

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Metanodotti:

RIF. MET. CAMPODARSEGO – CASTELFRANCO V.TO  
(1^TRATTO CAMPODARSEGO – RESANA)  
DN 300(12”) – DP 24 bar

E

RIF. MET. CAMPODARSEGO – CASTELFRANCO V.TO  
(2^TRATTO RESANA – CASTELFRANCO V.TO)  
DN 300(12”)/200(8”) – DP 75 bar

E OPERE CONNESSE

## RELAZIONE DI PERICOLOSITA' SISMICA



*Polloni*

0	30.11.17	Emissione	Polloni	Battisti	Luminari
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO.....</b>	<b>7</b>
<b>3</b>	<b>MODELLO GEOLOGICO-SISMICO DELL'AREA .....</b>	<b>10</b>
3.1	Inquadramento fisico dell'area .....	10
3.2	Indagini eseguite.....	11
3.3	Modello geologico-sismico .....	13
<b>4</b>	<b>SISMICITA' DELL'AREA .....</b>	<b>15</b>
4.1.	Zonazione sismica .....	15
4.2.	Magnitudo attesa .....	18
<b>5</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO SISMICO .....</b>	<b>24</b>
5.1.	Generalità .....	24
5.2.	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche .....	25
5.3.	Pericolosità sismica locale con metodo semplificato .....	26
<b>6</b>	<b>EFFETTI SISMOINDOTTI.....</b>	<b>31</b>
6.1.	Generalità .....	31
6.2.	Liquefazione.....	32
6.3.	Risultati delle analisi di liquefazione .....	34
6.4.	Scuotimento sismico .....	35
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>37</b>

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**APPENDICE 1 - METODOLOGIA DI CALCOLO DELLA PERICOLOSITA' SISMICA  
IN ACCORDO CON NTC 2008**

**APPENDICE 2 - SPETTRI DI RISPOSTA SLD E SLV**

**APPENDICE 3 - RISULTATI DELLE ANALISI ALLA LIQUEFAZIONE**

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## 1 PREMESSA

La presente relazione, redatta su incarico di Snam Rete Gas S.p.A., è relativa allo studio di pericolosità sismica dell'area interessata dal rifacimento del metanodotto CAMPODARSEGO – CASTELFRANCO V.TO DN 150 (6") - MOP 24 bar e degli allacciamenti ad esso collegati, con relativa messa fuori esercizio della condotta e degli impianti esistenti.

Il tracciato del metanodotto in progetto attraversa il territorio della Provincia di Padova e della Provincia di Treviso. Le linee in progetto sono suddivise in funzione della DP (Pressione di progetto), nei seguenti due tratti, ciascuno contenente una o più condotte principali ed i relativi allacciamenti e ricollegamenti:

1. Rif. Met. Campodarsego-Castelfranco (1 Tratto Campodarsego-Resana DP 24 bar e opere connesse), comprendente:
  - *Der. Campodarsego – Resana DN 300 (12") DP 24 bar*, della lunghezza di 17,838 km, ha inizio nel territorio del comune di Campodarsego (PD) e termina in comune di Resana (TV), attraversando i comuni di Borgoricco, Camposampiero e Loreggia; la lunghezza complessiva, comprendente gli allacciamenti ed i ricollegamenti è di 23,549 km.
2. Rif. Met. Campodarsego-Castelfranco (2 Tratto Resana-Castelfranco DP 75 bar e opere connesse), comprendente:
  - *Derivazione per Resana DN 300 (12") DP 75 bar*, della lunghezza di 3,330 km, ha inizio in comune di Castelfranco Veneto (TV) per terminare in comune di Resana (TV).
  - *Derivazione per Castelfranco V.to DN 200 (8") DP 75 bar*, della lunghezza di 2,375 km, che si sviluppa interamente in comune di Castelfranco Veneto (TV); la lunghezza complessiva, comprendente gli allacciamenti ed i ricollegamenti è di 2,510 km.
  - *Derivazione per Piombino Dese DN 200 (8") DP 75 bar*, della lunghezza di 3,730 km, ha inizio in comune di Resana (TV) per terminare in comune di Piombino Dese (PD) ; la lunghezza complessiva, comprendente gli allacciamenti ed i ricollegamenti è di 4,070 km.

Con riferimento alle caratteristiche litostratigrafiche e al modello geologico del sito, descritte nel dettaglio nella specifica relazione geologica (v. Rel. COMIS NR/16025 LSC-200) e desunte - oltre che dai dati bibliografici, cartografici disponibili presso la regione Veneto e nei PAT dei vari comuni interessati- dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite allo scopo, nella

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura  progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

presente relazione si riferisce in merito alle caratteristiche sismiche di base e al sito delle aree attraversate dal tracciato.

Data la lunghezza del tracciato in esame, la caratterizzazione sismica è stata effettuata per i vari comuni interessati.

Sono stati esaminati i possibili effetti sismoindotti, con particolare approfondimento nei confronti del fenomeno della liquefazione e dello scuotimento del terreno. Per questi aspetti nella presente relazione si espongono i risultati delle verifiche effettuate, per il cui dettaglio si rimanda alle specifiche relazioni Geotecnica (v. Rel. COMIS NR/16025 LSC-202) e di Analisi dello scuotimento sismico (v. Rel. COMIS NR/16025 LSC-203).

Lo studio effettuato tiene conto della legislazione, della normativa e delle raccomandazioni vigenti, in particolare di:

- D.M. 11 Marzo 1988: *Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*
- CIRC. 24 Settembre 1988 n° 30483. D.M. 11 Marzo 1988: *Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni ...., Istruzioni per l'applicazione.*
- Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio: *Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e normative tecniche per la costruzione in zona sismica*
- Ordinanza n. 3274 della Presidenza del Consiglio: *Norme tecniche per il progetto sismico di opere di fondazione e di sostegno dei terreni*
- UNI ENV 1977-1- EUROCODICE n° 7: *Progettazione geotecnica*
- UNI ENV 1998- 5 - EUROCODICE n° 8: *Indicazioni progettuali per la resistenza sismica delle strutture: Parte 5 fondazioni, strutture di contenimento e aspetti geotecnici*

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

- D.M. 14 Gennaio 2008: *Norme Tecniche per le costruzioni*
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle NTC*
- *Piani di Assetto del Territorio dei singoli Comuni.*

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## 2 LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

La zona di intervento ricade nel territorio dei comuni di Campodarsego, Borgoricco, Camposampiero, Loreggia, Piombino Dese, in Provincia di Padova, e di Resana, Castelfranco Veneto in comune di Treviso.

Le aree attraversate ricadono nei fogli IGM 50 Padova e 51 Venezia a scala 1:100.000 e nelle sezioni n. 126080, 126040, 126060, 104160, 104120 della cartografia tecnica regionale della Regione Veneto a scala 1:10.000.

Di seguito viene mostrata la localizzazione del tracciato su Atlante stradale De Agostini (Fig.1), e su immagine aerea (Fig.2).

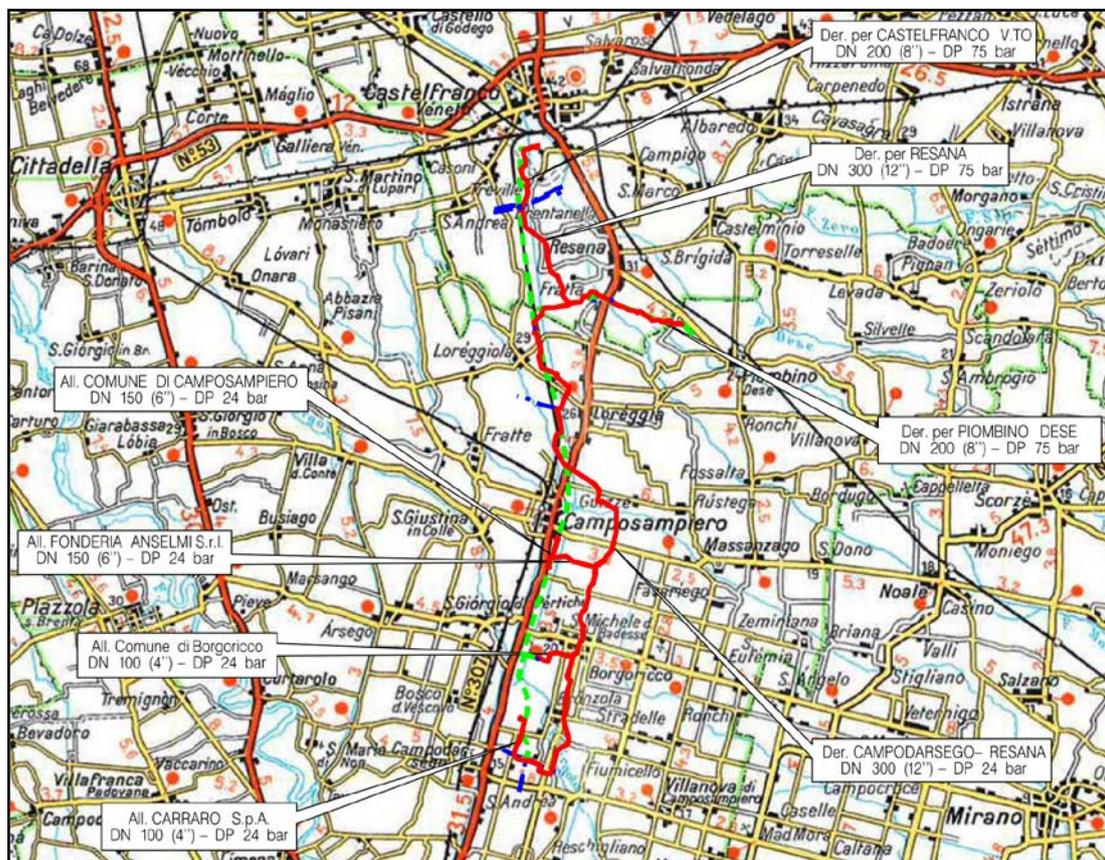
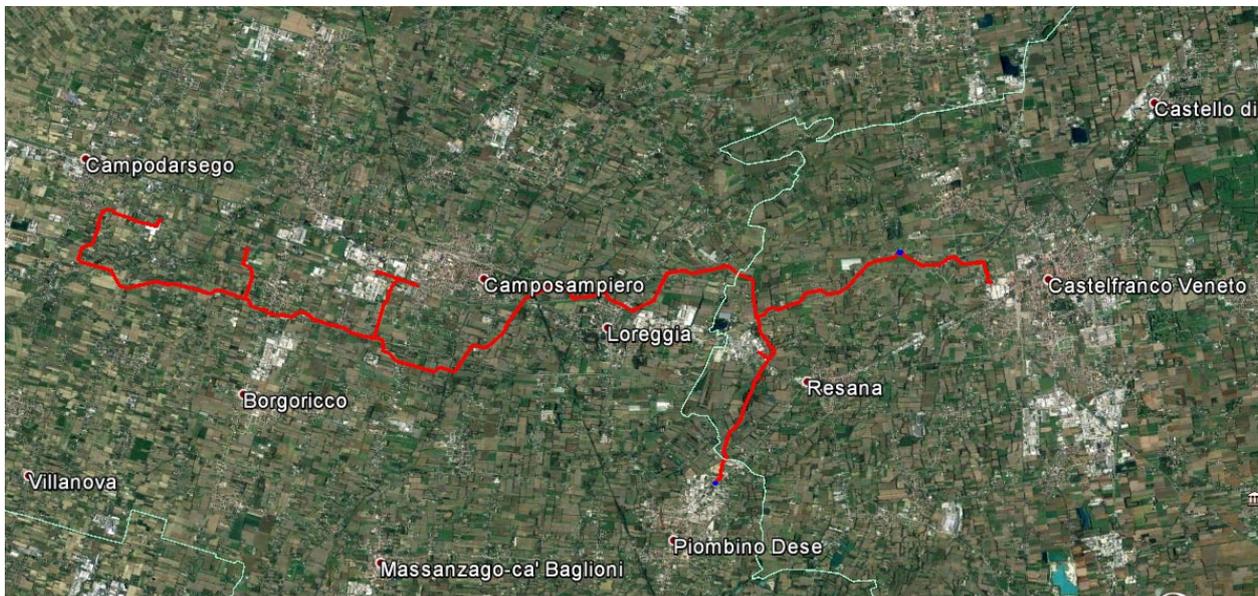


Figura 1– Stralcio Atlante 1:200.000 con localizzazione delle aree di intervento

(In rosso è individuato il tracciato di progetto)

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	



**Figura 2 – Immagine aerea Google Earth con localizzazione del tracciato (in rosso)**

Il progetto prevede il rifacimento del metanodotto Campodarsego-Castelfranco Veneto e il rifacimento/ricollegamento degli allacciamenti collegati, con relativa messa fuori esercizio dei tratti di condotta oggetto di rifacimento e dei relativi impianti.

Il tracciato del metanodotto in progetto attraversa il territorio della Provincia di Padova e della Provincia di Treviso.

La condotta principale è suddivisa in quattro tratti principali:

- 1) metanodotto Der. Campodarsego – Resana DN 300 (12”) DP 24 bar: ha inizio nel territorio del comune di Campodarsego (PD) e termina in comune di Resana (TV), attraversando inoltre i comuni di Borgoricco, Camposampiero e Loreggia; lunghezza= 17+838km
- 2) metanodotto Derivazione per Resana DN 300 (12”) DP 75 bar: ha inizio in comune di Castelfranco Veneto (TV) per terminare in comuna di Resana (TV); lunghezza= 3+330 km
- 3) metanodotto Der. per Castelfranco V.to DN 200 (8”) DP 75 bar, interamente in comune di Castelfranco Veneto (TV); lunghezza= 2+375 km
- 4) metanodotto Der. per Piombino Dese DN 200 (8”) DP 75 bar: ha inizio in comune di Resana (TV) e termina in comune di Piombino Dese (PD); lunghezza= 3+730 km.

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Oltre alla linea principale, l'intervento comprende anche una serie di allacciamenti e ricollegamenti secondari che sostituiscono gli esistenti nel tratto interessato dal rifacimento.

Il metanodotto in progetto è costituito da tubazioni in acciaio saldate di testa posate nel sottosuolo in una trincea scavata con mezzo meccanico e successivo rinterro con una copertura minima di 0,90 m (come previsto dal D.M. 17.04.2008).

La trincea, una volta posata la tubazione, viene riempita usando il terreno di riporto così che non sono modificate le caratteristiche granulometriche e di permeabilità del sottosuolo.

In corrispondenza di punti delicati, al fine di minimizzare l'impatto sull'ambiente o per non arrecare danno alle strutture viarie/ferroviarie, gli attraversamenti saranno realizzati con tecnica trenchless (spingitubo o trivellazione orizzontale controllata).

Completano l'opera in progetto alcuni impianti di linea collegati alla tubazione del metanodotto che hanno lo scopo di sezionare la linea, intercettare e permettere la derivazione (*PIDI: punto di intercettazione e derivazione importante; PIL punto di intercettazione di linea*). Essi sono costituiti da tubazioni e valvole interrato collocati in un'area recintata.

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### 3 MODELLO GEOLOGICO-SISMICO DELL'AREA

#### 3.1 Inquadramento fisico dell'area

La zona in cui si snoda il tracciato del metanodotto in oggetto ricade nella media-bassa pianura veneta, a morfologia del tutto pianeggiante con elevazione compresa tra i 15 e i 40 m s.l.m..

Le pendenze generali del territorio sono bassissime, dell'ordine dello 0.1 % con direzione N-S.

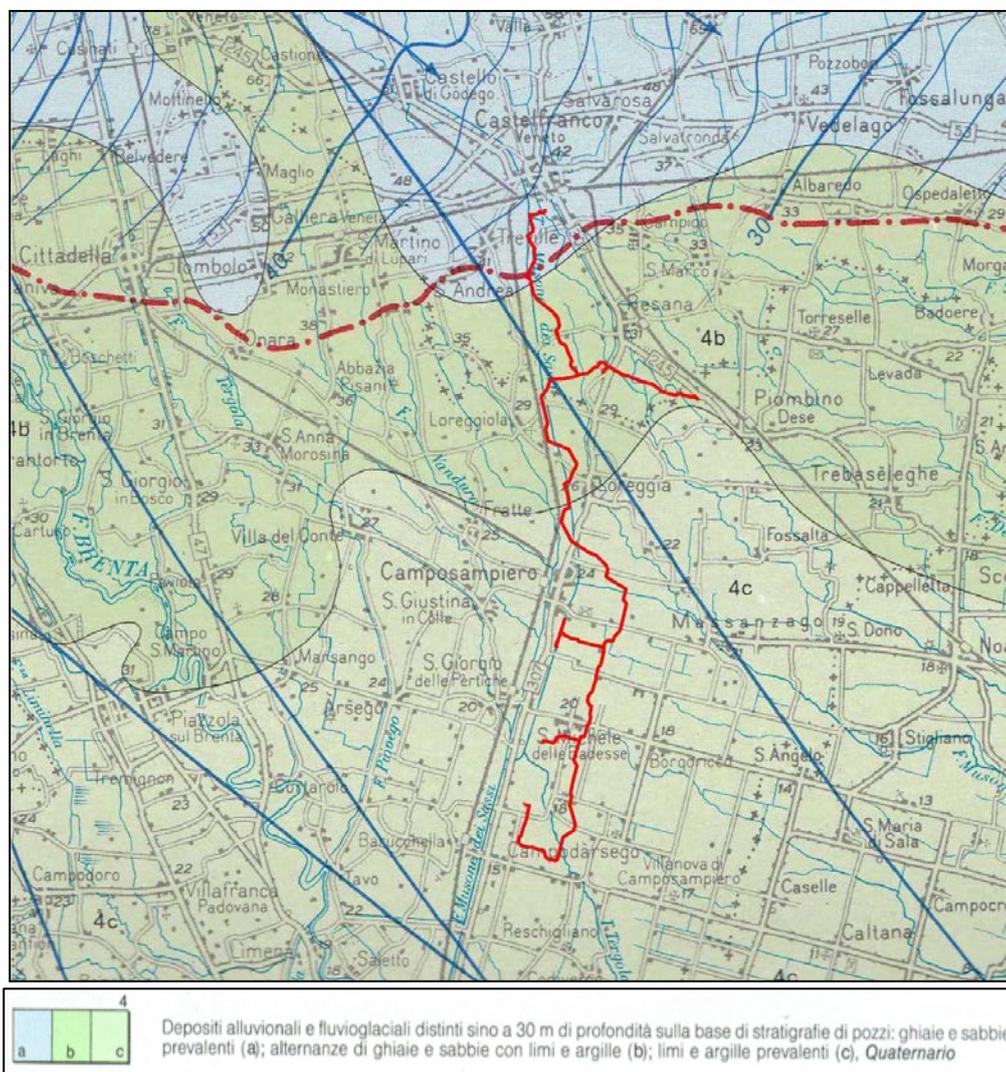
Gli unici elementi morfologici che caratterizzano il territorio sono costituiti dalle incisioni dei corsi d'acqua, sia naturali che artificiali – tra i quali il principale è il Muson dei Sassi-, e le correlate arginature che spesso li bordano.

Più in particolare l'area attraversata ricade nella pianura alluvionale del F. Brenta mantenendosi sempre in sinistra idrografica del fiume stesso.

Dal punto di vista geologico i terreni presenti traggono origine dalle grandi conoidi alluvionali dei fiumi, deposte quando il loro regime era molto diverso dall'attuale per le grandi portate dovute allo scioglimento dei ghiacciai e caratterizzate da un imponente trasporto solido del materiale morenico.

Pertanto i terreni presenti (v. carta geologica di sintesi in Fig. 3) sono di natura alluvionale prevalentemente granulare con granulometrie in genere degradanti passando da N a S: dalle ghiaie e sabbie prevalenti nella parte settentrionale, alle sabbie limose con ghiaia nella parte centrale e alle alternanze limi argillosi con sabbie fini nel tratto più meridionale. Naturalmente questa distinzione ha carattere generale; la reale composizione del terreno presenta eteropie sia verticali che laterali legate ai complessi processi di migrazione planimetrica degli alvei che si sono susseguiti nel periodo quaternario postglaciale.

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	



**Fig. 3 - Stralcio Carta geologica del Veneto, 1:250.000, con tracciato del metanodotto in progetto**

### 3.2 Indagini eseguite

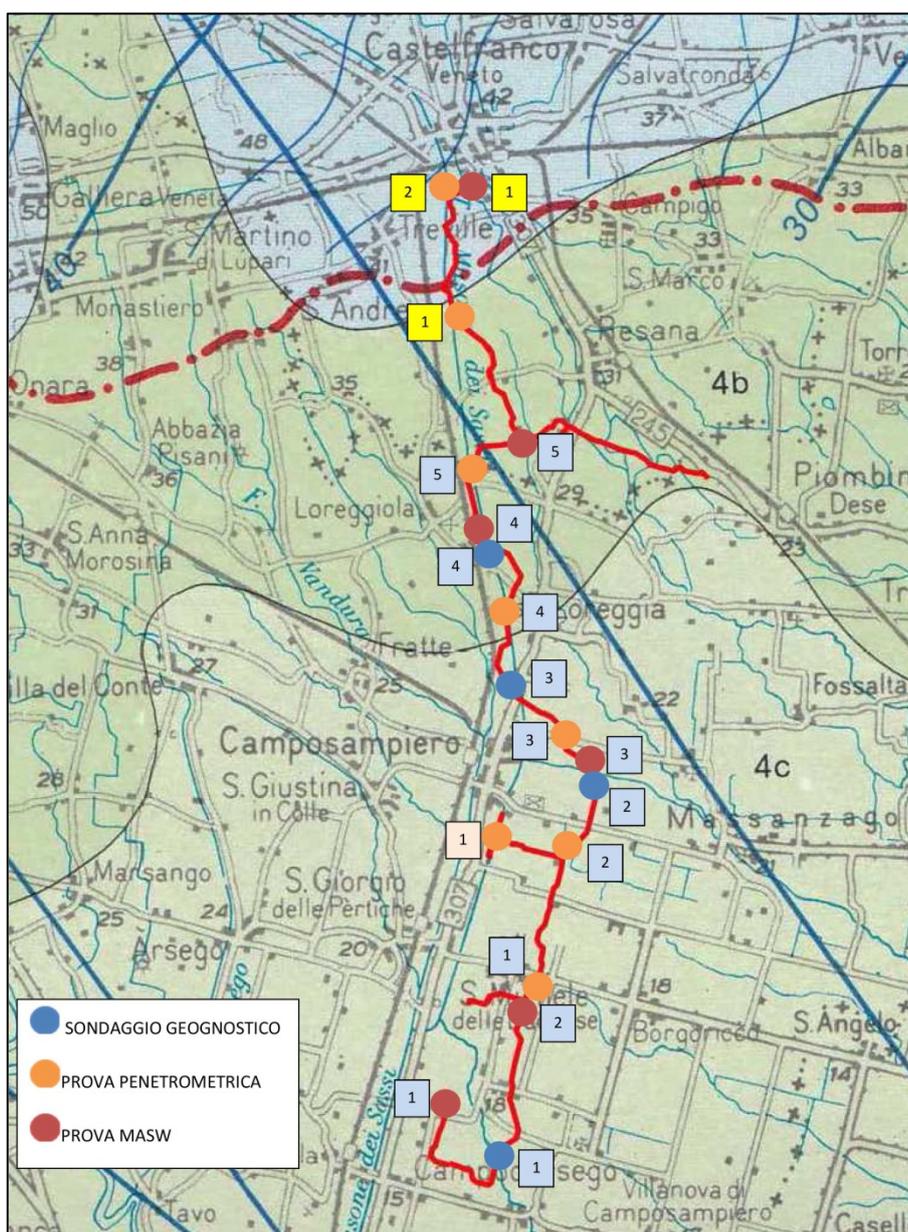
Per la ricostruzione del modello geologico dell'area sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche e geofisiche:

- 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 20-25 m con prove in situ e prelievo di campioni di terreno, di cui 5 lungo il 1<sup>a</sup> tratto di metanodotto e 1 lungo l'All. Fonderia Anselmi
- 8 prove penetrometriche (7 CPTU ed 1 DP), di cui 5 lungo il 1<sup>a</sup> tratto, 2 lungo il 2<sup>a</sup> ed 1 lungo il metanodotto Rif. All. Fonderia Anselmi

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

- 6 prove MASW, di cui 5 lungo il 1<sup>o</sup> tratto ed 1 lungo il 2<sup>o</sup>, finalizzate alla misura della velocità delle onde S alle varie profondità e pertanto a definire la categoria di suolo in accordo con le NTC 2008
- prove di laboratorio geotecnico sui campioni prelevati nei sondaggi.

In figura 4 si riporta la loro ubicazione.



**Figura 4 - Ubicazione delle indagini geostatiche e geofisiche**  
 (numerazione: azzurro 1<sup>o</sup> tratto, giallo 2<sup>o</sup> tratto, rosa Rif. All. Anselmi)

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Sono inoltre state consultati i documenti a carattere geologico presenti nei vari PAT comunali ed in particolare le stratigrafie in esso riportate.

Le metodologie di indagine, la localizzazione dei punti investigati e i risultati ottenuti sono riportati nel dettaglio nella specifica Relazione Indagini (v. Rel. COMIS NR/16025 LSC-204).

### 3.3 Modello geologico-sismico

Le informazioni dirette ed indirette acquisite hanno permesso di definire le caratteristiche litologiche e geotecniche del sottosuolo lungo l'intero tracciato.

Si evidenzia la presenza di uno strato superficiale limo-argilloso-sabbioso di spessore 2-4 m e al di sotto di questo prevalenza di terreno ghiaioso-sabbioso nella parte settentrionale del tracciato che via via diventa sempre più fine e con alternanze sabbie-limi-argille verso sud.

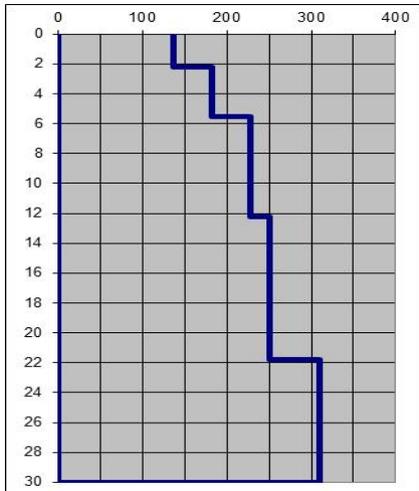
Le prove MASW hanno confermato questa tendenza mostrando velocità: dello strato superficiale dell'ordine dei 100-200 m/s, della zona con materiale fine dell'ordine di 200-300 m/s, dei tratti sabbio-ghiaiosi superiori a 300 m/s per arrivare fino a 600 m/s nella zona con ghiaia sabbiosa addensata, presente nel tratto più settentrionale.

Il valore delle velocità caratteristiche  $V_{s30}$  è risultato crescente procedendo da Campodarsego verso Castelfranco Veneto, permettendo di classificare i terreni in categoria C per la maggior parte dell'1° tratto di metanodotto e in categoria B nel 2° tratto (si noti che la MASW 5 è stata condotta al limite tra i due tratti).

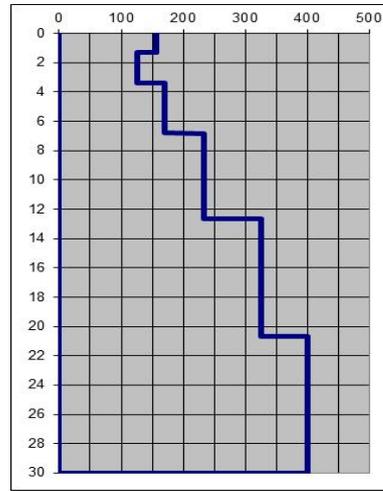
Tratto	Prova	Comune	$V_{s30}$ (m/s)	Categoria di sottosuolo
1° Tratto	MASW 1	Campodarsego	234	C
	MASW 2	Borgoricco	236	C
	MASW 3	Camposanpiero	296	C
	MASW 4	Loreggia	255	C
	MASW 5	Resana	364	B
2° Tratto	MASW 1	Castelfranco V.to	410	B

**Tabella 1 - Velocità  $V_{s30}$  e categorie di sottosuolo ricavate dalle varie prove MASW**

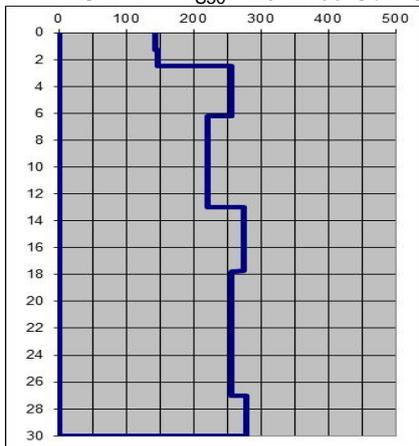
PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	



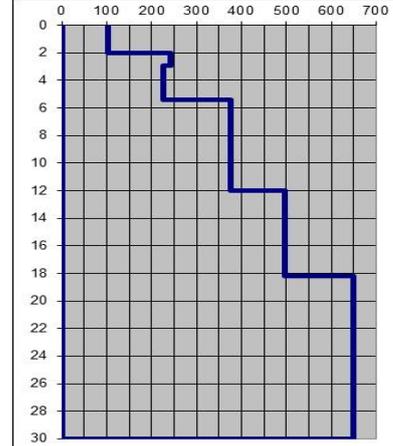
1^ MASW 1 -  $V_{S30} = 234$  m/s Cat. C



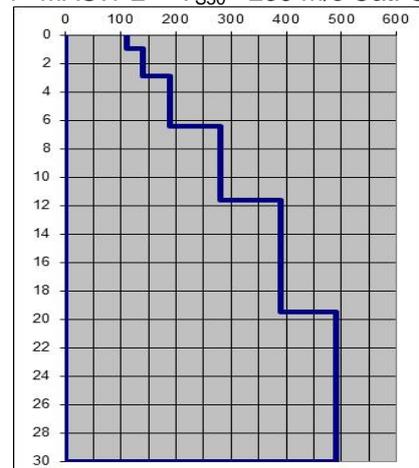
1^ MASW 4 -  $V_{S30} = 255$  m/s Cat. C



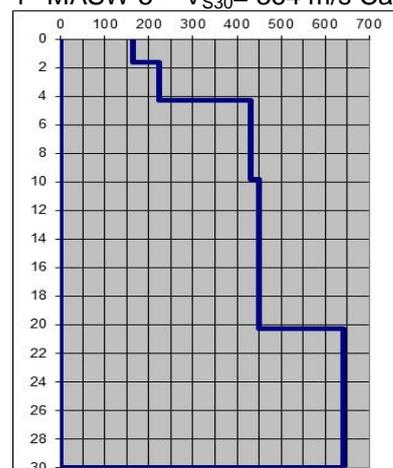
1^ MASW 2 -  $V_{S30} = 236$  m/s Cat. C



1^ MASW 5 -  $V_{S30} = 364$  m/s Cat. B



1^ MASW 3 -  $V_{S30} = 296$  m/s Cat. C



2^ MASW 1 -  $V_{S30} = 410$  m/s

**Figura 5 - Diagrammi della velocità delle onde di taglio in funzione della profondità**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-IND</b>	

## 4 SISMICITA' DELL'AREA

### 4.1. Zonazione sismica

Nel nuovo modello sismogenetico usato in Italia, la cosiddetta zonazione ZS9, il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone identificate con le lettere da "A" a "F" fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F). Per ogni zona sismogenetica, caratterizzata da una propria sismicità, è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente.

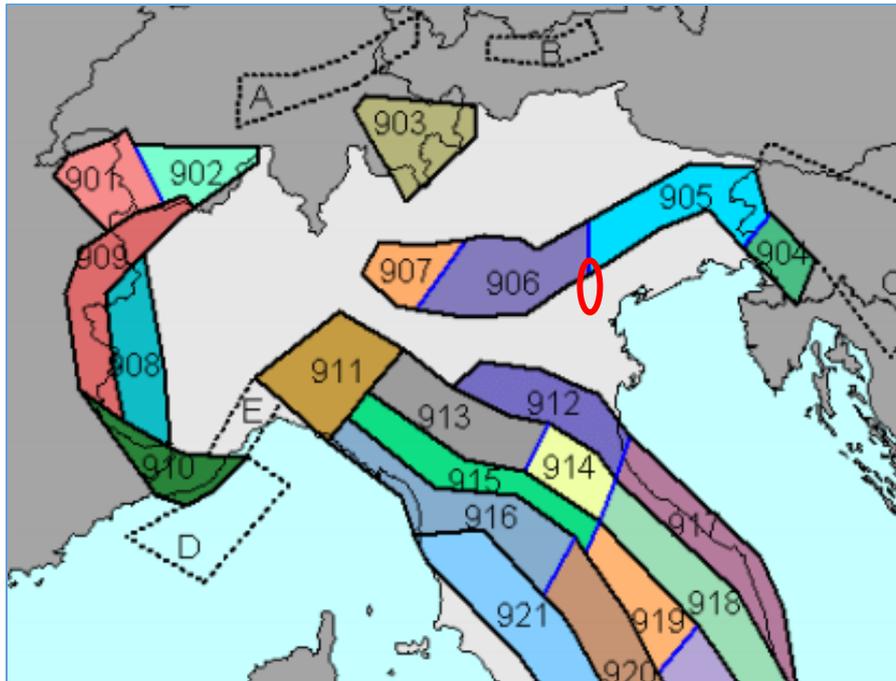


Figura 6– Zone sismogenetiche d'Italia (zonazione ZS9, da INGV). Stralcio nord Italia

In base alla zonazione sismica ZS9 operata da INGV, il tracciato in esame ricade -solo nella parte terminale presso Castelfranco Veneto- all'interno della zona sismogenetica 905, presso il confine con la zona 906 (v. Figg. 6, 7), mentre per il rimanente tratto rimane al di fuori delle zone sismogenetiche. Per la zona 905 e 906 la magnitudo massima attesa  $M_{wmax}$  è pari a 6.60 (v. Tab. 2).

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

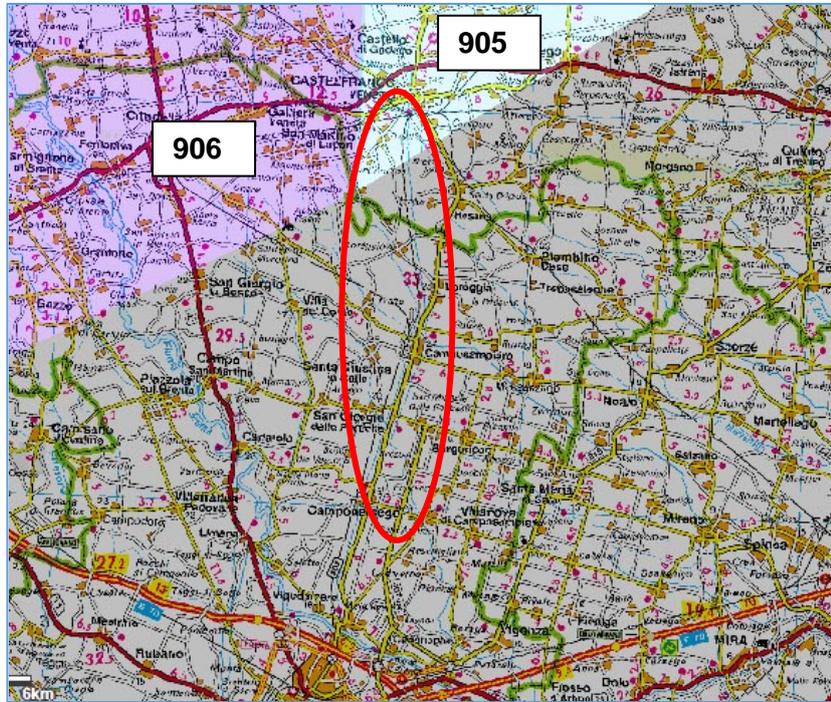


Figura 7– Particolare della zonazione sismogenetica d'Italia

Nome ZS	Numero ZS	Mwmax
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

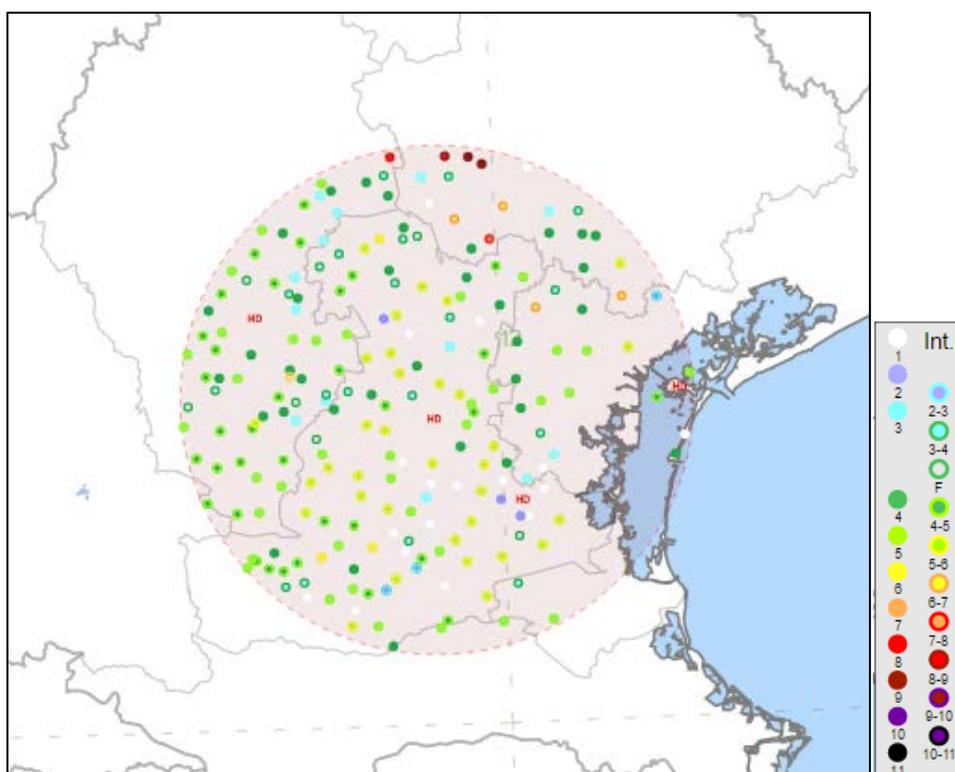
Tabella 2– Valori di  $M_{wmax}$  per le varie zone sismogenetiche d'Italia (da INGV)

In particolare le zone 905 e 906 sono caratterizzate da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate; la zona 905 include sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo  $M > 6$ , e racchiude un'area in cui la

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

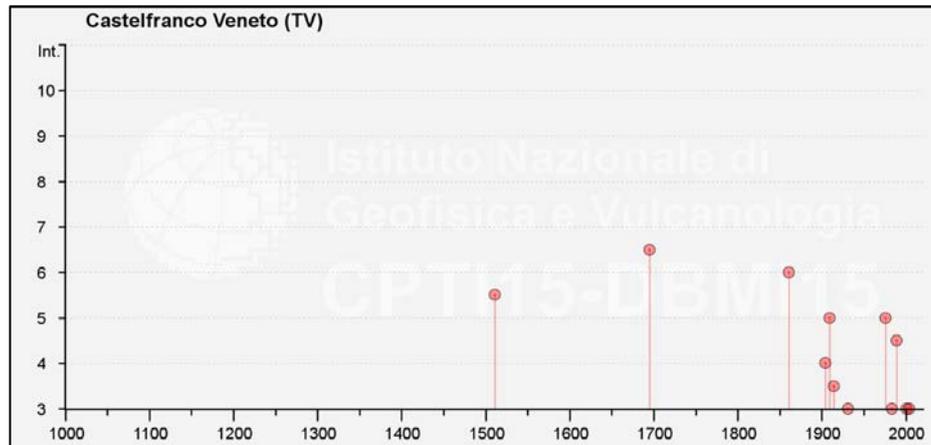
frequenza degli eventi sismici (anche di magnitudo medio-alte) è nettamente superiore a quella delle zone adiacenti. La zona 905 comprende anche la sorgente del Montello (potenzialmente responsabile di terremoti con  $M > 6$ ) che in base ai dati attualmente disponibili è definibile come “silente”, cioè mancano nei cataloghi disponibili terremoti storici con magnitudo prossima a quella attesa.

Dal *database macrosismico dei terremoti italiani* di INGV, si evidenzia che le maggiori intensità macrosismiche tra i comuni attraversati dal tracciato si registrano a Castelfranco Veneto con  $I_s$  compresa tra 6 e 7 (terremoto del 1695) (v. Figg. 8, 9).



**Figura 8 – Localizzazione dei terremoti nell’area di interesse e relativa intensità macrosismica**  
 Da *database macrosismico dei terremoti italiani* di INGV, DBMI 15

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	



**Figura 9 – Intensità macrosismiche dei terremoti risentiti a Castelfranco Veneto nell’ultimo millennio**

Da database macrosismico dei terremoti italiani di INGV, DBMI 15

#### 4.2. Magnitudo attesa

Il tracciato nella sua estensione attraversa aree a diversa attività sismica con intensità che aumentano da sud verso nord, in quanto le zone sismogenetiche si localizzano appunto solamente nella estrema porzione settentrionale del tracciato.

Nella parte ricadente all’interno delle zone sismogenetiche, cioè di fatto solamente nel territorio del comune di Castelfranco Veneto, la magnitudo da assumere per le verifiche del caso è  $M=6.6$ .

Invece, come recitano gli *“Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica”* della Protezione Civile, *“per i siti che non ricadono in alcuna zona sismogenetica si determinano le minime distanze (R) dalle zone (i) circostanti e si controlla per ciascuna di esse se la magnitudo  $M_i$  della zona è inferiore alla magnitudo fornita dalla relazione  $M_s = 1 + 3 \log(R)$ . Se ciò accade, la verifica a liquefazione non è necessaria. Se invece è necessaria, si assume il valore di magnitudo  $M_i$  più alto fra quelli per i quali la verifica è necessaria”*.

Nel caso in oggetto, applicando tale criterio, fino a distanze  $R=74$  km dal limite delle zone sismogenetiche  $M_s$  rimarrebbe inferiore a  $M=6.6$ . Allora per la stima della magnitudo occorre rivolgersi al calcolo della disaggregazione della pericolosità per un tempo di ritorno di 975 anni (probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni), allo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo-distanza di un evento. I grafici, riportati in Figg. 10 e

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

11, sono stati desunti dalle mappe Interattive di Pericolosità Sismica dell'INGV, relativamente al comune di Campodarsego e di Castelfranco Veneto, rispettivamente il più distante e il più vicino alle sorgenti sismogenetiche.

Dai grafici e dalle relative tabelle numeriche (qui non allegate, ma consultabili on line nel sito dell'INGV) si nota come la grande maggioranza del contributo percentuale di  $a_g$  per entrambi i siti derivi da terremoti con magnitudo da 4 a 6.5, con distanze mediamente inferiori per il sito settentrionale.

In considerazione quindi che non c'è sostanziale differenza della magnitudo massima attesa tra gli estremi settentrionale e meridionale lungo il tracciato, si è effettuata la scelta di caratterizzarlo interamente con la magnitudo della vicina zona sismogenetica 905, cioè  $M= 6.6$ .

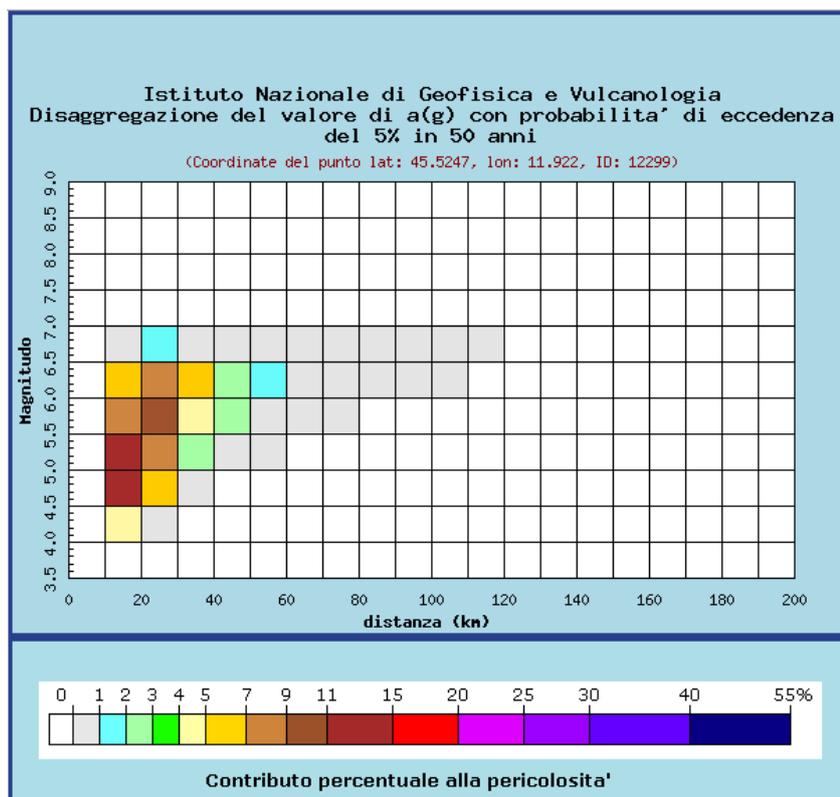


Figura 10

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

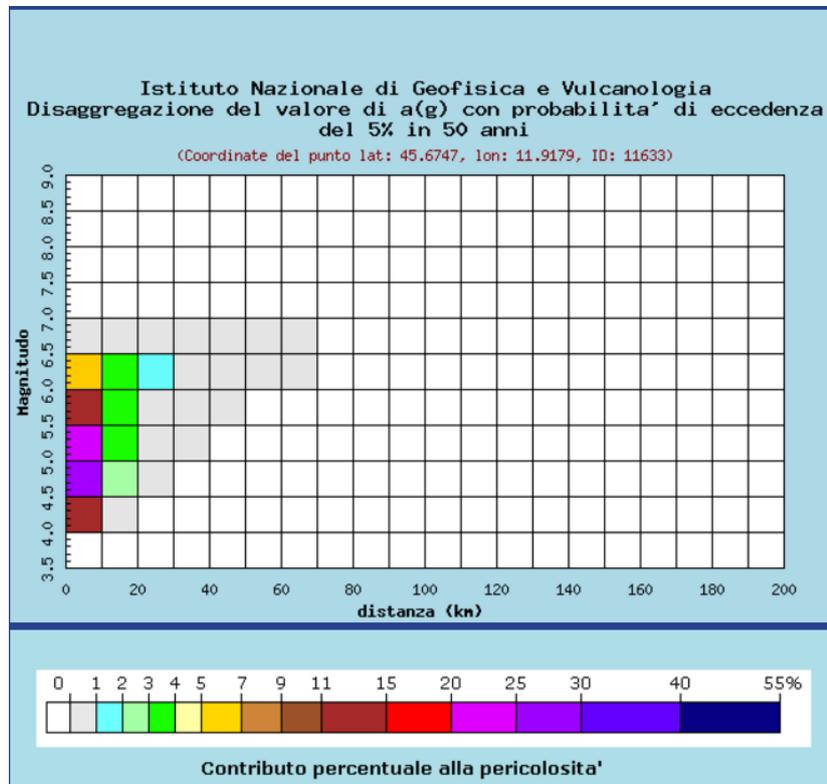
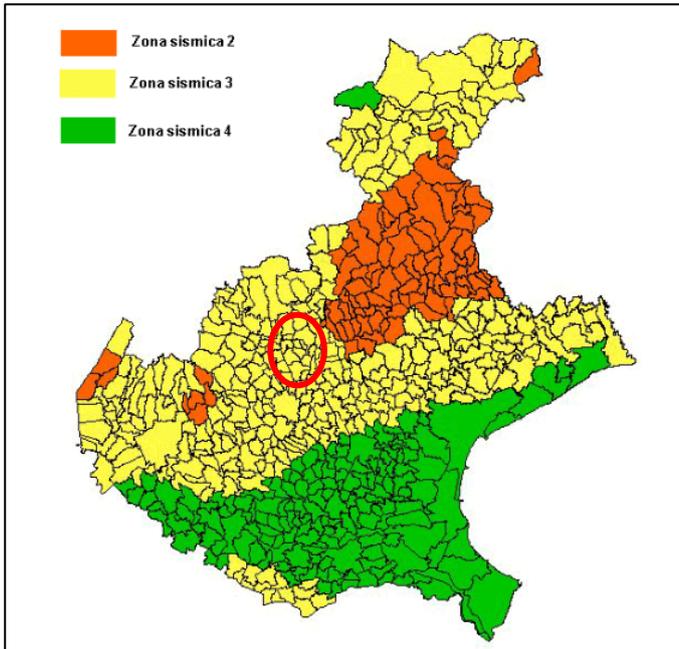


Figura 11 - Disaggregazione del valore di  $a(g)$  per il Comune di Castelfranco V.to

#### 4.2 Pericolosità sismica di base

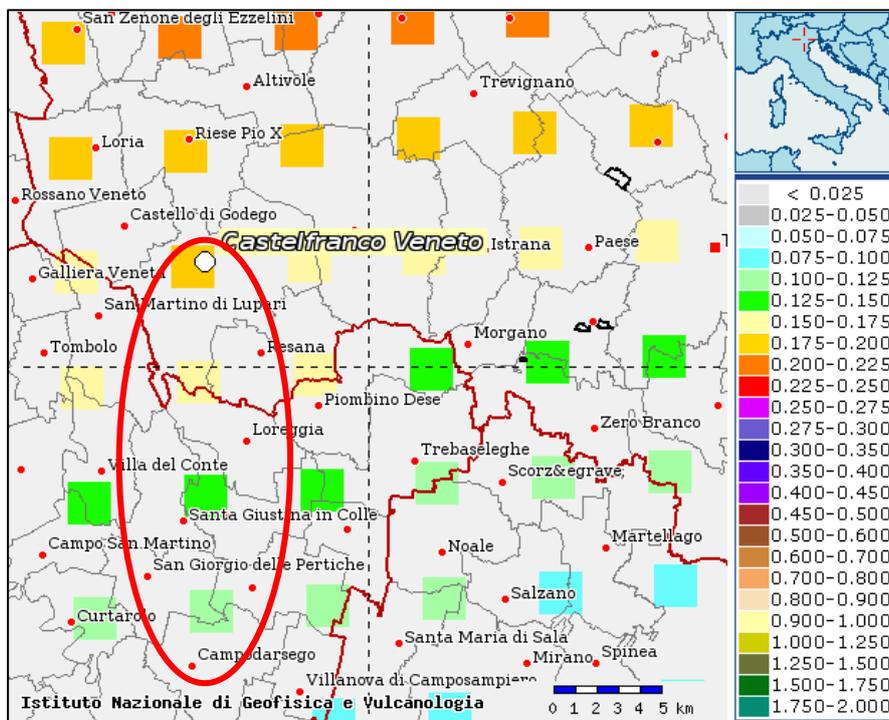
I comuni attraversati dal metanodotto ricadono, ai sensi della D.C.R. n° 67 del 3 dicembre 2003, tutti in zona sismica 3. (v. Fig. 12 ).

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	



**Fig. 12 – Carta delle zona sismica dei comuni della Regione Veneto**

In base alla zonazione INGV “Pericolosità sismica del territorio nazionale” (PCM 28/04/2006 n. 3519) il tracciato cade in aree con  $a_0 = 0.100 \div 0.200$  g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, cioè tempo di ritorno 475 anni (v. Fig. 13), con valori crescenti da S a N.



**Figura 13– Carta di pericolosità sismica (INGV)**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008) la pericolosità sismica del territorio nazionale, intesa come accelerazione massima orizzontale su suolo rigido affiorante (o caratterizzato da velocità delle onde sismiche trasversali 800 m/s) viene definita mediante un approccio sito dipendente, cioè tramite la posizione delle sue coordinate nell'ambito del grigliato nazionale, per i cui vertici vengono forniti i valori dei parametri sismici di base:  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c$ .

Tramite media pesata è possibile in tal modo definire gli spettri di risposta, ai sensi delle NTC 2008, nelle condizioni di sito di riferimento su suolo rigido orizzontale (categoria di terreno A). I valori dei parametri  $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_c^*$  sono indicati per diverse probabilità di superamento in 50 anni e/o per diversi tempi di ritorno  $T_R$ , essendo:

$a_g$ = accelerazione orizzontale massima

$F_0$ = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

$T_c^*$ = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

Qualora la pericolosità sismica del sito sia relativa ad un periodo di riferimento diverso da quelli forniti dalle NTC 2008, i vari parametri vengono calcolati per interpolazione.

Sulla base del programma di calcolo *Spettri-NTC ver. 1.0.3*, messo a disposizione dal Ministero dei L.L. P.P. e tramite il software *Geostru PS Advanced*, l'interpolazione dei valori del grigliato nazionale ha permesso di definire i parametri sismici di base e i relativi spettri di risposta elastici per i periodi di ritorno di riferimento.

Il tracciato in esame attraversa con direzione all'incirca S-N il territorio di diversi comuni, che, seppur ricadenti interamente in zona 3, sono comunque caratterizzati da parametri sismici leggermente diversi, in genere con valore di  $a_g$  crescente da S verso N come si evince dalla seguente tabella (v. Tab. 3).

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Comune	$a_g$	$F_0$	$T_c$
Campodarsego	0.109	2.508	0.322
Borgoricco	0.117	2.491	0.322
Camposanpiero	0.129	2.470	0.318
Loreggia	0.139	2.455	0.317
Piombino Dese	0.141	2.461	0.321
Resana	0.157	2.429	0.316
Castelfranco V.	0.157	2.429	0.316

**Tabella 3 – Valori dei parametri sismici caratteristici  $T_r= 475$  anni per i vari comuni**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## 5 ANALISI DEL RISCHIO SISMICO

### 5.1. Generalità

Il rischio sismico al sito viene valutato in funzione delle condizioni geologiche e geomorfologiche in cui è inserita l'area di intervento. Deve pertanto essere valutata l'amplificazione sismica locale secondo la metodologia e le procedure indicate dalla legislazione nazionale, NTC 2008, e regionale (DGR n. 65-7656 del 21 Maggio 2014).

Le condizioni locali possono infatti influenzare, in occasione di eventi sismici, la pericolosità sismica di base producendo effetti da considerare nella valutazione della pericolosità sismica dell'area. Elemento indispensabile per qualsiasi studio finalizzato al riconoscimento delle aree potenzialmente pericolose dal punto di vista sismico è l'individuazione della categoria di terreno.

Gli effetti di sito o amplificazione sismica locale sono rappresentati dall'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che il terremoto di riferimento, relativo al bedrock, può subire durante l'attraversamento degli strati sovrastanti, a causa dell'interazione delle onde sismiche con le particolari condizioni locali. Si possono quindi distinguere effetti di amplificazione topografica e di amplificazione litologica.

Gli effetti di amplificazione topografica si verificano quando le condizioni locali sono rappresentate da morfologie superficiali articolate, con versanti acclivi e scarpate, zone di cresta rocciosa o cocuzzolo, ecc.

Gli effetti di amplificazione litologica o geometrica si possono produrre quando si è in presenza di profili stratigrafici costituiti da litologie con proprietà meccaniche diverse o articolate morfologie sepolte. Con tali condizioni si possono generare fenomeni di esaltazione delle azioni sismiche trasmesse dal terreno e di risonanza.

La valutazione dei fenomeni di amplificazione finalizzata alla definizione dei parametri sismici al sito può essere eseguita con il cosiddetto metodo semplificato, come previsto dalla NTC 2008, oppure con analisi semiquantitative (analisi di 2° livello) o quantitative (analisi di 3° livello).

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## 5.2. Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

Le indagini geognostiche eseguite lungo il tracciato hanno evidenziato la presenza di terreno di origine alluvionale di granulometria variabile, mediamente sempre più grossolana procedendo da S verso N.

La definizione della categoria di sottosuolo, in ottemperanza con quanto stabilito dalle NTC 2008 in Tab. 3.2.II (v. Tab. 4), si è basata sulla misura della velocità media delle onde di taglio ottenuta tramite le varie prove geofisiche MASW eseguite lungo il tracciato.

Come dettagliato in precedenza il tracciato ricade per la maggior parte (tratto centro meridionale) in suoli di categoria C e in parte (tratto settentrionale) in suoli di categoria B.

Categoria	Descrizione
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina).
C	Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E	Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

**Tabella 4 - Categorie di sottosuolo (Da Tab. 3.2.II, Norme Tecniche per le costruzioni, 2008)**

Per quanto attiene le condizioni topografiche, l'intero metanodotto viene classificato nella classe T1: "Pendii con inclinazione media  $i < 15^\circ$ ".

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### 5.3. Pericolosità sismica locale con metodo semplificato

La risposta sismica locale è l'azione sismica quale emerge in superficie a seguito delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza, subite per effetti morfologici o subite trasmettendosi dal substrato rigido attraverso le coperture.

Nel D.M. 14 Gennaio 2008 viene evidenziato che *“ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi di risposta sismica locale”*.

In mancanza di tali analisi, le norme NTC prevedono che la risposta sismica locale possa essere calcolata attraverso il metodo semplificato, basato sulla determinazione della categoria di sottosuolo e dei relativi coefficienti topografico e stratigrafico del sito su cui sorge l'opera.

La forma spettrale su sottosuolo rigido di categoria A viene in tal modo modificata in funzione di tali coefficienti che intervengono nel calcolo dei diversi rami dello spettro e che variano in dipendenza della categoria di sottosuolo.

Tali coefficienti parziali vengono determinati nel seguente modo:

$S_T$  = coefficiente di amplificazione topografica

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T 1	Superfici pianeggianti, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 5^\circ$
T 2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base i inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base i inclinazione media $i > 30^\circ$

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica

Categoria di sottosuolo	di	Coefficiente di amplificazione stratigrafica $S_s$	Coefficiente funzione della Categoria di sottosuolo $C_c$
A		1,00	1,00
B		$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,20$	$1,10 (T'_c)^{-0,20}$
C		$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,50$	$1,05 (T'_c)^{-0,33}$
D		$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \times F_0 \times a_g / g \leq 1,80$	$1,25 (T'_c)^{-0,50}$

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Il coefficiente globale di amplificazione è pari al prodotto del coefficiente di amplificazione stratigrafica con quello di amplificazione topografica:

$$S = S_s \times S_t$$

Ai fini della valutazione della risposta sismica locale le opere in progetto sono state così valutate:

- Tipo di costruzione (v. Tab. 2.4.I delle NTC 2008): 2  
*Opere ordinarie, opere infrastrutturali ..... d'importanza normale*
- Vita nominale  $V_N$ :  $\geq 50$  anni
- Classe d'uso: IV  
*Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti .....*
- Coefficiente d'uso: 2
- Vita nominale: 50 anni
- Vita di riferimento  $V_R$ : 100 anni

Stati Limite		$P_{V_R}$ : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento $V_R$
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

**Tabella 5 – Probabilità di superamento per i vari stati limite (Tab. 3.2.I delle NTC 2008)**

Il tempo di ritorno è legato alla probabilità di superamento dalla relazione seguente:

$$T_R = - \frac{V_R}{\ln(1 - P_{V_R})}$$

Poiché è  $V_R = 100$  anni, il tempo di ritorno  $T_R$  sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	<b><math>T_R = 60</math></b>
Stato limite di esercizio: danno	SLD	<b><math>T_R = 101</math></b>
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	<b><math>T_R = 949</math></b>
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	<b><math>T_R = 1950</math></b>

**Tabella 6- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento  $V_R$**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Con le assunzioni sopraesposte in merito all'opera e in funzione delle probabilità di superamento per lo stato limite SLD e SLV stabilite dalla NTC 2008 (v. Tab. 6), si ottengono i parametri sismici relativi al substrato rigido rappresentati nella tabella 7.

Comune	a <sub>g</sub>		F <sub>0</sub>		T'c	
	T <sub>R</sub> = 101	T <sub>R</sub> = 949	T <sub>R</sub> = 101	T <sub>R</sub> = 949	T <sub>R</sub> = 101	T <sub>R</sub> = 949
Campodarsego	0.057	0.140	2.544	2.517	0.286	0.337
Borgoricco	0.061	0.153	2.528	2.485	0.284	0.336
Camposanpiero	0.068	0.172	2.457	2.451	0.283	0.331
Loreggia	0.072	0.186	2.436	2.437	0.282	0.331
Piombino Dese	0.073	0.189	2.437	2.438	0.282	0.337
Resana	0.079	0.209	2.421	2.423	0.278	0.332
Castelfranco V.	0.087	0.233	2.411	2.405	0.273	0.329

**Tabella 7 – Parametri sismici per lo stato limite SLD (T<sub>R</sub>= 101 anni) e SLV (T<sub>R</sub>= 949 anni)**

Per le opere in progetto l'azione sismica viene valutata per lo *stato limite di esercizio di danno* (SLD) e per lo *stato limite ultimo di salvaguardia della vita* (SLV), facendo riferimento pertanto ai tempi di ritorno pari a 101 e 949 anni rispettivamente.

Con tale assunzione l'azione sismica al sito è caratterizzata dai seguenti parametri (v. Tab. 8).

Comune	Cat. suolo	S <sub>s</sub>	S <sub>T</sub>	S=S <sub>s</sub> ×S <sub>T</sub>	Stato limite	a <sub>g</sub> (g)	PGA (g)
Campodarsego	C	1.500	1.00	1.500	SLD	0.057	0.086
		1.489		1.489	SLV	0.140	0.208
Borgoricco	C	1.500	1.00	1.500	SLD	0.061	0.092
		1.472		1.472	SLV	0.153	0.225
Camposanpiero	C	1.500	1.00	1.500	SLD	0.068	0.102
		1.447		1.447	SLV	0.172	0.249
Loreggia	C	1.500	1.00	1.500	SLD	0.072	0.108
		1.428		1.428	SLV	0.186	0.266
Piombino Dese	C	1.500	1.00	1.500	SLD	0.073	0.110
		1.424		1.424	SLV	0.189	0.269
Resana	B	1.200	1.00	1.200	SLD	0.079	0.095
		1.200		1.200	SLV	0.209	0.251
Castelfranco V.	B	1.200	1.00	1.200	SLD	0.087	0.104
		1.200		1.200	SLV	0.233	0.280

**Tabella 8 – Valori dei parametri sismici caratteristici al sito per gli stati limite SLD e SLV**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

La stima della massima velocità orizzontale al suolo (PGV) per gli stati limite considerati può essere calcolata (v. NTC08, 3.2.3.3) secondo la relazione :

$$PGV = 0.16 \cdot a_g \cdot S_x \cdot T_c \quad \text{essendo } T_c = C_c \cdot T'_c$$

I relativi spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale per lo stato limite SLD e SLV per un fattore di struttura  $q_0=1.5$  e smorzamento  $\xi=5\%$  e  $\eta=1$  sono riportati in Appendice 1. Per lo stato limite SLV, trattandosi di struttura interrata, è stato considerato uno spettro di progetto inelastico.

Come si può osservare dalla tabella 8 soprariportata, le accelerazioni attese al sito nel caso di stato limite di danno SLD sono comprese tra 0.086 e 0.110 g, mentre per lo stato limite di salvaguardia della vita SLV circa tra 0.210 e 0.284 g con un generale gradiente positivo da S a N.

I coefficienti sismici orizzontali ( $k_h$ ) e verticali ( $k_v$ ), nel caso di fondazioni e di analisi di stabilità dei pendii, vengono calcolati come di seguito specificato.

Nel caso di fondazioni e stabilità dei pendii i coefficienti  $K_h$  e  $K_v$  sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h$$

con  $\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da seguente tabella:

	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

I risultati vengono rappresentati in tabella 9

Comune	Stato limite	PGA (g)	$\beta_s$	$K_h$	$K_v$
Campodarsego	SLD	0.086	0.20	0.017	0.009
	SLV	0.208	0.28	0.058	0.029
Borgoricco	SLD	0.092	0.20	0.018	0.009
	SLV	0.225	0.28	0.063	0.032
Camposanpiero	SLD	0.102	0.24	0.024	0.012
	SLV	0.249	0.28	0.070	0.035
Loreggia	SLD	0.108	0.24	0.026	0.013
	SLV	0.266	0.28	0.074	0.037
Piombino Dese	SLD	0.110	0.24	0.026	0.013
	SLV	0.269	0.28	0.075	0.038
Resana	SLD	0.095	0.20	0.019	0.009
	SLV	0.251	0.28	0.070	0.035
Castelfranco V.	SLD	0.104	0.24	0.025	0.013
	SLV	0.280	0.28	0.078	0.039

Tabella 9 – Valori dei coefficienti sismici

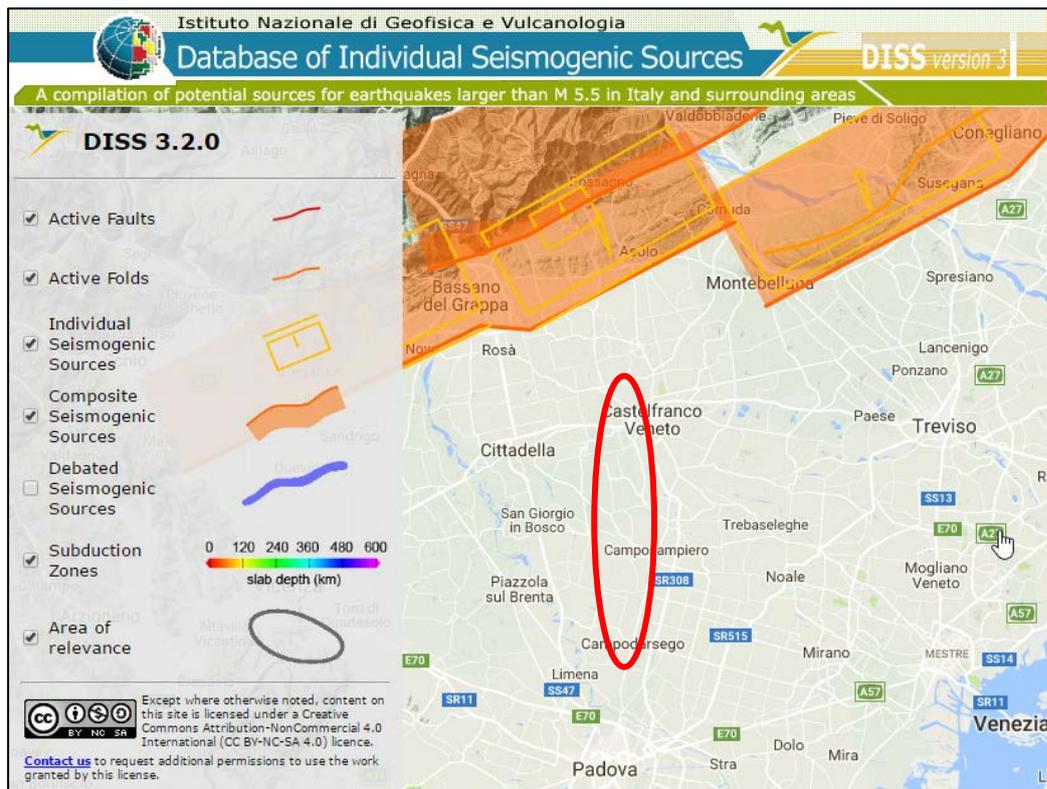
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## 6 EFFETTI SISMOINDOTTI

### 6.1. Generalità

Gli eventuali effetti conseguenti a un evento sismico sono riconducibili ai seguenti casi:

- instabilità di versante in presenza di pendii instabili o potenzialmente instabili
- liquefazione del terreno in presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da piano campagna
- cedimenti dovuti a densificazione di terreni granulari poco addensati e terreni coesivi poco consolidati
- cedimenti/spostamenti differenziali in aree che presentano terreni con significative variazioni laterali delle caratteristiche meccaniche (zone di contatto tra materiali diversi, zone di faglia attiva, ecc.) o in presenza di cavità sotterranee
- stress nella tubazione dovuto allo scuotimento del terreno.



**Figura 14 – Carta delle sorgenti sismogenetiche. Come si vede nessuna faglia attiva (linee rosse) attraversa la zona interessata dalle opere in progetto**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

In relazione all'area in oggetto si osserva che cedimenti o spostamenti differenziali non si ritengono possibili stante l'assenza di bruschi contatti tra materiali con caratteristiche meccaniche differenti e l'assenza di dislocazioni neotettoniche che interessino le coperture superficiali (v. Fig. 14).

In merito al rischio di instabilità di versante, essendo la zona del tutto pianeggiante, non si ritengono possibili fenomeni franosi.

Per quanto riguarda il rischio di liquefazione e di scuotimento, si riferisce qui nel seguito.

## 6.2. Liquefazione

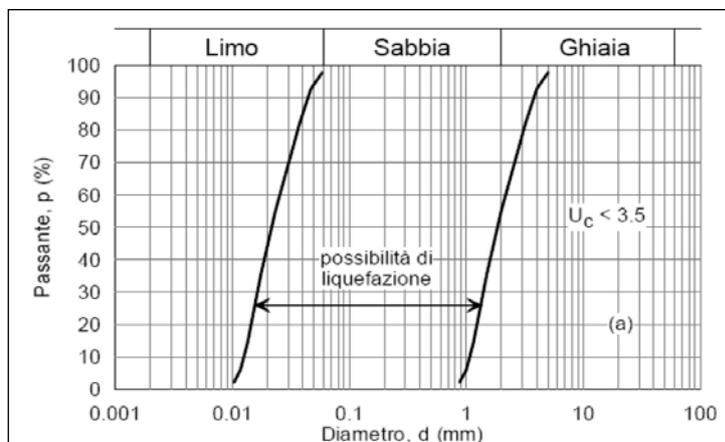
La liquefazione è un fenomeno di riduzione della resistenza al taglio del terreno dovuto all'incremento della pressione interstiziale che si può verificare in terreni granulari saturi, inducendo:

- deformazioni permanenti significative
- condizioni di tensioni efficaci pressoché nulle con conseguente perdita di resistenza al taglio.

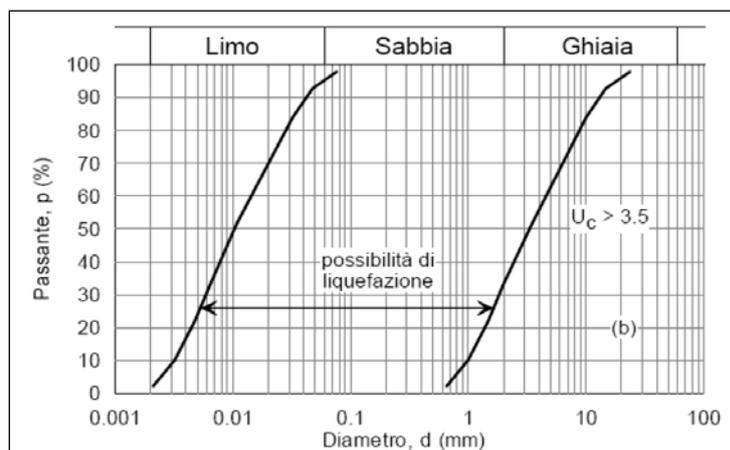
Le norme NTC 2008 prescrivono la verifica alla liquefazione ogni qual volta non sia presente almeno una delle seguenti circostanze che ne esclude la potenziale ricorrenza, condizioni da verificarsi in ordine progressivo.

- 1- *Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5*
- 2- *Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g*
- 3- *Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub orizzontale e strutture con fondazioni superficiali*
- 4- *Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza normalizzata  $(N1)60 > 30$  oppure  $qc1N > 180$*
- 5- *Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure 15a e 15b.*

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	



**Figura 15a- Fuso granulometrico di riferimento per  $U_c < 3.5$**



**Figura 15b- Fuso granulometrico di riferimento per  $U_c > 3.5$**

Nel caso in studio si osserva che le condizioni 1, 2 e 3 non sono verificate, essendoci probabilità di accadimento di terremoti con magnitudo  $M > 5$  e con  $a_g > 0.1$  ed essendo la superficie piezometrica sicuramente al di sopra di 15 m dal piano campagna.

In merito alle condizioni 4 e 5, dal momento che il tracciato attraversa interamente aree alluvionali ma con variabilità granulometriche e di addensamento/consistenza, si è comunque optato di eseguire numerose analisi di liquefazione rappresentative di vari tratti di tracciato, i cui risultati sono in dettaglio esposti nella specifica relazione geotecnica (v. Rel. COMIS NR/16025 LSC-202) e che vengono qui di seguito riassunti.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### 6.3. Risultati delle analisi di liquefazione

Sono state eseguite 7 verifiche di liquefazione in corrispondenza delle varie prove penetrometriche statiche con misura della pressione dei pori (CPTU) e prove in corrispondenza delle verticali dei 4 sondaggi geognostici ai livelli dove sono state eseguite prove SPT.

In corrispondenza della prova penetrometrica dinamica continua tipo DPSH (denominata PP2 nel 2<sup>a</sup> tratto) non è stata condotta nessuna verifica in quanto priva di significato.

Le verifiche sono state eseguite per lo stato limite SLD e SLV utilizzando i relativi valori di  $a_g$  stimati per i vari siti; la magnitudo è stata assunta sempre pari a 6.6.

I risultati, sinteticamente esposti qui di seguito, sono graficamente rappresentati in appendice 3. Per dettagli si consulti la relazione geotecnica (v. Rel. COMIS NR/16025 LSC-202).

Tratto	Prova	LPI	Cedimenti (cm)	Risentimento superficiale
1 <sup>^</sup>	CPTU 1	3.81	10	no
	CPTU 2	1.55	3.2	no
	CPTU 3	5.09	6.8	no
	CPTU 4	4.70	4.5	no
	CPTU 5	4.97	7.2	no
2 <sup>^</sup>	CPTU 1	0.52	0.6	no
All. Anselmi	CPTU 1	4.03	6.0	no

**Tabella 10 - Risultati delle verifiche a liquefazione SLV**

(LPI= 0 rischio molto basso; 0<LPI≤5 rischio basso; 5<LPI<15 rischio alto; LPI>15 rischio molto alto)

Le verifiche condotte per lo stato limite SLD (periodo di ritorno 101 anni) hanno tutte escluso qualsiasi rischio di liquefazione e di cedimenti del terreno sismoindotti.

Quelle condotte per lo stato limite SLV (periodo di ritorno 949 anni) mostrano tutte un basso potenziale di liquefazione (LPI, *liquefaction potential index*). In molti casi si hanno cedimenti cosismici di qualche cm, fino ad un valore massimo di 10 cm.

La stratigrafia dei terreni presenti comprende in genere alternanze, talora anche fitte, di terreni sabbiosi (potenzialmente liquefacibili) con terreni coesivi (non liquefacibili); dalle indagini

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

effettuate non esistono zone costituite interamente da depositi sabbiosi, per cui il rischio che si abbiano liquefazioni con risentimento superficiale è praticamente nullo, seppur considerando un elevato input sismico conseguente al periodo di ritorno considerato pari a 949 anni.

#### 6.4. Scuotimento sismico

Lo scuotimento del terreno (*ground shaking*), e con esso della condotta interrata, è provocato dalla propagazione delle onde sismiche nel terreno le quali, impartendo movimenti alle particelle di suolo, sollecitano la tubazione interrata a deformarsi in sintonia con la deformazione del terreno. Le tensioni indotte dalle onde sismiche sulla tubazione sono variabili sia nel tempo, che con la direzione di propagazione del movimento sismico rispetto l'asse della condotta.

Sono state eseguite specifiche verifiche strutturali al fine di accertare la resistenza della tubazione nei confronti delle massime azioni di scuotimento attese (SLV) esercitate dal sisma di progetto, sia nei tratti rettilinei che in curva della condotta.

Tali verifiche, riportate nel dettaglio nella specifica relazione "Analisi dello scuotimento sismico" (v. Rel. COMIS NR/16025 LSC-203), hanno evidenziato che le sollecitazioni indotte dal sisma di progetto alla tubazione per lo stato limite SLV sono tutte ampiamente sotto i limiti di resistenza dell'acciaio utilizzato con un fattore di sicurezza ben maggiore di quanto prescritto dalla norma ASME B31.8.

Le verifiche hanno inoltre evidenziato l'idoneità degli spessori delle tubazioni nel farsi carico delle sollecitazioni trasmesse dall'oscillazione del terreno durante l'evento sismico.

Nella tabella di seguito allegata (v. Tab. 13) si riportano i risultati delle verifiche condotte per le diverse tubazioni previste dall'intervento in oggetto.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

METANODOTTO	Tratto rettilineo		Tratto curvilineo	
<b>DN 300 (12") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,32 < 0,75 Verificato	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,20 < 0,75 Verificato
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,25 < 0,90 Verificato		
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$	0,41 < 1,00 Verificato	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,22 < 0,90 Verificato
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$	0,09 < 1,00 Verificato		
<b>DN 200 (8") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,25 < 0,75 Verificato	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,18 < 0,7 Verificato
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,29 < 0,90 Verificato		
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$	0,31 < 1,00 Verificato	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,23 < 0,9 Verificato
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$	0,05 < 1,00 Verificato		
<b>DN 150 (6") 24 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,10 < 0,75 Verificato	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,05 < 0,7 Verificato
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,34 < 0,90 Verificato		
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$	0,31 < 1,00 Verificato	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,30 < 0,9 Verificato
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$	0,04 < 1,00 Verificato		
<b>DN 100 (4") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,25 < 0,75 Verificato	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,18 < 0,7 Verificato
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,29 < 0,90 Verificato		
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$	0,31 < 1,00 Verificato	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,23 < 0,9 Verificato
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$	0,05 < 1,00 Verificato		
<b>DN 100 (4") 24 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,13 < 0,75 Verificato	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,07 < 0,7 Verificato
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,37 < 0,90 Verificato		
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$	0,34 < 1,00 Verificato	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,32 < 0,9 Verificato
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$	0,04 < 1,00 Verificato		

**Tabella 13 – Risultati delle verifiche allo scuotimento sismico**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## 7 CONCLUSIONI

La presente relazione valuta le condizioni sismiche dell'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto, fornendo i parametri sismici al sito da adottare per la progettazione e valutando l'eventualità di rischi sismoindotti.

L'opera in progetto percorre con direzione S-N la media pianura veneta a nord di Padova. I terreni attraversati sono costituiti da alluvioni fluviali granulometricamente costituite da terreni granulari più grossolani al N, con sabbie e ghiaie, e più fini verso S, spesso con fitte alternanze granulari/coesivi. La categoria di sottosuolo prevalentemente è la C, solo nella parte più settentrionale è la B.

I valori delle PGA da impiegare per la progettazione vengono di seguito riassunti (v. Tab. 14).

Comune	Cat. suolo	Stato limite	PGA (g)
Campodarsego	C	SLD	0.086
		SLV	0.208
Borgoricco	C	SLD	0.092
		SLV	0.225
Camposanpiero	C	SLD	0.102
		SLV	0.249
Loreggia	C	SLD	0.108
		SLV	0.266
Piombino Dese	C	SLD	0.110
		SLV	0.269
Resana	B	SLD	0.095
		SLV	0.251
Castelfranco V.	B	SLD	0.104
		SLV	0.274

**Tabella 14 - Valori delle PGA al sito per gli stati limite SLD e SLV**

In merito ai fenomeni sismoindotti, si esclude che possano esserci rischi legati alla stabilità dei pendii e a spostamenti/cedimenti dovuti a fagliazione attiva dei terreni.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Per quanto attiene al rischio di liquefazione, nella condizione di SLD il potenziale è nullo.

In condizione SLV il potenziale è in genere molto basso-basso e comunque non risentibile in superficie.

In caso di sisma intenso con la magnitudo di progetto 6.6 si possono avere dei cedimenti del terreno superficiale di alcuni centimetri, fino a 10 cm. Ma l'assenza di bruschi cambiamenti litologici nelle zone attraversate dove si può avere liquefazione/cedimenti del terreno fa sì che il rischio di improvvisi cedimenti differenziali, che potrebbe costituire un pericolo per la condotta, sia praticamente nullo.

Infine per quanto attiene al rischio per la condotta derivante dallo scuotimento del terreno le verifiche eseguite hanno evidenziato come le condotte di progetto risultano idonee a sopportare con ampio fattore di sicurezza le sollecitazioni indotte dalla propagazione delle onde sismiche attese.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura  progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**APPENDICE 1**  
**METODOLOGIA DI**  
**CALCOLO DELLA PERICOLOSITA' SISMICA**  
**IN ACCORDO CON NTC 2008**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## 1 PREMESSA

Per valutare se un'opera strutturale è sicura bisogna far riferimento agli *stati limite*, che possono verificarsi durante un determinato *periodo di riferimento* della stessa opera. Quindi per poter stimare l'azione sismica, che dovrà essere utilizzata nelle verifiche agli stati limite o nella progettazione, bisognerà stabilire:

- in primo luogo la *vita nominale* dell'opera, che congiuntamente alla *classe d'uso*, permette di determinare quel *periodo di riferimento*;
- una volta definito il periodo di riferimento e i diversi stati limite da considerare, una volta definite le relative *probabilità di superamento*, è possibile stabilire il *periodo di ritorno* associato a ciascun stato limite;
- a questo punto è possibile definire la **pericolosità sismica di base** per il sito interessato alla realizzazione dell'opera, facendo riferimento agli studi condotti sul territorio nazionale dal Gruppo di Lavoro 2004 nell'ambito della convenzione-progetto S1 DPC-INGV 2004-2006 e i cui risultati sono stati promulgati mediante l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri (OPCM) 3519/2006.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## 2 VITA NOMINALE, CLASSI D'USO E PERIODO DI RIFERIMENTO

Nelle NTC08 il periodo di riferimento, che non può essere inferiore a 35 anni, è dato dalla seguente relazione:

$$V_R = V_N \cdot C_U \quad (2.1)$$

dove:

$V_R$  = periodo di riferimento

$V_N$  = vita nominale

$C_U$  = coefficiente d'uso

La vita nominale di un'opera strutturale  $V_N$ , secondo le NTC08, è definita come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve potere essere usata per lo scopo al quale è destinata e viene definita attraverso tre diversi valori, a seconda dell'importanza dell'opera e perciò delle esigenze di durabilità:

- $V_N \leq 10$  anni per le opere provvisorie, provvisionali e le strutture in fase costruttiva che però abbiano una durata di progetto  $\geq 2$  anni.
- $V_N \geq 50$  anni per le opere ordinarie, ponti, infrastrutture e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$  anni per grandi opere, ponti, infrastrutture e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica.

Nel caso specifico  $V_N = 50$  anni.

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso. Le NTC08 prevedono quattro classi d'uso a ciascuna delle quali è associato un valore del coefficiente d'uso:

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**Classe I:** Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.  $C_U = 0.7$ ;

**Classe II:** Costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali. Industrie con attività non pericolose per l'ambiente. Ponti, opere infrastrutturali, reti viarie non ricadenti in Classe d'uso III o in Classe d'uso IV, reti ferroviarie la cui interruzione non provochi situazioni di emergenza. Dighe il cui collasso non provochi conseguenze rilevanti.  $C_U = 1.0$ ;

**Classe III:** Costruzioni il cui uso preveda affollamenti significativi. Industrie con attività pericolose per l'ambiente. Reti viarie extraurbane non ricadenti in Classe d'uso IV. Ponti e reti ferroviarie la cui interruzione provochi situazioni di emergenza. Dighe rilevanti per le conseguenze di un loro eventuale collasso.  $C_U = 1.5$ ;

**Classe IV:** Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie, ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e a impianti di produzione di energia elettrica.  $C_U = 2.0$ .

Nel caso in esame viene presa in considerazione la **classe d'uso IV** a cui è associato il coefficiente d'uso  **$C_U = 2$** .

Una volta ottenuti  $V_N$  e  $C_U$ , è possibile calcolare il periodo di riferimento  $V_R$ , che qui vale:

$$V_R = 50 * 2 = 100 \text{ anni.}$$

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### 3 STATI LIMITE, PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO E PERIODO DI RITORNO

Le NTC08 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività (SLO):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno (SLD):** a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV):** a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

- **Stato Limite di prevenzione del Collasso (SLC):** a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC08, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV (NTC08, punto 7.1). Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione (NTC08, punto 7.10).

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento*  $P_{VR}$  (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento  $V_R$ , si verifichi almeno un evento sismico ( $n \geq 1$ ) di  $a_g$  prefissata ( $a_g$  = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza  $\lambda = 1/T_R$  ( $T_R$  = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	<b><math>P_{VR} = 81\%</math></b>
Stato limite di esercizio: danno	SLD	<b><math>P_{VR} = 63\%</math></b>
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	<b><math>P_{VR} = 10\%</math></b>
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	<b><math>P_{VR} = 5\%</math></b>

**Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento  $V_R$**

Fissati  $V_R$  e  $P_{VR}$  associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica  $T_R$ , espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'**Allegato A** delle NTC08:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (3.1)$$

Tale relazione tra  $P_{VR}$  (probabilità) e  $T_R$  (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è  **$V_R = 100$  anni**, il tempo di ritorno  $T_R$  sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	<b><math>T_R = 60</math></b>
Stato limite di esercizio: danno	SLD	<b><math>T_R = 101</math></b>
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	<b><math>T_R = 949</math></b>
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	<b><math>T_R = 1950</math></b>

**Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento  $V_R$**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

#### 4 DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

La pericolosità sismica di base, cioè le caratteristiche del moto sismico atteso al sito di interesse, nelle NTC08, per una determinata probabilità di superamento, si può ritenere definita quando vengono designati un'accelerazione orizzontale massima ( $a_g$ ) ed il corrispondente spettro di risposta elastico in accelerazione, riferiti ad un suolo rigido e ad una superficie topografica orizzontale.

Per poter definire la pericolosità sismica di base le NTC08 si rifanno ad una procedura basata sui risultati disponibili anche sul sito web dell'INGV <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, nella sezione "Mappe interattive della pericolosità sismica".

Secondo le NTC08 le forme spettrali sono definite per 9 differenti periodi di ritorno  $T_R$  (30, 50, 72, 101, 140, 201, 475, 975 e 2475 anni) a partire dai valori dei seguenti parametri riferiti a terreno rigido orizzontale, cioè valutati in condizioni ideali di sito, definiti nell'**Allegato A** alle NTC08:

$a_g$  = accelerazione orizzontale massima;

$F_0$  = valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

$T_C^*$  = periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I tre parametri si ricavano per il 50° percentile ed attribuendo a:

$a_g$ , il valore previsto dalla pericolosità sismica S1

$F_0$  e  $T_C^*$  i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC08 scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica S1 (il minimo è ottenuto ai minimi quadrati, su valori normalizzati).

I valori di questi parametri vengono forniti nella seguente tabella, contenuta nell'**Allegato B** delle NTC08, per i 10751 punti di un reticolo di riferimento in cui è suddiviso il territorio nazionale, identificati dalle coordinate geografiche longitudine e latitudine.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

ID	LON	LAT	T <sub>R</sub> = 30			T <sub>R</sub> = 50			T <sub>R</sub> = 72			T <sub>R</sub> = 101		
			a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T* <sub>c</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T* <sub>c</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T* <sub>c</sub>	a <sub>g</sub>	F <sub>0</sub>	T* <sub>c</sub>
13111	6.5448	45.1340	0.263	2.500	0.180	0.340	2.510	0.210	0.394	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13333	6.5506	45.0850	0.264	2.490	0.180	0.341	2.510	0.210	0.395	2.550	0.220	0.469	2.490	0.240
13555	6.5564	45.0350	0.264	2.500	0.180	0.340	2.510	0.200	0.393	2.550	0.220	0.466	2.500	0.240
13777	6.5621	44.9850	0.263	2.500	0.180	0.338	2.520	0.200	0.391	2.550	0.220	0.462	2.510	0.240
12890	6.6096	45.1880	0.284	2.460	0.190	0.364	2.510	0.210	0.431	2.500	0.220	0.509	2.480	0.240
13112	6.6153	45.1390	0.286	2.460	0.190	0.366	2.510	0.210	0.433	2.500	0.220	0.511	2.480	0.240
13334	6.6210	45.0890	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.434	2.500	0.220	0.511	2.490	0.240
13556	6.6268	45.0390	0.288	2.460	0.190	0.367	2.510	0.210	0.433	2.510	0.220	0.510	2.490	0.240
13778	6.6325	44.9890	0.288	2.460	0.190	0.366	2.520	0.210	0.430	2.510	0.220	0.507	2.500	0.240
14000	6.6383	44.9390	0.286	2.470	0.190	0.363	2.520	0.210	0.426	2.520	0.220	0.502	2.500	0.240
14222	6.6439	44.8890	0.284	2.470	0.190	0.360	2.530	0.210	0.421	2.530	0.220	0.497	2.500	0.240
12891	6.6803	45.1920	0.306	2.430	0.200	0.389	2.500	0.210	0.467	2.470	0.230	0.544	2.490	0.230
10228	6.6826	45.7940	0.283	2.420	0.200	0.364	2.460	0.220	0.430	2.460	0.240	0.505	2.440	0.250
13113	6.6860	45.1430	0.309	2.430	0.200	0.391	2.510	0.210	0.470	2.470	0.230	0.546	2.490	0.230
10450	6.6885	45.7450	0.278	2.440	0.200	0.356	2.480	0.220	0.415	2.500	0.230	0.485	2.470	0.250
13335	6.6915	45.0930	0.310	2.430	0.200	0.392	2.510	0.210	0.470	2.480	0.230	0.546	2.500	0.230
10672	6.6942	45.6950	0.275	2.450	0.200	0.351	2.490	0.210	0.406	2.520	0.230	0.475	2.490	0.250
13557	6.6973	45.0430	0.311	2.440	0.200	0.392	2.520	0.210	0.469	2.480	0.230	0.545	2.500	0.230
13779	6.7029	44.9930	0.310	2.440	0.200	0.391	2.520	0.210	0.467	2.480	0.230	0.543	2.500	0.230

**Stralcio della tabella contenuta nell'Allegato B delle NTC08, che fornisce i 3 parametri di pericolosità sismica, per diversi periodi di ritorno e per ogni nodo del reticolo che viene identificato da un ID e dalle coordinate geografiche.**

Qualora la pericolosità sismica del sito sul reticolo di riferimento non consideri il periodo di ritorno  $T_R$  corrispondente alla  $V_R$  e  $P_{VR}$  fissate, il valore del generico parametro  $p$  ad esso corrispondente potrà essere ricavato per interpolazione (Figura 4.1), a partire dai dati relativi ai tempi di ritorno previsti nella pericolosità di base, utilizzando la seguente espressione dell'Allegato A alle NTC08:

$$\log(p) = \log(p_1) + \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \log\left(\frac{p_2}{p_1}\right) \cdot \left[\log\left(\frac{T_{R2}}{T_{R1}}\right)\right]^{-1} \quad (4.1)$$

nella quale  $p$  è il valore del parametro di interesse ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$ ) corrispondente al periodo di ritorno  $T_R$  desiderato, mentre  $p_1, 2$  è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno  $T_{R1}, 2$ .

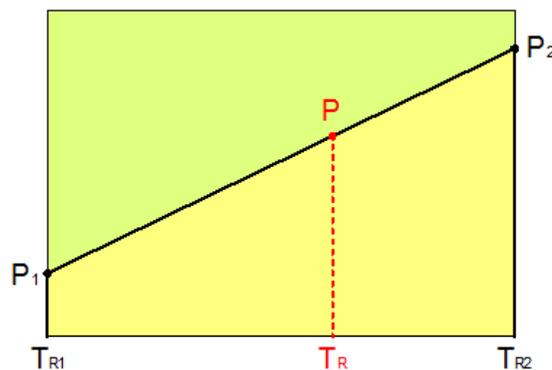
Per un qualunque punto del territorio non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri  $p$  possono essere calcolati come media pesata dei valori assunti da tali parametri

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

nei quattro vertici della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando l'espressione dell'Allegato A alle NTC08:

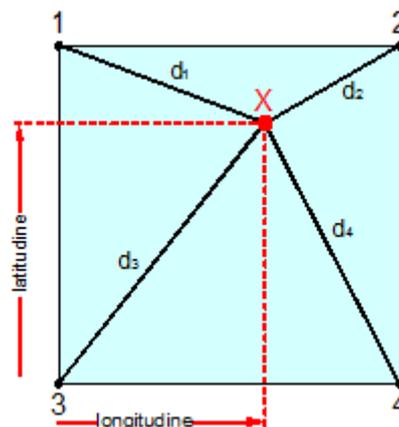
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

nella quale  $p$  è il valore del parametro di interesse ( $a_g, F_0, T_C^*$ ) corrispondente al punto considerato,  $p_i$  è il valore di tale parametro nell' $i$ -esimo vertice della maglia elementare contenente il punto in esame e  $d_i$  è la distanza del punto in esame dall' $i$ -esimo vertice della suddetta maglia.



**Interpolazione dei periodi di ritorno, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08**

La procedura per interpolare le coordinate geografiche è schematizzata nella figura seguente.



**Interpolazione delle coordinate geografiche, per ottenere i parametri di pericolosità sismica, in accordo alla procedura delle NTC08.**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Pertanto per poter procedere all'interpolazione delle coordinate geografiche, in accordo alla procedura delle NTC08, bisogna calcolare le distanze che intercorrono tra i 4 punti del reticolo e il punto di interesse. Questo calcolo può essere eseguito approssimativamente utilizzando le formule della trigonometria sferica, che danno la distanza geodetica tra due punti, di cui siano note le coordinate geografiche. Utilizzando quindi il teorema di Eulero, la distanza  $d$  tra due punti, di cui siano note latitudine e longitudine, espresse però in radianti, si ottiene dall'espressione seguente:

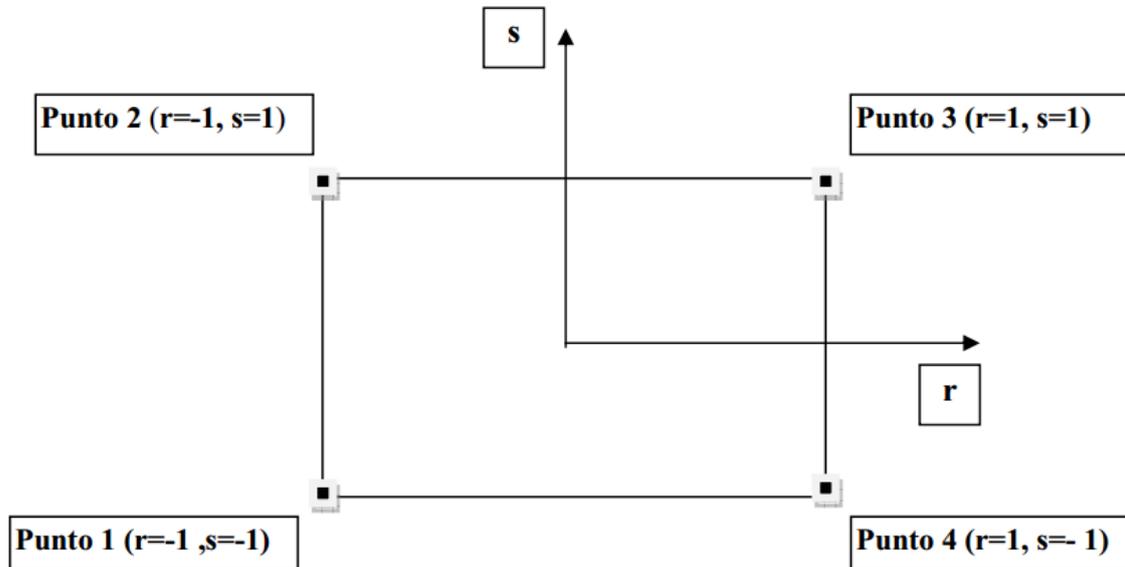
$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

dove  $R = 6371$  è il raggio medio terrestre in km, mentre  $\text{lat}\alpha$ ,  $\text{lon}\alpha$ ,  $\text{lat}\beta$  e  $\text{lon}\beta$  sono la latitudine e la longitudine, espresse in radianti, di due punti A e B di cui si vuole calcolare la distanza.

La formula di interpolazione sopra proposta, semplice da usare, presenta però l'inconveniente di condurre a valori di pericolosità lievemente diversi per punti affacciati ma appartenenti a maglie contigue. La modestia delle differenze (scostamenti in termini di PGA dell'ordine di  $\pm 0,01g$  ossia della precisione dei dati) a fronte della semplicità d'uso, rende tale stato di cose assolutamente accettabile.

Qualora si vogliano rappresentazioni continue della funzione interpolata, si dovrà ricorrere a metodi di interpolazione più complessi, ad esempio i polinomi di Lagrange.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	



**Applicazione dell'interpolazione bilineare**

Definiti i 4 vertici di una generica maglia i polinomi di Lagrange sono così determinati:

$$h_1 = (1-r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.4)$$

$$h_2 = (1-r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.5)$$

$$h_3 = (1+r) \cdot (1+s)/4 \quad (4.6)$$

$$h_4 = (1+r) \cdot (1-s)/4 \quad (4.7)$$

Tra le coordinate  $x, y$  di un punto generico e le coordinate  $r, s$  dello stesso punto valgono le seguenti relazioni:

$$4x = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot x_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot x_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot x_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot x_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot x_4] \quad (4.8)$$

$$4y = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot y_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot y_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot y_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot y_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot y_4] \quad (4.9)$$

La soluzione del sistema di equazioni non lineari è ottenuta iterativamente e, tramite i valori di  $r$  ed  $s$ , si determinano i parametri  $a_g, F_0, T_C^*$  dall'equazione:

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

$$4p = \sum_{i=1}^4 h_i \cdot p_i = [(1-r) \cdot (1-s) \cdot p_1 + (1-r) \cdot (1+s) \cdot p_2 + (1+r) \cdot (1+s) \cdot p_3 + (1+r) \cdot (1-s) \cdot p_4] \quad (4.10)$$

Dove  $p$  rappresenta il parametro cercato.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## 5 METODOLOGIA DI CALCOLO DEI COEFFICIENTI SISMICI

I coefficienti sismici orizzontale  $K_h$  e verticale  $K_v$  dipendono del punto in cui si trova il sito oggetto di analisi e del tipo di opera da calcolare. Il parametro di entrata per il calcolo è il tempo di ritorno ( $T_R$ ) dell'evento sismico che è valutato come segue:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})} \quad (5.1)$$

Con  $V_R$  vita di riferimento della costruzione e  $P_{VR}$  probabilità di superamento, nella vita di riferimento, associata allo stato limite considerato. La vita di riferimento dipende dalla vita nominale della costruzione e dalla classe d'uso della costruzione (in linea con quanto previsto al punto 2.4.3 delle NTC). In ogni caso  $V_R$  non può essere inferiore a 35 anni.

### 5.1 Stabilità dei pendii e fondazioni

Nel caso di stabilità dei pendii i coefficienti  $K_h$  e  $K_v$  sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \cdot \left( \frac{a_{max}}{g} \right) \quad (5.2)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h \quad (5.3)$$

Con

$\beta_s$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito;

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

I valori di  $\beta_s$  sono riportati nella seguente tabella.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Categoria di sottosuolo

	A	B, C, D, E
	$\beta_s$	$\beta_s$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.30	0.28
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.27	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.20

**Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito**

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa al sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.4)$$

$S_S$  (effetto di amplificazione stratigrafica) ( $0.90 \leq S_S \leq 1.80$ ) è funzione di  $F_0$  (Fattore massimo di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e della categoria di suolo (A, B, C, D, E).

$S_T$  (effetto di amplificazione topografica), varia con il variare delle quattro categorie topografiche:

$$\mathbf{T1: } S_T = 1.0; \mathbf{T2: } S_T = 1.20; \mathbf{T3: } S_T = 1.2; \mathbf{T4: } S_T = 1.40.$$

## 5.2 Muri di sostegno

Per i muri di sostegno pendii i coefficienti  $K_h$  e  $K_v$  sono così determinati:

$$K_h = \beta_s \cdot \left( \frac{a_{\max}}{g} \right) \quad (5.5)$$

$$K_v = \pm 0.5 \cdot K_h \quad (5.6)$$

Dove:

$\beta_m$  coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, per i muri che non siano in grado di subire spostamenti relativi rispetto al terreno assume valore unitario altrimenti assume i valori riportati nella tabella seguente.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

Categoria di sottosuolo

	A	B, C, D, E
	$\beta_m$	$B_m$
$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	0.31	0.31
$0.1 < a_g(g) \leq 0.2$	0.29	0.24
$a_g(g) \leq 0.1$	0.20	0.18

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;

$g$  accelerazione di gravità.

Tutti i fattori presenti nelle precedenti formule dipendono dall'accelerazione massima attesa sul sito di riferimento rigido e dalle caratteristiche geomorfologiche del territorio.

$$a_{max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.7)$$

$S$  è il coefficiente comprendente l'effetto di amplificazione stratigrafica  $S_s$  e di amplificazione topografica  $S_T$ .

$a_g$  accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

### 5.3 Paratie

In mancanza di studi specifici,  $a_h$  (accelerazione orizzontale) può essere legata all'accelerazione di picco  $a_{max}$  attesa nel volume di terreno significativo per l'opera mediante la relazione:

$$a_h = K_h \cdot g = \alpha \cdot \beta \cdot a_{max} \quad (5.8)$$

dove:

$g$  è l'accelerazione di gravità;

$K_h$  è il coefficiente sismico in direzione orizzontale;

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

$\alpha \leq 1$  è un coefficiente che tiene conto della deformabilità dei terreni interagenti con l'opera. Può essere ricavato a partire dall'altezza complessiva  $H$  della paratia e dalla categoria di sottosuolo mediante il diagramma seguente:

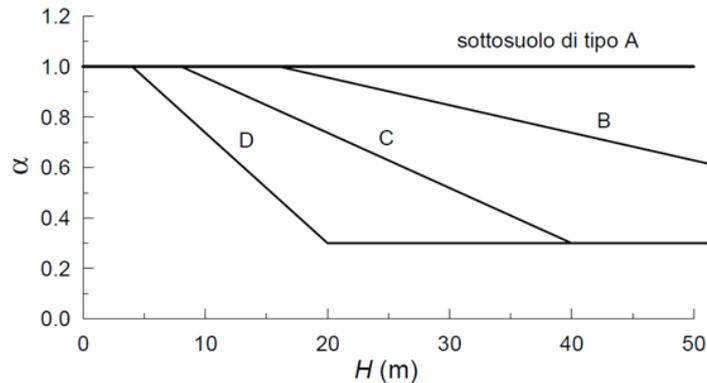


Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$

Per la valutazione della spinta nelle condizioni di equilibrio limite passivo deve porsi  $\alpha = 1$ .

$\beta \leq 1$  è un coefficiente funzione della capacità dell'opera di subire spostamenti senza cadute di resistenza. Il valore del coefficiente  $\beta$  può essere ricavato dal diagramma riportato nella figura sottoriportata, in funzione del massimo spostamento  $u_s$  che l'opera può tollerare senza riduzioni di resistenza.

Per  $u_s = 0$  si ha  $\beta = 1$ ;  $u_s \leq 0.005 \cdot H$

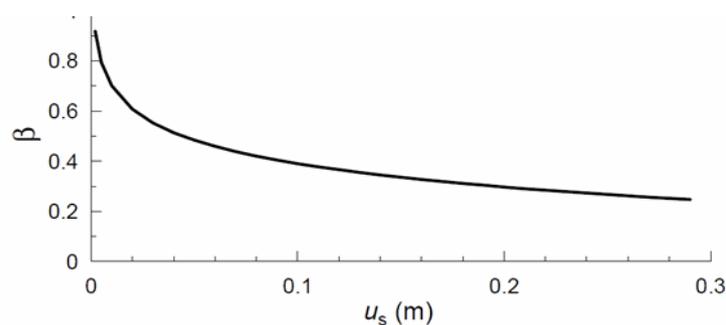


Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento  $\beta$

L'accelerazione di picco  $a_{\max}$  è valutata mediante un'analisi di risposta sismica locale, ovvero come

$$a_{\max} = S_S \cdot S_T \cdot a_g \quad (5.9)$$

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

dove:

**S** è il coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica ( $S_S$ ) e dell'amplificazione topografica ( $S_T$ ), di cui al § 3.2.3.2;

**a<sub>g</sub>** è l'accelerazione orizzontale massima attesa su sito di riferimento rigido.

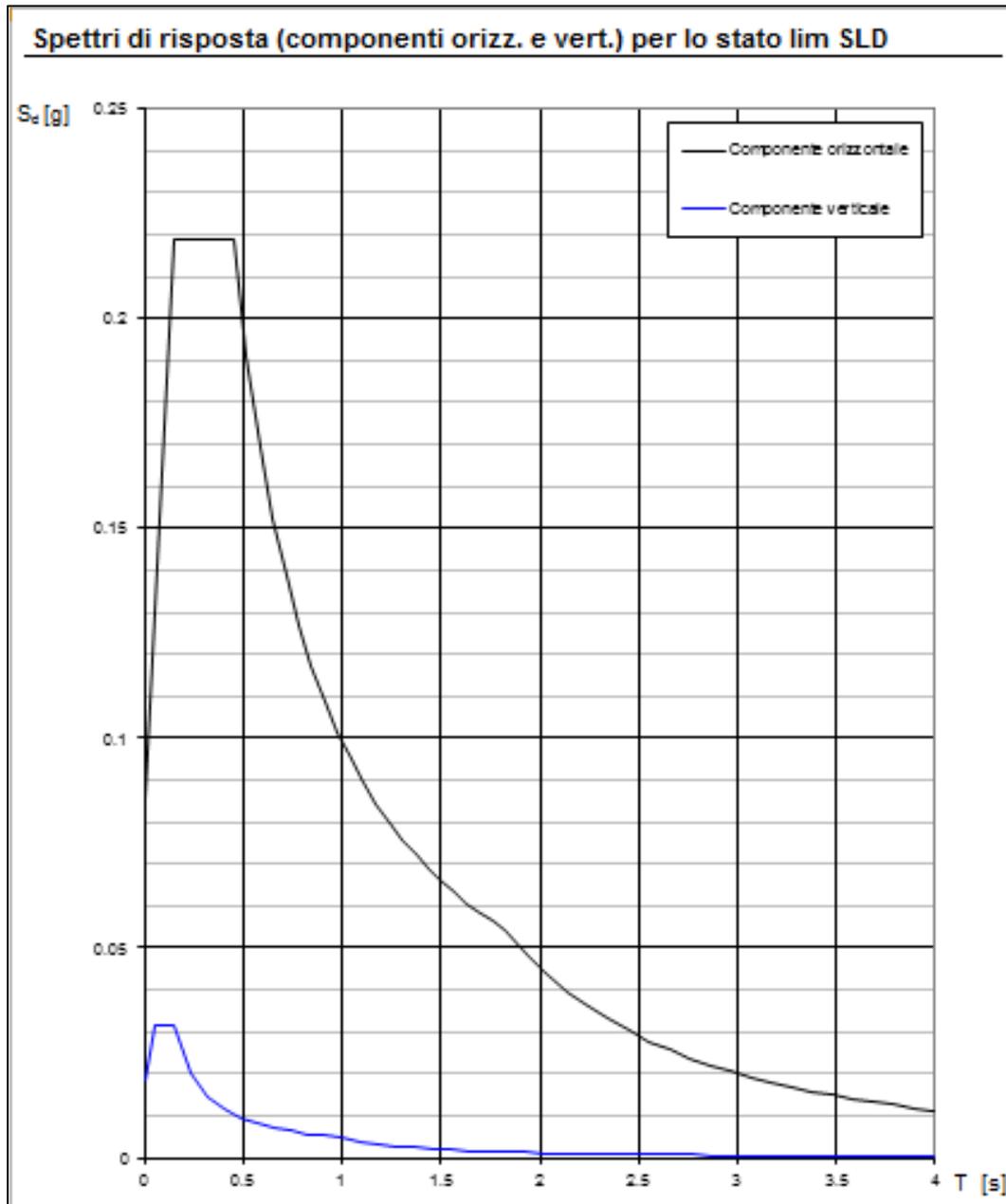
Se  $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$  deve assumersi  $K_h = 0.2 \cdot a_{max}/g$

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura  progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**APPENDICE 2**  
**SPETTRI DI RISPOSTA SLD E SLV**  
**NEI TERRITORI ATTRAVERSATI**

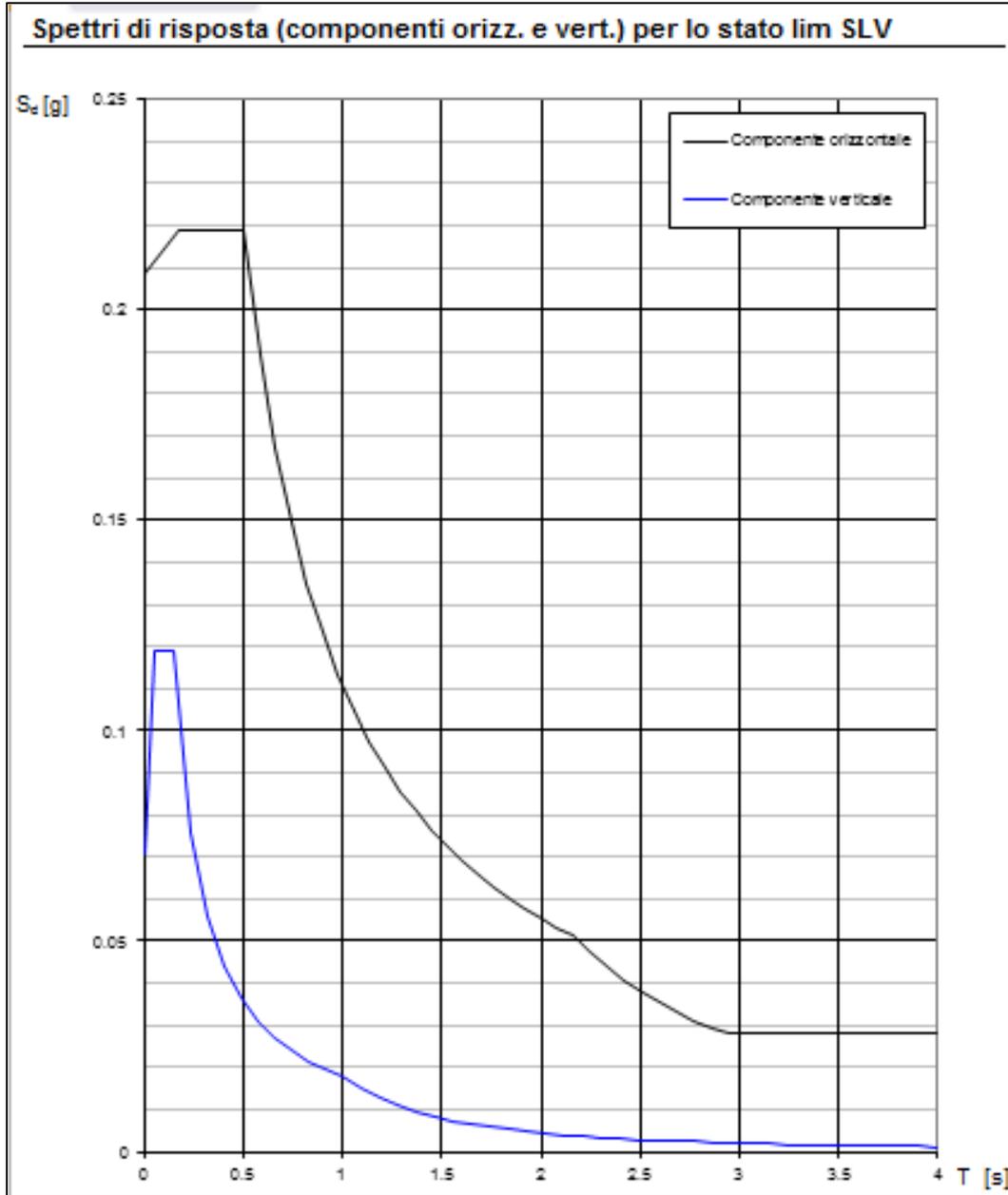
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### CAMPODARSEGO



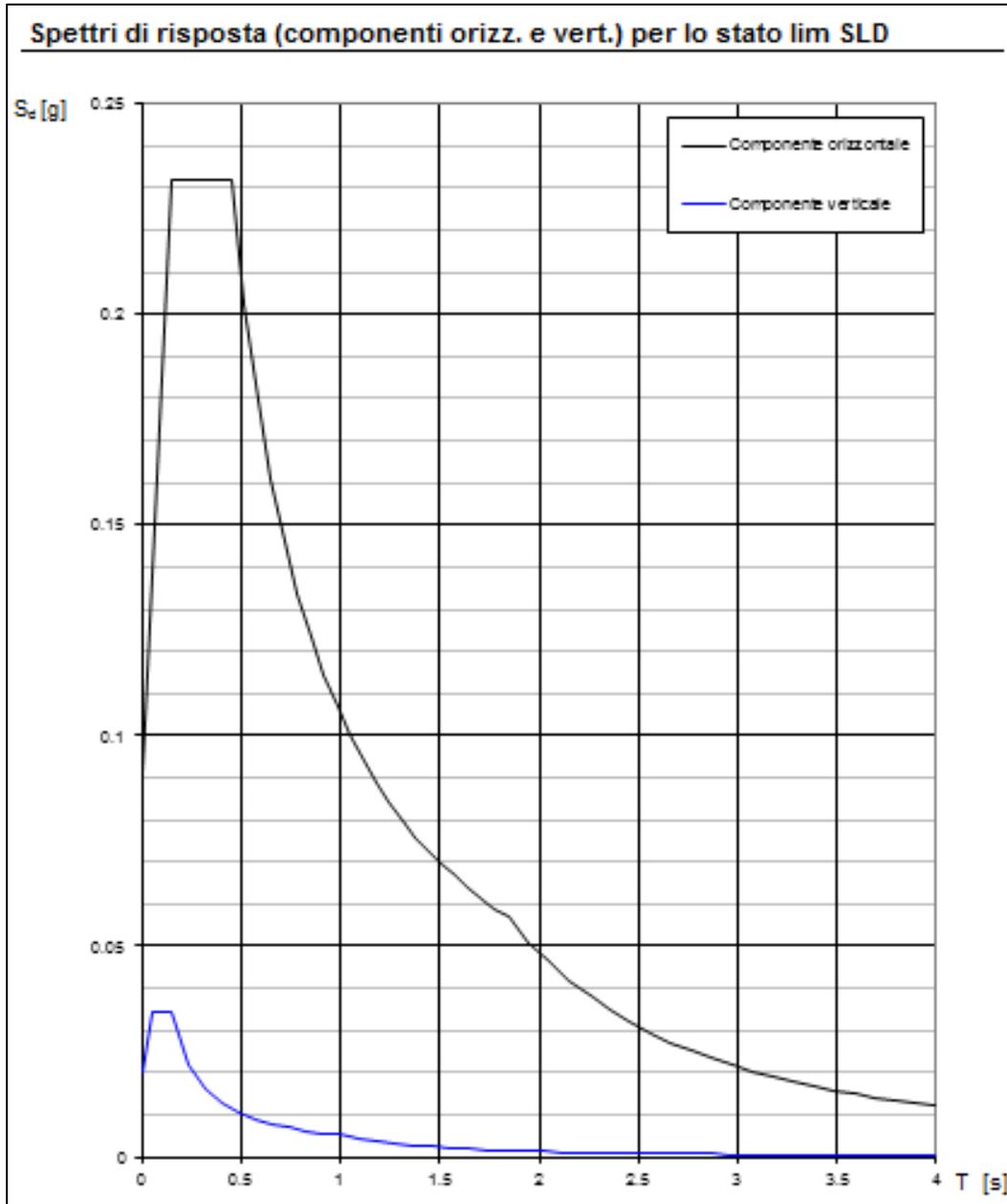
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### CAMPODARSEGO



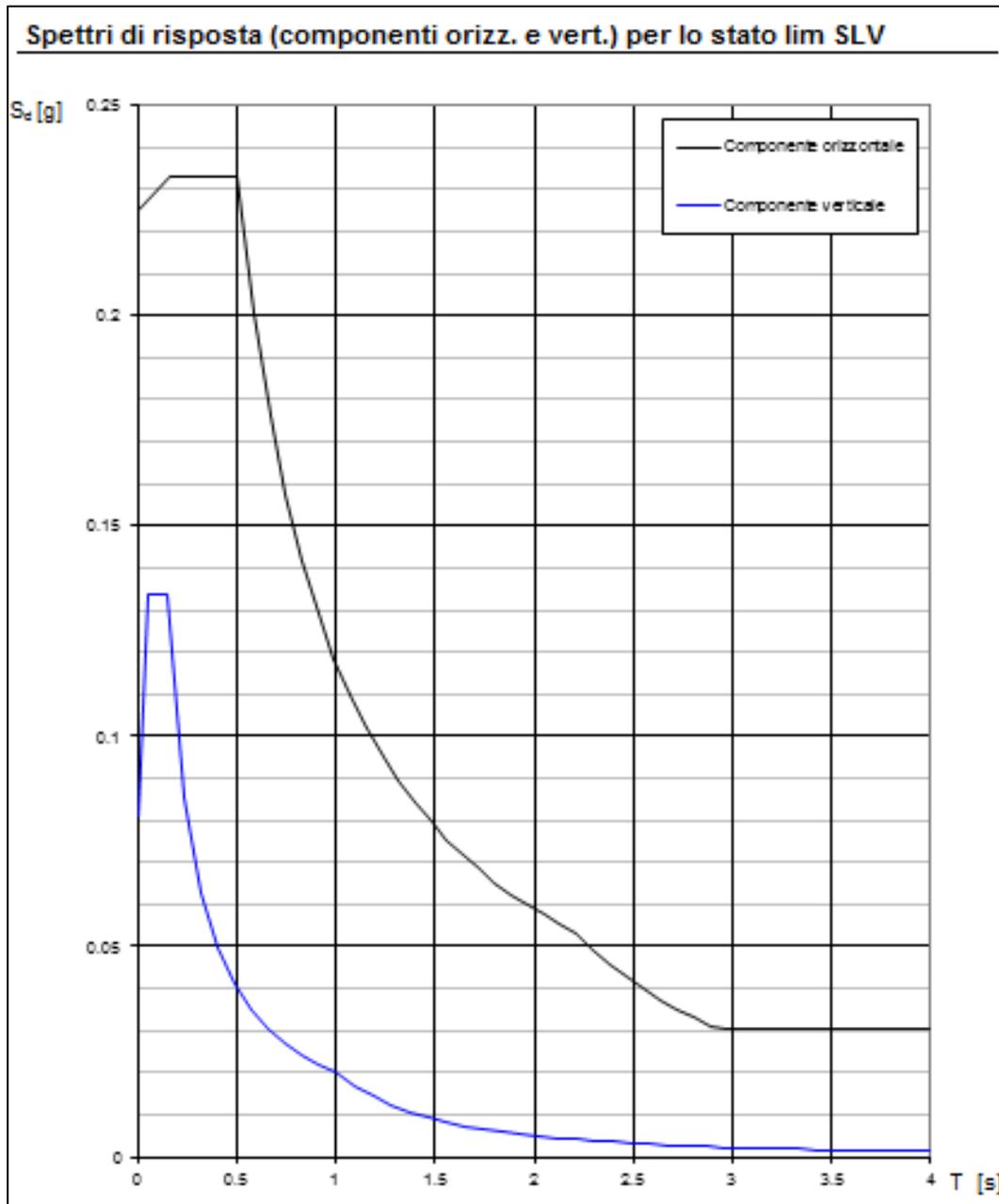
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### BORGORICCO



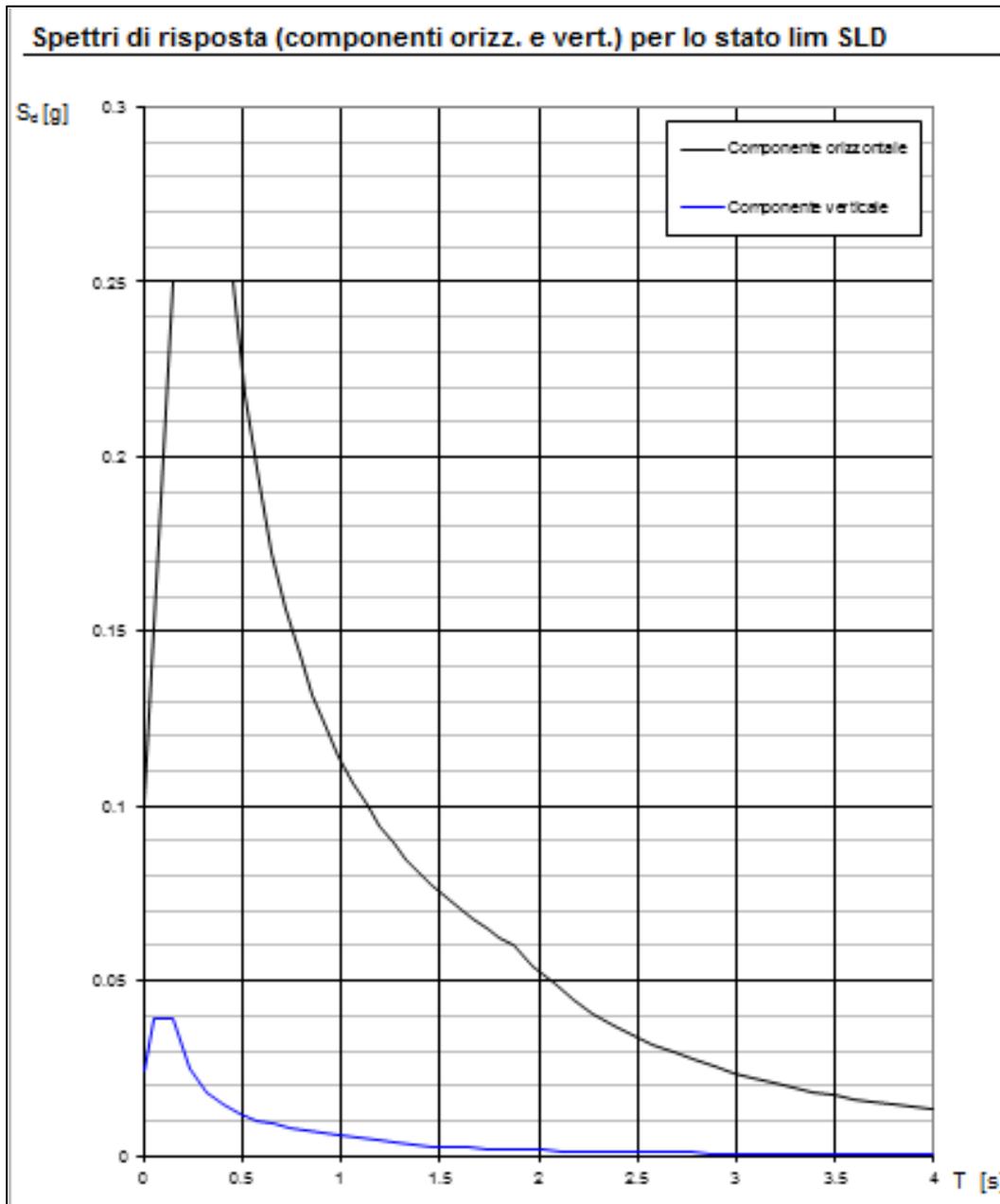
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### BORGORICCO



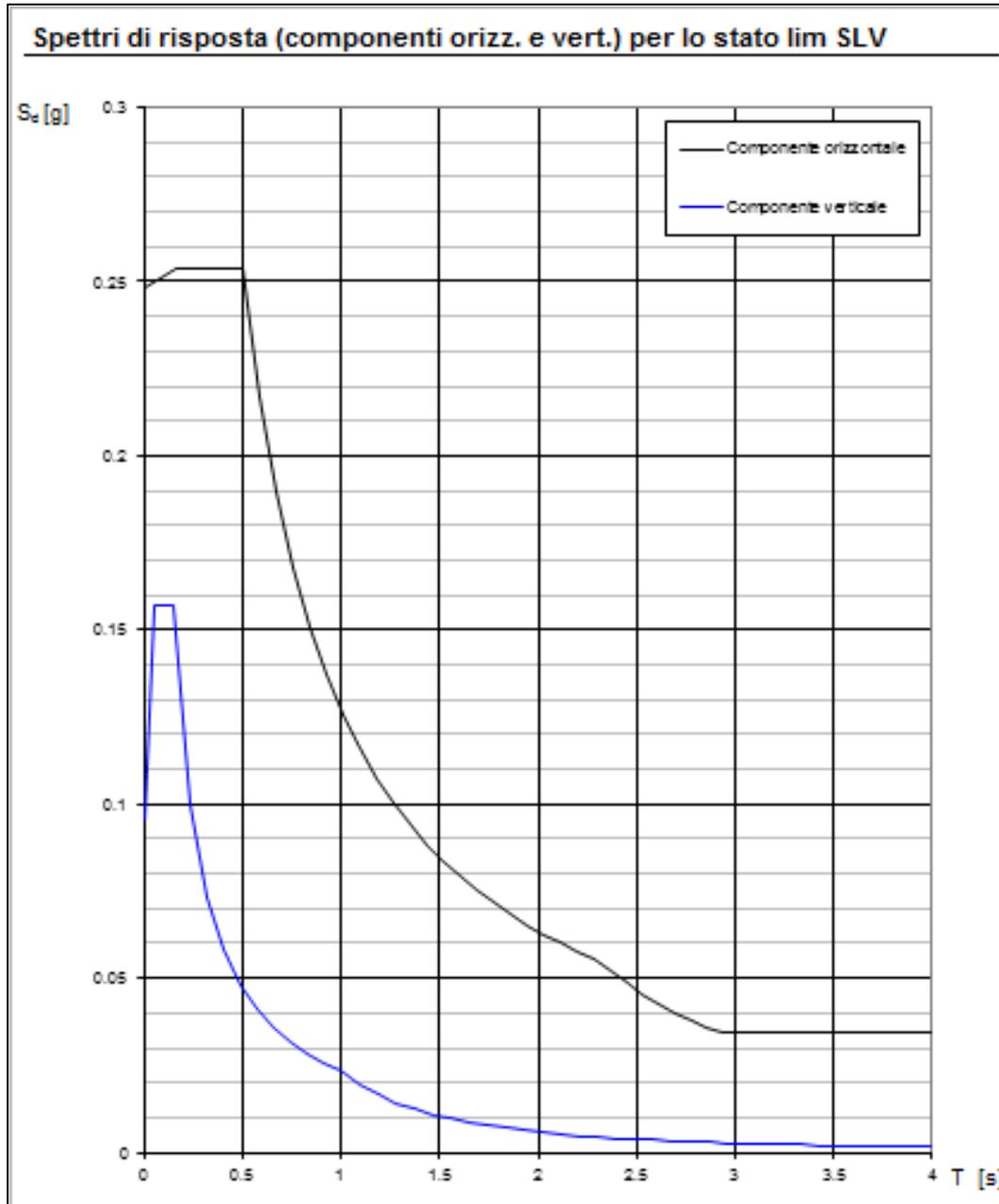
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### CAMPOSAMPIERO



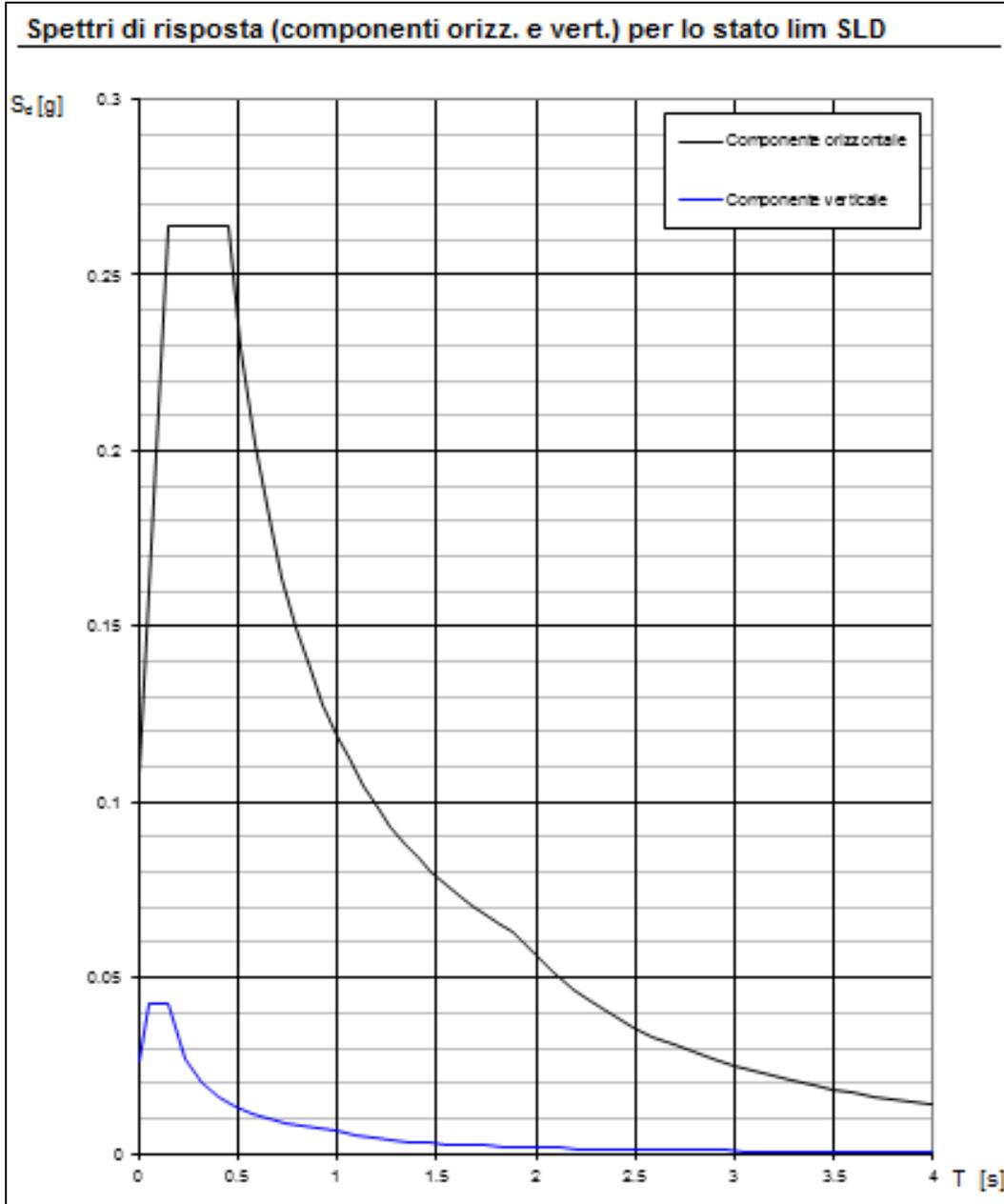
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### CAMPOSAMPIERO



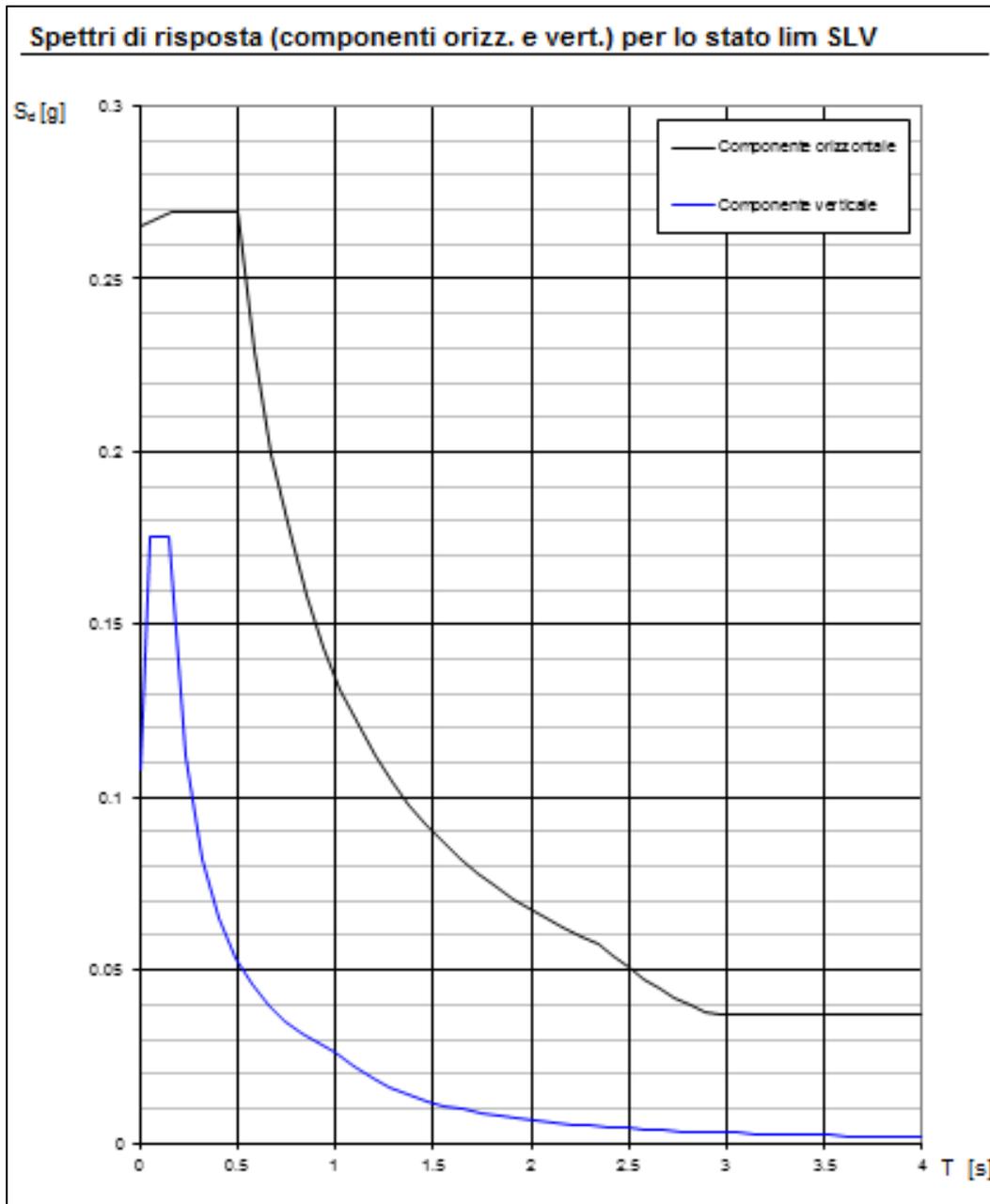
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### LOREGGIA



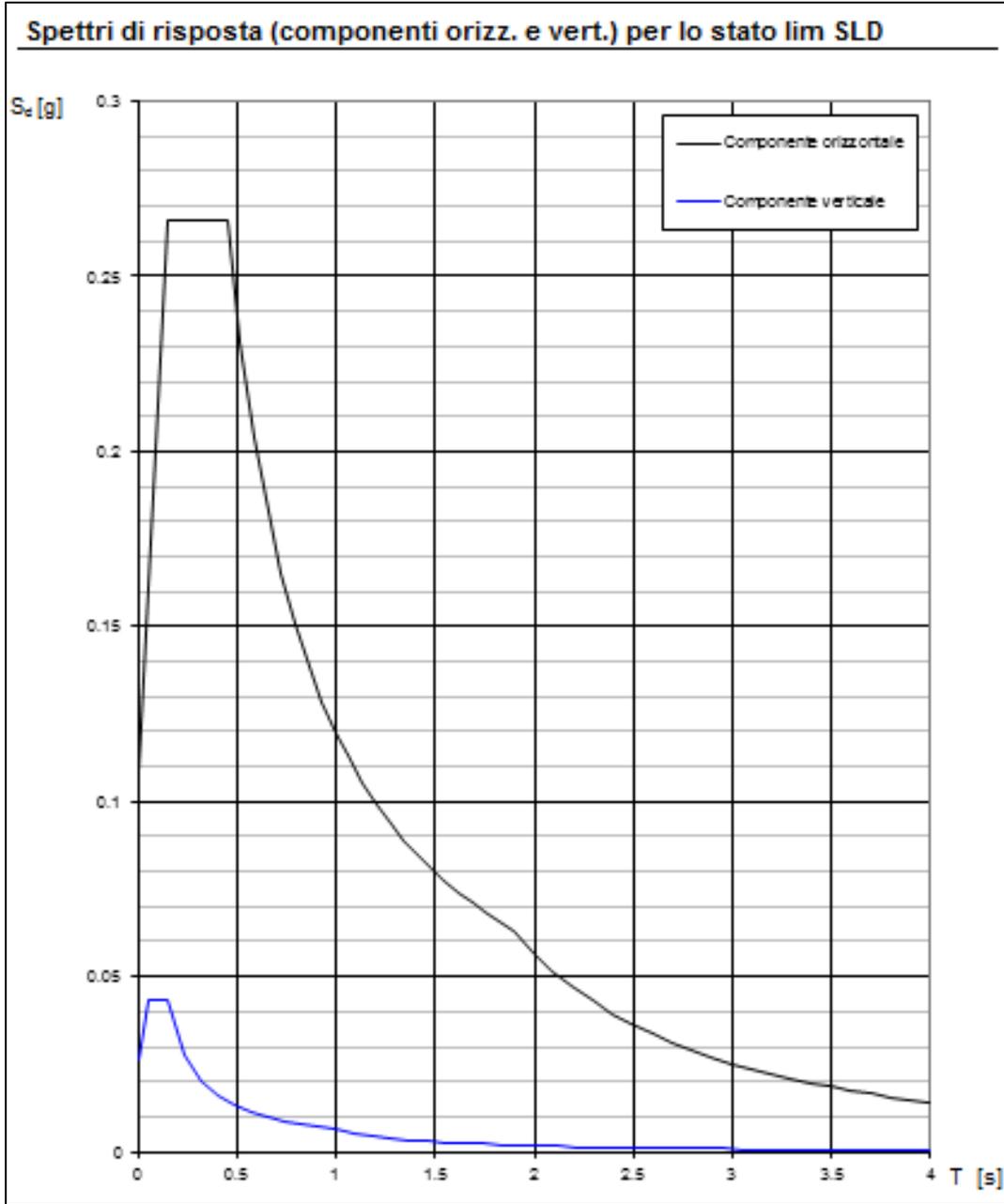
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### LOREGGIA



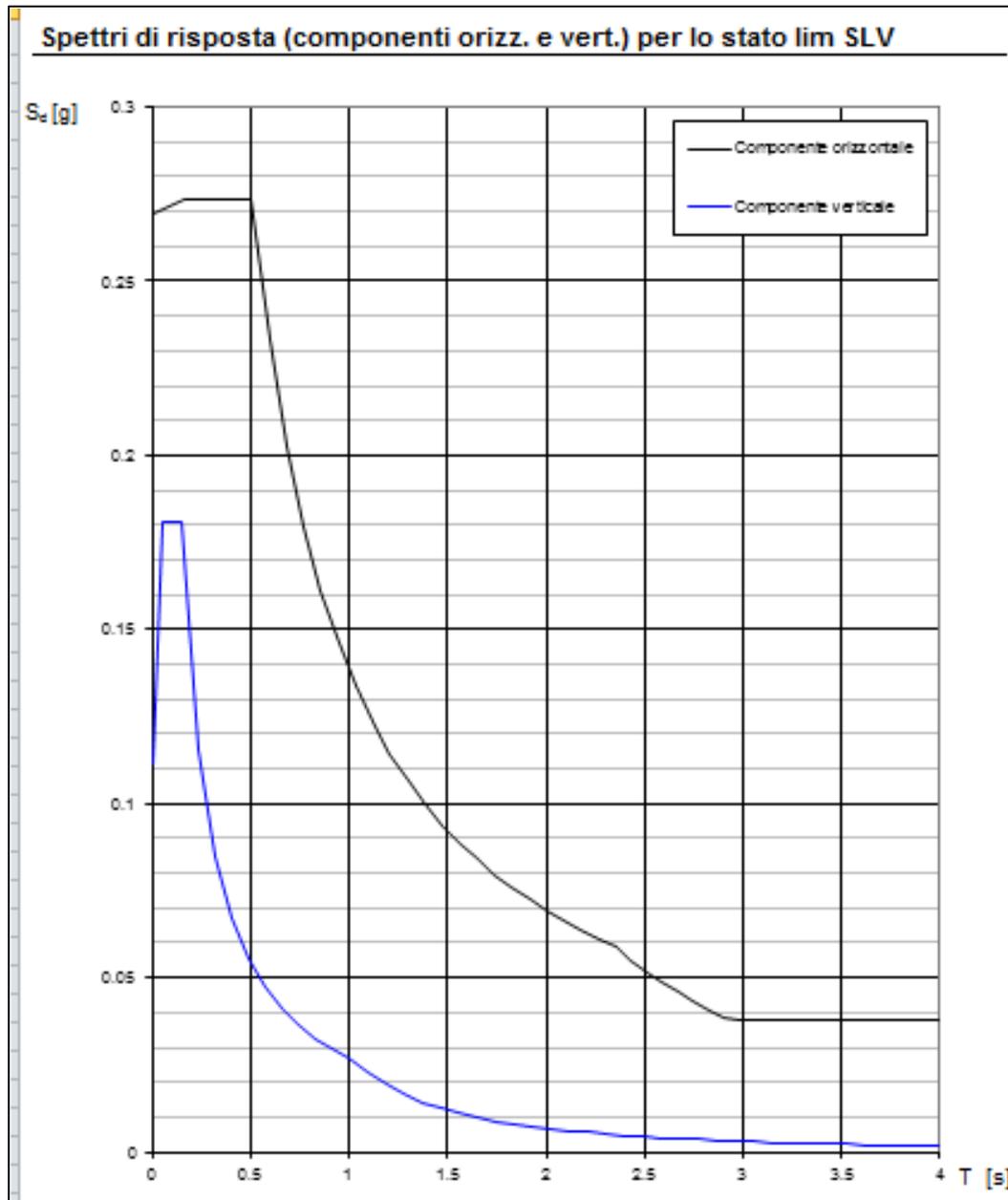
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**PIOMBINO DESE**



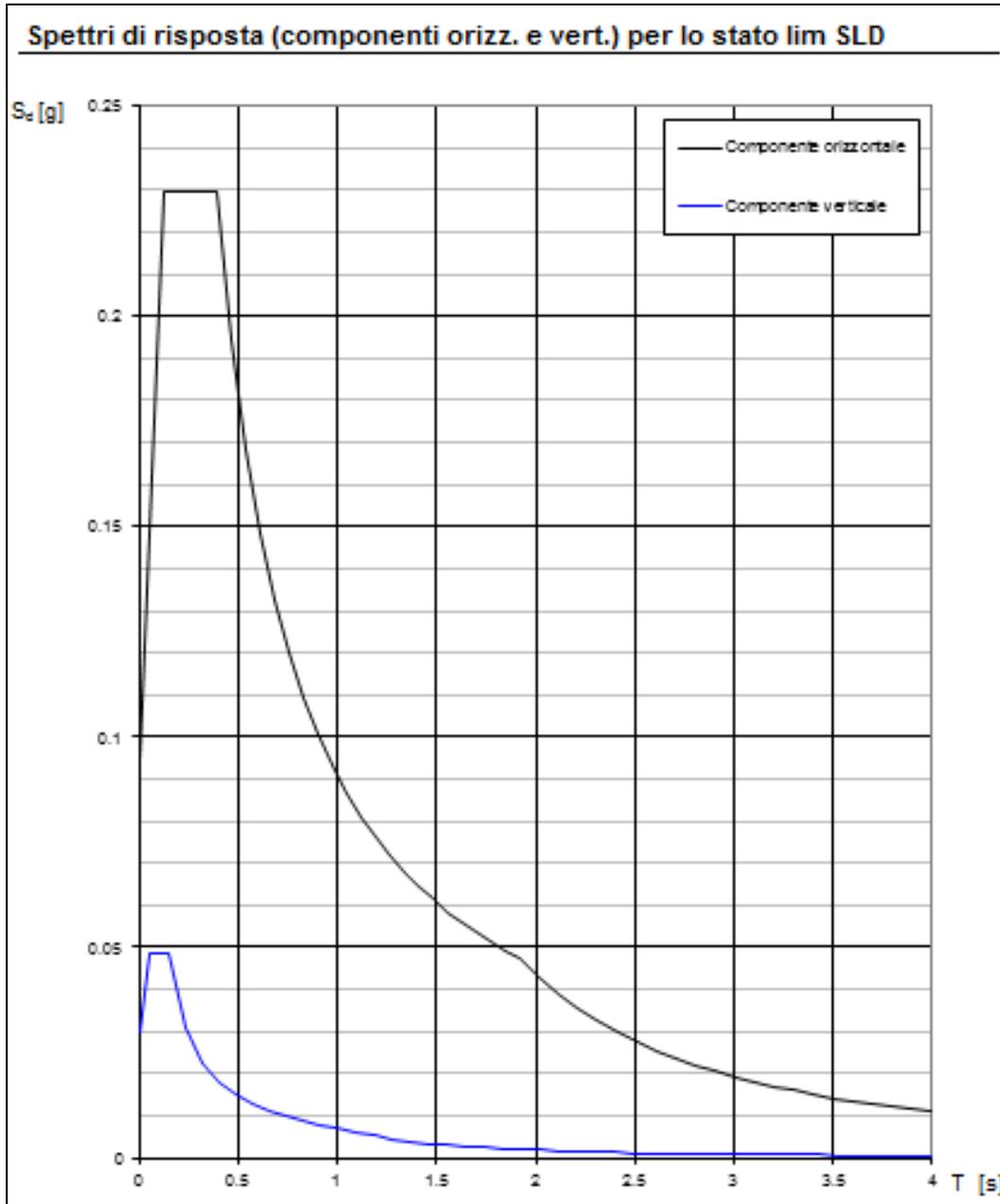
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### PIOMBINO DESE



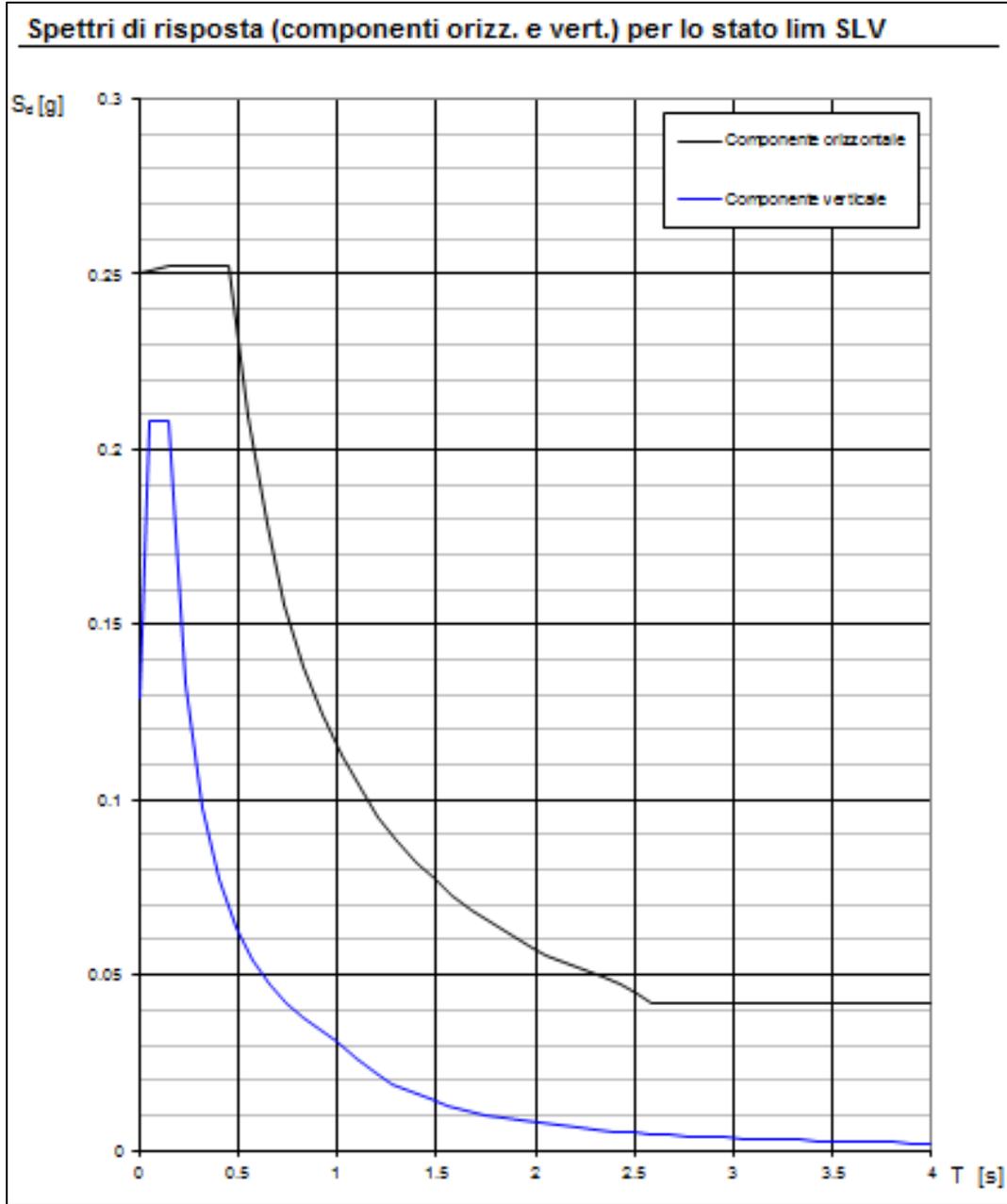
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## RESANA



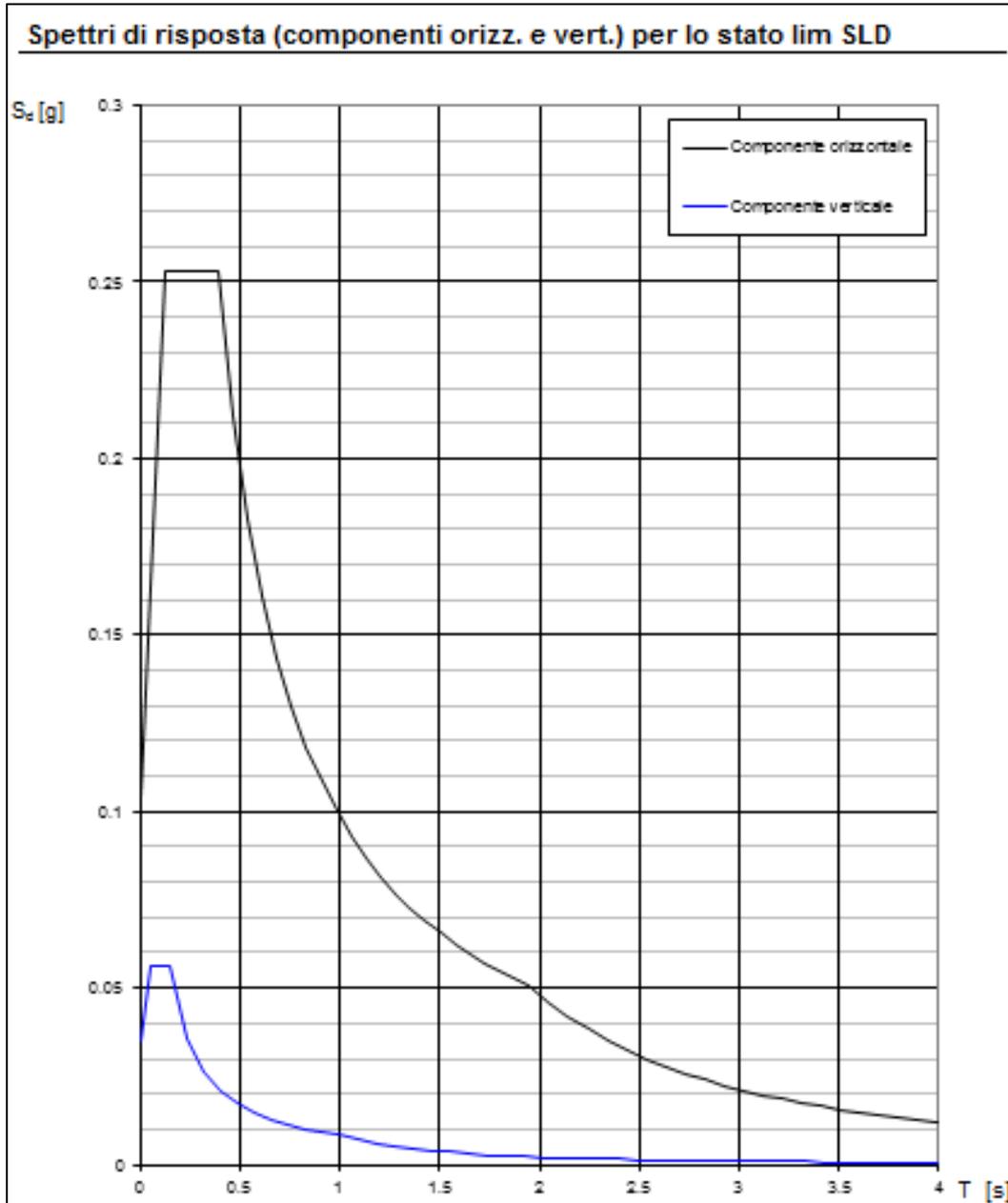
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

## RESANA



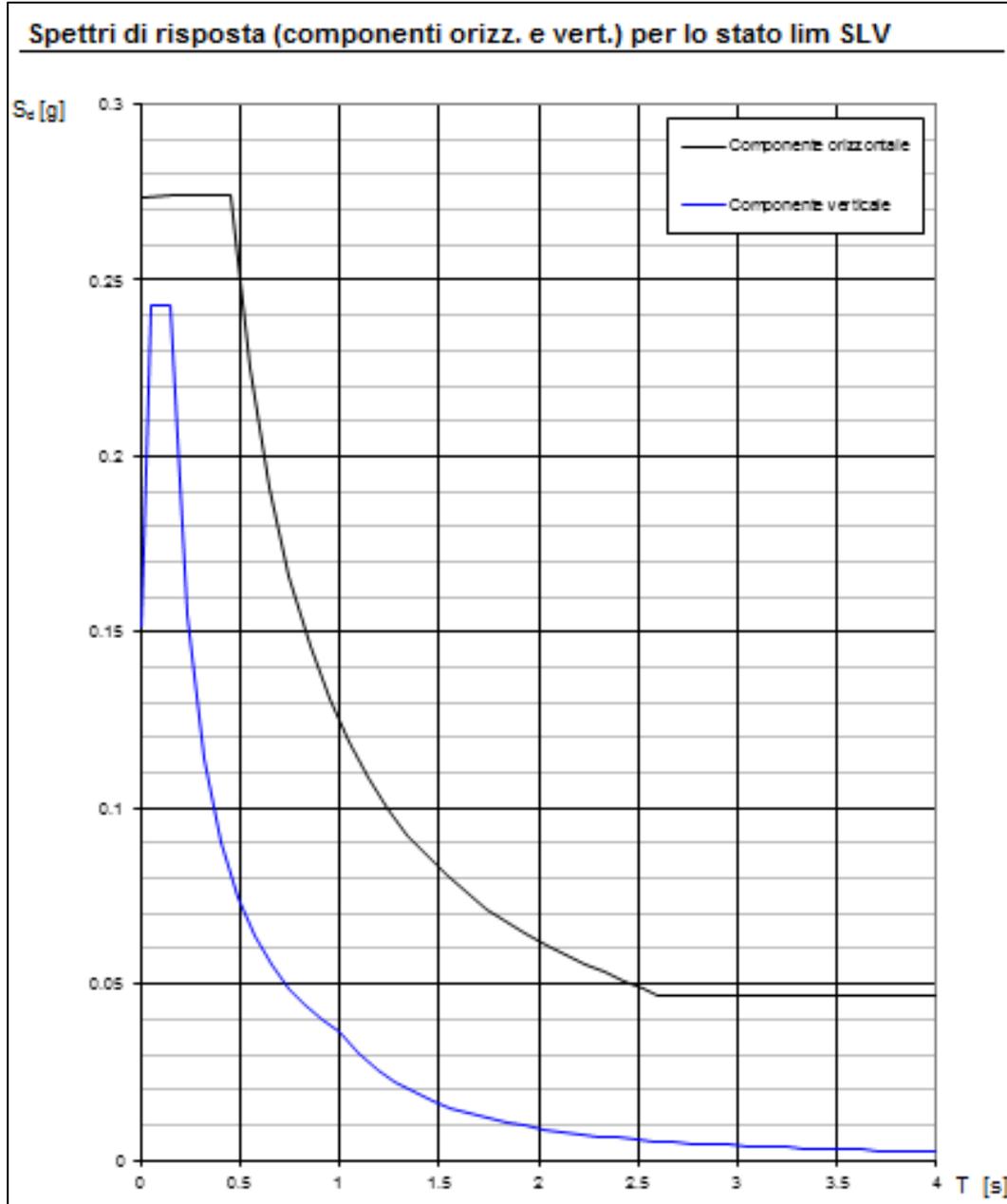
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### CASTELFRANCO VENETO



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### CASTELFRANCO VENETO



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

### APPENDICE 3

## RISULTATI DELLE ANALISI ALLA LIQUEFAZIONE

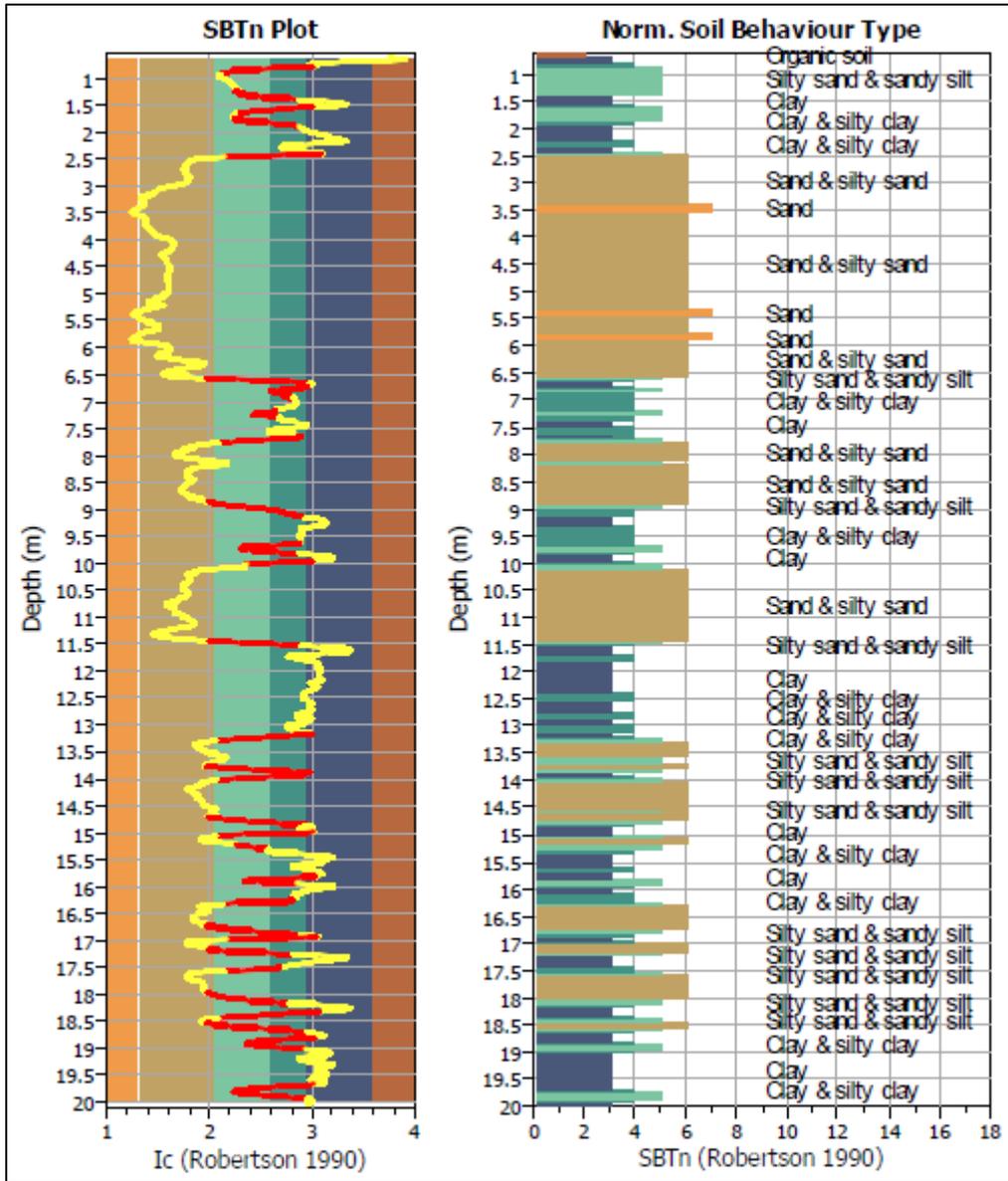
### Legenda

<b>SBTn legend</b>			
	1. Sensitive fine grained		4. Clayey silt to silty
	2. Organic material		5. Silty sand to sandy silt
	3. Clay to silty clay		6. Clean sand to silty sand
			7. Gravely sand to sand
			8. Very stiff sand to
			9. Very stiff fine grained
<b>F.S. color scheme</b>		<b>LPI color scheme</b>	
	Almost certain it will liquefy		Very high risk
	Very likely to liquefy		High risk
	Liquefaction and no liq. are equally likely		Low risk
	Unlike to liquefy		
	Almost certain it will not liquefy		

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

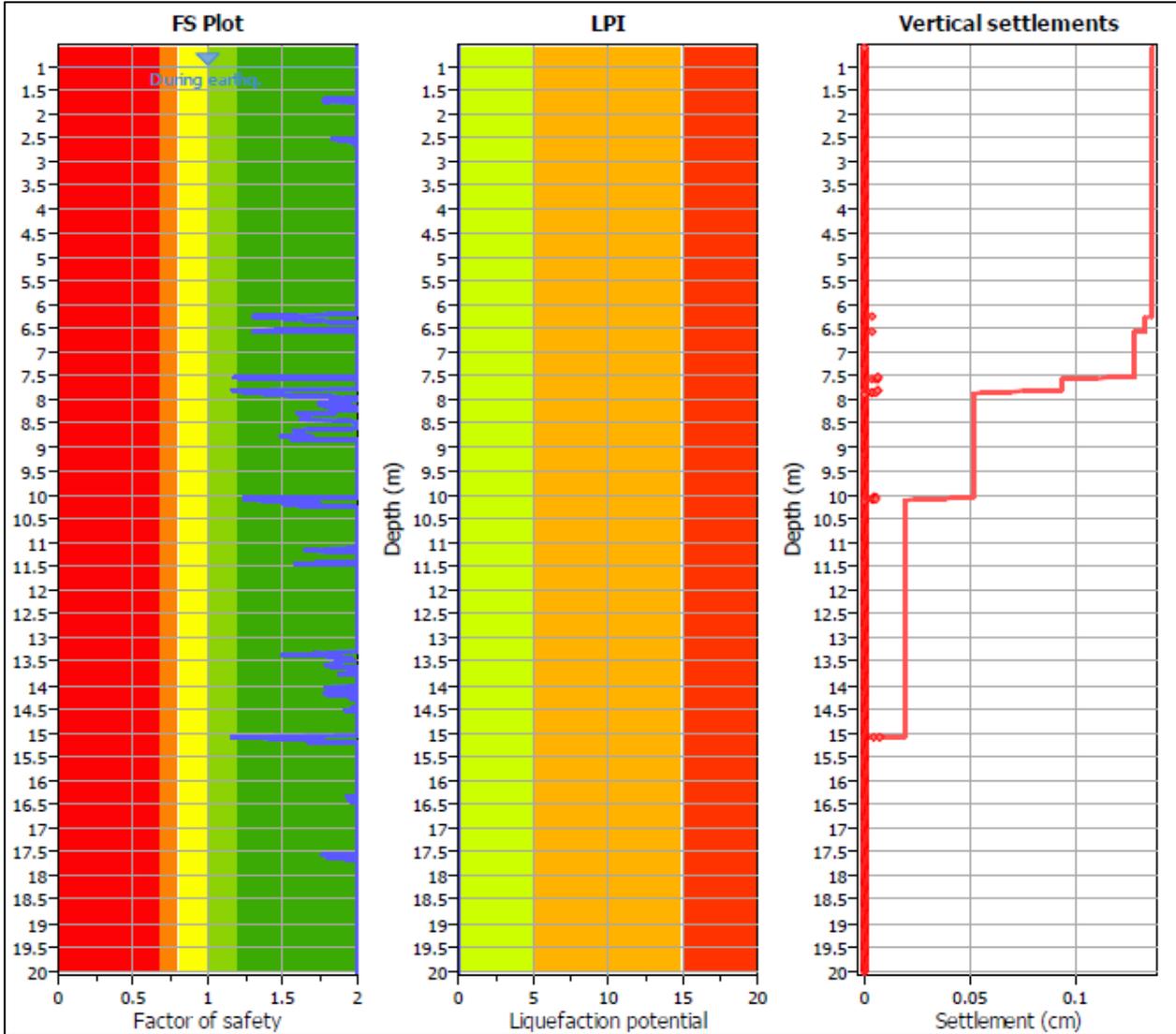
1^ tratto CPTU 1

Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)



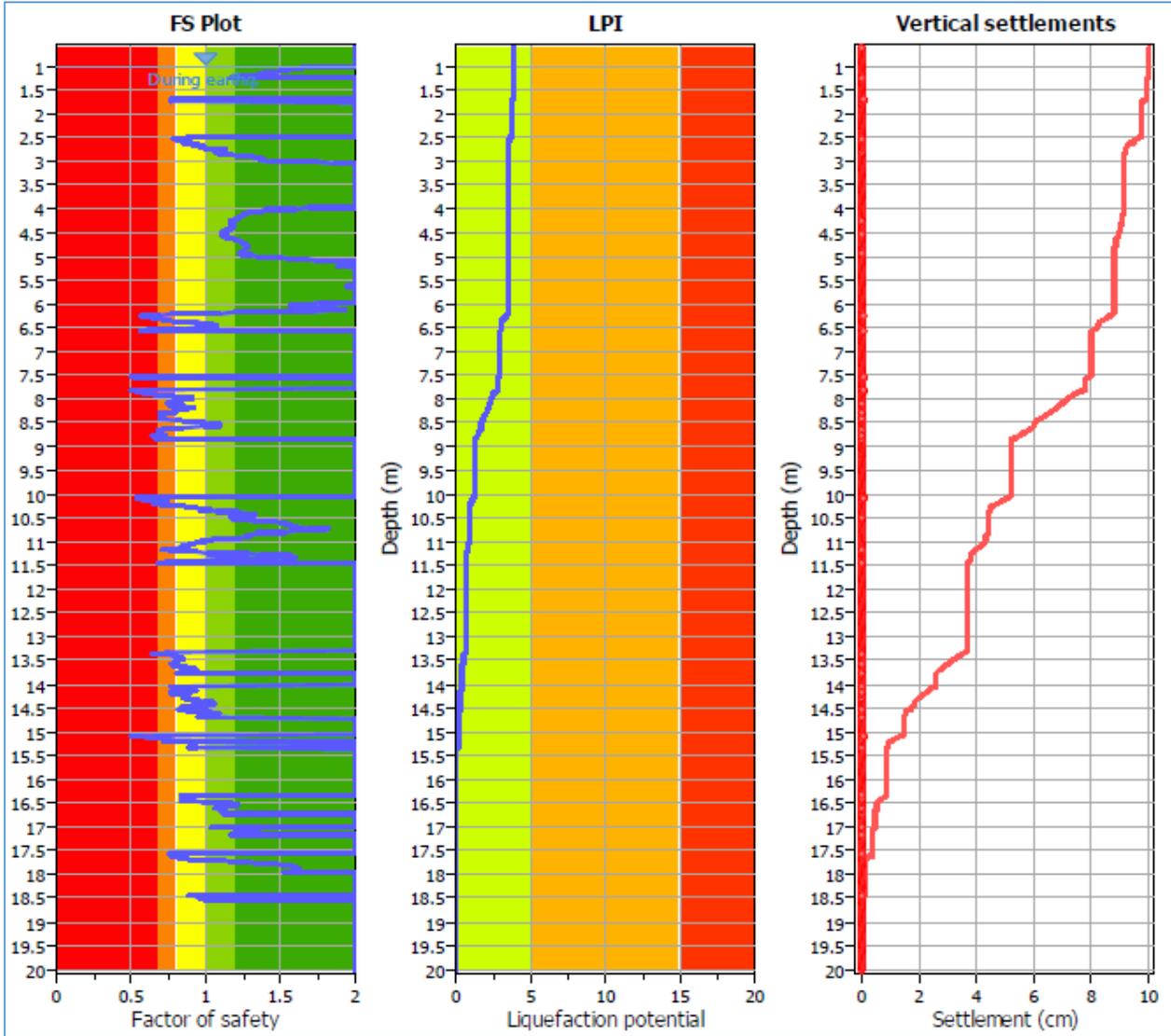
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

1^ tratto CPTU 1 SLD

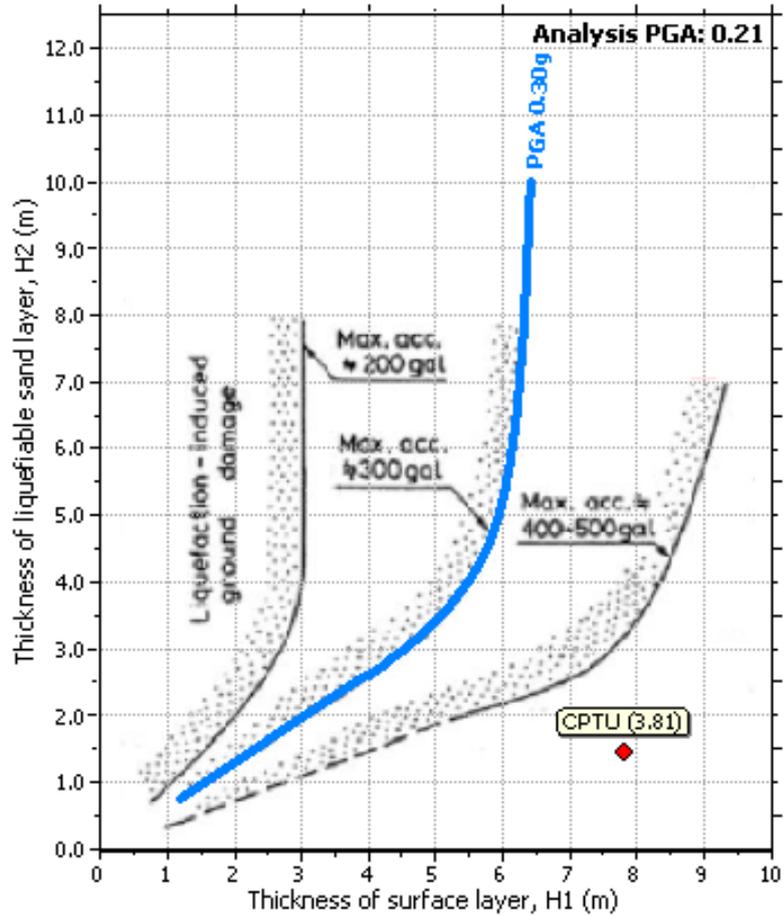


COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

1^ tratto CPTU 1 SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

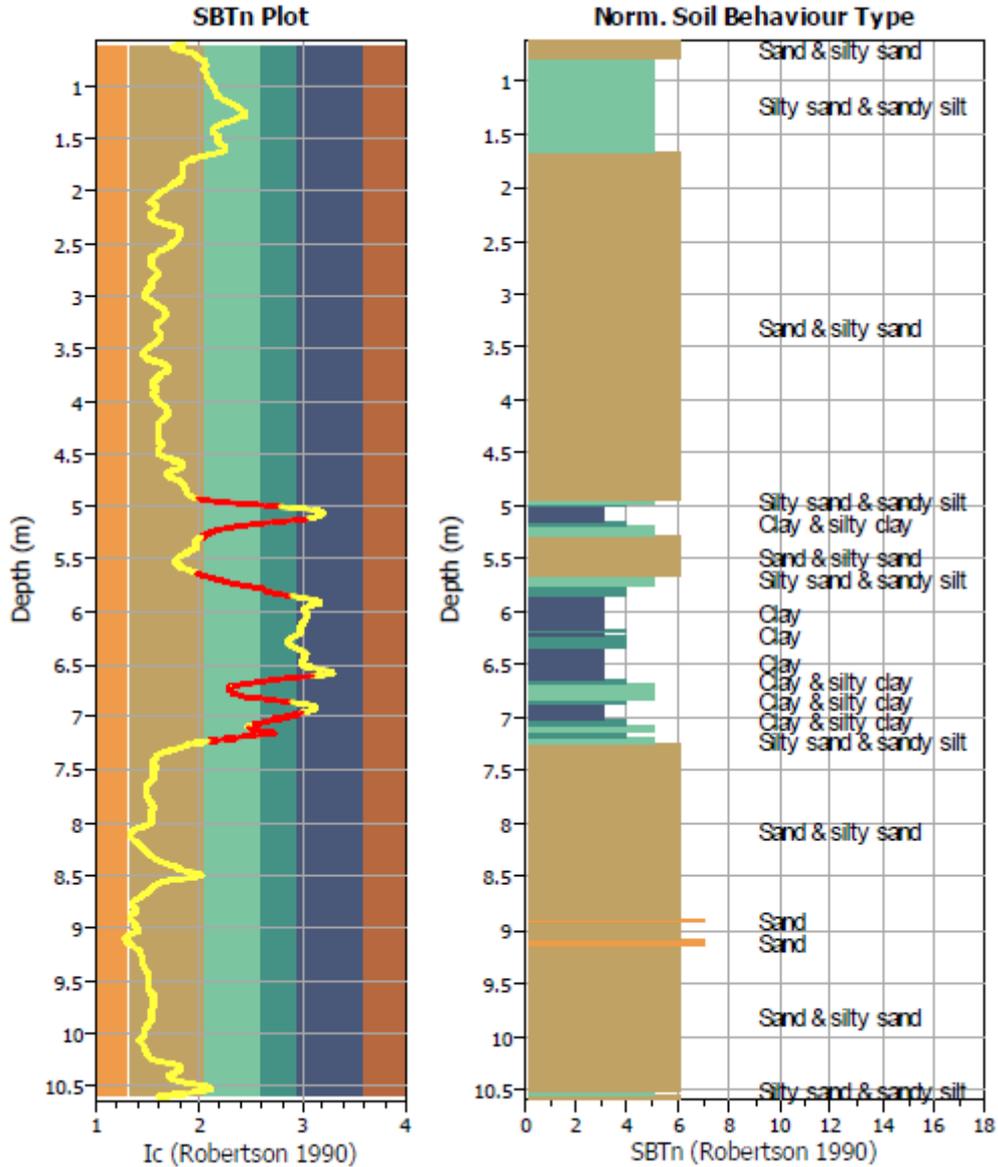


**Grafico della stima del risentimento in superficie  $LPI = 3.81$**   
 (da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

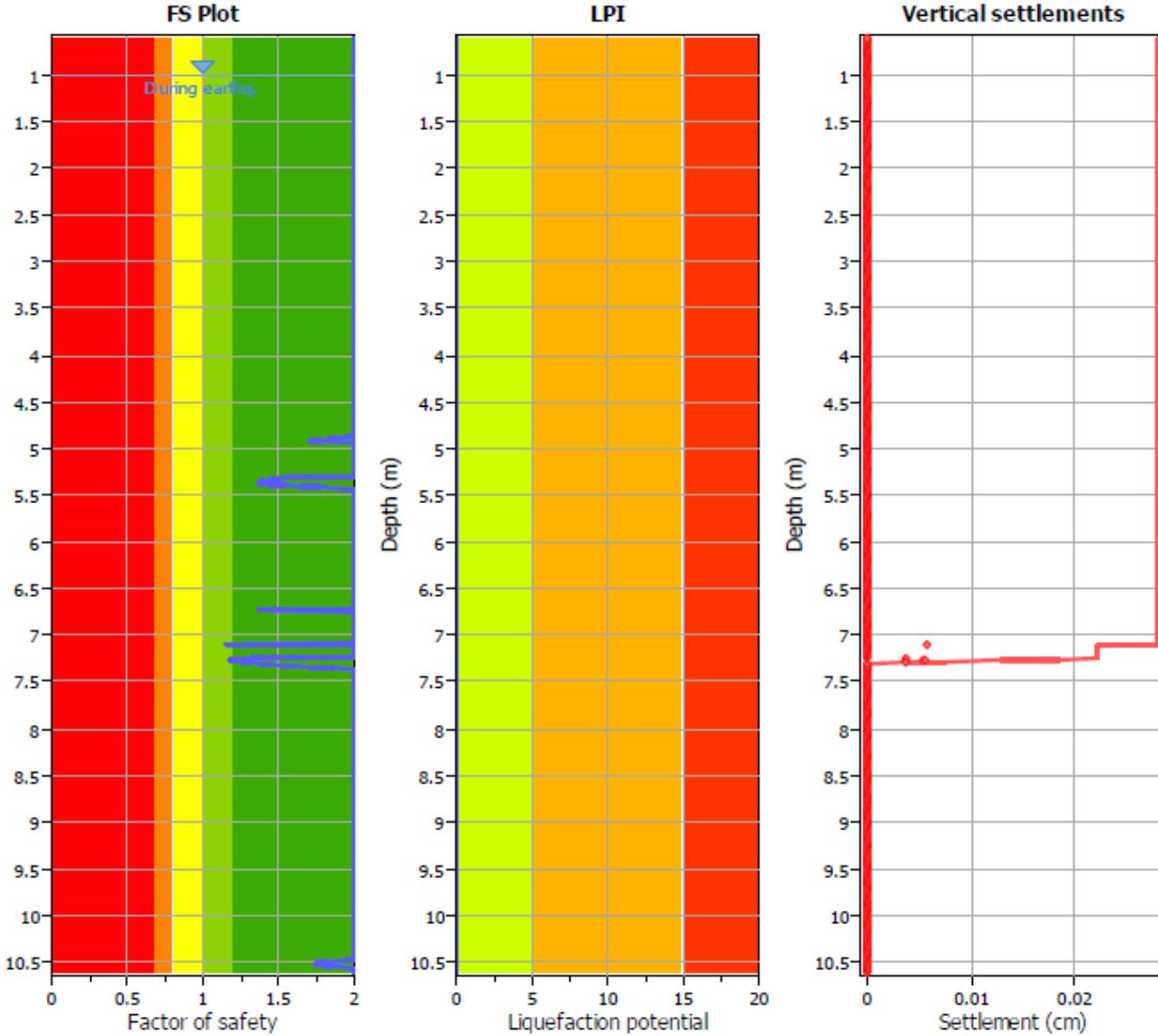
1^ tratto CPTU 2

Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)



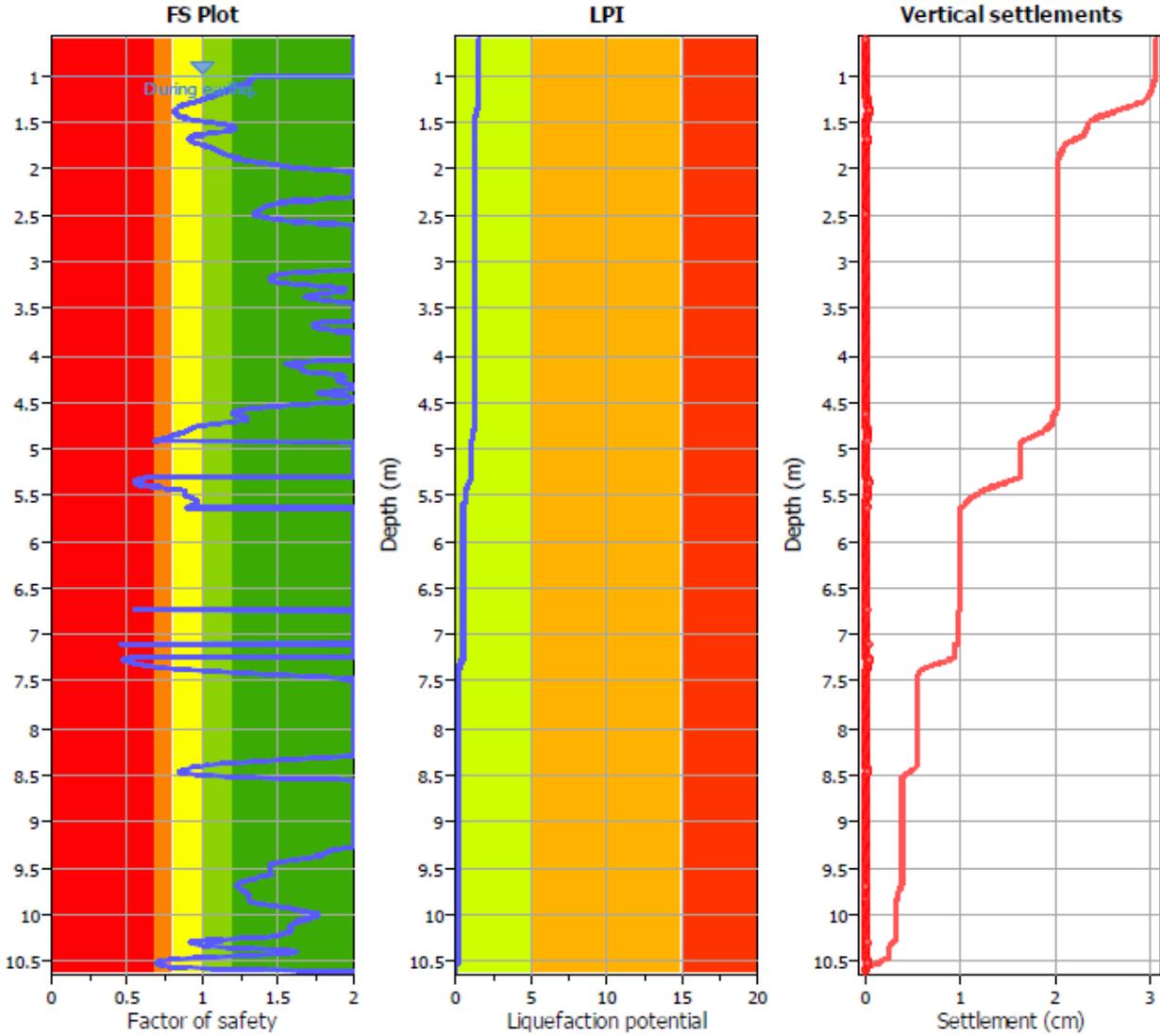
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**1^ tratto CPTU 2 SLD**

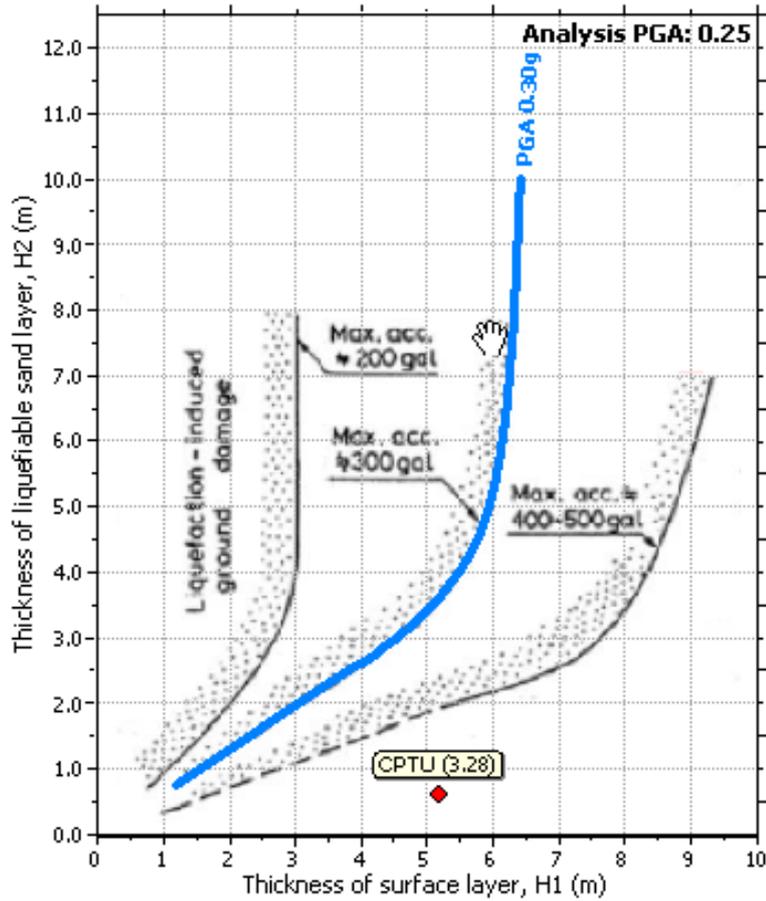


COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**1^ tratto CPTU 2 SLV**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

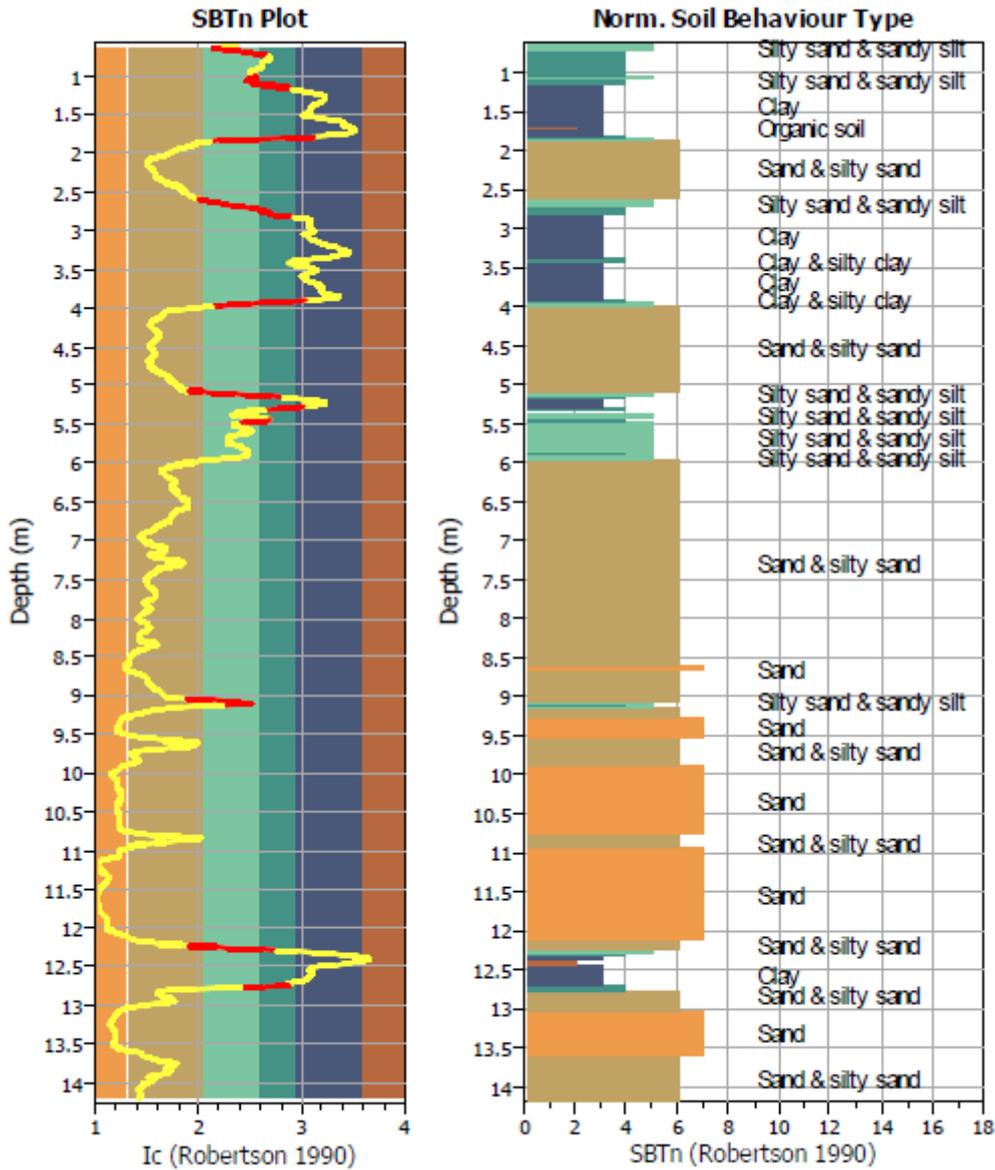


**Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 3.28  
(da Ishihara, 1985)**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

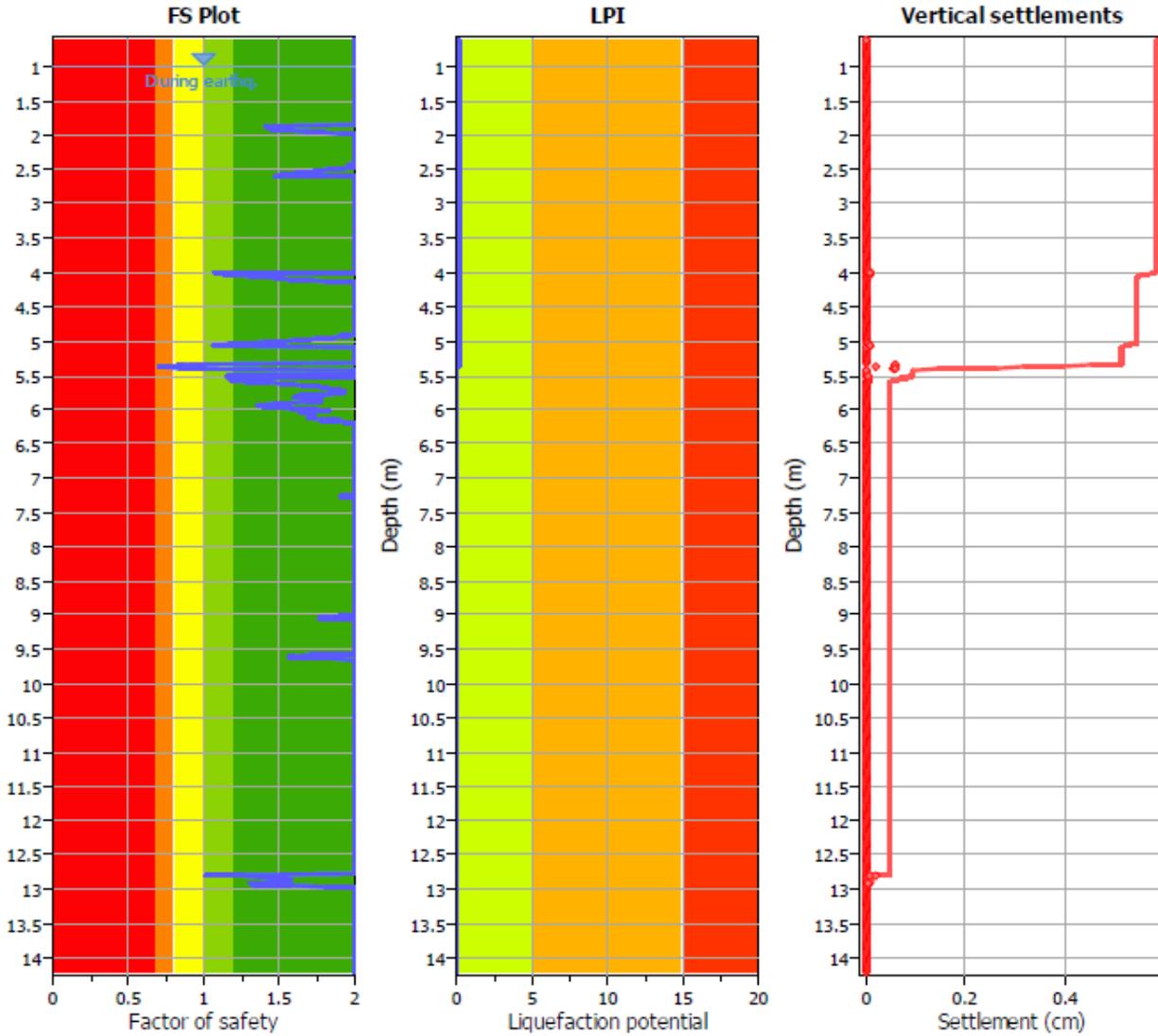
1^ tratto CPTU 3

Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)



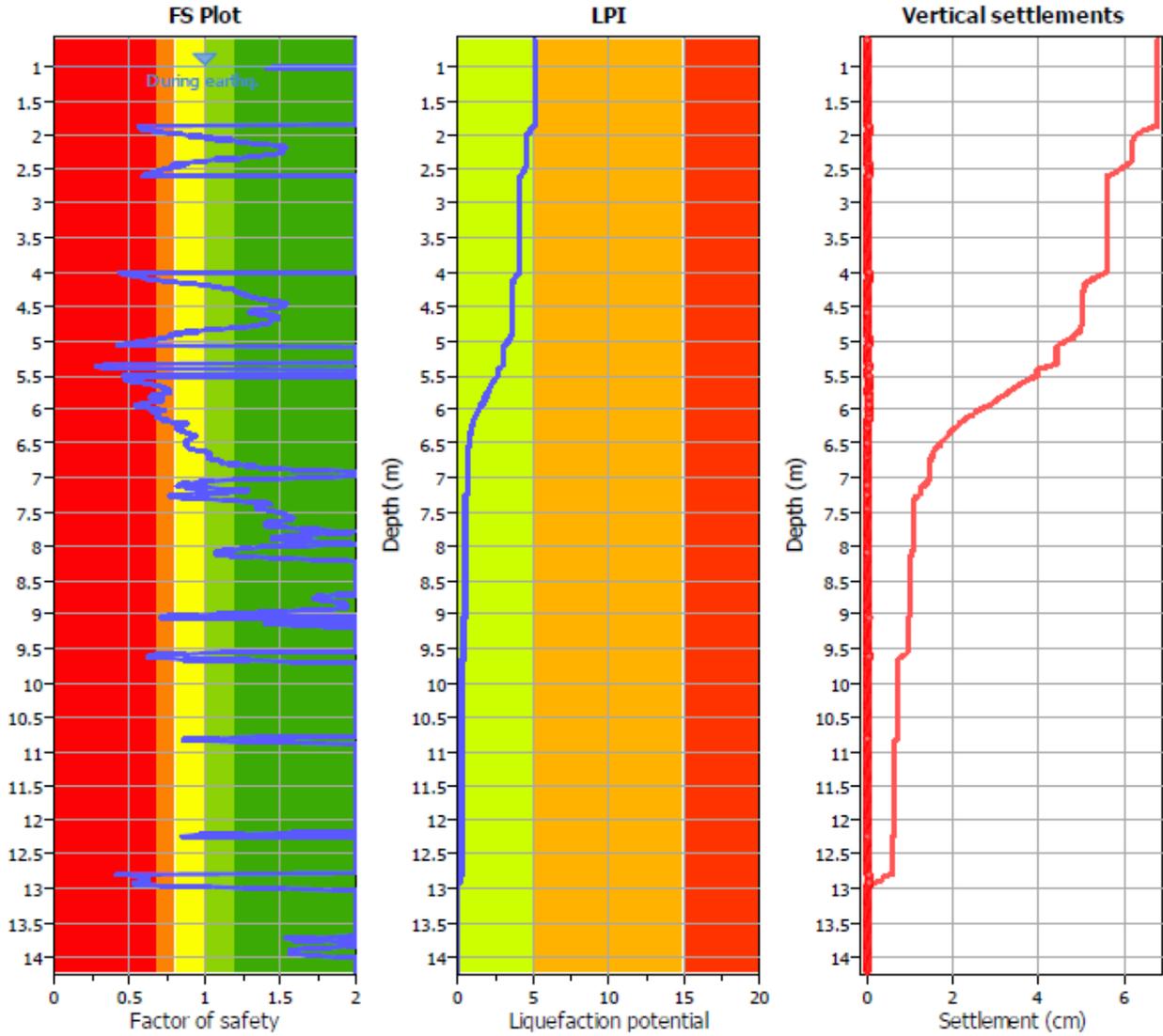
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**1^ tratto CPTU 3 SLD**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

1<sup>a</sup> tratto CPTU 3 SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

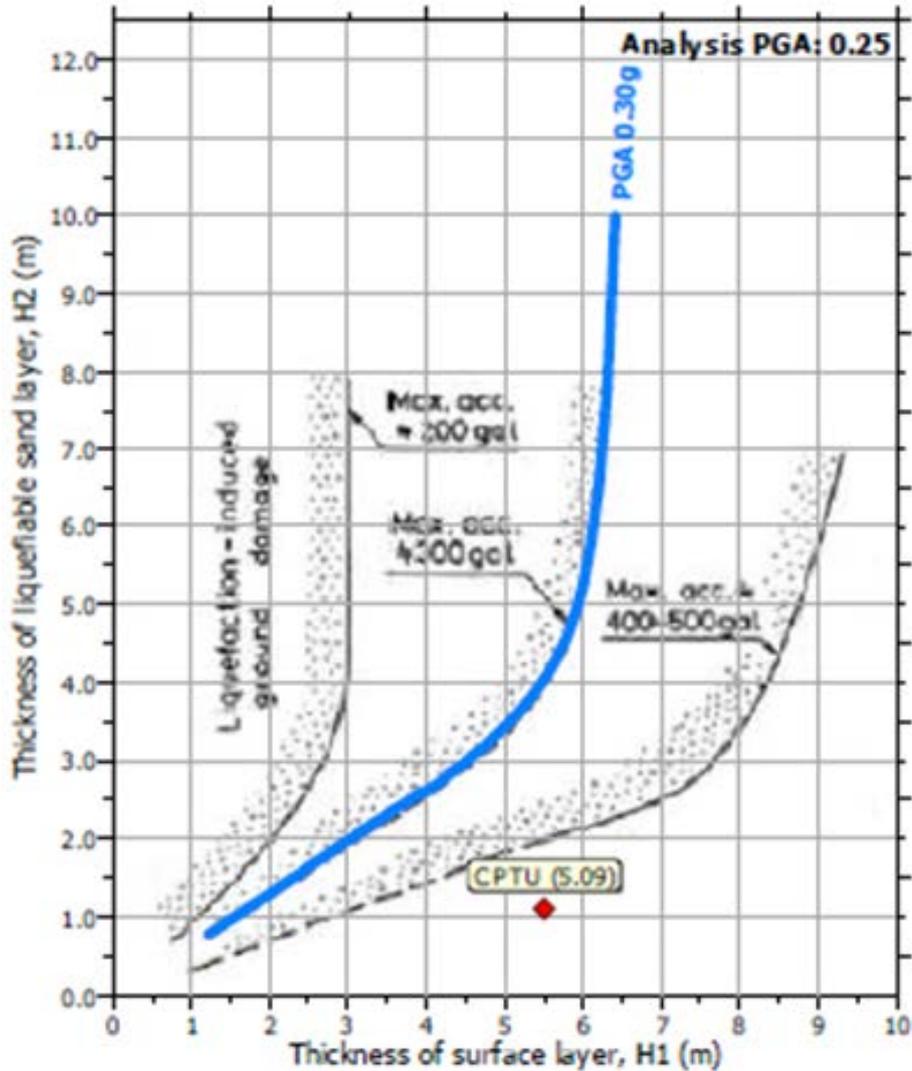
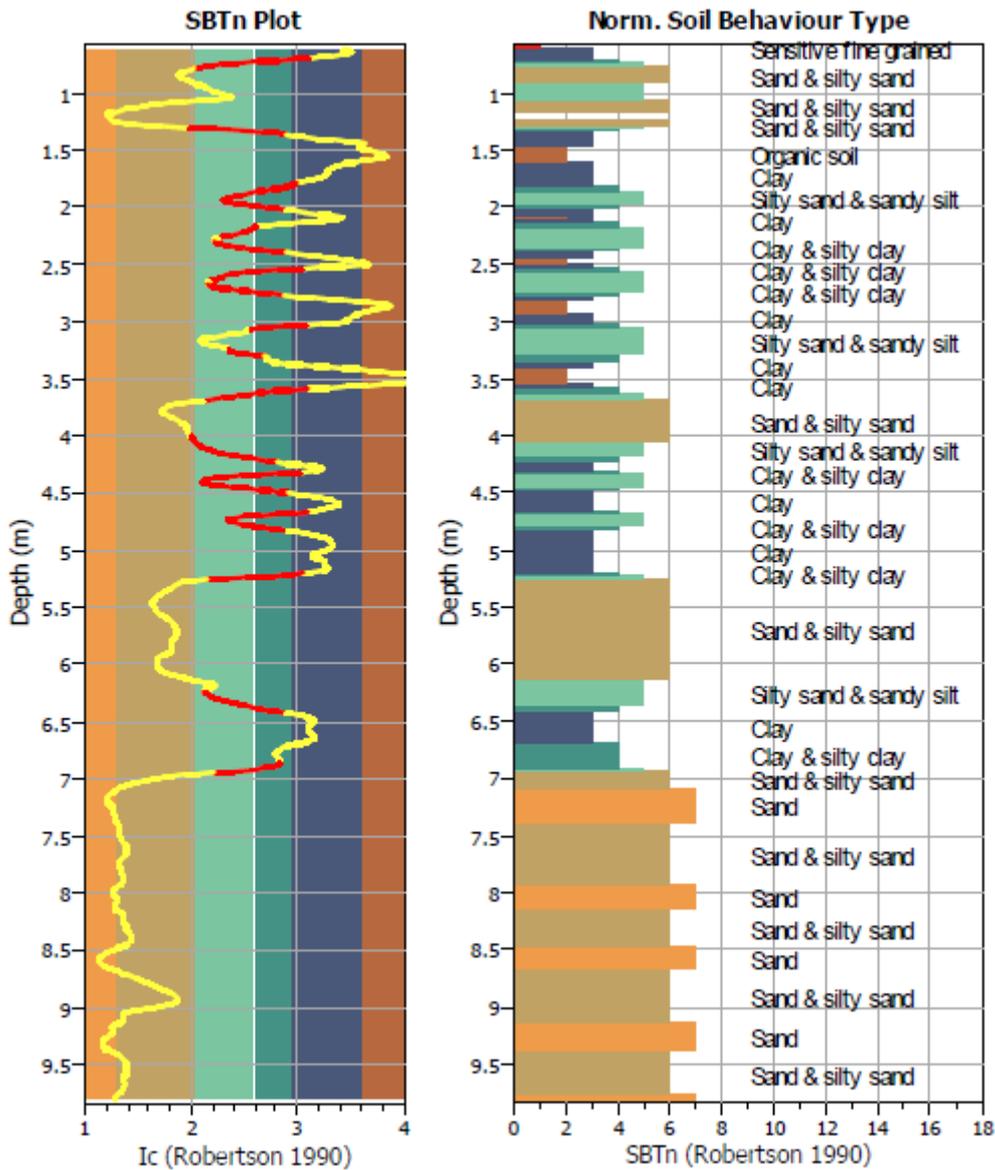


Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 5.09  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

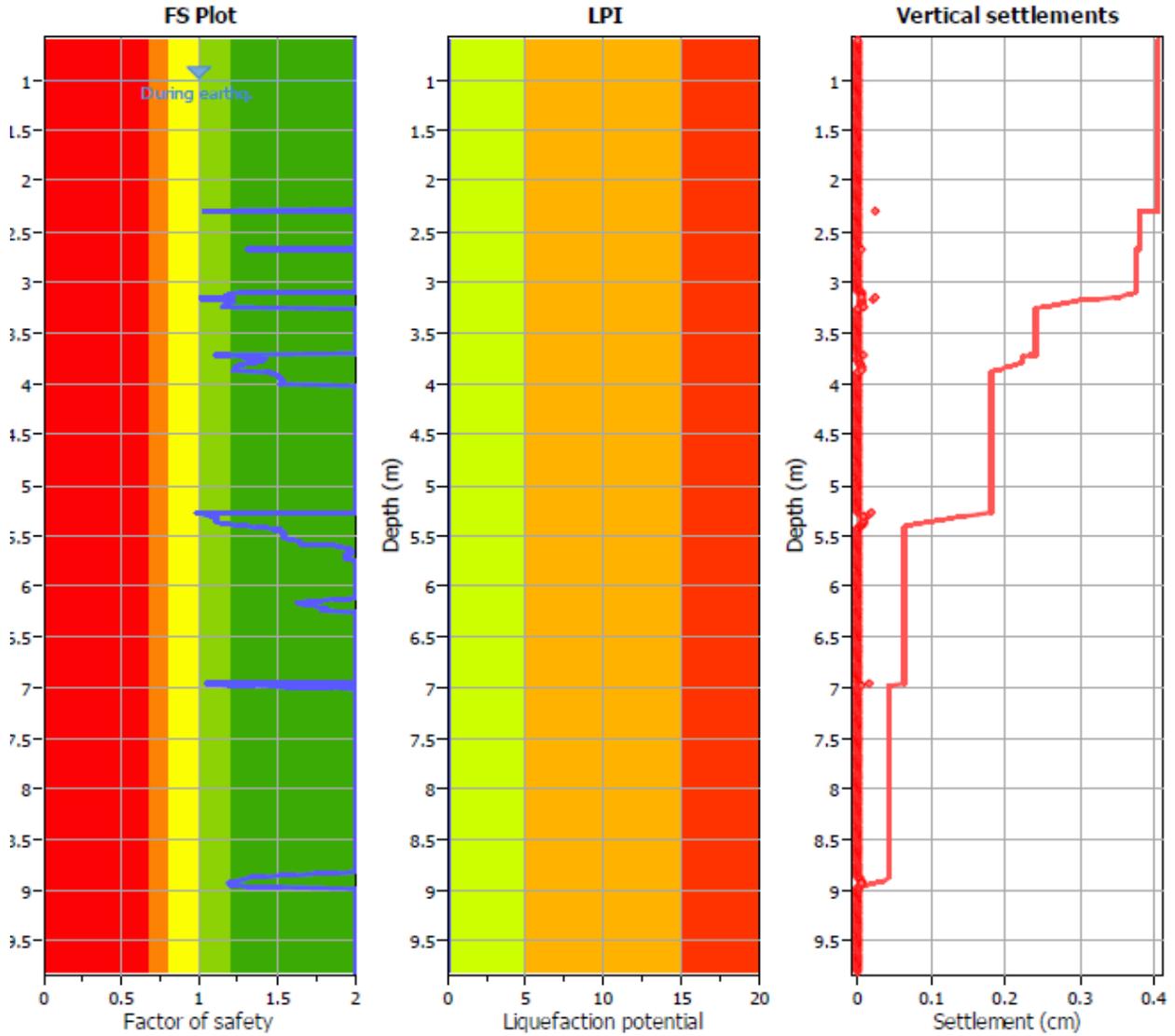
1^ tratto CPTU 4

Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)



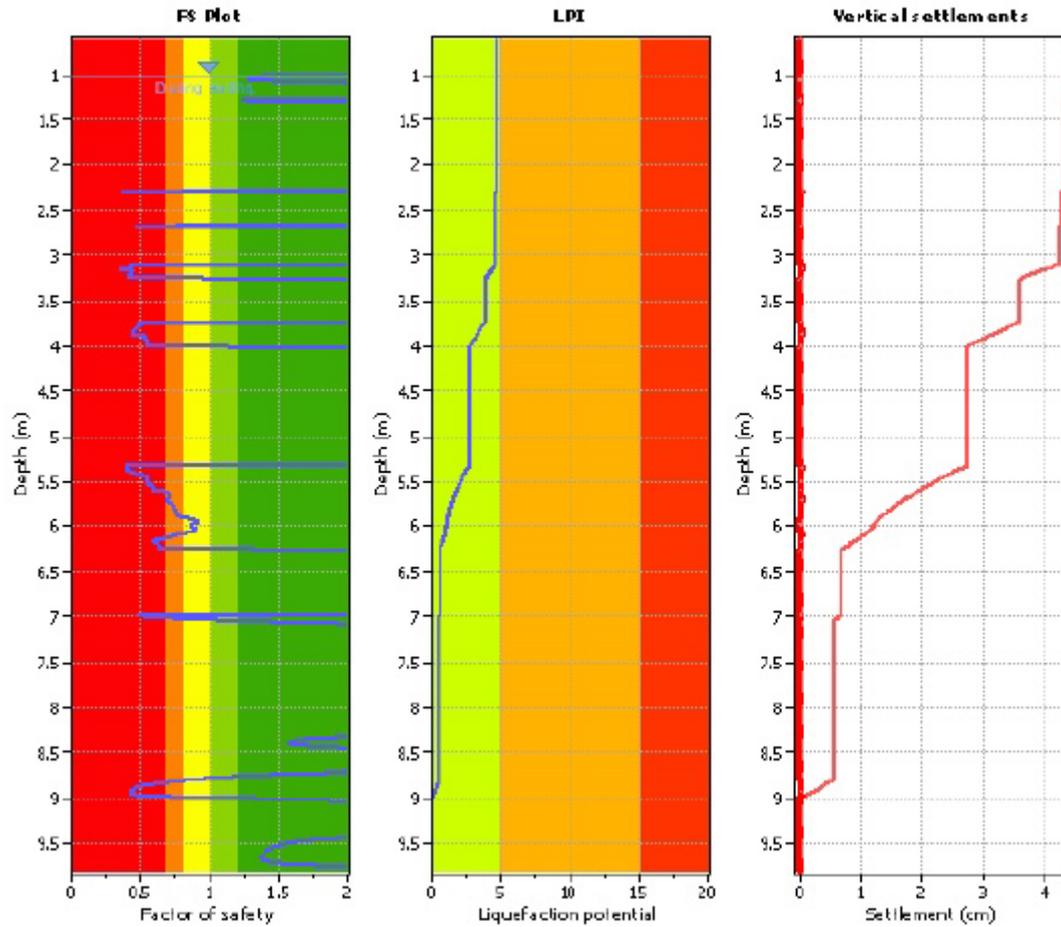
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

1^ tratto CPTU 4 SLD

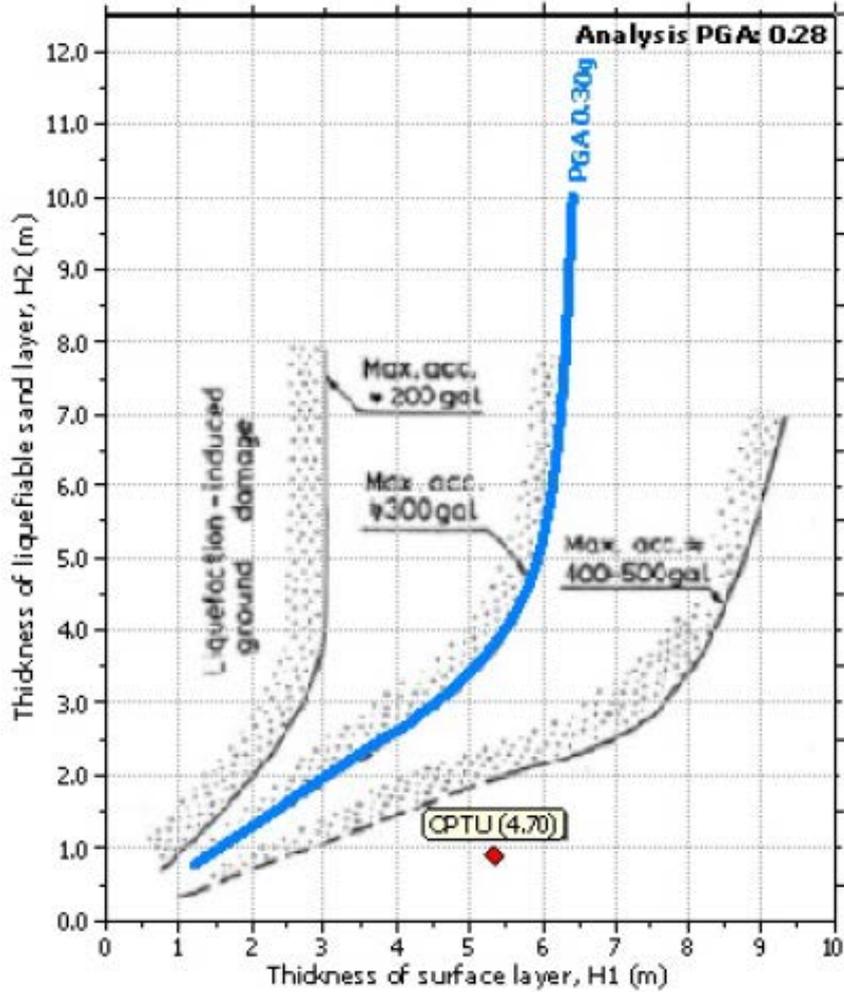


COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

1^ tratto CPTU 4 SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

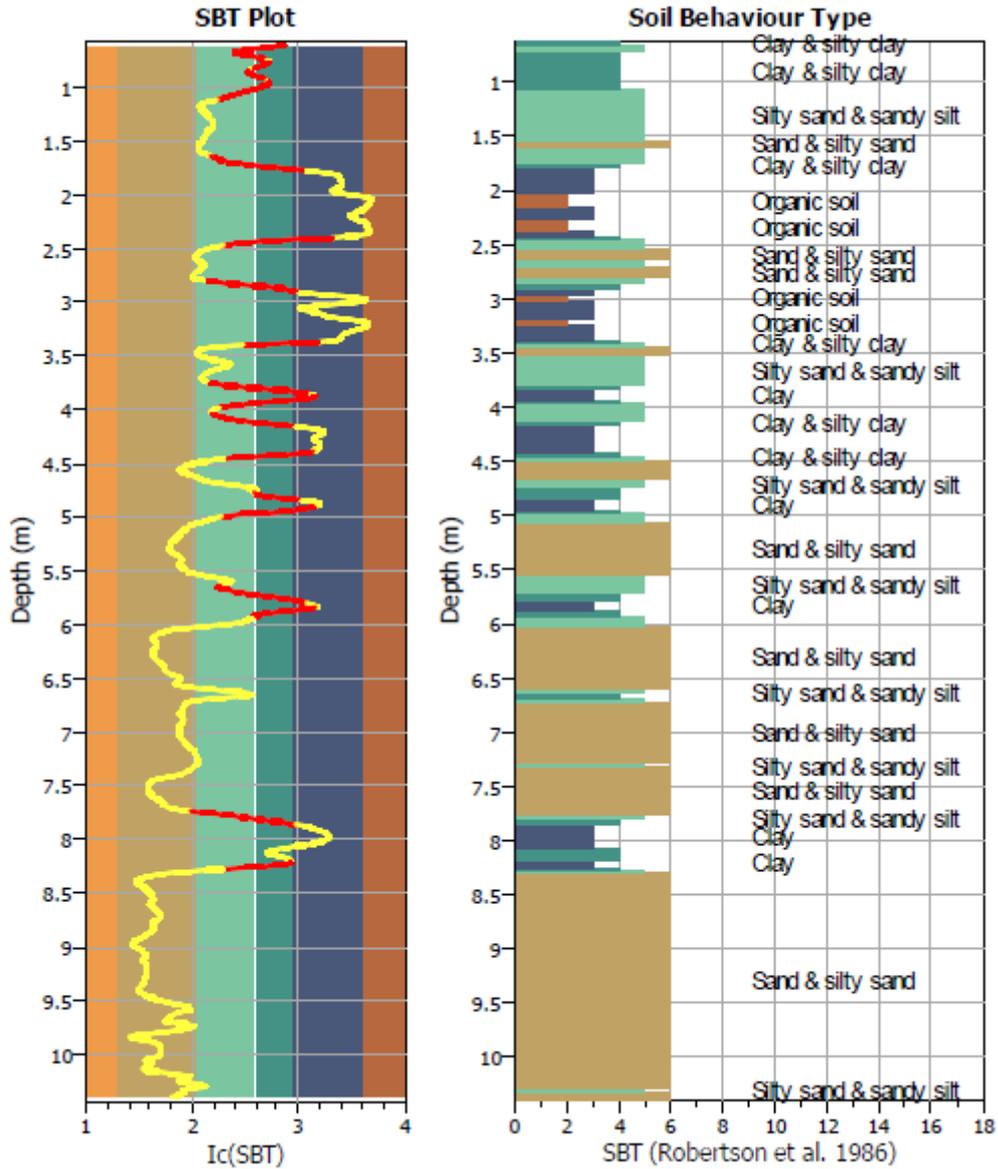


**Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 4.70  
(da Ishihara, 1985)**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

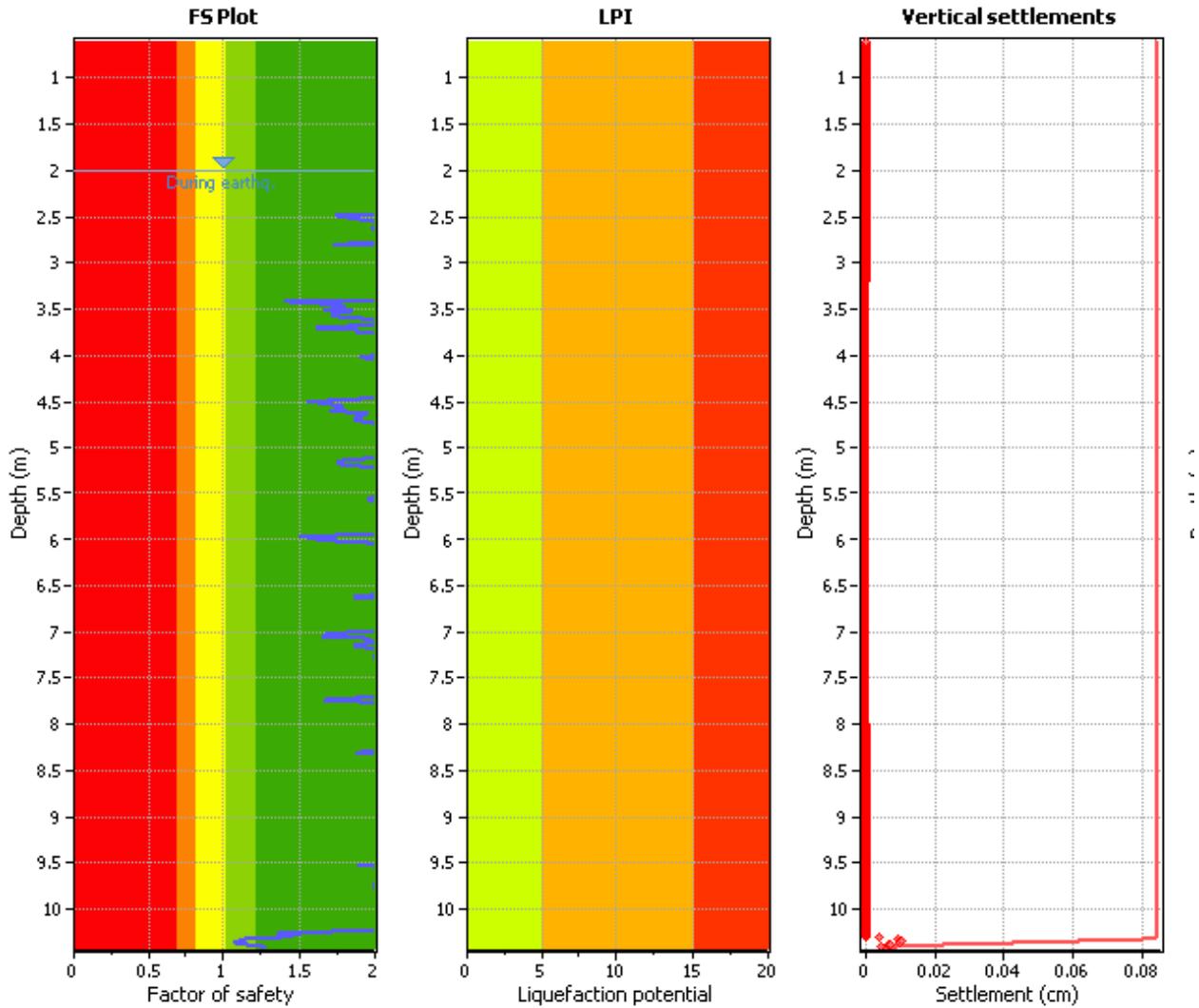
1^ tratto CPTU 5

Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)



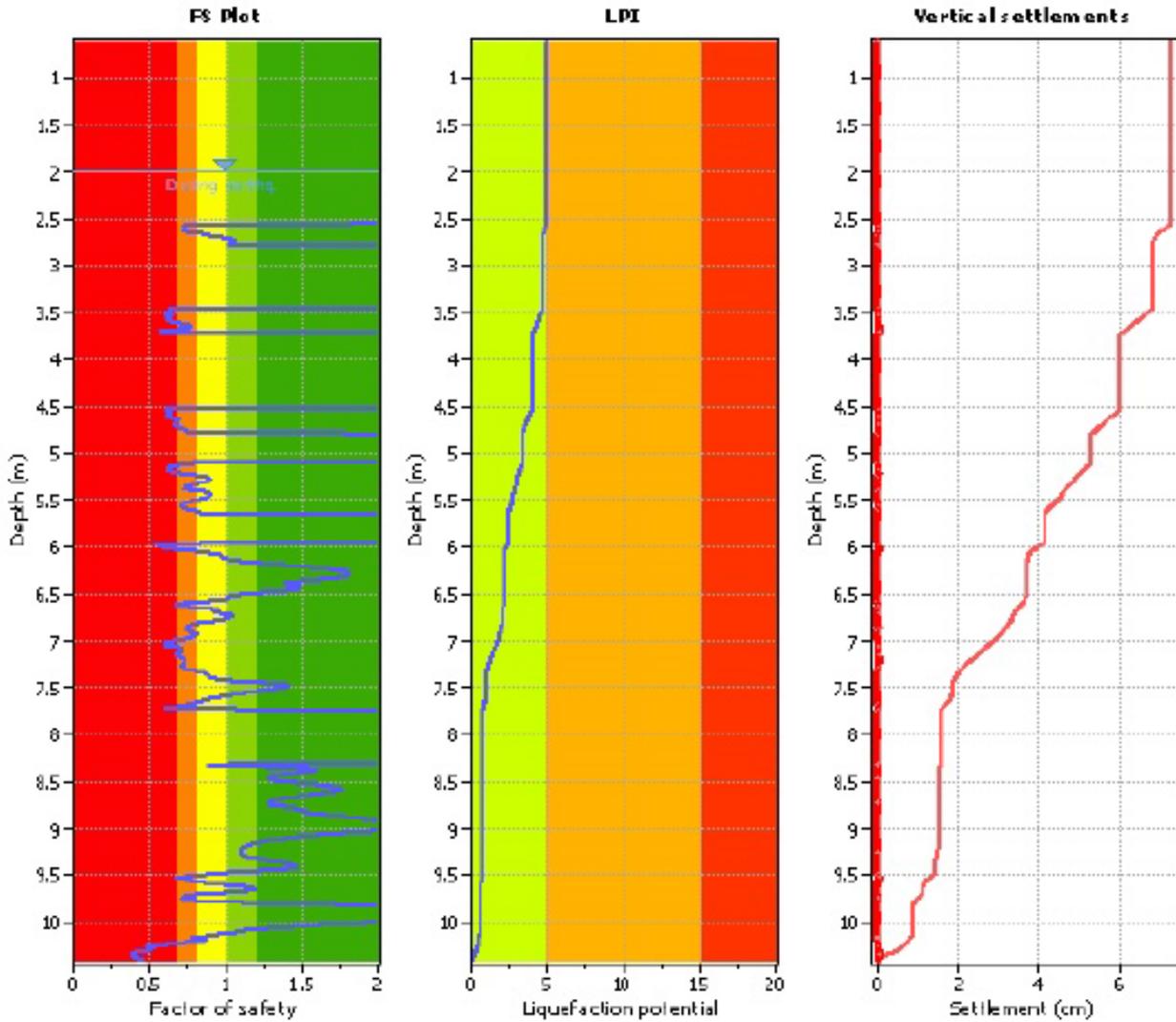
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**1^ tratto CPTU 5 SLD**

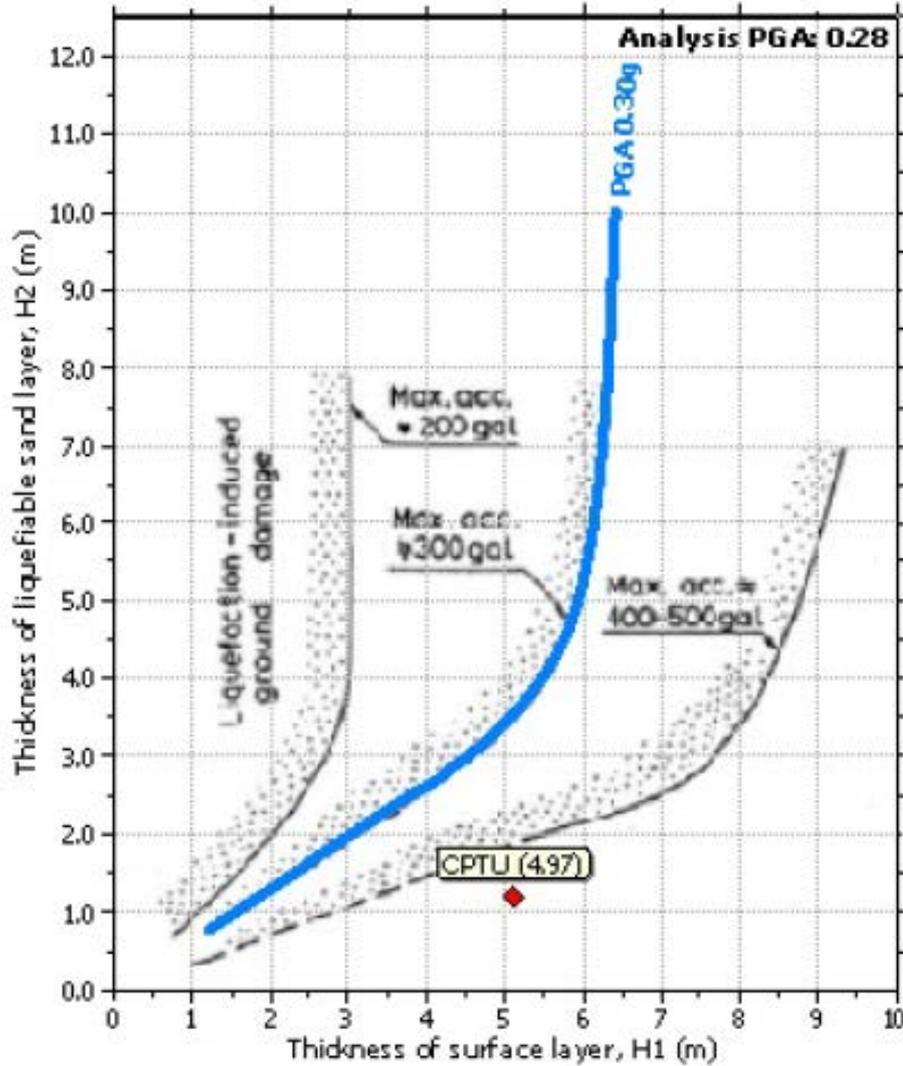


COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**1^ tratto CPTU 5 SLV**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

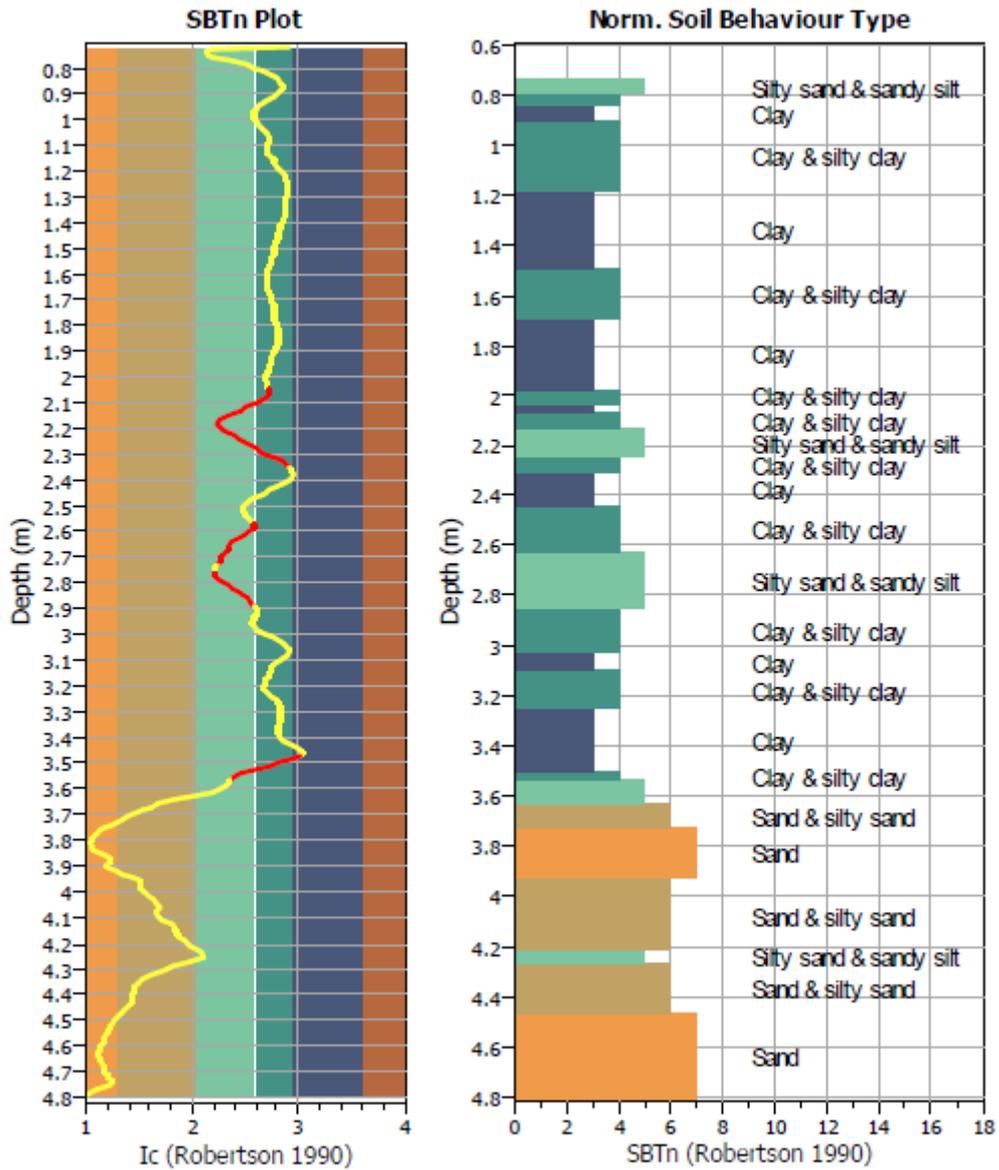


**Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 4.97  
(da Ishihara, 1985)**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

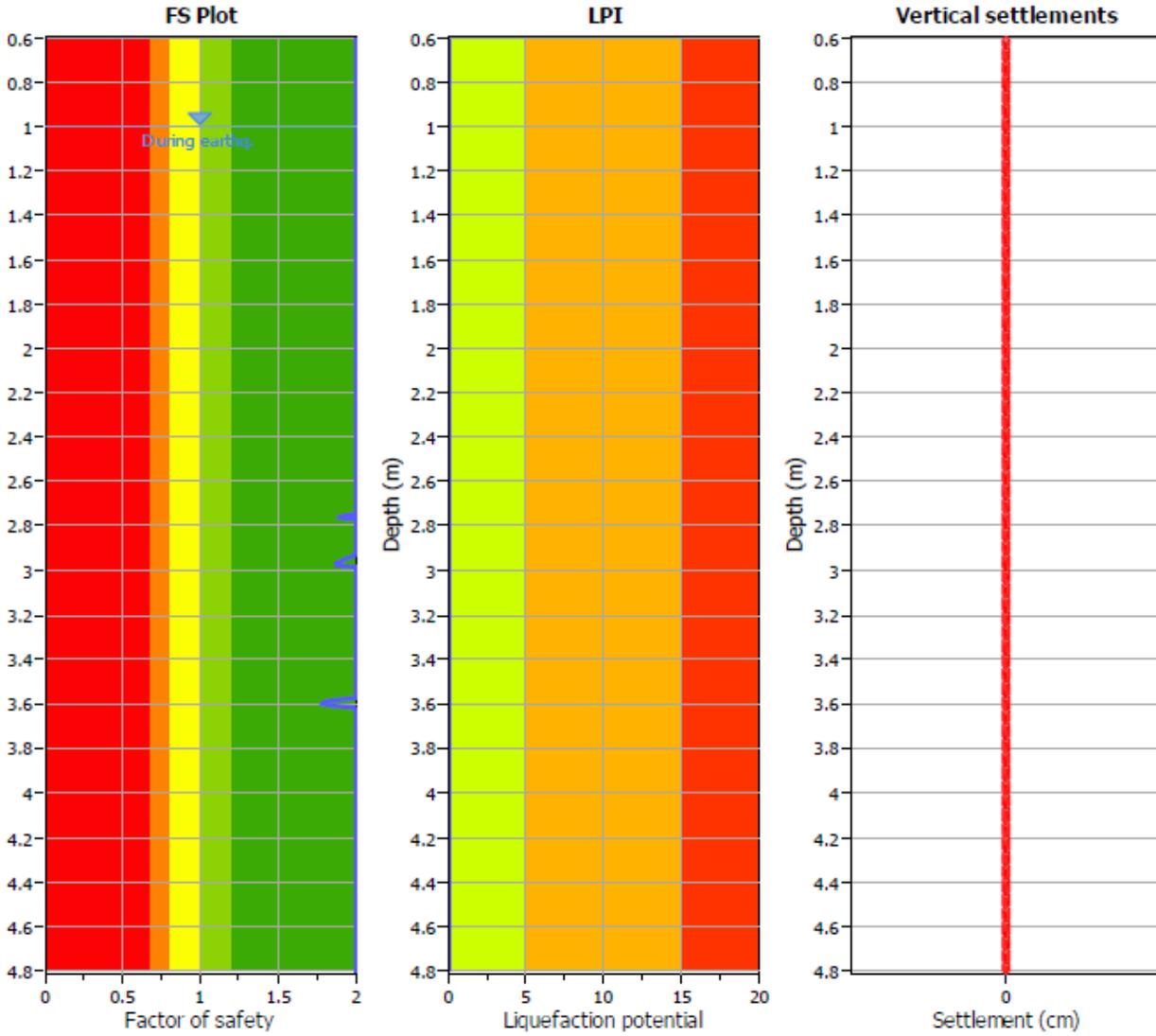
**2^ tratto CPTU 1**

**Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)**



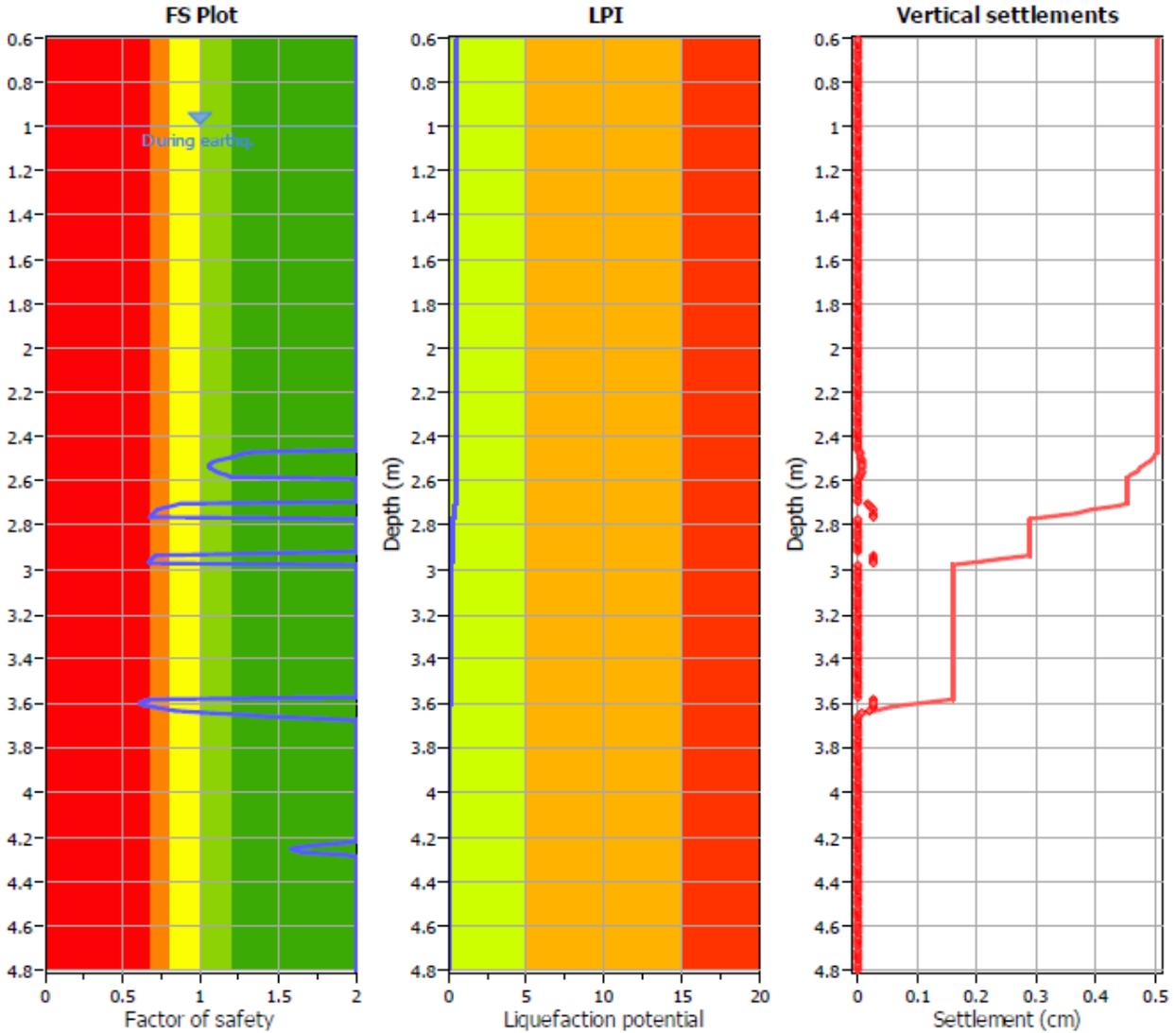
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**2<sup>a</sup> tratto CPTU 1 SLD**

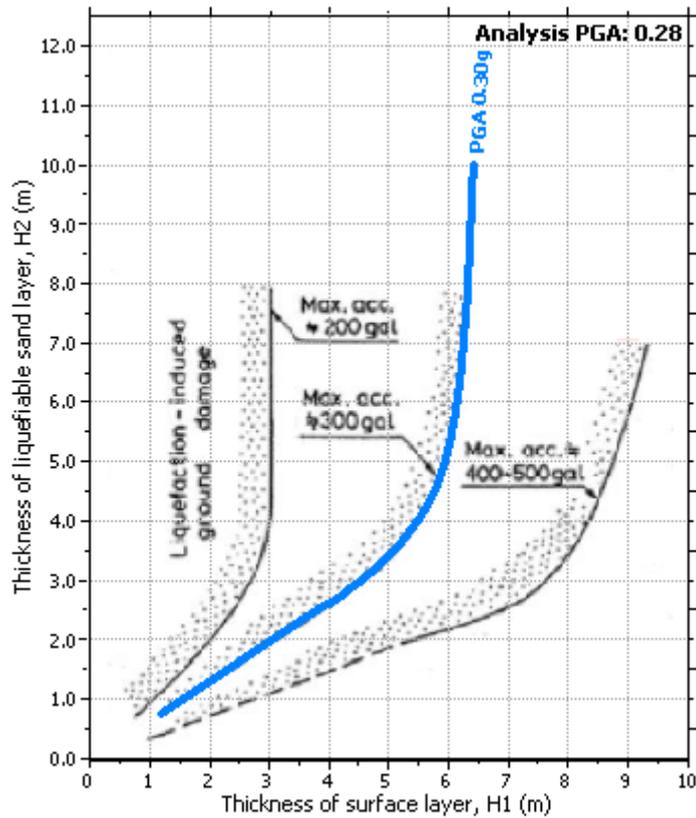


COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

**2^ tratto CPTU 1 SLV**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

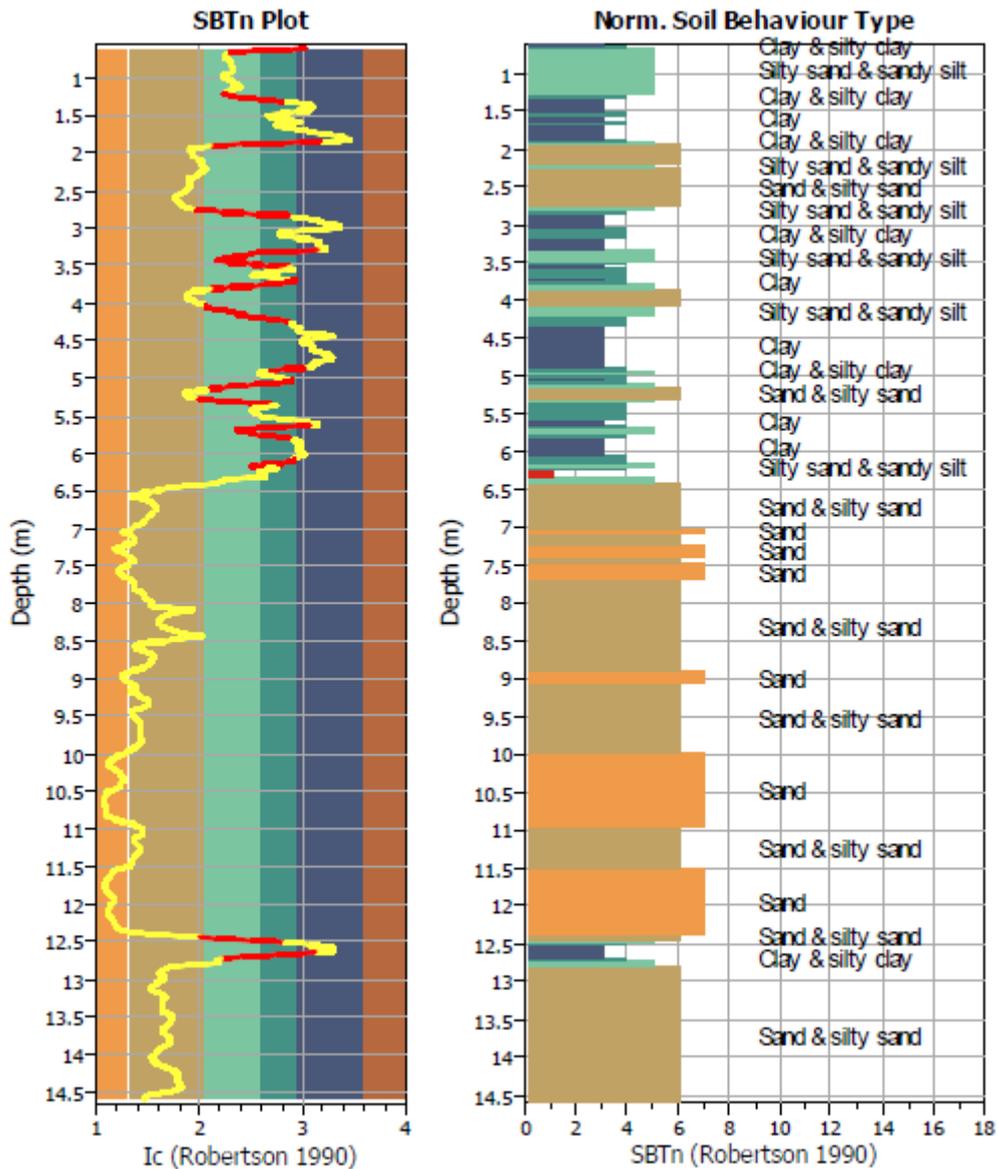


**Grafico della stima del risentimento in superficie LPI n.a.  
(da Ishihara, 1985)**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

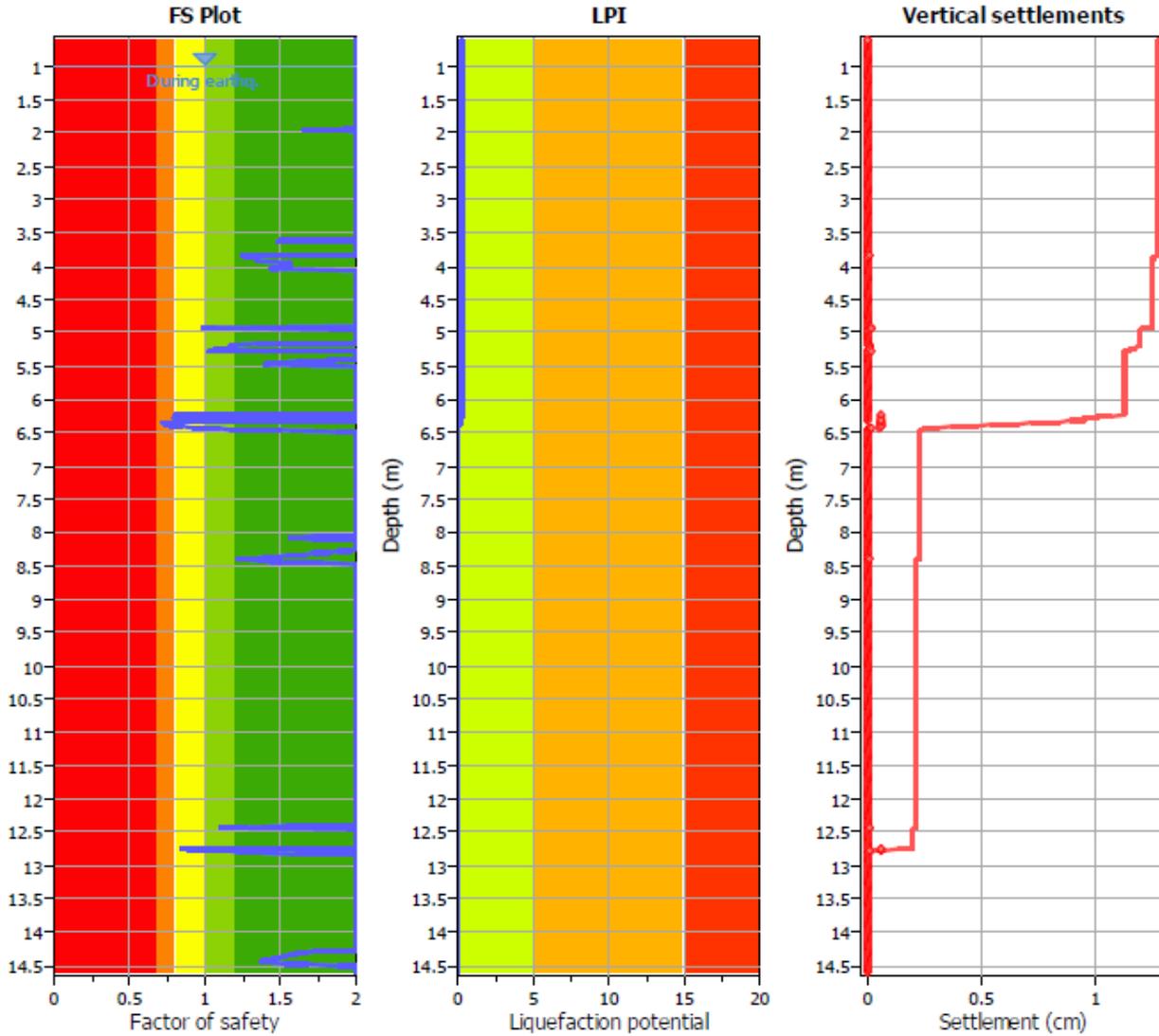
RIF. ALL. ANSELMI CPTU 1

Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)



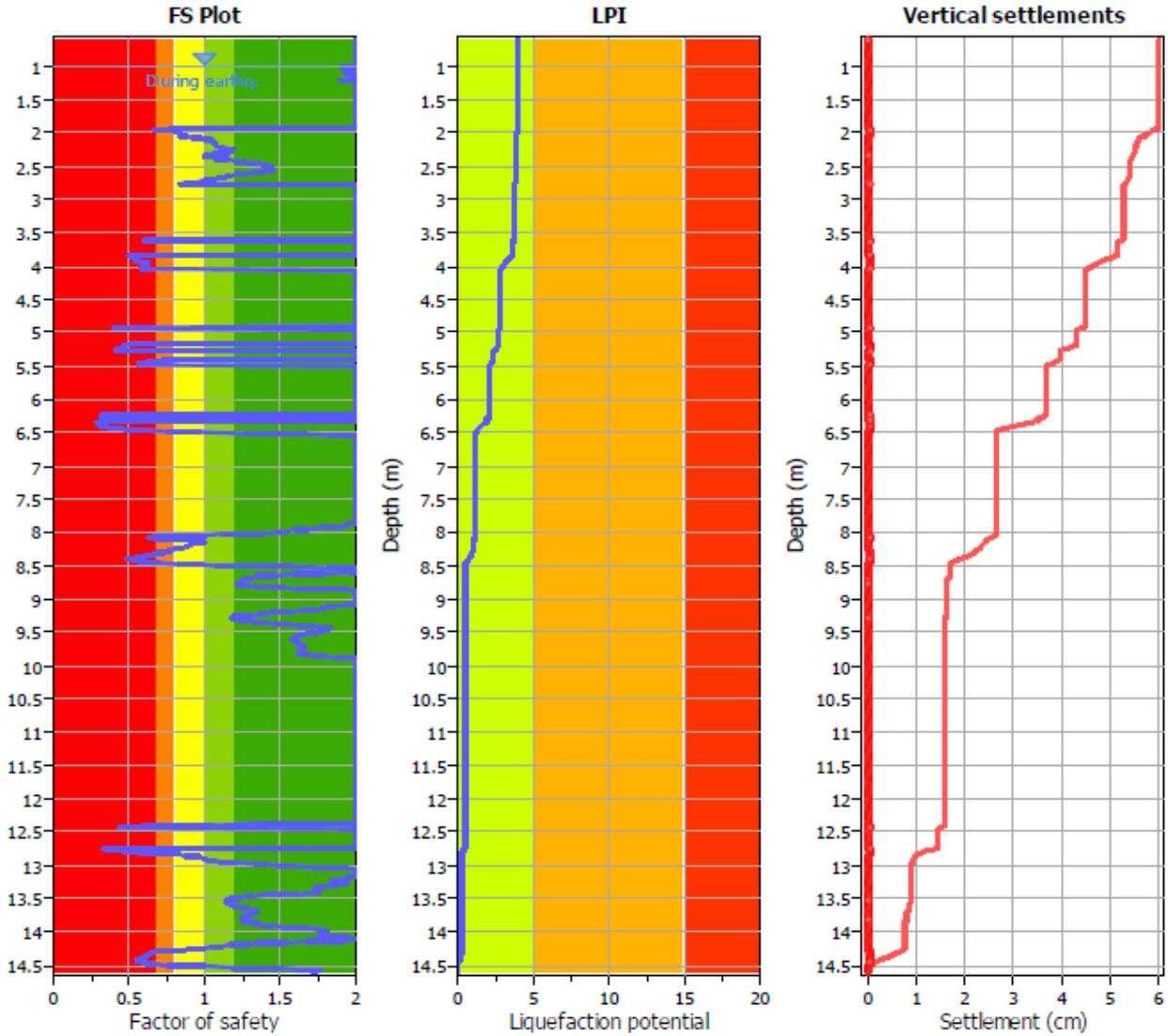
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

RIF. ALL. ANSELMI CPTU 1 SLD

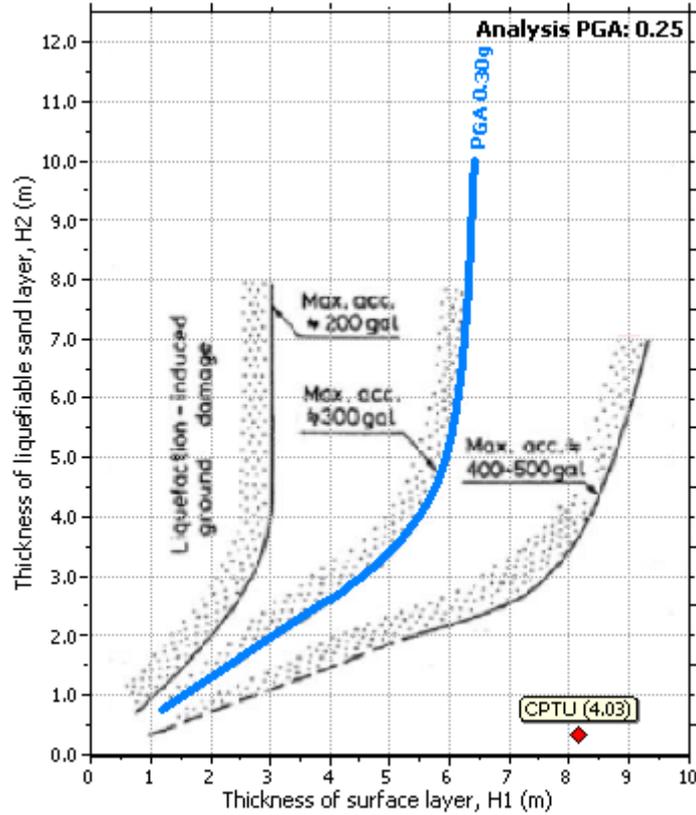


COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	

RIF. ALL. ANSELMI CPTU 1 SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16025	
		<b>LSC-201</b>	



**Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 4.03  
(da Ishihara, 1985)**