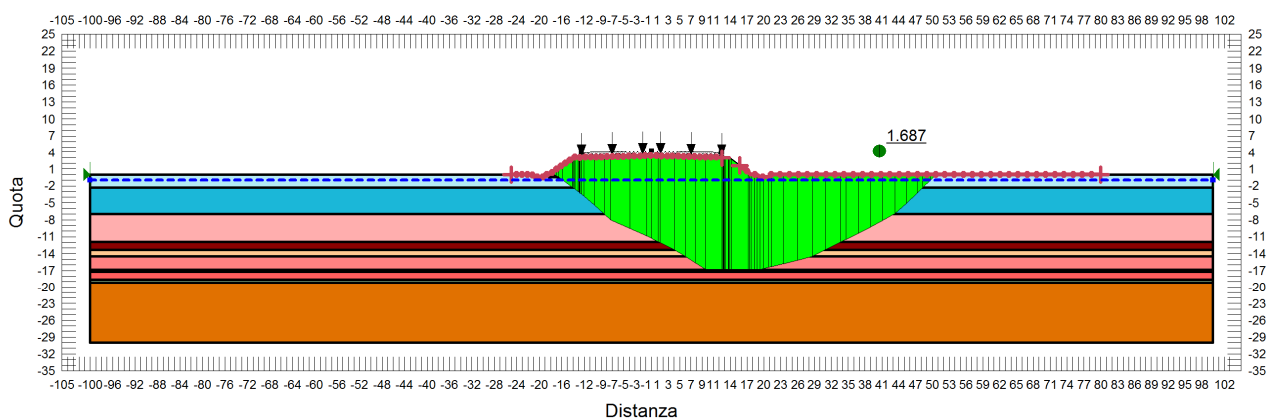


FIGURA 7-16: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=3.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 13bL, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

## 7.1.9. Zona liquefacibile 13bL – Svincolo S03

Si rimanda all'elaborato PD\_0\_S03\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di S. Felice sul Panaro-Finale Emilia.

## 7.1.10. Zona liquefacibile 16L

### 7.1.10.1 $H_{ril} = 10.0 m$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z16L.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

TABELLA 7-12: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=10.00 M$ .

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=10.00 m	0.554	0.569

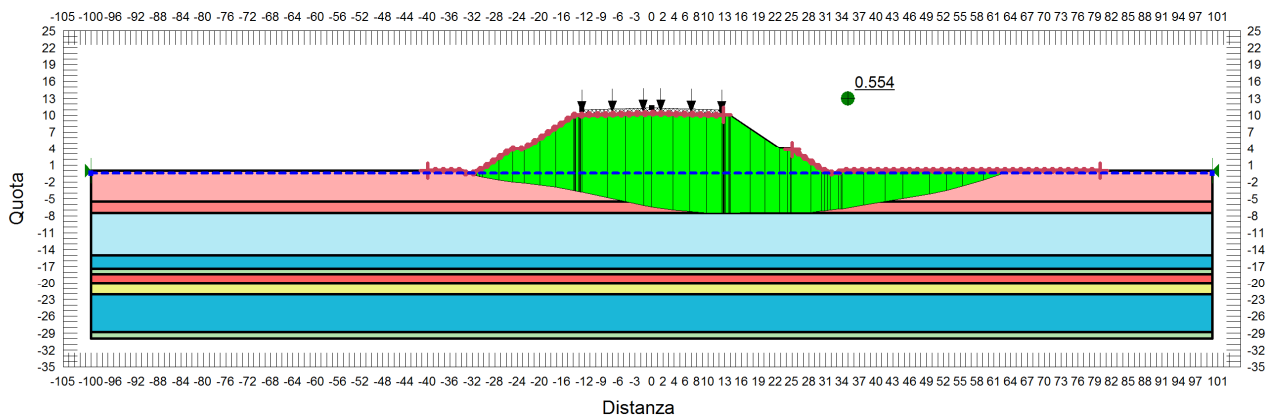
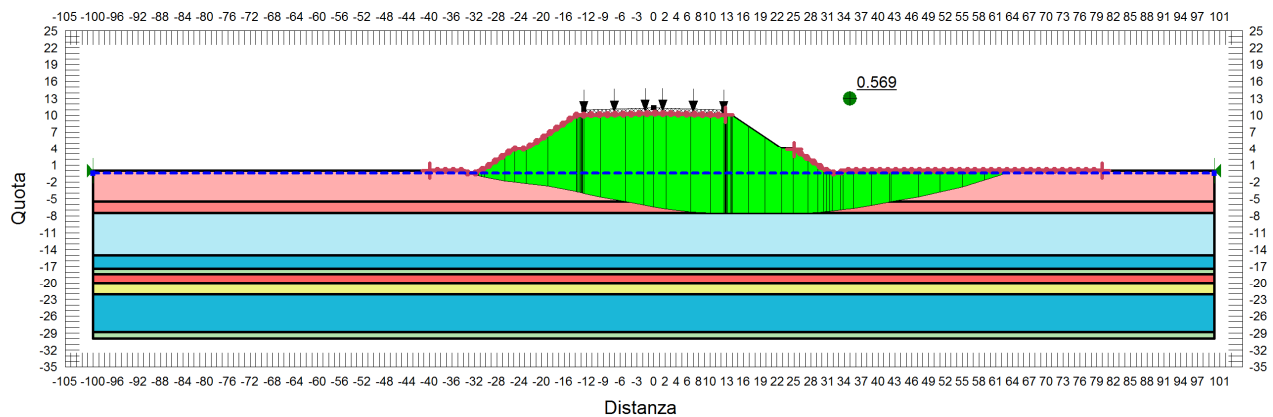


FIGURA 7-17: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=10.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.



**FIGURA 7-18: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=10.00 m - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 16L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte per rilevati aventi  $H \leq 10.00$  m, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

### 7.1.10.2 $H_{ril} = 11.0$ m

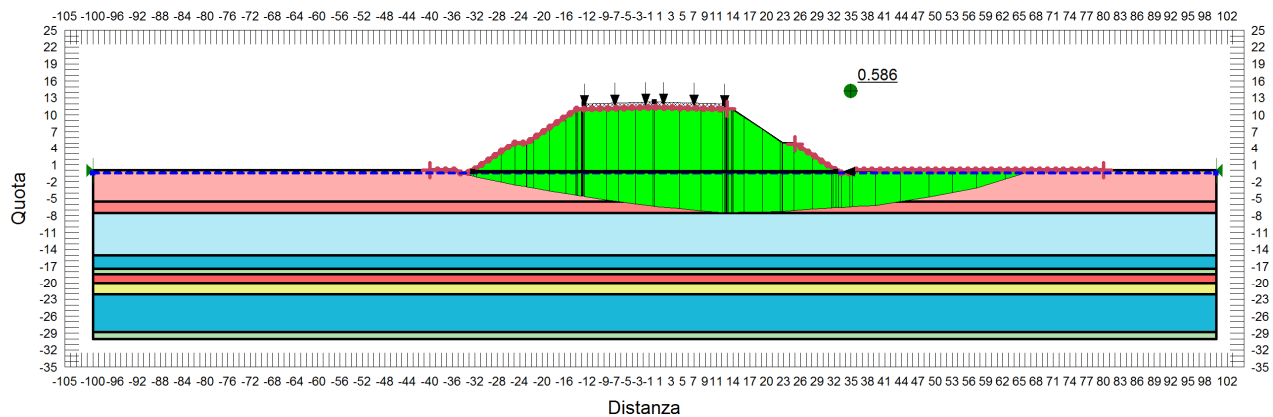
Per i rilevati di altezza superiore a 10.00 m sono state introdotte alla base del rilevato geogriglie di rinforzo. Per rilevati aventi altezza compresa tra 10.00 m e 11.00 m tali geogriglie devono avere resistenza a trazione di calcolo pari a 350 kN/m in corrispondenza di un allungamento  $\epsilon=10\%$ .

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z16L.

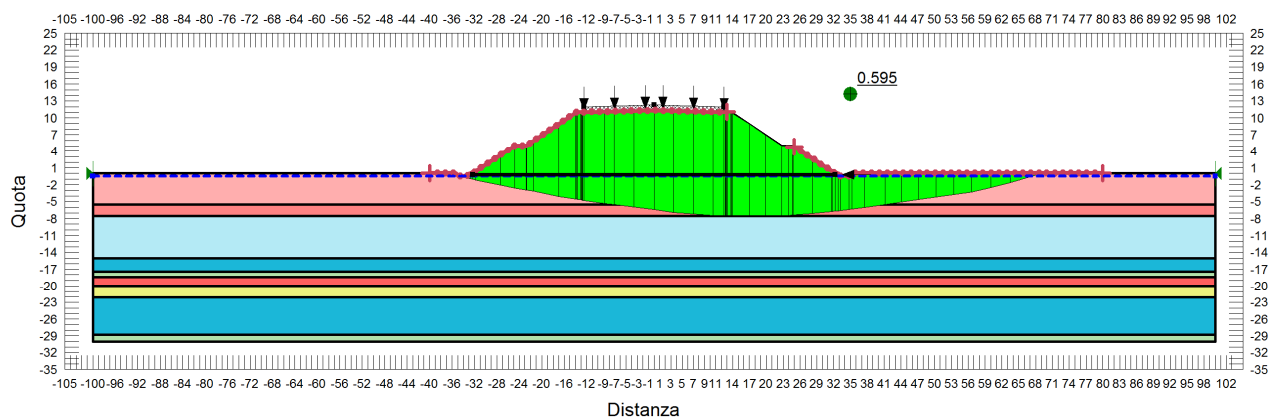
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-13: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=11.00$  M.**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=11.00 m	0.586	0.595



**FIGURA 7-19: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=11.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-20: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=11.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 16L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte per rilevati aventi  $10.0 \leq H \leq 11.0$  m, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

### 7.1.10.3 $H_{rij} = 13.0$ m

Per i rilevati di altezza superiore a 10.00 m sono state introdotte alla base del rilevato geogriglie di rinforzo.

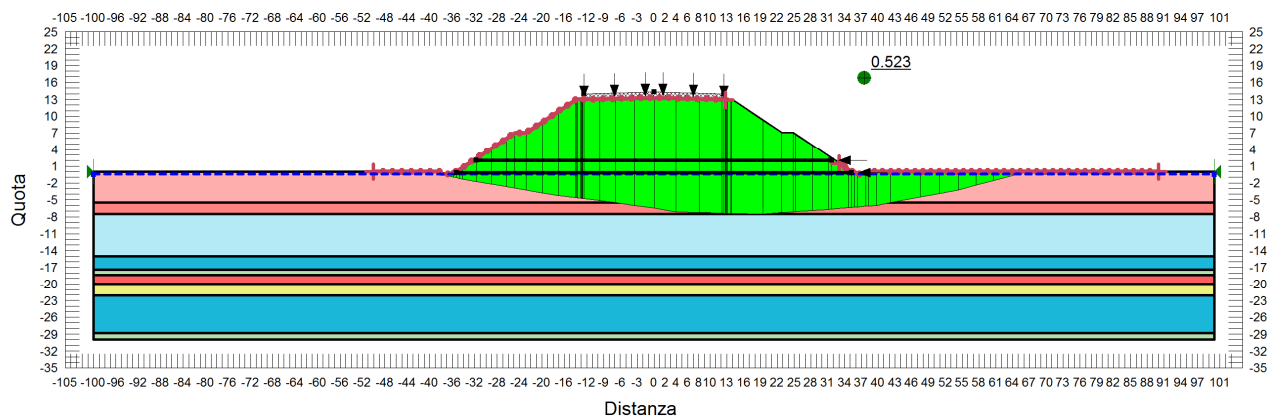
Per altezze di rilevato superiori a 11.00 m, sempre a seguito delle verifiche di stabilità in assenza di liquefazione, è stato introdotto un secondo strato di geogriglie di rinforzo all'interno del corpo rilevato a distanza di 2.00 m da p.c. Le geogriglie di base presentano resistenza a trazione di calcolo pari a 700 kN/m e le geogriglie poste a 2.00 m sopra al p.c presentano resistenza a trazione di calcolo pari a 550 kN/m in corrispondenza di un allungamento  $\epsilon=10\%$ .

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z16L.

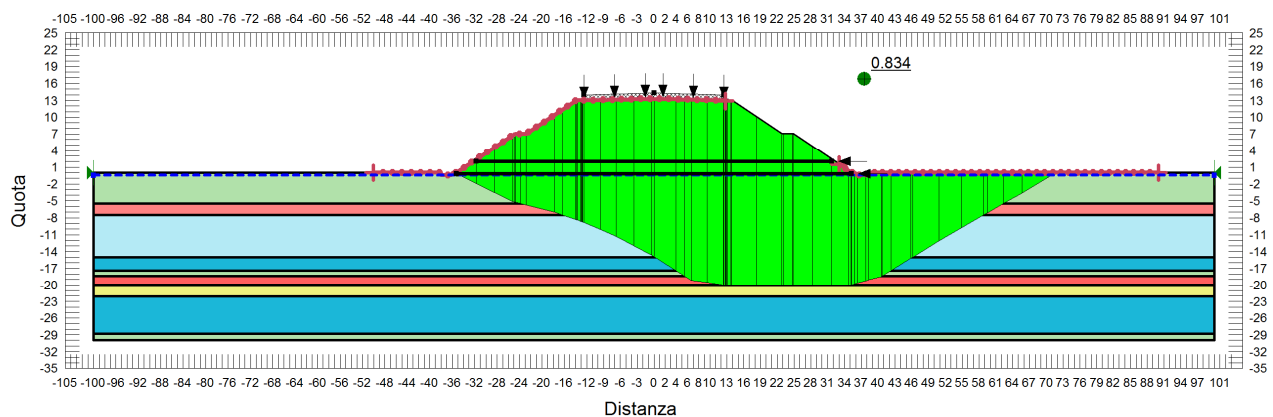
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-14: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=13.00$  M.**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=13.00 m	0.523	0.834



**FIGURA 7-21: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=13.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-22: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=13.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 16L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte per rilevati aventi  $11.0 \leq H \leq 13.0$  m, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

### 7.1.11. Zona liquefacibile 17aL

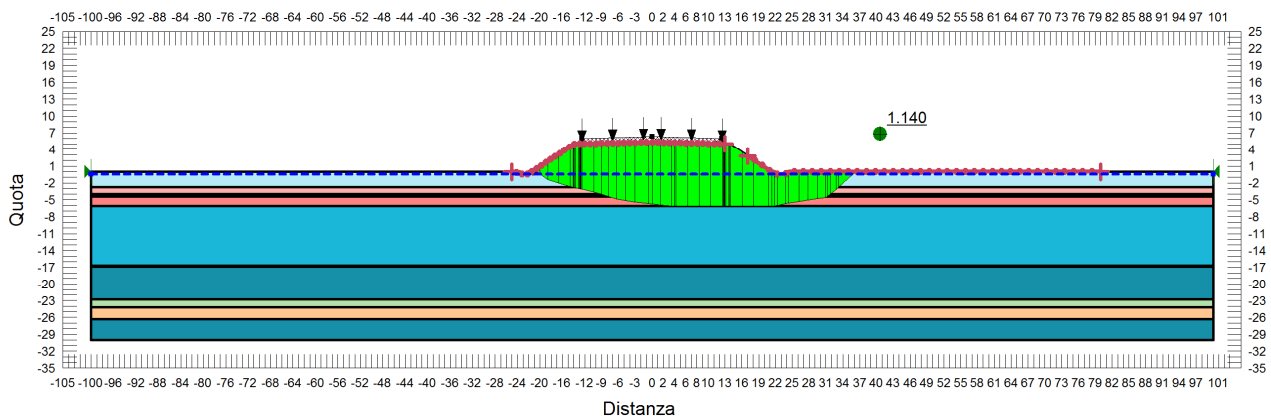
#### 7.1.11.1 $H_{ril} = 5.00$ m

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z17aL.

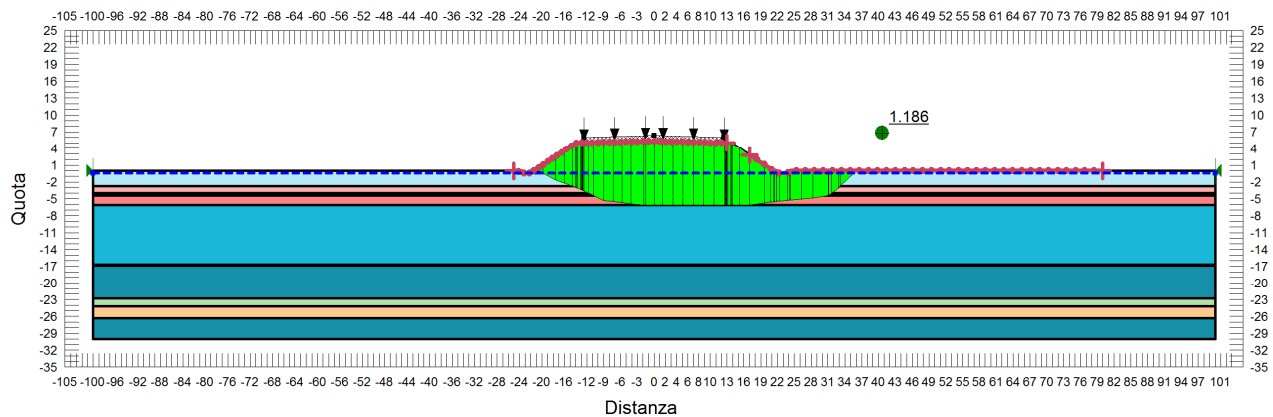
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-15: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=5.00$  M.**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=5.00 m	1.140	1.186



**FIGURA 7-23: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=5.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-24: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=5.00 m - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 17aL, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte per rilevati di altezza  $H \leq 5.00$  m senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

#### 7.1.11.2 $H_{ril} = 6.00$ m

Per i rilevati di altezza superiore a 5.00 m sono state introdotte alla base del rilevato geogriglie di rinforzo. Per rilevati aventi altezza compresa tra 5.00m e 6.00 m tali geogriglie devono avere resistenza ultima a trazione pari a 100 kN in corrispondenza di un allungamento  $\epsilon = 10\%$ .

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z17aL.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-16: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL} = 6.00$  M.**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
ALTEZZA RILEVATI		
H=6.00 m	1.132	1.159

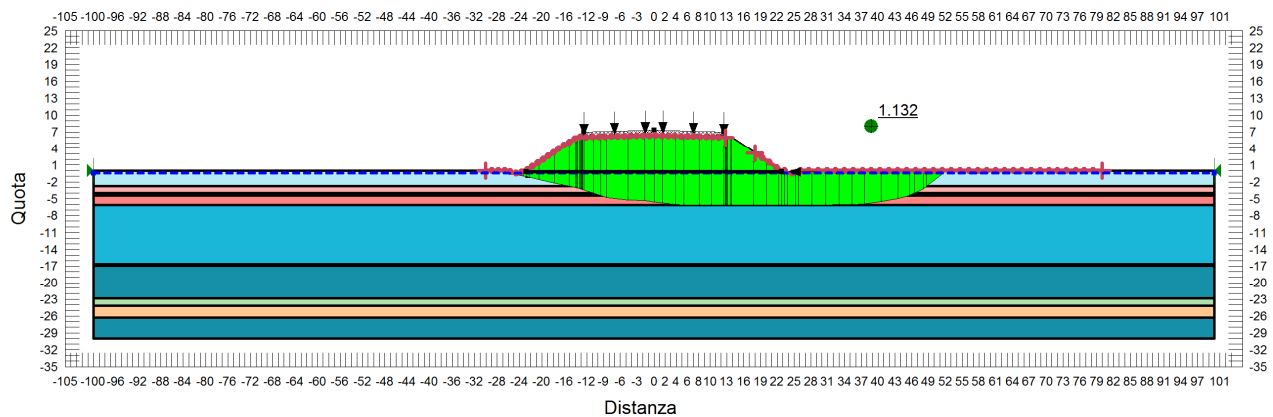


FIGURA 7-25: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 m - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.

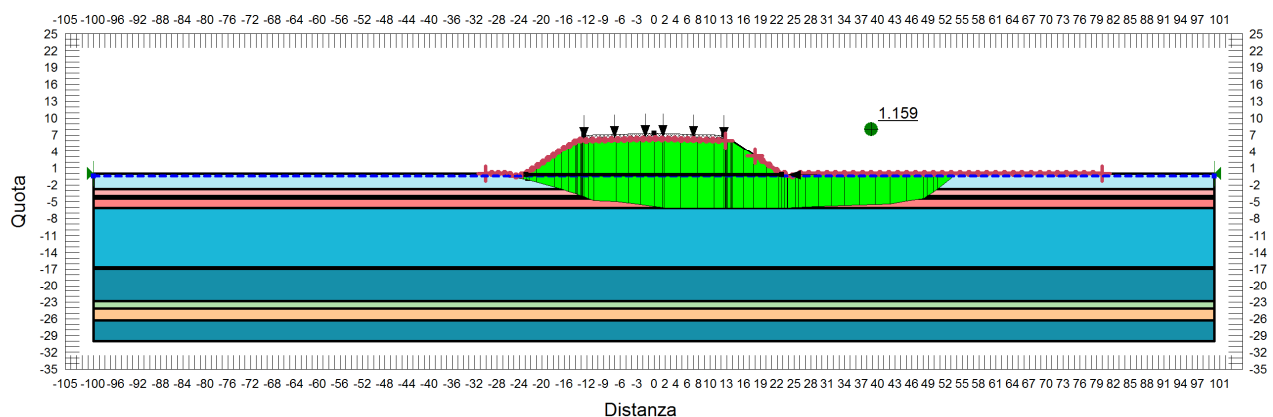


FIGURA 7-26: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 m - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 17aL, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte per rilevati di altezza  $5.0m \leq H \leq 6.0m$  senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

### 7.1.11.3 $H_{ril} = 8.00 m$

Per i rilevati di altezza superiore a 5.00 m sono state introdotte alla base del rilevato geogriglie di rinforzo. Per rilevati aventi altezza compresa tra 6.00m e 8.00 m tali geogriglie devono avere resistenza a trazione di calcolo pari a 300 kN/m in corrispondenza di un allungamento  $\epsilon=10\%$ .

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z17aL.



Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

TABELLA 7-17: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=8.00$  M.

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=8.00 m	0.926	1.012

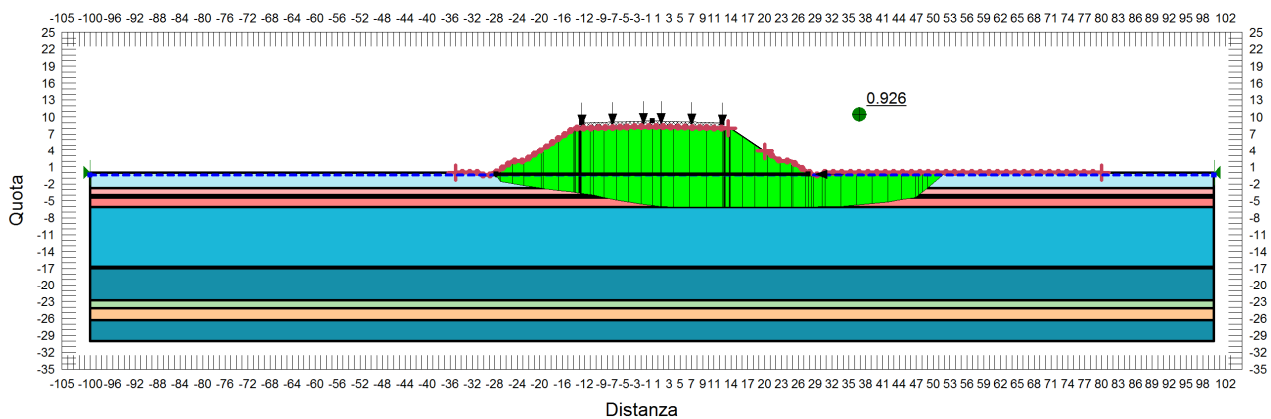


FIGURA 7-27: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=8.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.

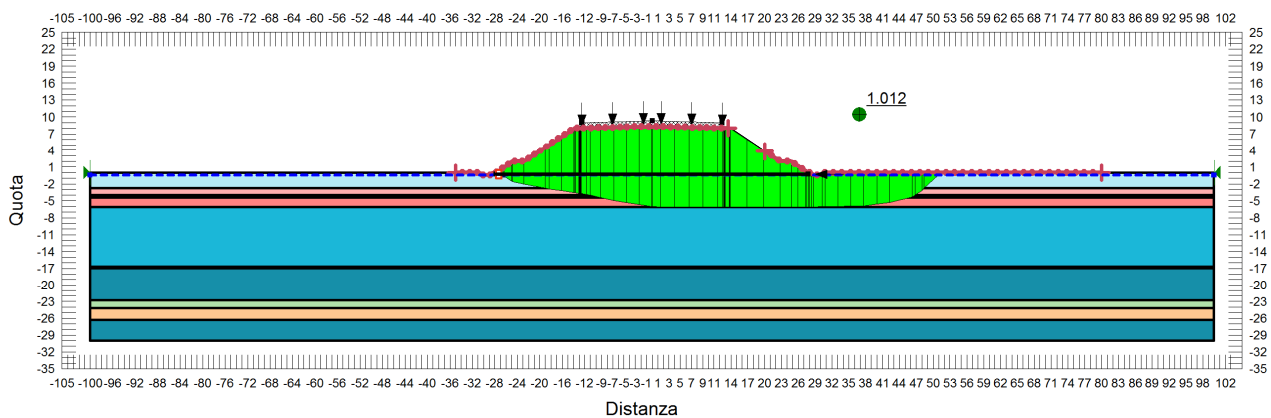


FIGURA 7-28: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=8.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 17aL, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte per i rilevati aventi  $6.0 \leq H \leq 8.0$  m, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

## 7.1.12. Zona liquefacibile 17bL

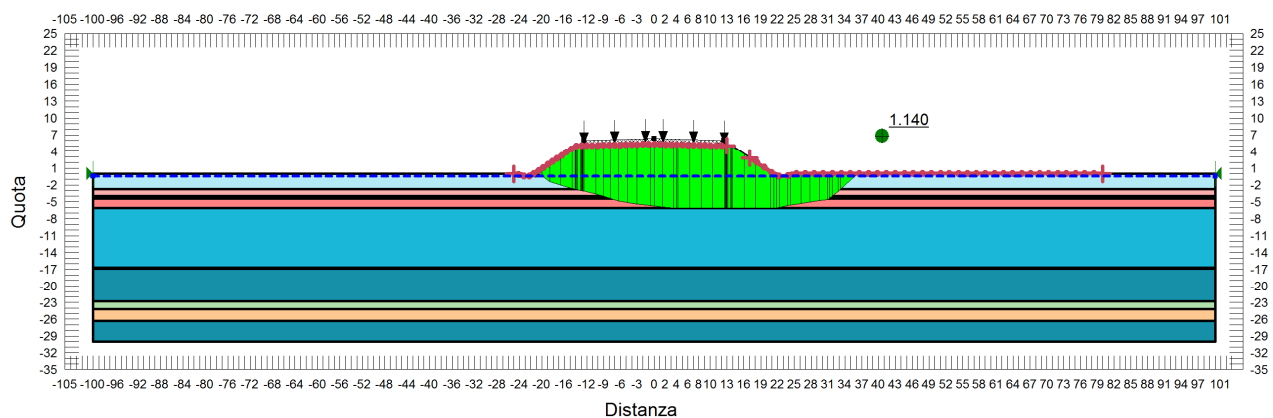
### 7.1.12.1 $H_{ril} = 5.00\text{ m}$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z17bL.

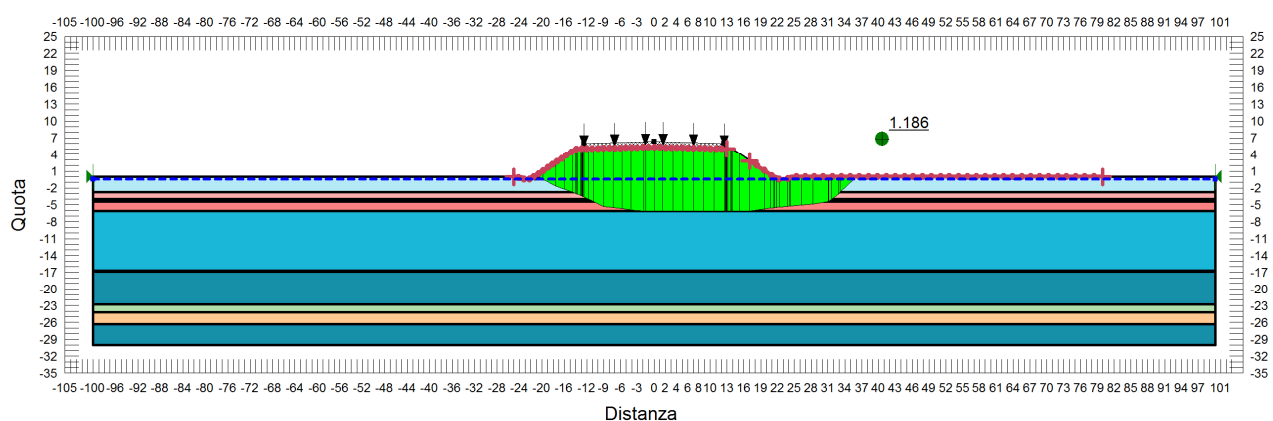
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-18: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=5.00\text{ M}$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=5.00 m	1.140	1.186



**FIGURA 7-29: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=5.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-30: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=5.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 17bL, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

### 7.1.13. Zona liquefacibile 18L

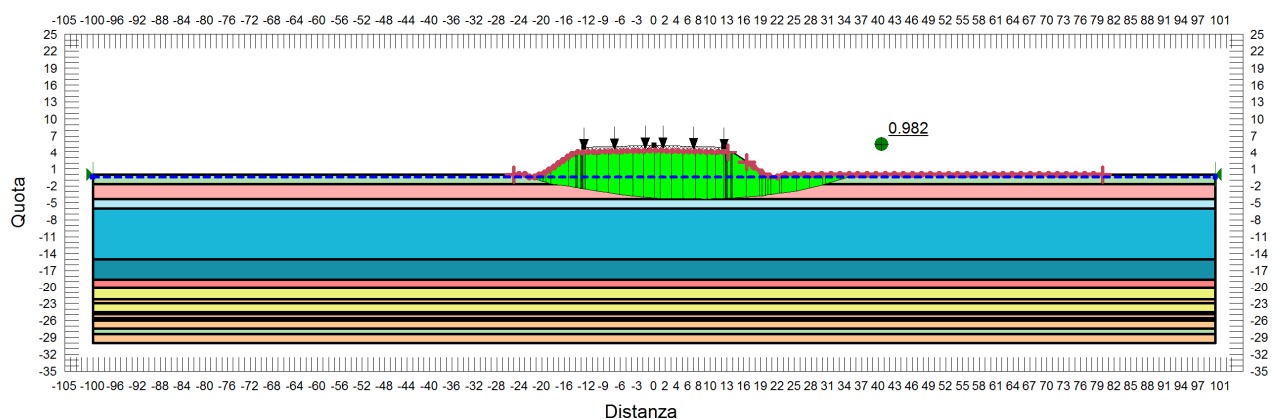
#### 7.1.13.1 $H_{ril} = 4.00\text{ m}$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z18L.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-19: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=4.00\text{ M.}$**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=4.00 m	0.982	0.909



**FIGURA 7-31: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=4.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**

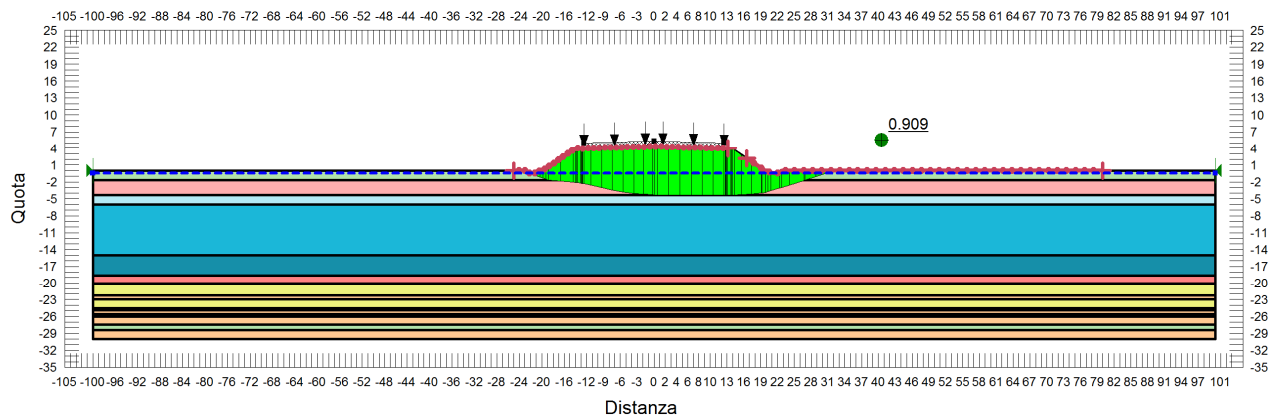


FIGURA 7-32: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=4.00 m - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 4L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

### 7.1.14. Zona liquefacibile 19L

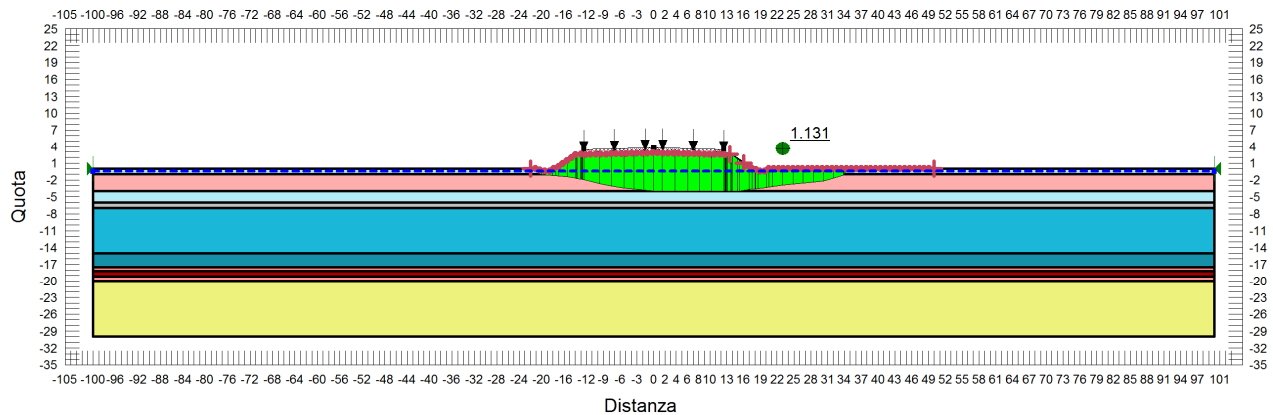
#### 7.1.14.1 $H_{ril} = 2.50 m$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z19L.

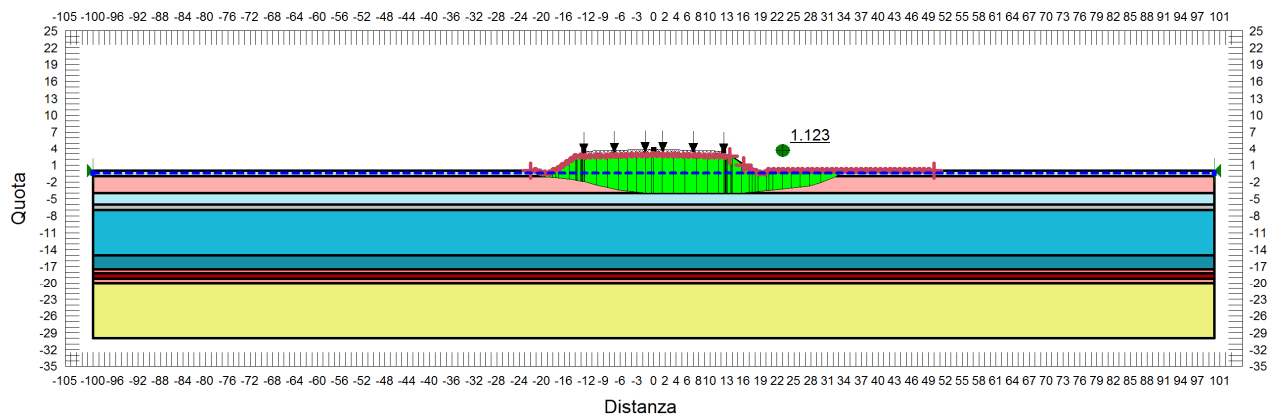
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

TABELLA 7-20: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=2.50 M$ .

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
ALTEZZA RILEVATI		
H=2.50 m	1.131	1.123



**FIGURA 7-33: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=2.50 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-34: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=2.50 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 19L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

### **7.1.15. Zona liquefacibile 20L Svincolo S04**

Si rimanda all'elaborato PD\_0\_S04\_S0000\_0\_GT\_RB\_01 Relazione Geotecnica Svincolo di Cento.

## 7.1.16. Zona liquefacibile 22L

### 7.1.16.1 $H_{ril} = 2.50\text{ m}$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z22L.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

TABELLA 7-21: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=2.50\text{ M}$ .

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=2.50 m	0.645	0.646

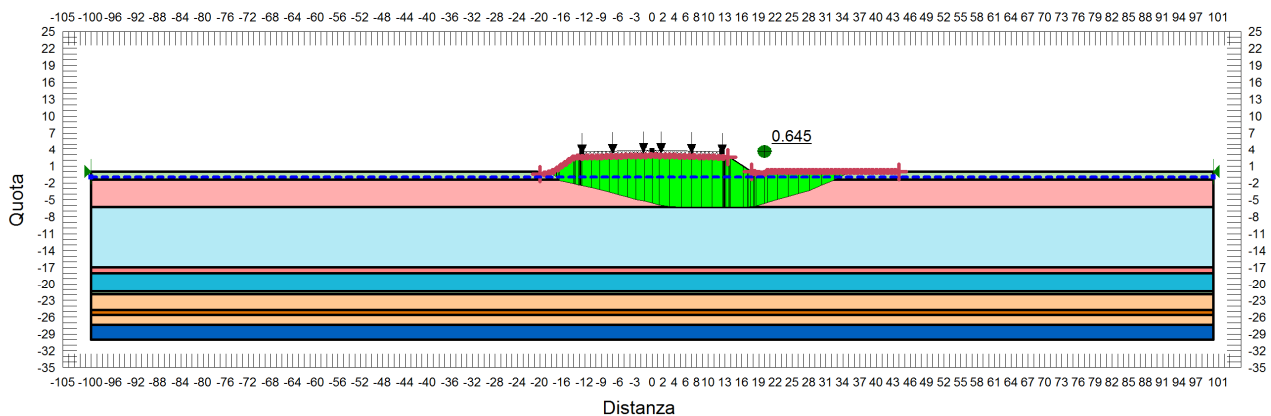


FIGURA 7-35: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=2.50 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.

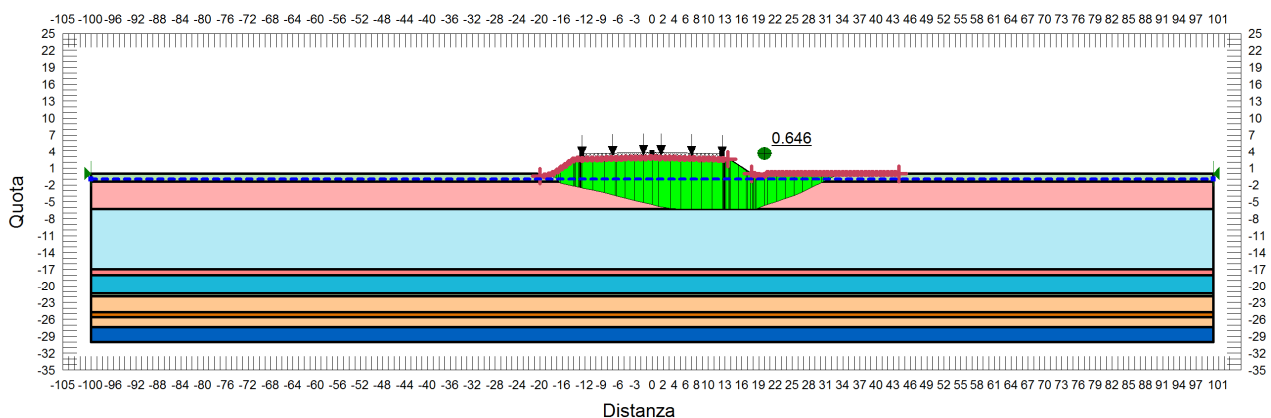


FIGURA 7-36: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=2.50 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 22L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

### 7.1.17. Zona liquefacibile 23L

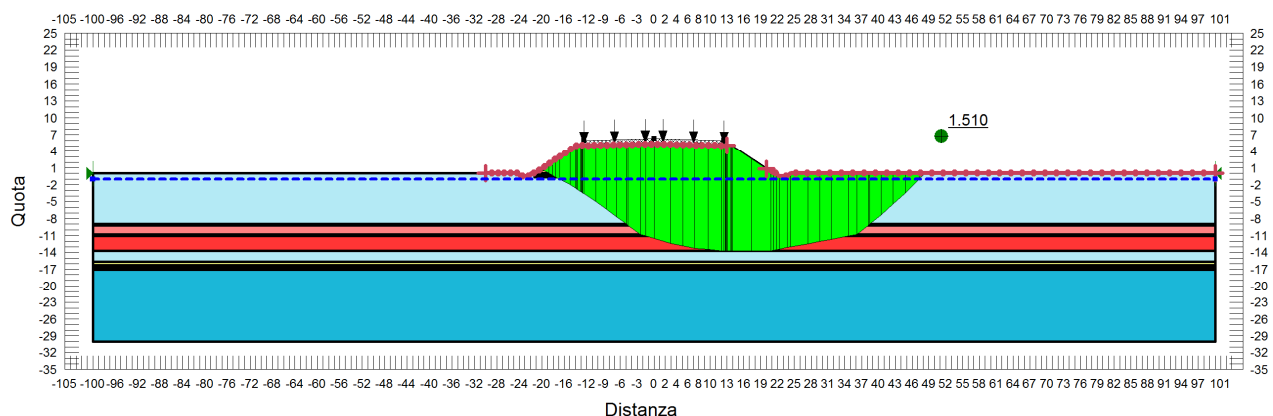
#### 7.1.17.1 $H_{ril} = 5.00\text{ m}$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z23L.

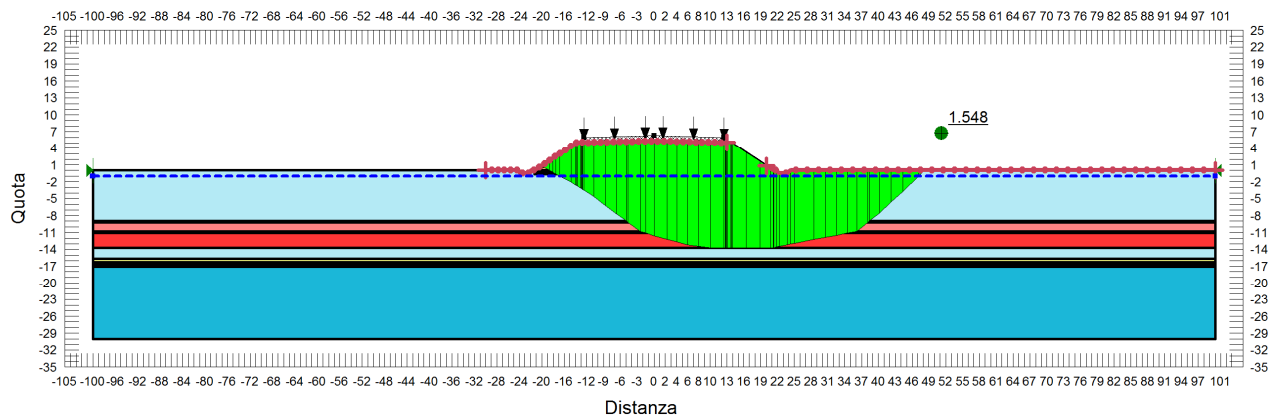
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

**TABELLA 7-22: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=5.00\text{ M}$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=5.00 m	1.510	1.548



**FIGURA 7-37: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=5.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-38: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=5.00 m - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 23L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

### **7.1.18. Zona liquefacibile 24L**

#### **7.1.18.1 $H_{ril} = 3.00 m$**

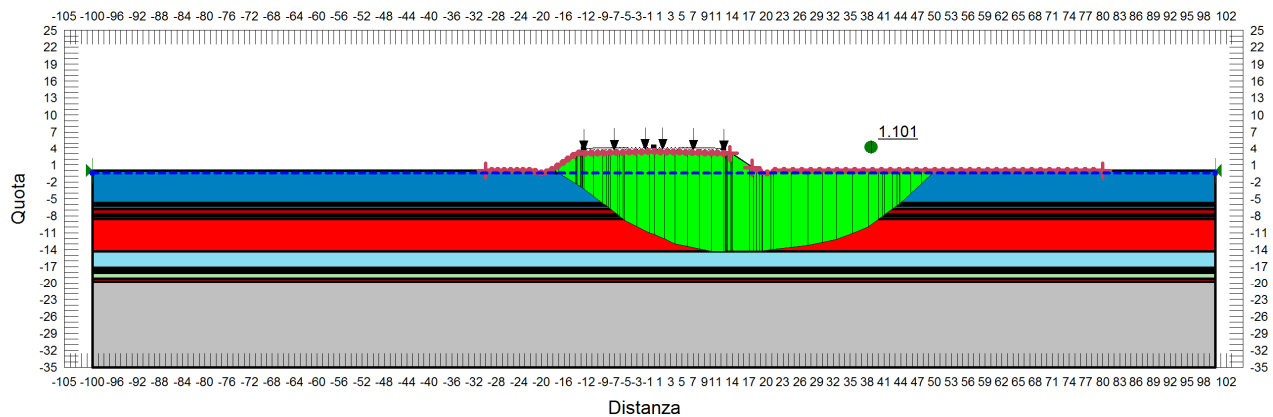
Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z24L.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

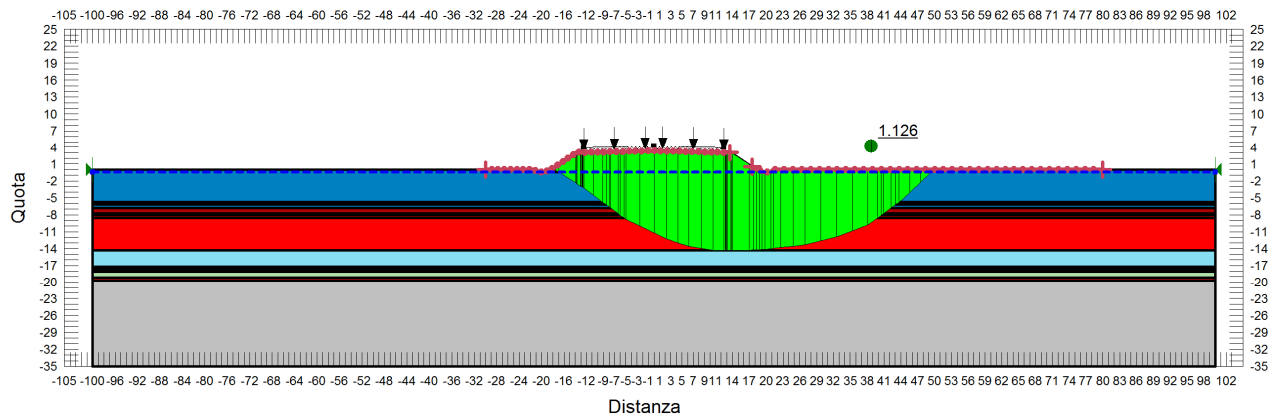
**TABELLA 7-23: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=3.00 M$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
ALTEZZA RILEVATI		
H=3.00 m	1.101	1.126





**FIGURA 7-39: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=3.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-40: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=3.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 24L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, sono soddisfatte senza necessità di ricorrere ad interventi di mitigazione.

### **7.1.19. Zona liquefacibile 25L – asse autostradale**

#### **7.1.19.1 $H_{rij} = 10.00 m$**

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z25L.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7].

TABELLA 7-24: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=10.00$  M.

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=10.00 m	0.649	0.667

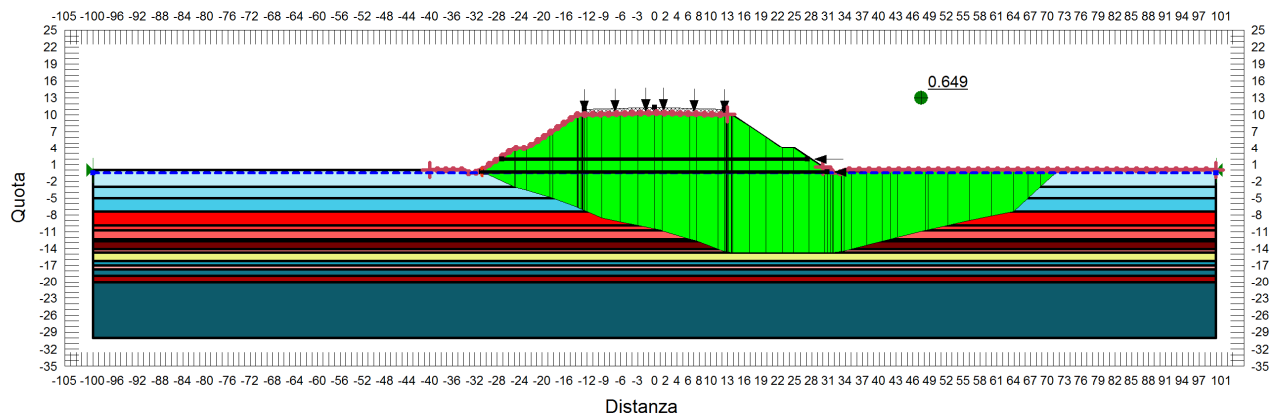


FIGURA 7-41: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=10.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.

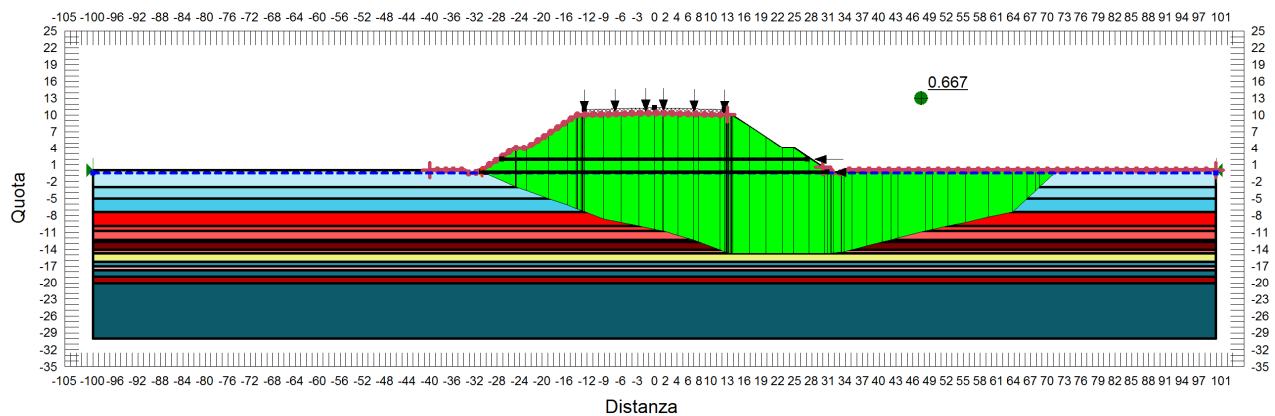


FIGURA 7-42: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=10.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 25L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte, pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

## 7.1.20. Zona liquefacibile 25L – Interconnessione I02

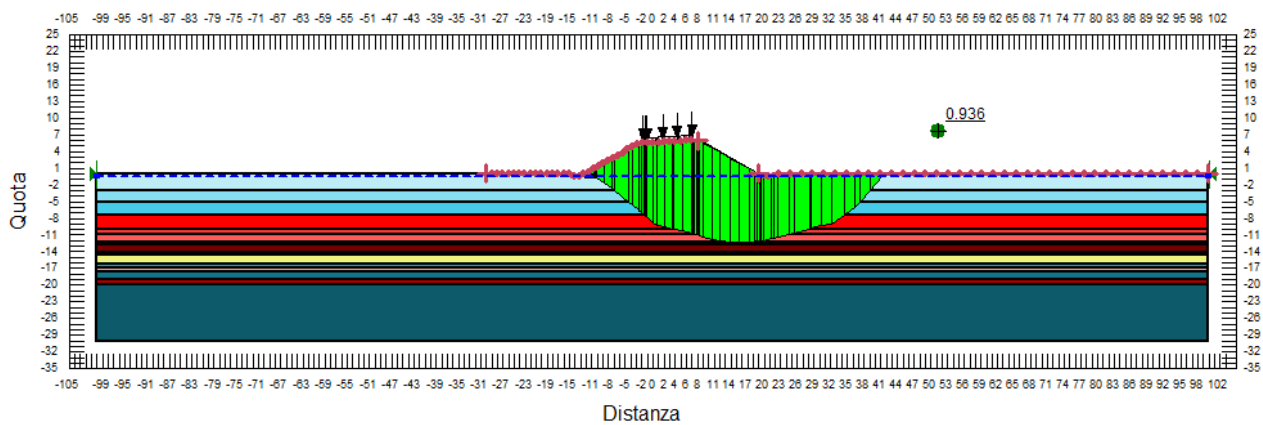
### 7.1.20.1 $H_{ril} = 6.00\text{ m}$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z25L nel tratto interessato dai rami di svincolo dell'interconnessione I02 che presentano altezza pari a 6.0m.

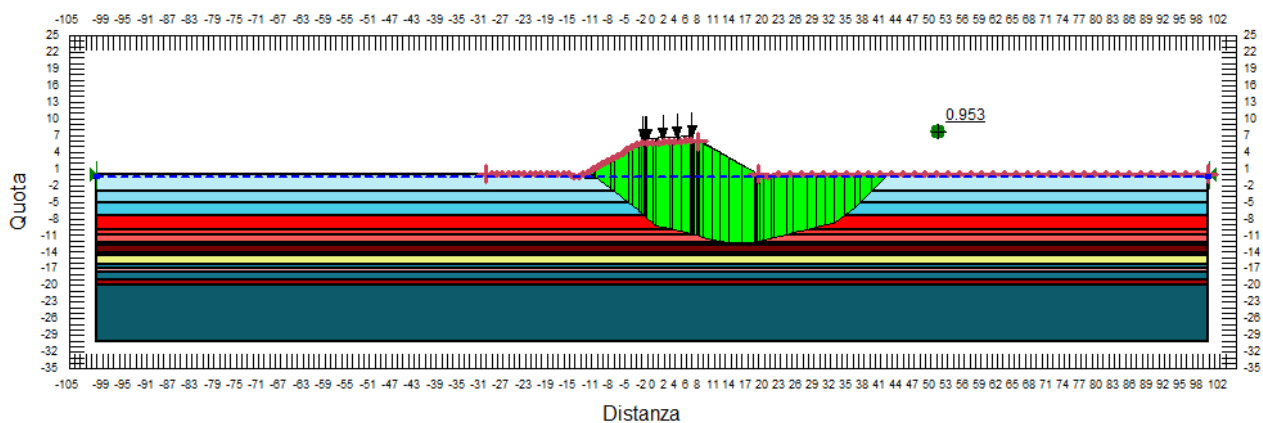
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [10].

**TABELLA 7-25: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=6.00\text{ M}$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=6.00 m	0.936	0.953



**FIGURA 7-43: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-44: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=6.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 25L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte per rilevati aventi  $H \leq 6.0m$ , pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

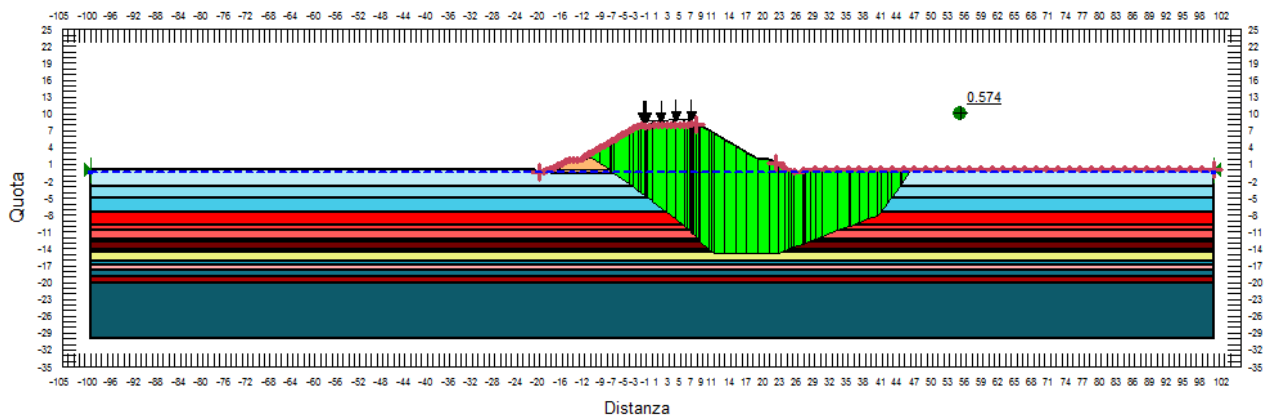
### 7.1.20.2 $H_{rij} = 8.00 m$

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z25L nel tratto interessato dai rami di svincolo dell'interconnessione I02 che presentano altezza pari a 8.0m.

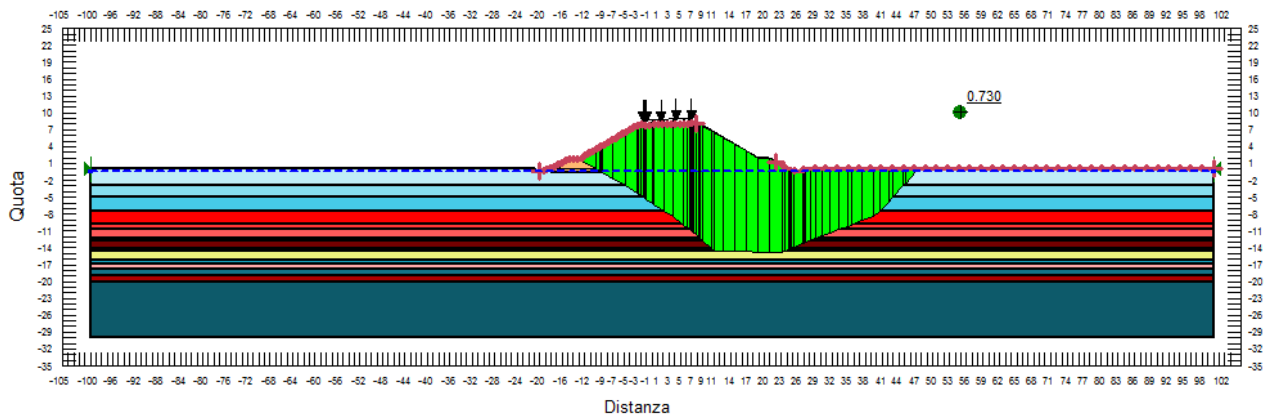
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [10].

**TABELLA 7-26: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=8.00 M$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=8.00 m	0.574	0.730



**FIGURA 7-45: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=8.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-46: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=8.00 m - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 25L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte per rilevati aventi  $6.0m \leq H \leq 8.0m$ , pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

### 7.1.20.3 $H_{ril} = 10.00 m$

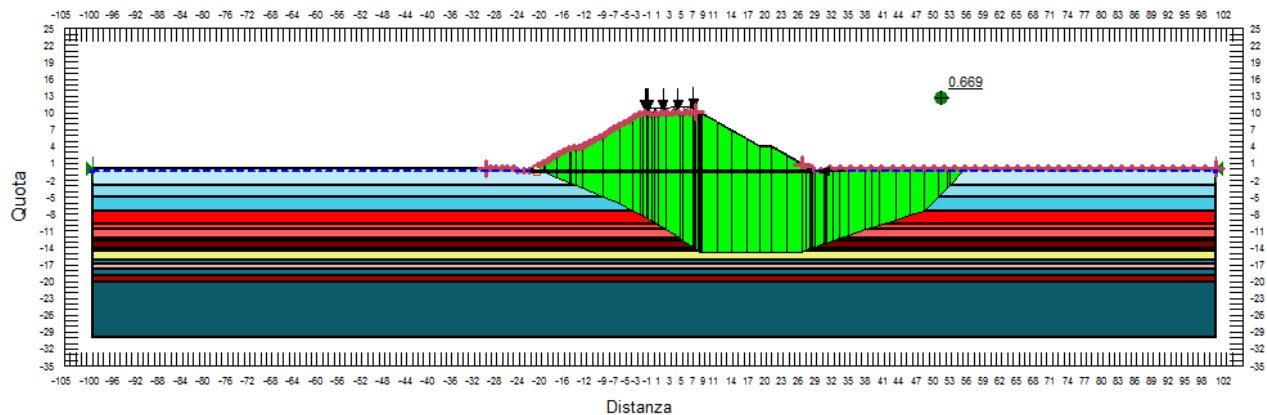
Per i rilevati di altezza superiore a 8.00 m sono state introdotte alla base del rilevato geogriglie di rinforzo. Per rilevati aventi altezza compresa tra 8.00 m e 10.00 m tali geogriglie devono avere resistenza a trazione di calcolo pari a 500 kN/m in corrispondenza di un allungamento  $\epsilon=10\%$ .

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z25L nel tratto interessato dai rami di svincolo dell'interconnessione I02 e che presentano altezza pari a 10.0m.

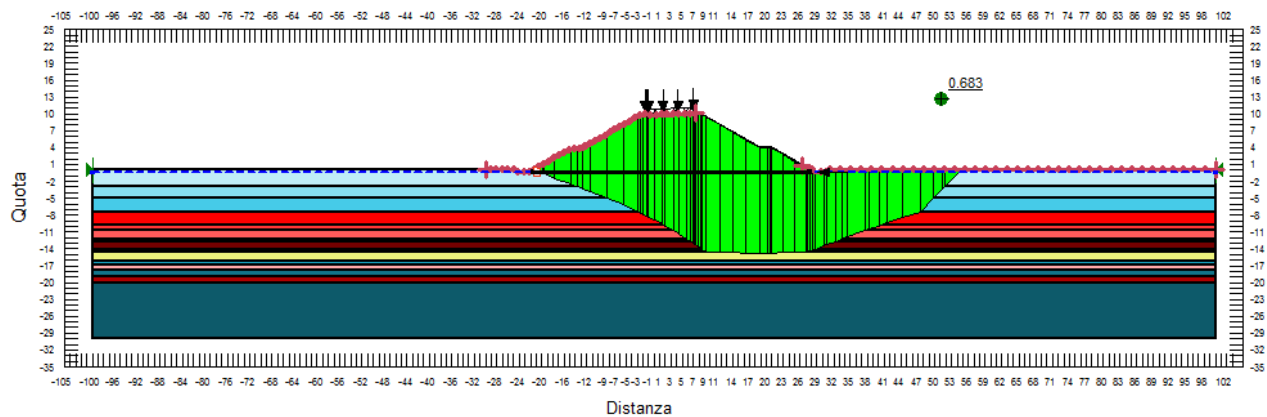
Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [10].

**TABELLA 7-27: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=10.00 m$ .**

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
ALTEZZA RILEVATI		
H=10.00 m	0.669	0.683



**FIGURA 7-47: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=10.00 m - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.**



**FIGURA 7-48: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=10.00 m - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.**

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 25L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte per rilevati aventi  $8.00\text{m} \leq H \leq 10.0\text{m}$ , pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.

#### 7.1.20.4 $H_{rij} = 11.00\text{ m}$

Per i rilevati di altezza superiore a 8.00 m sono state introdotte alla base del rilevato geogriglie di rinforzo. Per altezze di rilevato superiori a 10.00 m è stato introdotto un secondo strato di geogriglie di rinforzo all'interno del corpo rilevato a distanza di 2.00 m da p.c.. Per rilevati di altezza compresa tra 10.00 m e 11.00 m tali geogriglie presentano resistenza a trazione di calcolo pari a 900 kN/m e 300 kN/m, in corrispondenza di un allungamento  $\epsilon=10\%$ , rispettivamente alla base del rilevato e a 2.00 m sopra al p.c..

Si riportano nella tabella e nelle immagini seguenti i risultati ottenuti nelle combinazioni sismiche al 50% e liquefazione per i rilevati che ricadono in Z25L nel tratto interessato dai rami di svincolo dell'interconnessione I02 e che presentano altezza pari a 11.0m.

Per le verifiche statiche e sismiche in assenza di liquefazione si fa riferimento alle corrispondenti verifiche con la stratigrafia di zona omogenea, per le quali si rimanda al Rif. [7]

TABELLA 7-28: RISULTATI DELLE ANALISI DI STABILITÀ GLOBALE DEI RILEVATI  $H_{RIL}=11.00$  M.

VERIFICHE	FS ( $\gamma_R \geq 1.1$ )	
ALTEZZA RILEVATI	Cond. SISMA + al 50% e liquefazione	Cond. SISMA - al 50% e liquefazione
H=11.00 m	0.658	0.675

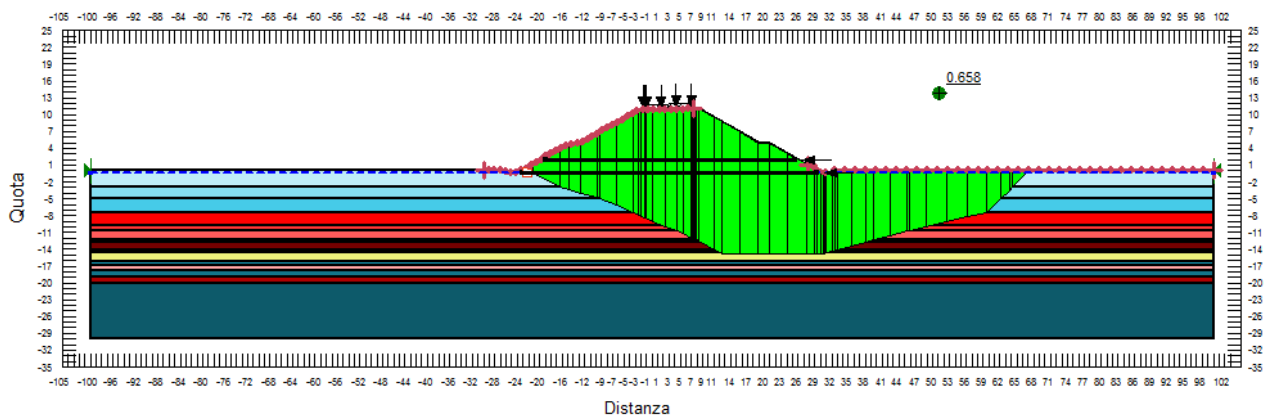


FIGURA 7-49: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=11.00 M - CONDIZIONE SISMICA + 50% E LIQUEFAZIONE.

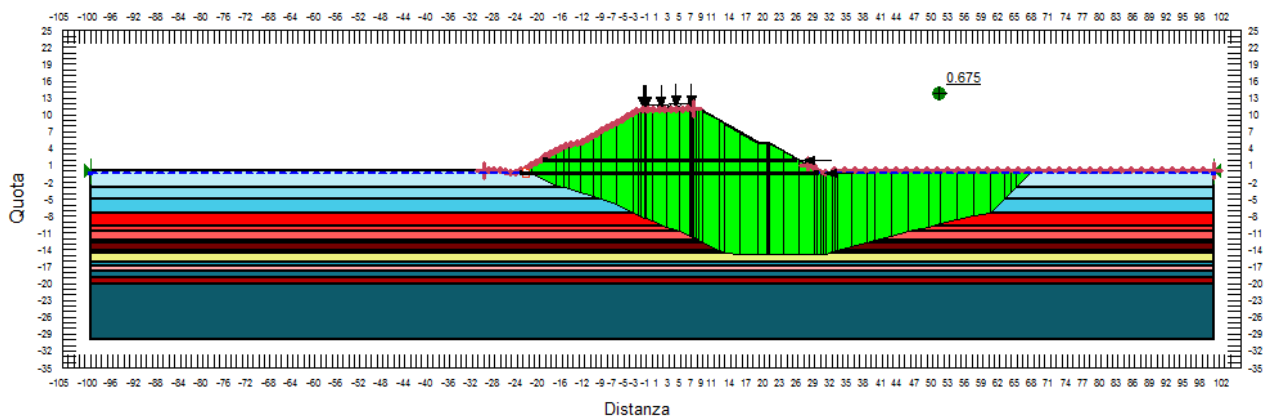


FIGURA 7-50: VERIFICA DI STABILITÀ GLOBALE RILEVATO DI H=11.00 M - CONDIZIONE SISMICA - 50% E LIQUEFAZIONE.

---

Come visibile dalle figure precedenti le verifiche di stabilità in corrispondenza della zona liquefacibile 25L, in condizione sismica al 50% e di liquefazione, non sono soddisfatte per rilevati aventi  $10.00\text{m} \leq H \leq 11.0\text{m}$ , pertanto occorrerà progettare un intervento di mitigazione nei confronti della liquefazione nella zona in esame.



## 8. VERIFICHE DEI CEDIMENTI VERTICALI E DEGLI SPOSTAMENTI ORIZZONTALI IN CONDIZIONI DI LIQUEFAZIONE

Per tutti i rilevati in zone liquefacibili viene presentata la verifica dei cedimenti verticali in condizione di liquefazione e degli spostamenti orizzontali (lateral spreading); si rimanda al Rif. [5] per quanto concerne la descrizione esaustiva delle metodologie di calcolo e dei criteri di verifica degli spostamenti.

In Tabella 8-1 sono visibili le verifiche dei cedimenti verticali e degli spostamenti orizzontali in tutte le zone che a seguito dell'analisi RSL risultano liquefacibili e le cui verifiche di stabilità sono presentate al capitolo 7; con il termine "z" si intende la profondità della sommità del primo livello liquefacibile da piano campagna e con "h" l'altezza del rilevato valutata da piano campagna.

Le altre grandezze che definiscono la geometria di riferimento dalla quale scaturiscono i valori limite dei cedimenti verticali e degli spostamenti orizzontali sono illustrate in Figura 8-1.

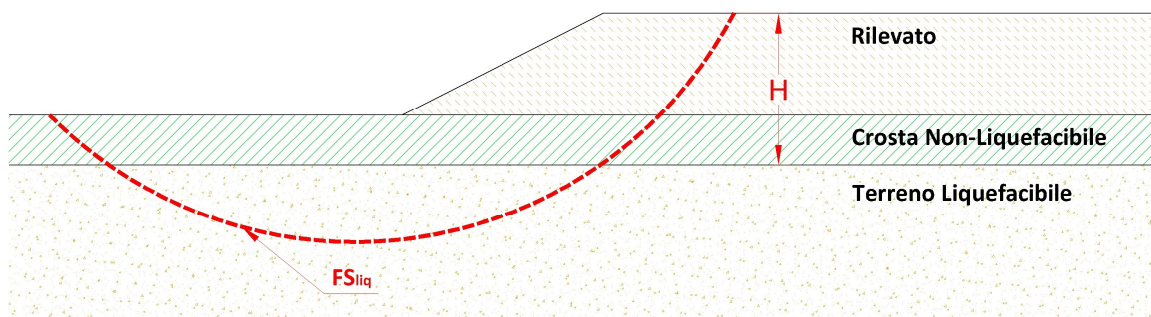


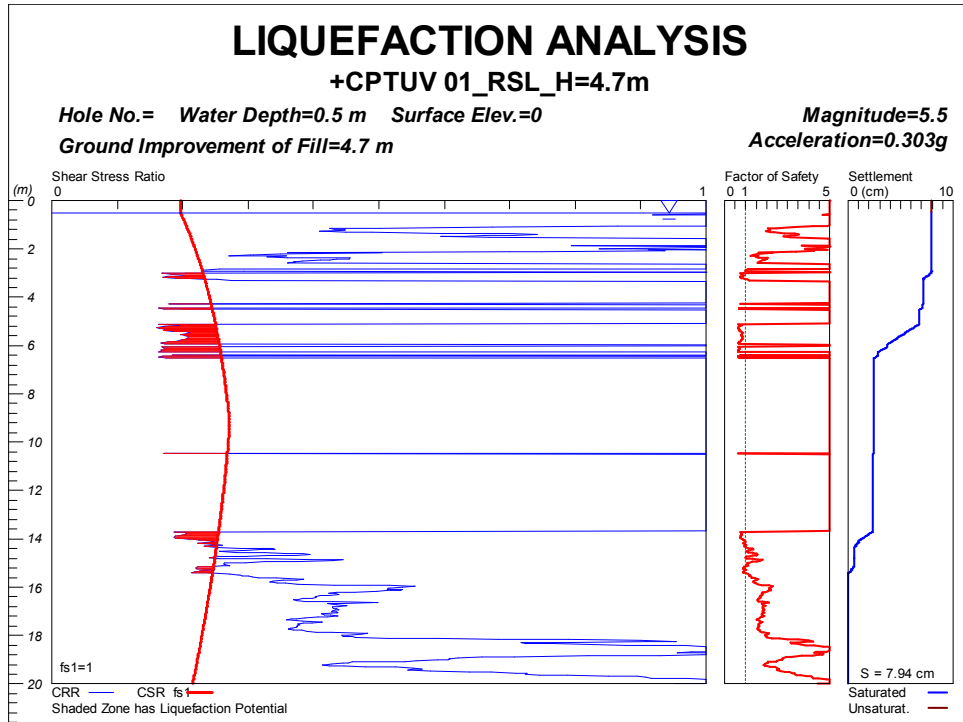
FIGURA 8-1: CRITERI DI DEFINIZIONE DI H

TABELLA 8-1: VERIFICHE DEI CEDIMENTI VERTICALI E DEGLI SPOSTAMENTI ORIZZONTALI (LATERAL SPREADING) IN CONDIZIONE DI LIQUEFAZIONE (SISMA  $\pm 50\%$ ) PER CIASCUNA ZONA LIQUEFACIBILE LUNGO IL TRACCIATO AUTOSTRADALE PRINCIPALE ESAMINATA.

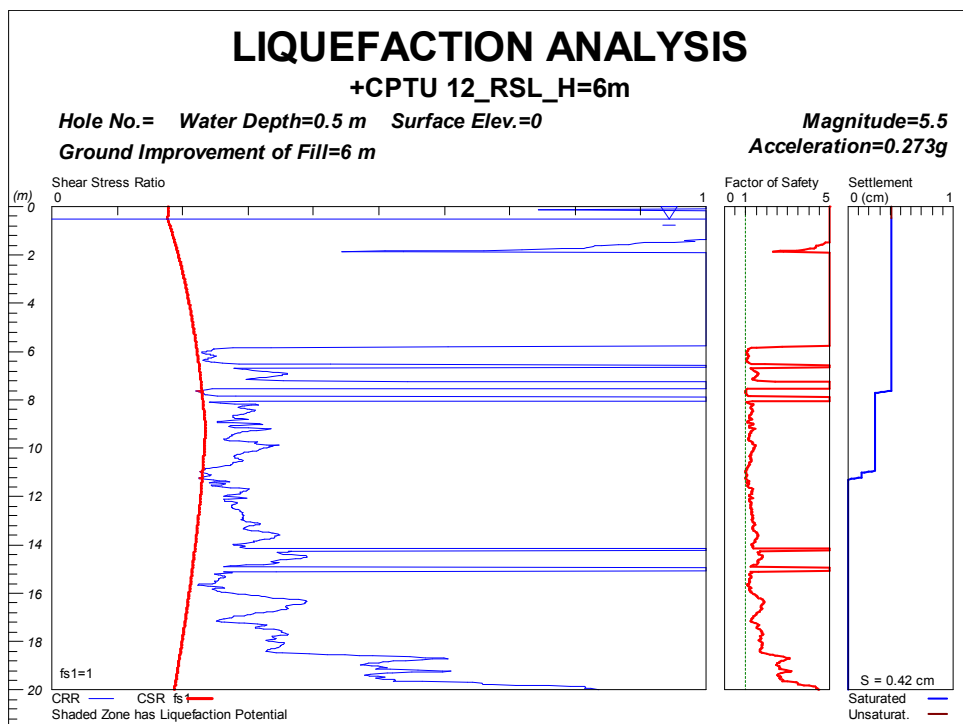
ZONA LIQUEFACIBILE	Geometria			Cedimento verticale $\delta_v$ [cm]	Cedimento verticale limite H/20 [cm]	Verifica Cedimenti verticali soddisfatta	Spostamento orizzontale D [cm]	Spostamento orizzontale limite H/20 [cm]	Verifica Spostamenti Orizzontali soddisfatta
	z [m]	h [m]	H [m]						
0L – I01	1.12	4.7	5.82	7.9	29.1	Si	4.5	29.1	Si
1L -Svincolo S01	Elaborato PD_0_S01_S0000_0_GT_RB_01								
2L – I01	5.85	6.0	11.85	0.4	59.25	Si	1.9	59.25	Si
	5.85	13.0	18.85	0.0	94.25	Si	47.2	94.25	Si
4L	7.88	9.5	17.38	1.2	86.9	Si	9.6	86.9	Si
5aL	1.50	2.5	4.00	7.2	20.0	Si	1.0	20.0	Si
5bL	2.65	2.5	5.15	15.9	25.8	Si	4.1	25.8	Si
9L	3.35	6.0	9.35	4.0	46.8	Si	4.4	46.8	Si
13bL - asse	7.08	3.0	10.08	13.3	50.4	Si	1.6	50.4	Si
13bL – Svincolo S03	Elaborato PD_0_S03_S0000_0_GT_RB_01								
16L	1.27	10.0	11.27	0.0	56.4	Si	88.2	56.4	No
	1.27	11.0	12.27	0.0	61.4	Si	-	61.4	No
	1.27	13.0	14.27	0.0	71.4	Si	-	71.4	No
17aL	2.85	5.0	7.85	4.6	39.3	Si	5.1	39.3	Si
	2.85	6.0	8.85	3.8	44.3	Si	7.5	44.3	Si
	2.85	8.0	10.85	2.1	54.3	Si	7.7	54.3	Si
17bL	2.85	5.0	7.85	4.6	39.3	Si	5.1	39.3	Si
18L	0.70	4.0	4.87	8.9	23.5	Si	16.0	23.5	Si
19L	1.02	2.5	3.52	7.3	17.6	Si	7.6	17.6	Si
20L – Svincolo S04	Elaborato PD_0_S04_S0000_0_GT_RB_01								
22L	1.42	2.5	3.92	13.6	19.6	Si	23.7	19.6	No
23L	8.90	5.0	13.90	7.2	69.5	Si	1.9	69.5	Si
24L	5.78	3.0	8.78	17.5	43.9	Si	6.3	43.9	Si
25L-asse principale	7.48	10.0	17.48	1.7	87.4	Si	-	87.4	No
25L – I02	7.48	6.0	13.48	8.1	67.4	Si	-	67.4	No
	7.48	8.0	15.48	4.3	77.4	Si	-	77.4	No
	7.48	10.0	17.48	1.7	87.4	Si	-	87.4	No
	7.48	11.0	18.48	0.9	92.4	Si	-	92.4	No

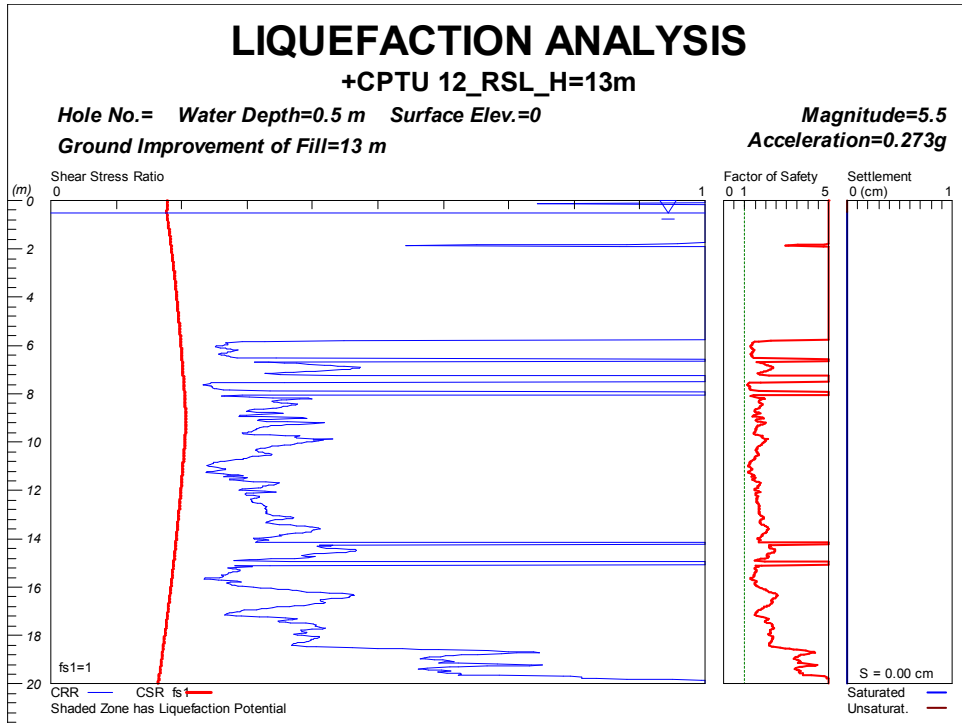
Gli output del software Liquefy Pro con la determinazione del cedimento verticale dei livelli granulari saturi in accordo alla metodologia indicata nel Rif. [5] sono riportati nel seguito.

- Zona liquefacibile 0L – Interconnessione I01

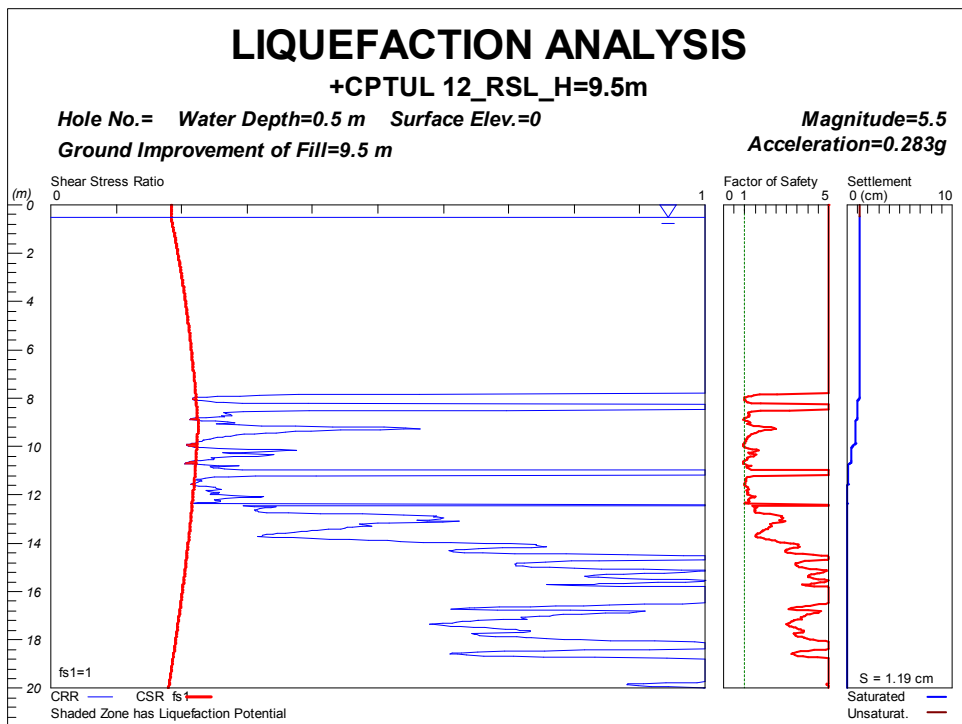


- Zona liquefacibile 2L – Interconnessione I01

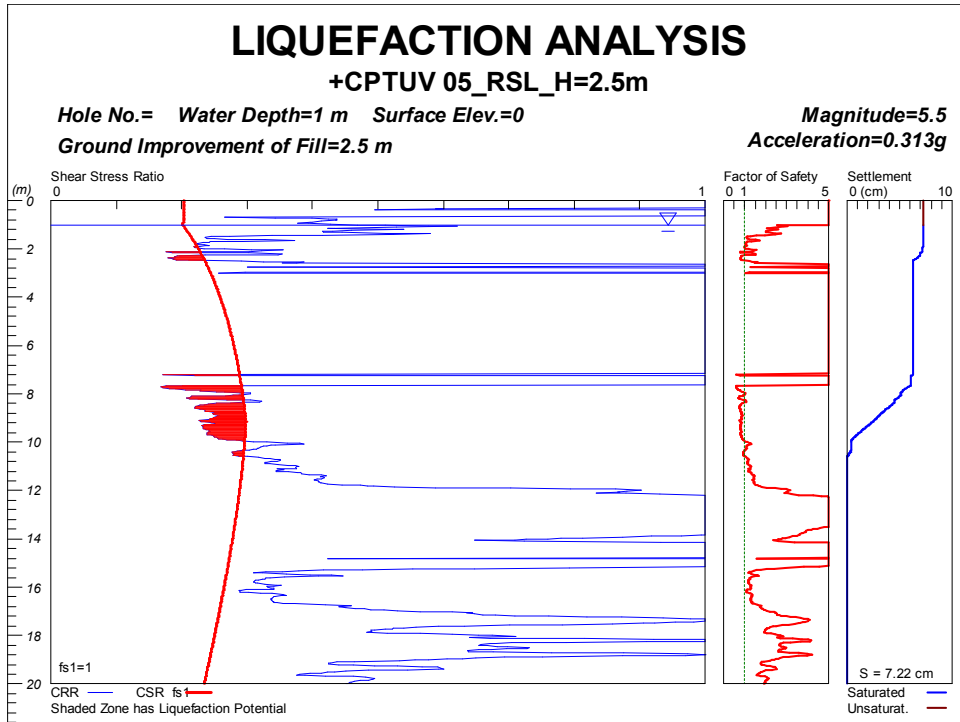




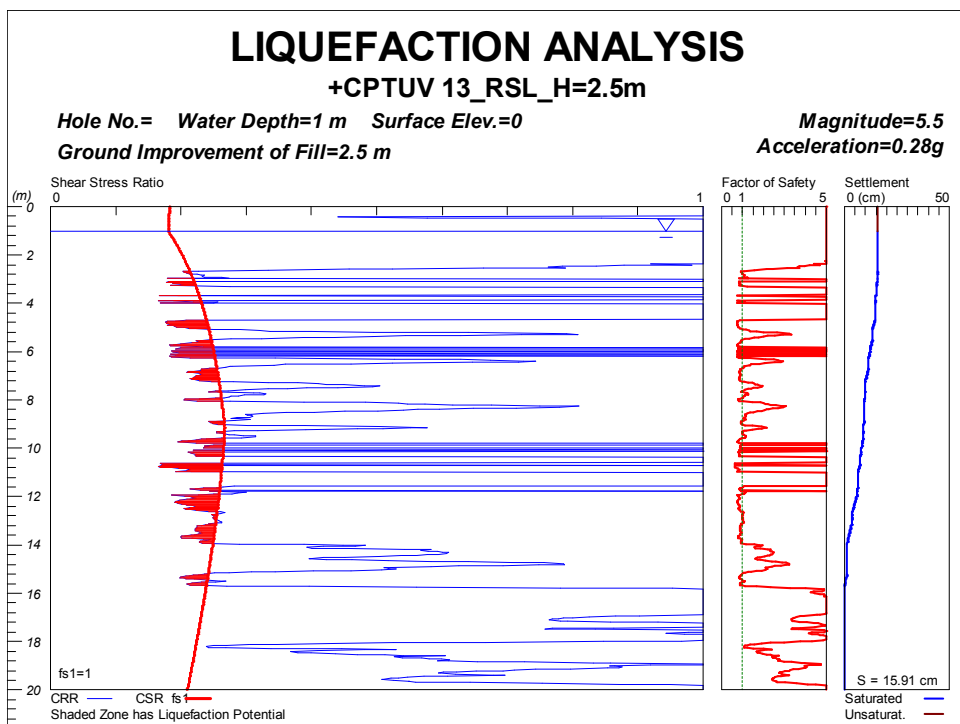
- Zona liquefacibile 4L



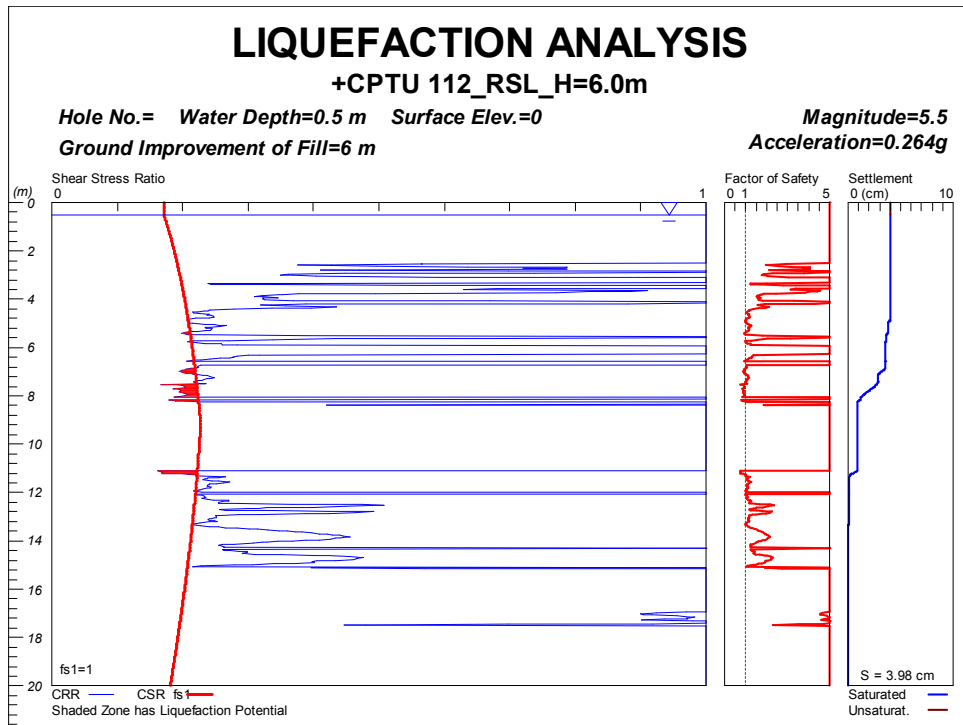
- Zona liquefacibile 5aL



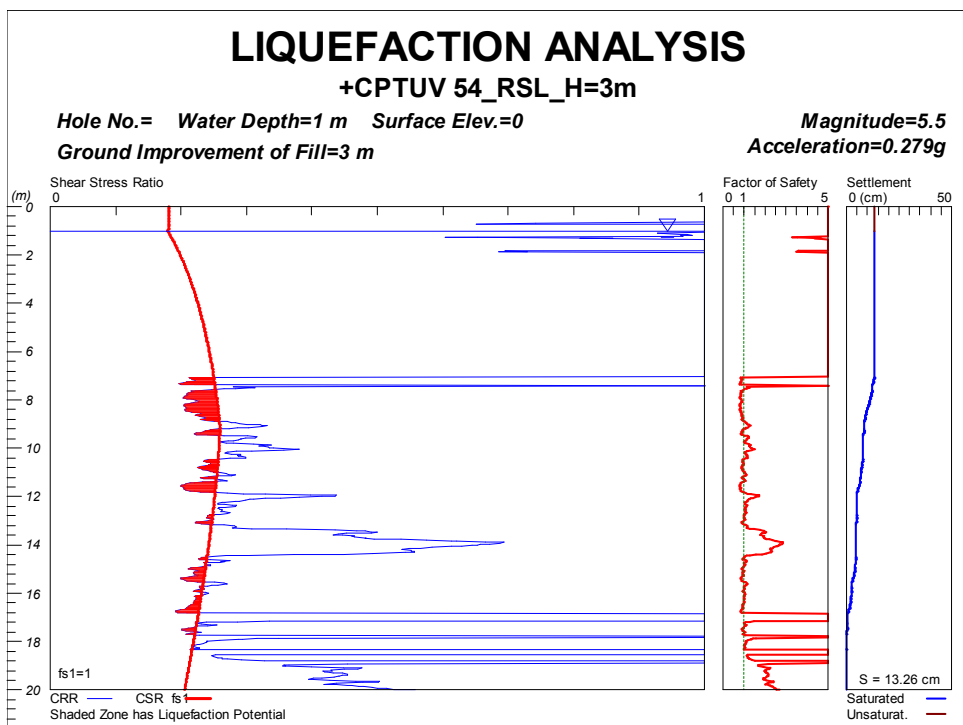
- Zona liquefacibile 5bL



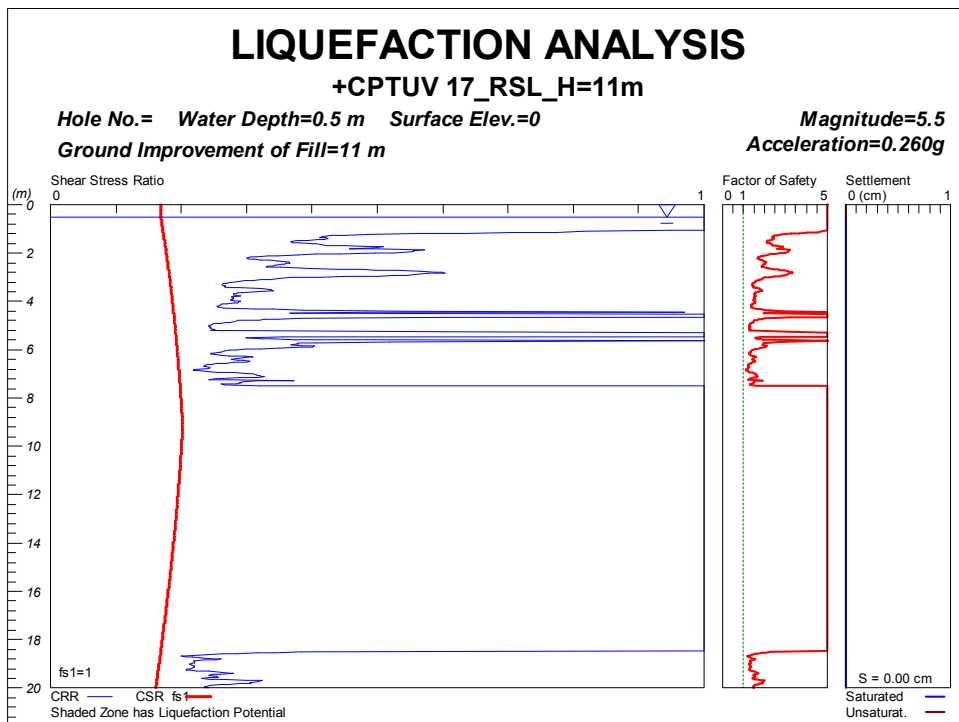
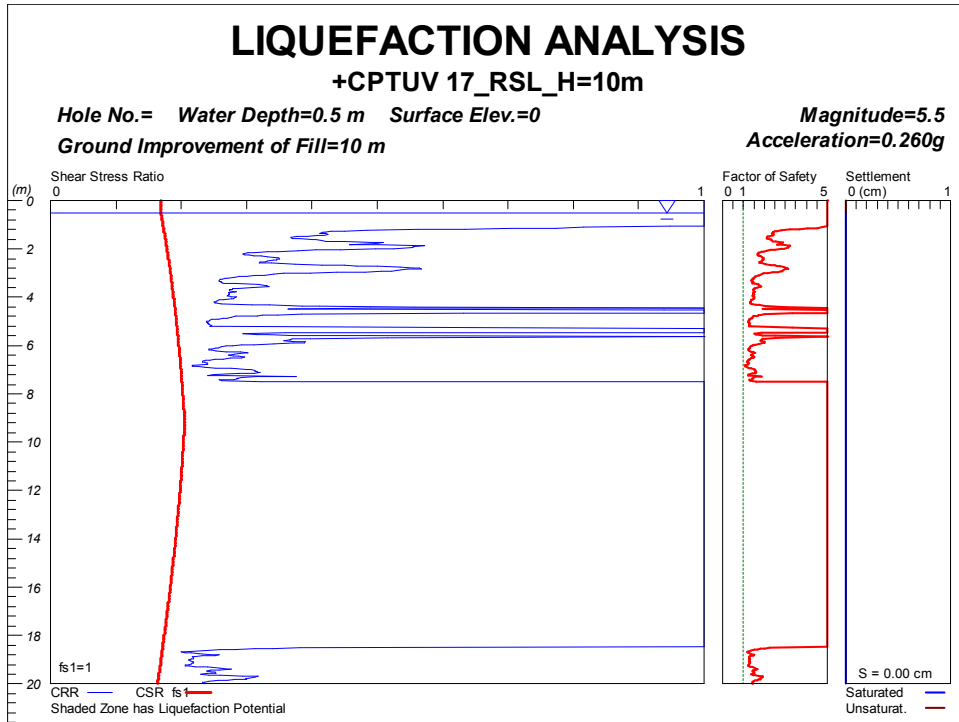
- Zona liquefacibile 9L

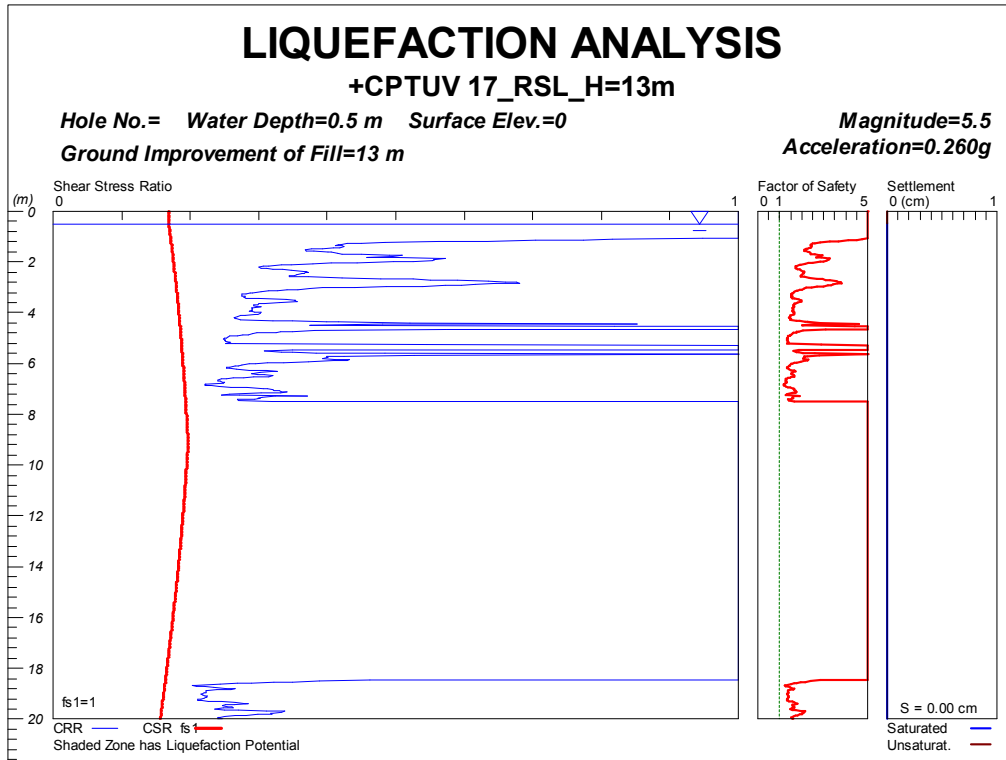


- Zona liquefacibile 13bL – asse autostradale

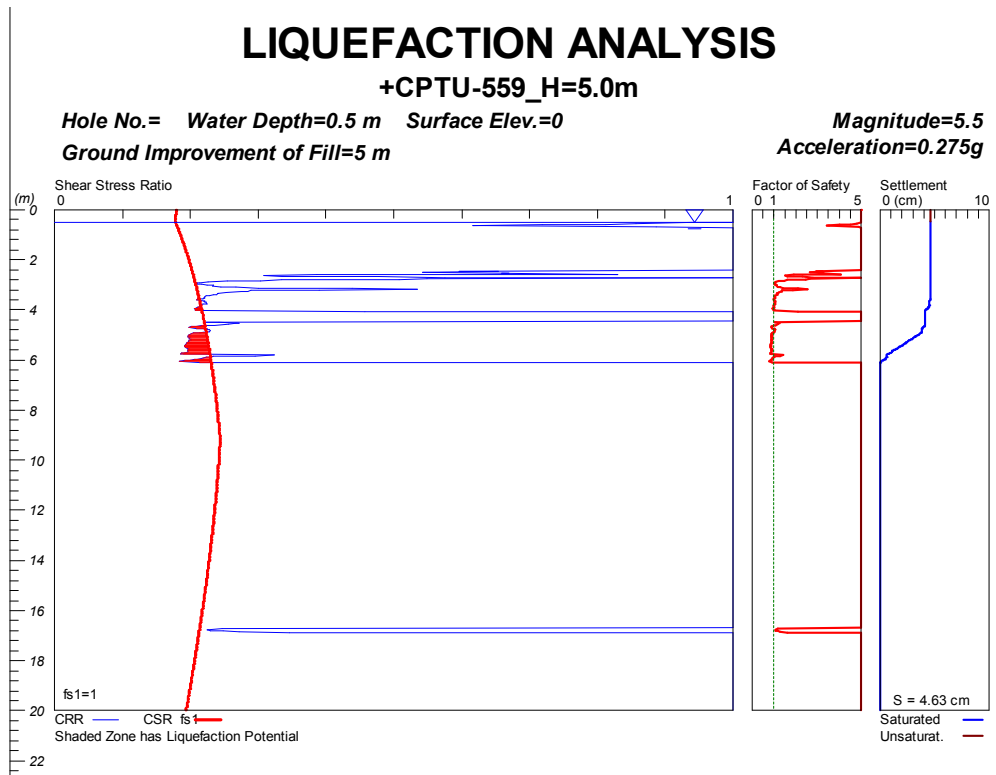


- Zona liquefacibile 16L





- Zona liquefacibile 17aL





## LIQUEFACTION ANALYSIS

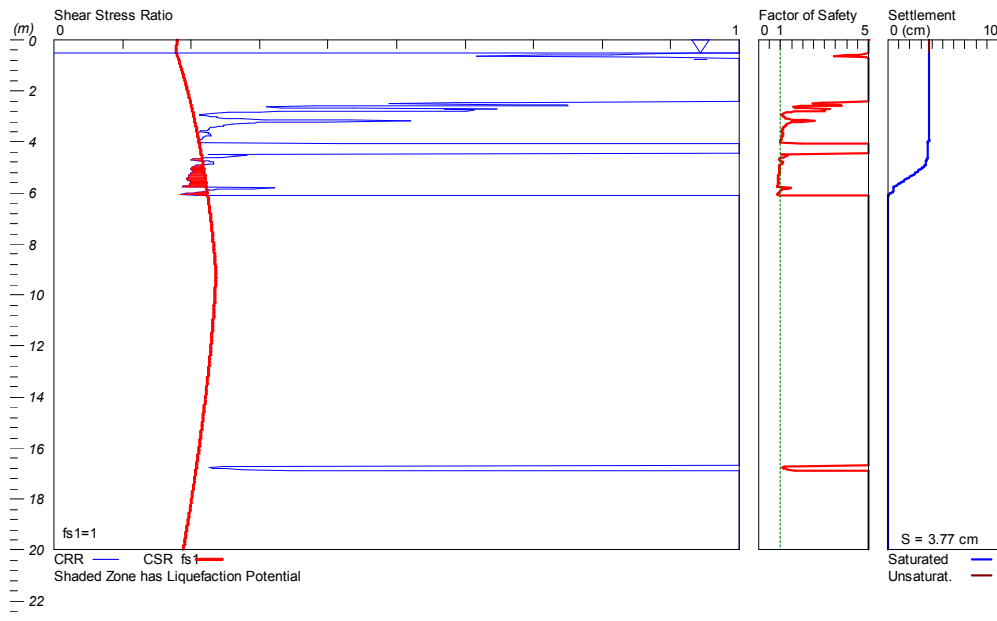
+CPTU-559\_H=6.0m

Hole No.= Water Depth=0.5 m Surface Elev.=0

Ground Improvement of Fill=6 m

Magnitude=5.5

Acceleration=0.275g



## LIQUEFACTION ANALYSIS

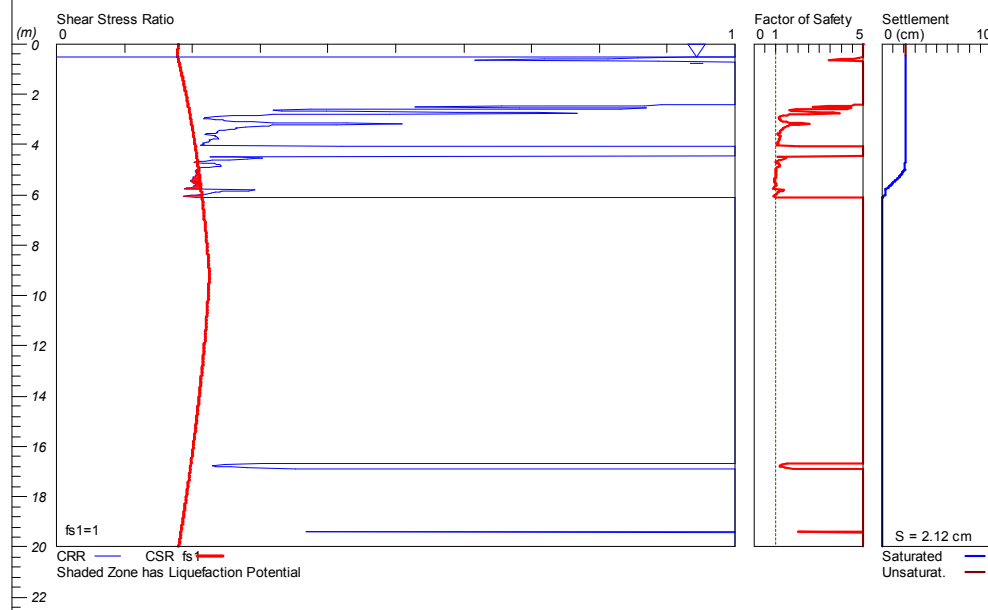
+CPTU-559\_H=8.0m

Hole No.= Water Depth=0.5 m Surface Elev.=0

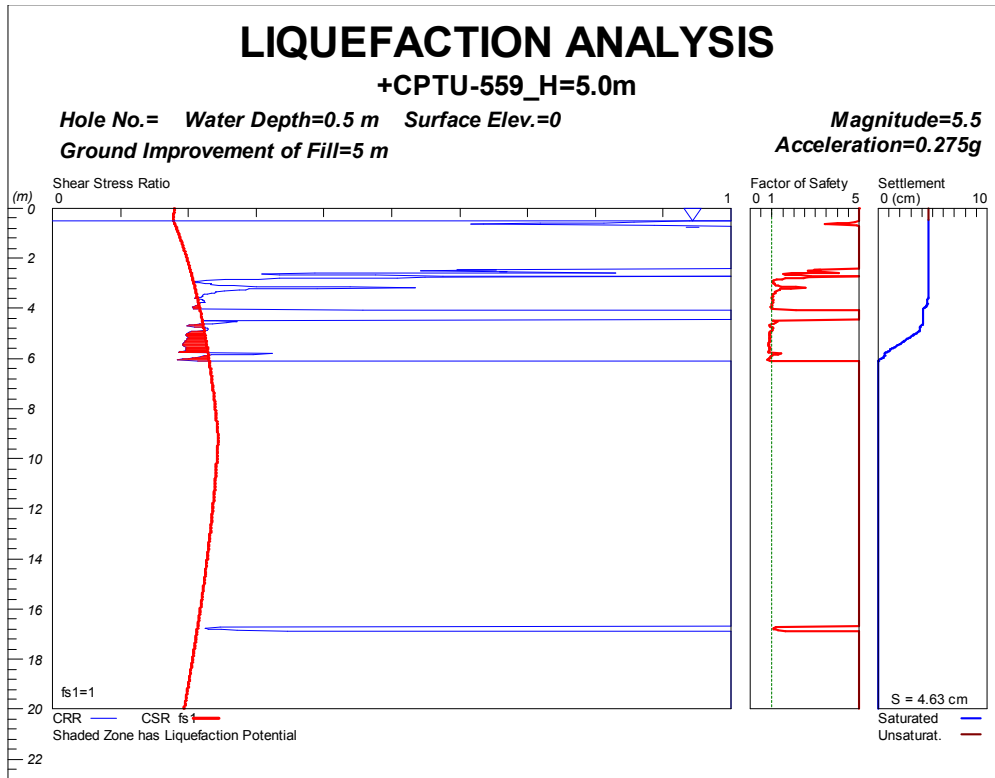
Ground Improvement of Fill=8 m

Magnitude=5.5

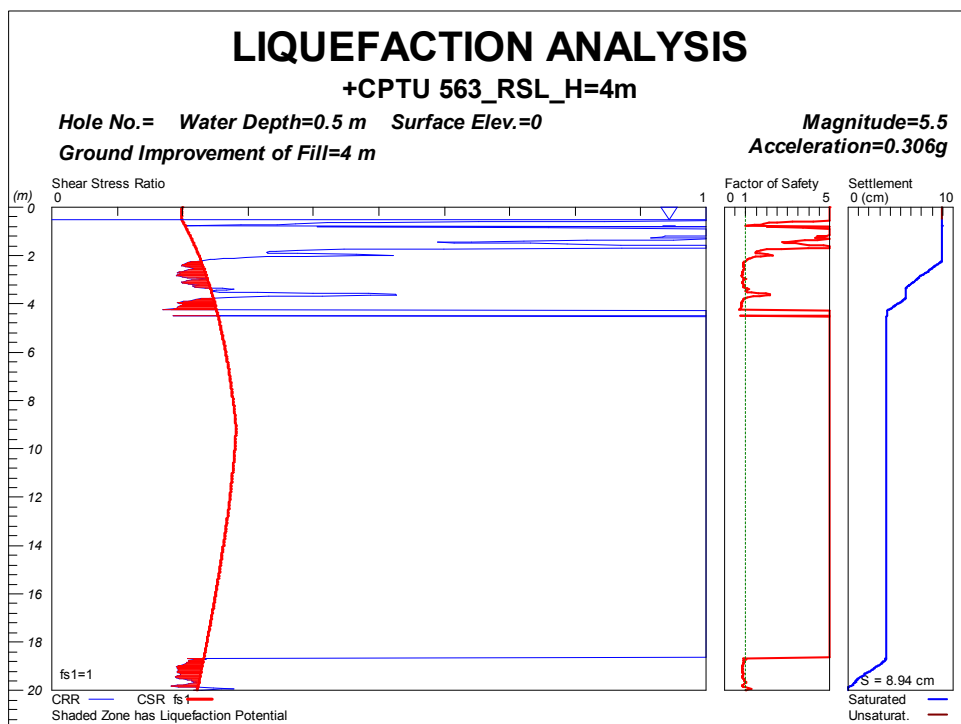
Acceleration=0.275g



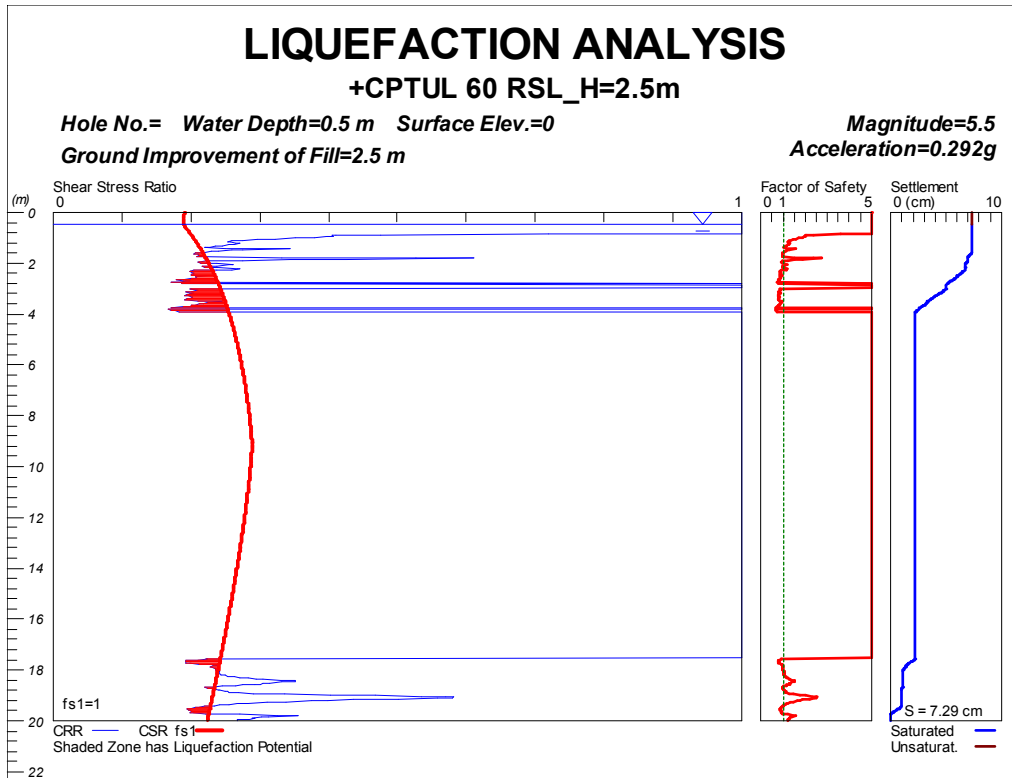
- Zona liquefacibile 17bL



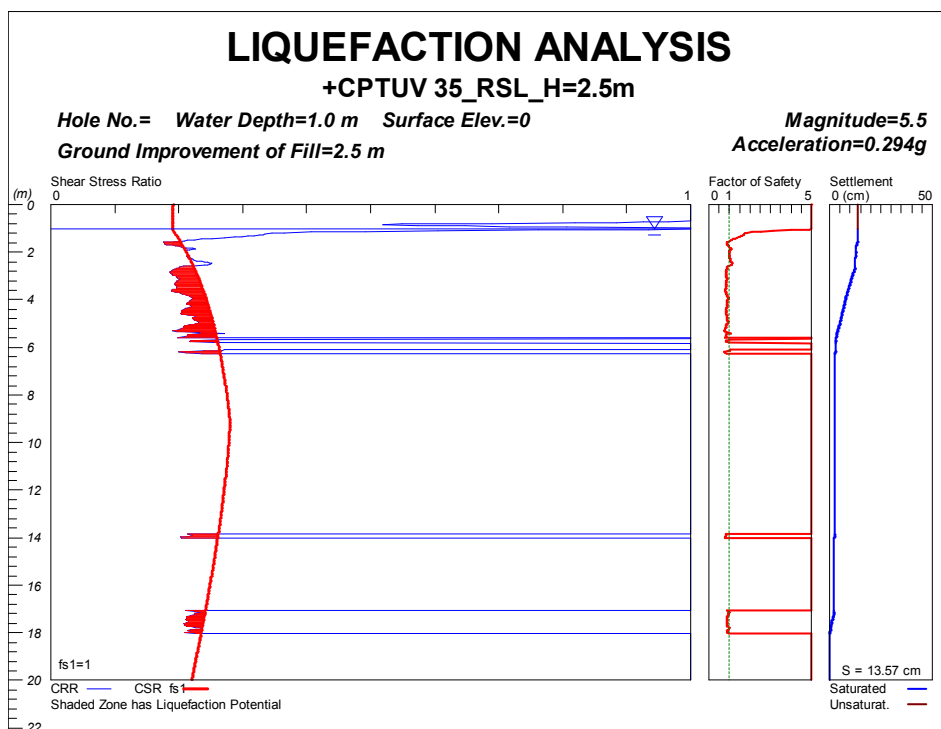
- Zona liquefacibile 18L



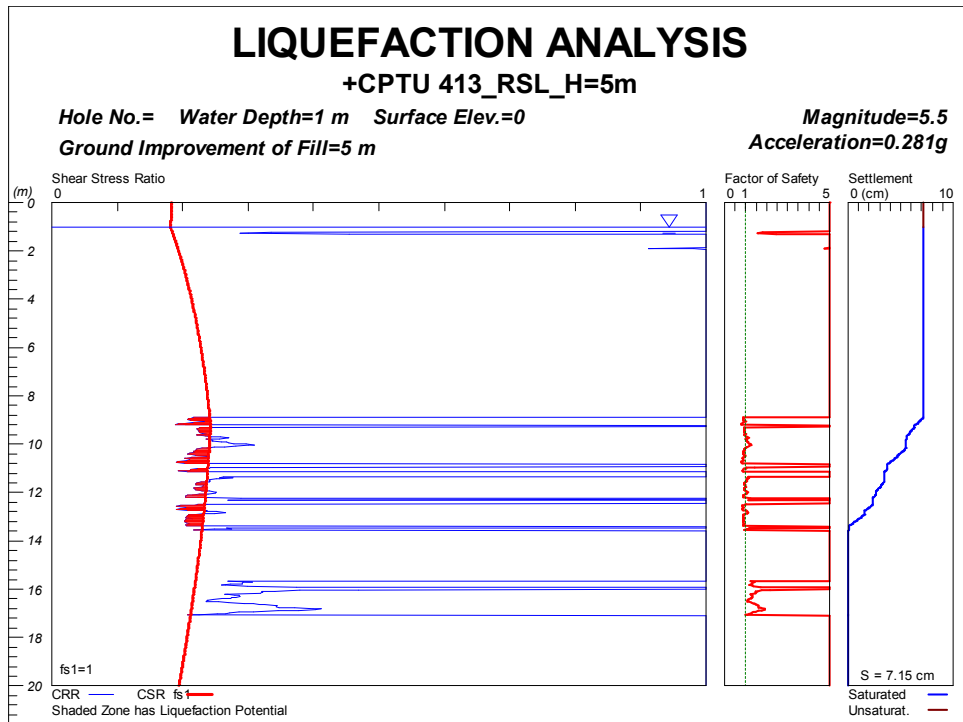
- Zona liquefacibile 19L



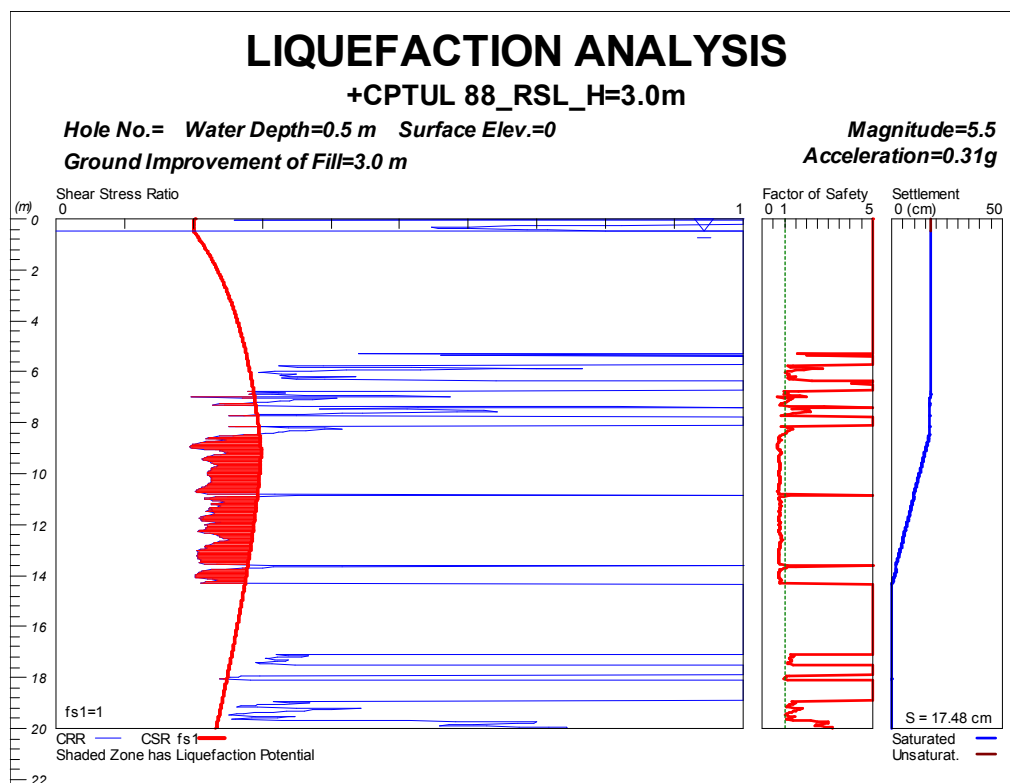
- Zona liquefacibile 22L



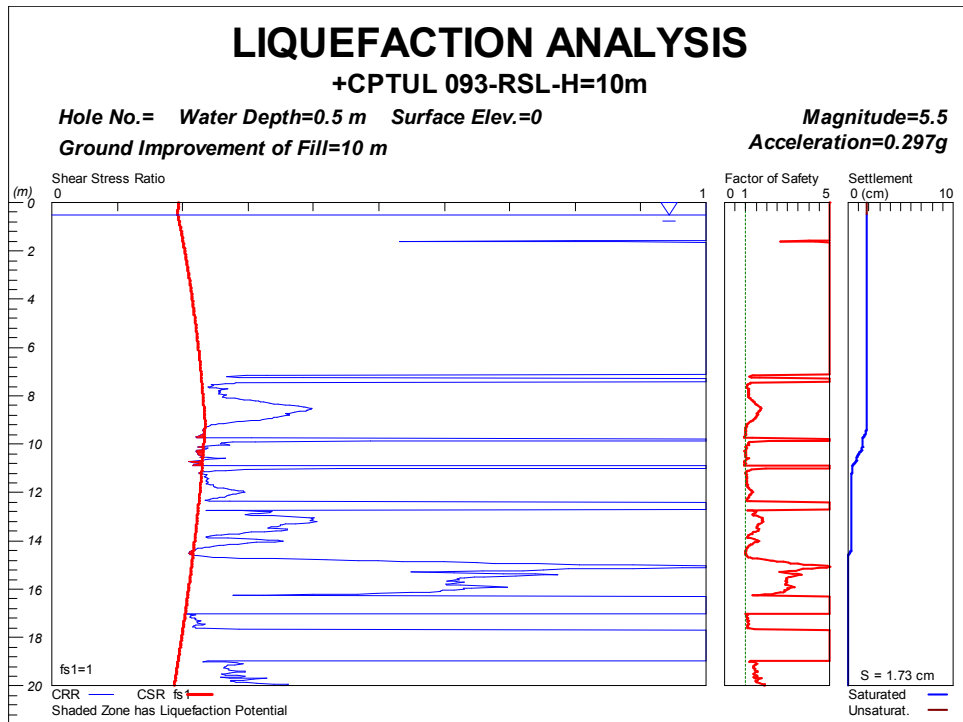
- Zona liquefacibile 23L



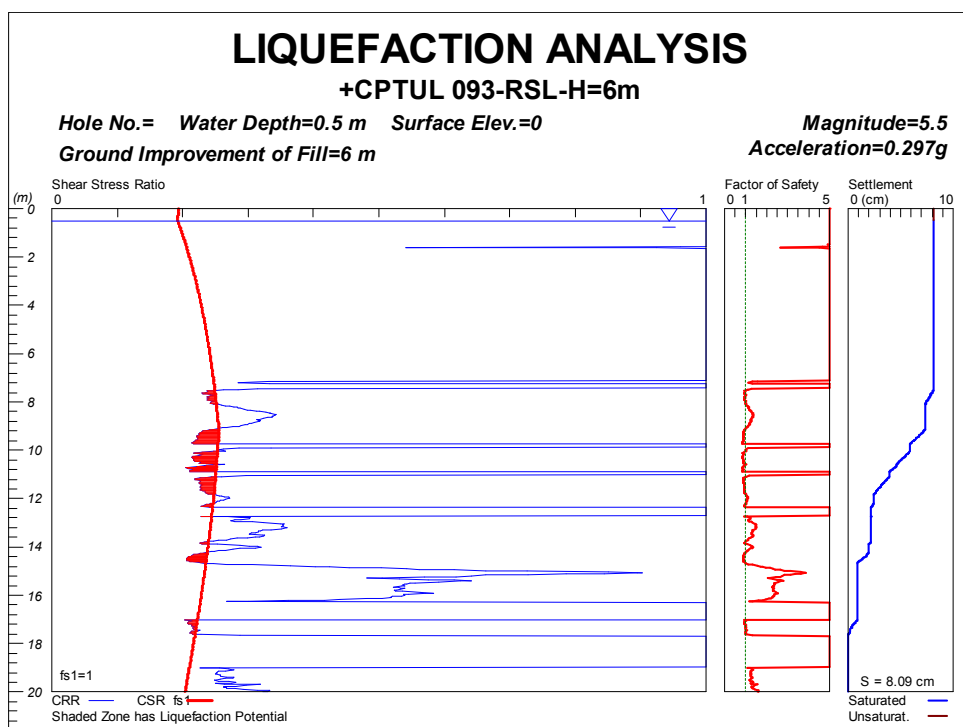
- Zona liquefacibile 24L

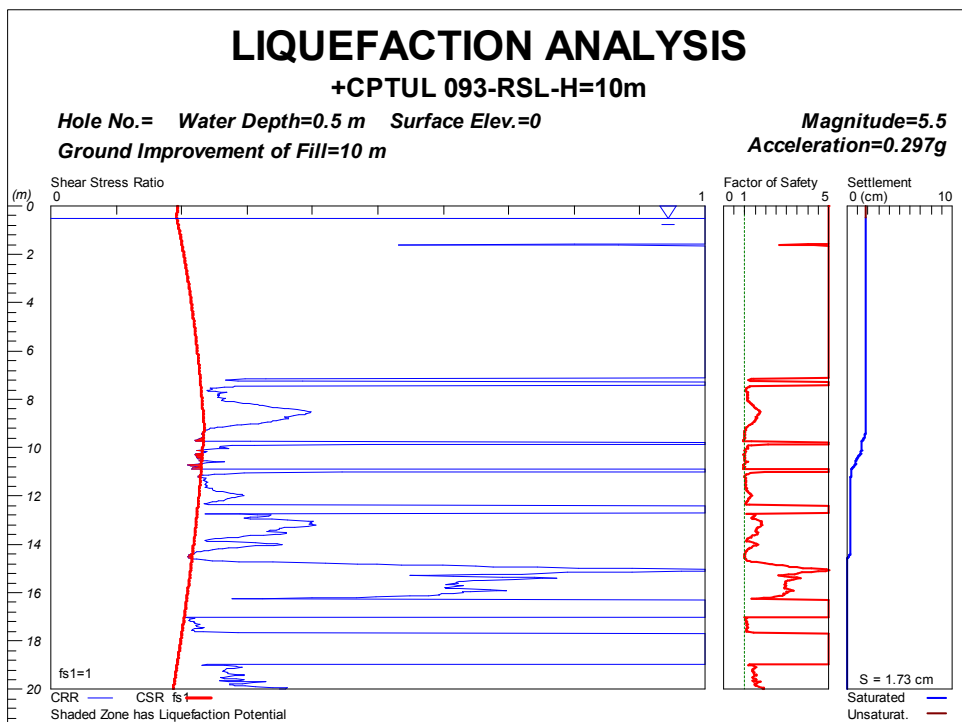
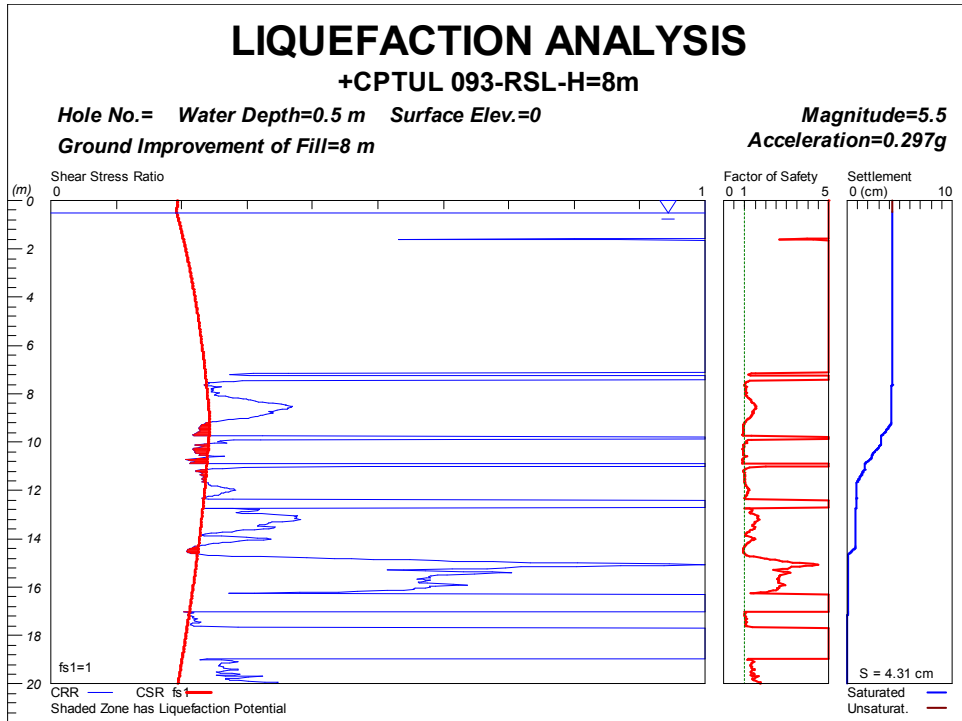


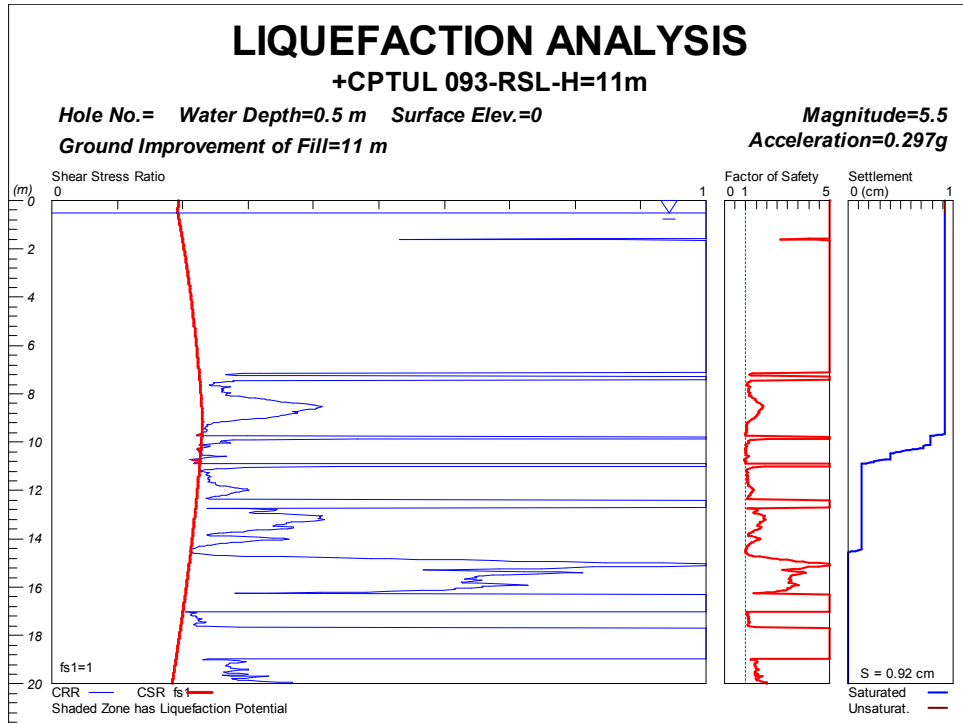
- Zona liquefacibile 25L — asse autostradale



- Zona liquefacibile 25L – Interconnessione I02







## 9. INTERVENTI DI MITIGAZIONE DEI RILEVATI NEI CONFRONTI DELLA LIQUEFAZIONE

In tutti i rilevati per i quali le verifiche di stabilità globale in condizione sismica e di liquefazione o le verifiche di spostamento non sono soddisfatte, si prevede il dimensionamento di un intervento di mitigazione di tipo geotecnico del rischio di liquefazione, come descritto nell'elaborato Rif. [5].

Gli interventi proposti per la mitigazione dei rilevati nei confronti della liquefazione sono di due tipologie:

- Sostituzione dello strato liquefacibile;
- Progettazione di colonne in ghiaia.

La sostituzione dello strato liquefacibile è un intervento di mitigazione appropriato nel caso in cui lo strato liquefacibile sia superficiale e di spessore limitato (<3÷4m); nel caso in cui i livelli liquefacibili siano molteplici e posti a profondità maggiori si privilegia invece l'intervento con colonne in ghiaia.

In entrambi i casi, il criterio base che guida il dimensionamento dell'intervento è il raggiungimento di un potenziale di liquefazione  $IL < 5$ .

Nella successiva Tabella 9-1 vengono riepilogati, per tutte le zone liquefacibili di Tabella 5-1, gli interventi di mitigazione progettati ed i relativi elaborati di riferimento (relazioni di calcolo ed elaborati grafici), ai quali si rimanda, unitamente all'elaborato Rif. [5], anche per la descrizione completa ed esaustiva dei criteri e delle formulazioni adottate nella progettazione.

TABELLA 9-1: INTERVENTI DI MITIGAZIONE PREVISTI NELLE ZONE LIQUEFACIBILI

ZONA LIQUEFACIBILE	H <sub>rilevato</sub> [m]	Verifica stabilità Sisma 50% ± e liquefazione soddisfatta	Verifica spostamenti soddisfatta	Intervento di mitigazione	Elaborati Riferimento (Relazione di calcolo ed elaborati grafici)
0L – I01	4.7	Si	Si	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0°m L = 7.0m	7581_PD_0_I01_IPO02_0_GT_RH_02 7580_PD_0_I01_IPO02_0_GT_PZ_01
2L – I01	6.0	No	Si	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0°m L = 10.0m	7185_PD_0_I01_I0000_0_GT_PZ_01
	13.0	No	Si		7186_PD_0_I01_I0000_0_GT_RH_03
4L	9.5	No	Si	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.5 m L = 12.0m	7207_PD_0_A04_APO02_0_GT_RH_02 7206_PD_0_A04_APO02_0_GT_PZ_01 7586_PD_0_A03_A0000_0_GT_PZ_01
5aL	2.5	Si	Si	-	-
5bL	2.5	Si	Si	-	-



ZONA LIQUEFACIBILE	H <sub>rilevato</sub> [m]	Verifica stabilità Sisma 50% ± e liquefazione soddisfatta	Verifica spostamenti soddisfatta	Intervento di mitigazione	Elaborati Riferimento (Relazione di calcolo ed elaborati grafici)
9L	6.0	No	Sì	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0 m L = 9.0m	7537_PD_0_V17_V0000_0_GT_PZ_01 7587_PD_0_A57_A0000_0_GT_PZ_01
13bL – asse	3.0	Sì	Sì	-	-
16L	10.0	No	No	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0 m L = 8.0m	7210_PD_0_A30_APO12_0_GT_RH_02 7209_PD_0_A30_AP012_0_GT_PZ_01 7248_PD_0_A29_A0000_0_GT_PZ_01 7249_PD_0_A31_A0000_0_GT_PZ_01
	11.0	No	No	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0 m L = 8.0m	7210_PD_0_A30_APO12_0_GT_RH_02 7209_PD_0_A30_AP012_0_GT_PZ_01 7248_PD_0_A29_A0000_0_GT_PZ_01 7249_PD_0_A31_A0000_0_GT_PZ_01
	13.0	No	No	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0 m L = 8.0m	7210_PD_0_A30_APO12_0_GT_RH_02 7209_PD_0_A30_AP012_0_GT_PZ_01 7248_PD_0_A29_A0000_0_GT_PZ_01 7249_PD_0_A31_A0000_0_GT_PZ_01
17aL	5.0	Sì	Sì	-	-
	6.0	Sì	Sì	-	-
	8.0	No	Sì	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0 m L = 6.0m	7589_PD_0_A35_A0000_0_GT_RH_01 7588_PD_0_A35_A0000_0_GT_PZ_01
17bL	5.0	Sì	Sì	-	-
18L	4.0	No	Sì	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.5 m L = 5.0m	7591_PD_0_A37_A0000_0_GT_RH_01 7590_PD_0_A37_A0000_0_GT_PZ_01
19L	2.5	Sì	Sì	-	-
22L	2.5	No	No	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0 m L = 6.0m	7593_PD_0_A45_A0000_0_GT_RH_01 7592_PD_0_A45_A0000_0_GT_PZ_01
23L	5.0	Sì	Sì	Prevista mitigazione dell'opera APO12: Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0 m L = 14.0m	7215_PD_0_A46_APO19_0_GT_RH_02 7214_PD_0_A46_APO19_0_GT_PZ_01
24L	3.0	Sì	Sì	-	-
25L asse autostradale	10.0	No	Sì	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0 m L = 12.0m	7595_PD_0_A53_A0000_0_GT_RH_01 7190_PD_0_I02_I0000_0_GT_RH_02 7594_PD_0_A53_A0000_0_GT_PZ_01

ZONA LIQUEFACIBILE	H <sub>rilevato</sub> [m]	Verifica stabilità Sisma 50% ± e liquefazione soddisfatta	Verifica spostamenti soddisfatta	Intervento di mitigazione	Elaborati Riferimento (Relazione di calcolo ed elaborati grafici)
25L - I02	6.0	No	No	Colonne in ghiaia Ø600 mm i = 3.0 m L = 12.0m	7595_PD_0_A53_A0000_0_GT_RH_01
	8.0	No	No		7190_PD_0_I02_I0000_0_GT_RH_02
	10.0	No	No		7189_PD_0_I02_I0000_0_GT_PZ_01
	11.0	No	No		