

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

Metanodotto

RIFACIMENTO METANODOTTO  
 RAVENNA MARE- RAVENNA TERRA  
 DN 650 (26") – DP 75 bar  
 E OPERE CONNESSE

## RELAZIONE DI PERICOLOSITA' SISMICA



0	15.12.17	Emissione	Polloni	Battisti	Luminari
Rev.	Data	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

## INDICE

<b>1</b>	<b>PREMESSA.....</b>	<b>4</b>
<b>2</b>	<b>LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA.....</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 .....	12
3.3	Modello geologico-sismico.....	13
<b>4</b>	<b>SISMICITA' DELL'AREA .....</b>	<b>18</b>
4.1.	Inquadramento sismico .....	18
4.2.	Magnitudo attesa .....	21
<b>5</b>	<b>ANALISI DEL RISCHIO SISMICO .....</b>	<b>27</b>
5.1.	Generalità .....	27
5.2.	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche .....	28
5.3.	Pericolosità sismica locale con metodo semplificato.....	29
<b>6</b>	<b>EFFETTI SISMOINDOTTI.....</b>	<b>34</b>
6.1.	Generalità .....	34
6.2.	Liquefazione.....	35
6.3.	Risultati delle analisi di liquefazione .....	37
6.4.	Scuotimento sismico.....	39
<b>7</b>	<b>CONCLUSIONI.....</b>	<b>41</b>

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<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.
	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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 tracciato del metanodotto Snam Rete Gas *Rifacimento Metanodotto Ravenna Mare - Ravenna Terra e Opere Connesse* che si sviluppa interamente nell'ambito del territorio del comune di Ravenna.

In particolare l'intervento comprende la realizzazione di due metanodotti di collegamento principali:

- Coll. Ravenna Mare – Ravenna Terra DN 650 (26") – DP 75 bar, L= 26.575 m
- Coll. Ravenna Terra – Enel Power Porto Corsini DN 500 (20") – DP 75 bar; L= 4.820 m

ai quali si aggiungono altri tratti di rifacimento di allacciamenti esistenti.

Con riferimento alle caratteristiche litostratigrafiche e al modello geologico del sito, descritte nel dettaglio nella specifica relazione geologica (v. Rel. LSC-200) e desunte -oltre che dai dati bibliografici, cartografici disponibili- dalle indagini geognostiche e geofisiche eseguite allo scopo, nella presente relazione si riferisce in merito alle caratteristiche sismiche di base e al sito delle aree attraversate dal tracciato.

Data la notevole lunghezza del tracciato in esame, la caratterizzazione sismica è stata effettuata in corrispondenza dei vari punti di indagine ritenuti rappresentativi dell'intero tracciato.

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 alla specifica relazione di Analisi dello scuotimento sismico (v. Rel. LSC-203).

Per lo sviluppo del presente studio ci si è basati in particolare sulla documentazione disponibile, specialmente quella contenuta nei piani POC, PSC e nello studio di Microzonazione sismica di II livello del comune di Ravenna, sui valori dei parametri sismici

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

forniti da NTC 2008, sui risultati di una estesa indagine geognostica comprensiva di 8 sondaggi e 17 prove CPT condotti da Beduschi Geotecnica, di un'indagine geofisica con 7 prove MASW condotta da Tecnogeofisica e da prove di laboratorio geotecnico presso il laboratorio Geomeccanico Orazi.

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*
- D.M. 14 Gennaio 2008: *Norme Tecniche per le costruzioni*

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle NTC*
- D.A.L. 112/2007 Regione Emilia Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica"
- DGR 2193/2015 Regione Emilia Romagna, "Indirizzi per gli studi di microzonazione sismica"
- P.O.C., Piano operativo Comune di Ravenna
- P.S.C., Piano Strutturale Comunale di Ravenna
- Studio di Microzonazione sismica di II livello del Comune di Ravenna.

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

## 2 LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DELL'OPERA

Il tracciato del metanodotto in oggetto ricade interamente nel territorio comunale di Ravenna e si snoda tutt'intorno alla città di Ravenna, a partire in prossimità della costa tra il Lido di Adriano e il Lido di Dante fino all'area industriale a NE della città, spingendosi anche con l'Allacciamento 2<sup>da</sup> Presa al limite sud della città presso l'inizio dei Fiumi Uniti (v. Fig. 2/A).

Esso ricade nel foglio IGM 89 Ravenna a scala 1:100.000 e nei fogli della cartografia tecnica della Regione Emilia Romagna a scala 1:10.000: 223102, 223113, 223134, 223141, 223142, 223143, 223162, 233112, 233113, 240021, 240031, 240032, 240033, 240034, 240041, 240043, 240044.



Figura 2/A – Corografia dell'area in studio

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

In figura 2/B è rappresentata l'immagine aerea con riportato il tracciato del metanodotto, tratta da Google Earth.



**Figura 2/B – Immagine aerea dell'area attraversata dal tracciato del metanodotto (tratta da Google Earth)**  
 (in rosso tracciato in progetto, in verde tratti da dismettere, in blu tracciati esistenti)

Le opere in progetto consistono nella realizzazione di una serie di metanodotti intorno alla città di Ravenna che hanno lo scopo di rilocalizzare in area non urbanizzata quelli attualmente esistenti, ed inoltre nella relativa messa fuori esercizio della condotta e degli impianti esistenti. I metanodotti in progetto, tutti ricadenti nel territorio del comune di Ravenna, sono i seguenti:

1. Coll. Ravenna Mare – Ravenna Terra DN 650 (26") – DP 75 bar; L= km 26+575
2. Rifac.to Allacc.to Comune di Ravenna 2° Pr. DN 200 (8") – DP 75 bar; L= km 3+070
3. Rifac.to Allacc.to Petroalma DN 100 (4") – DP 75 bar; L= km 0+535



PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

4. Rifac.to Allacc.to Cofar e Pineta DN 100 (4") – DP 75 bar; L= km 1+580
5. Rifac.to Allacc.to Alma Distribuzione DN 100 (4") – DP 75 bar; L= km 3+090
6. Ricoll.to Allacc.to Italfrutta DN 100 (4") – DP 75 bar; L= km 0+730
7. Coll. Ravenna Terra – Enel Power Porto Corsini DN 500 (20") – DP 75 bar; L= km 4+820

Completano gli interventi una serie di brevi rifacimenti di allacciamenti esistenti e alcuni impianti di linea localizzati lungo i tracciati.

La realizzazione dei nuovi metanodotti in progetto comporterà conseguentemente la messa fuori esercizio dei rispettivi tratti di tubazioni/impianti esistenti per i quali è prevista la rimozione/intasamento.

I metanodotti in progetto sono costituiti da tubazioni in acciaio di vario diametro 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).

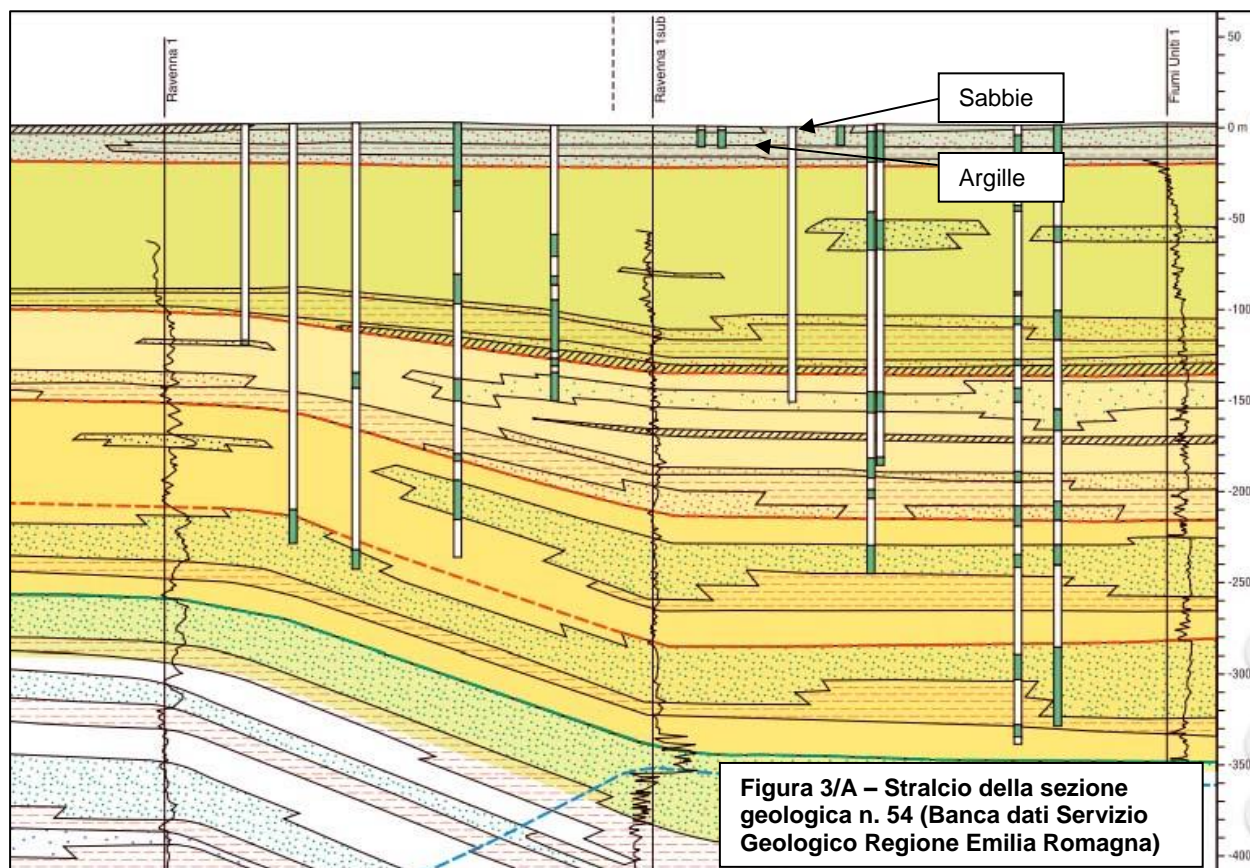
Completano l'opera in progetto alcuni impianti di linea collegati alla tubazione del metanodotto che hanno lo scopo di sezionare la linea, intercettare e permettere la derivazione (PIDI: *punto di intercettazione e derivazione importante*; PIL *punto di intercettazione di linea*). Essi sono costituiti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

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### 3 MODELLO GEOLOGICO-SISMICO DELL'AREA

#### 3.1 Inquadramento fisico dell'area

L'area in cui si snoda il tracciato del metanodotto in oggetto appartiene al settore romagnolo del Bacino Sedimentario Padano, formato da una successione ciclica di depositi marini, deltizi, lagunari, palustri ed alluvionali di età pliocenico-quadernaria, che poggia su di un substrato con una complessa configurazione a pieghe. La base dei sedimenti pliocenici in zona si situa ad una profondità di 3500-4000 m.



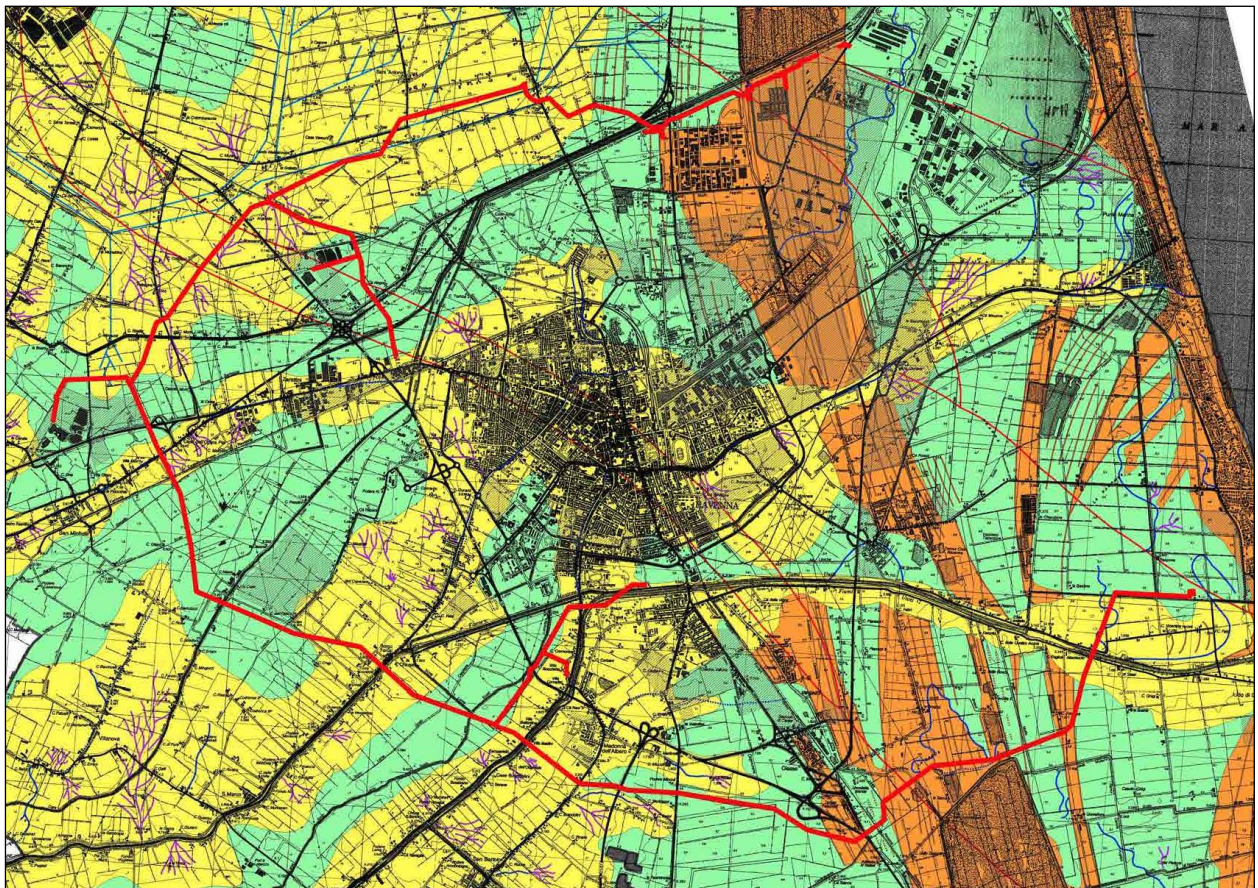
Il quadro stratigrafico dei depositi quaternari, desunto dallo studio Regione&ENIAGIP, è riportato nello stralcio della sezione 54 della Regione (v. Fig 3/A). Da esso si evidenzia come gli spessori dei sedimenti quaternari hanno una potenza superiore a 500 m e, a causa della pluralità degli ambienti deposizionali, i sedimenti presentano un'elevata variabilità litologica degli strati costituiti da sabbie, limi e argille e da miscele di tali litotipi.

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

In particolare le coperture recenti appartengono all'unità AES8 con sabbie nella porzione più superficiale e argille sottostanti.

Per quanto attiene più in particolare l'area attraversata dal metanodotto, i terreni presenti appartengono alla Unità di Modena (AES8a), che comprende sabbie, argille e limi di ambiente alluvionale, deltizio e litorale, organizzati in corpi sedimentari lenticolari, nastriformi e tabulari variamente interdigitali e con elevata variabilità laterale e verticale.

Nella figura di seguito allegata, tratta dal Piano Strutturale Comunale, (Fig. 3/B), sono rappresentate le litologie di superficie presenti lungo il tracciato del metanodotto. Come si può osservare esse sono in parte di natura sabbiosa e in parte di natura limo-argillosa.



**Figura 3/B – Stralcio della carta Geomorfologica e Geologica, tratta da POC, 6.I 4.2**

(verde: argille limose/sabbiose; giallo: sabbie limose/limo sabbioso; arancio sabbie/sabbie limose)

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### 3.2 Indagini eseguite

Al fine di ricostruire il modello geologico dell'area interessata dai lavori in oggetto fino a profondità significative dell'ordine di 20-30 m, oltre ai dati disponibili nella banca dati regionale e comunale, è stata condotta una campagna geognostica con l'esecuzione di sondaggi a carotaggio continuo, prove penetrometriche statiche continue (CPTU) e prove geofisiche MASW le quali hanno permesso di ricavare i dati necessari per la caratterizzazione del comportamento sismico dei terreni presenti.

Le indagini svolte, ubicate come in figura 5, sono in particolare le seguenti:

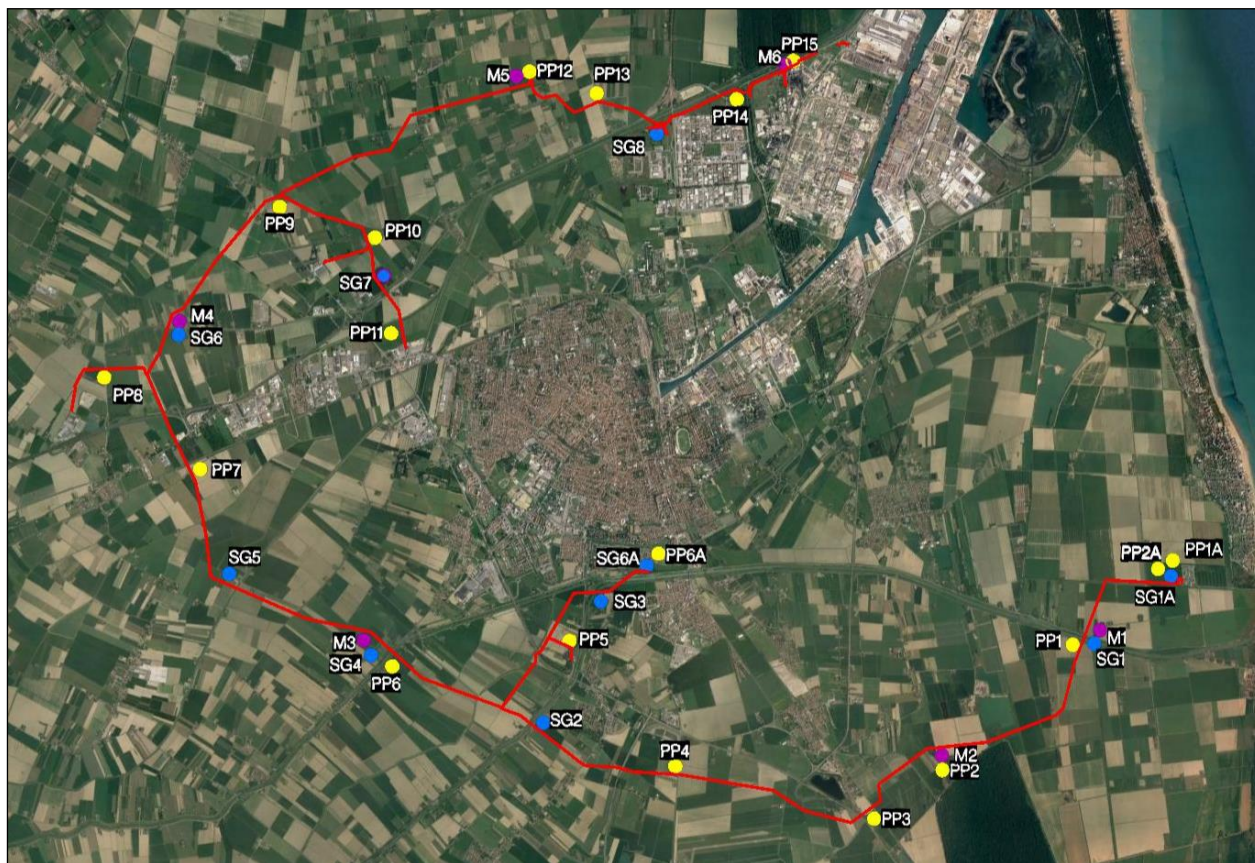
- 8 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità di 25 m con prove in situ e prelievo di campioni di terreno
- 15 prove penetrometriche statiche CPTU spinte fino alla profondità di 20 m o comunque fino a rifiuto
- 7 prove geofisiche MASW finalizzate alla misura della velocità delle onde S alle varie profondità e pertanto a definire la categoria di suolo in accordo con le NTC 2008.

Si fatto inoltre riferimento alle indagini eseguite nel 2015 sempre da Snam Rete Gas per lo studio preliminare di un tracciato alternativo e ricadenti lungo il metanodotto in oggetto, e precisamente:

- 2 sondaggi geognostici spinti fino a 20 m
- 3 prove penetrometriche CPT profonde fino a 20-30 m.

I risultati di tali indagini con le stratigrafie dei sondaggi e quelle derivate dalle interpretazioni delle prove CPTU sono riportati nel dettaglio nella Relazione Geologica e relativi allegati cui si rimanda (v. Rel. LSC-200).

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	



**Fig. 3/C – Localizzazione delle indagini svolte**

(Azzurro: sondaggi; giallo: prove penetrometriche; viola: prove MASW)

### 3.3 Modello geologico-sismico

La situazione stratigrafica emersa dalle indagini geognostiche effettuate ha evidenziato sempre la presenza di litologie costituita da terreni alluvionali, che comprendono sabbie delle dune litorali e dei depositi fluviali, sabbie limose e limi sabbiosi dei depositi interfluviali e argille spesso limose di ambiente paludoso.

In relazione al tracciato, seppur con le difficoltà di definire precisi limiti, si possono distinguere due tratti interessati principalmente da depositi sabbiosi di duna: il primo all'incirca dall'attraversamento dei Fiumi Uniti all'attraversamento della SS 16 a Classe, l'altro invece nel tratto finale del tracciato dall'attraversamento del canale La Canala in poi.

Nel tratto occidentale del tracciato, dal F. Ronco all'attraversamento della linea ferroviaria Castelbolognese-Ravenna, i terreni risultano prevalentemente fini, soprattutto limo-argillosi.

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

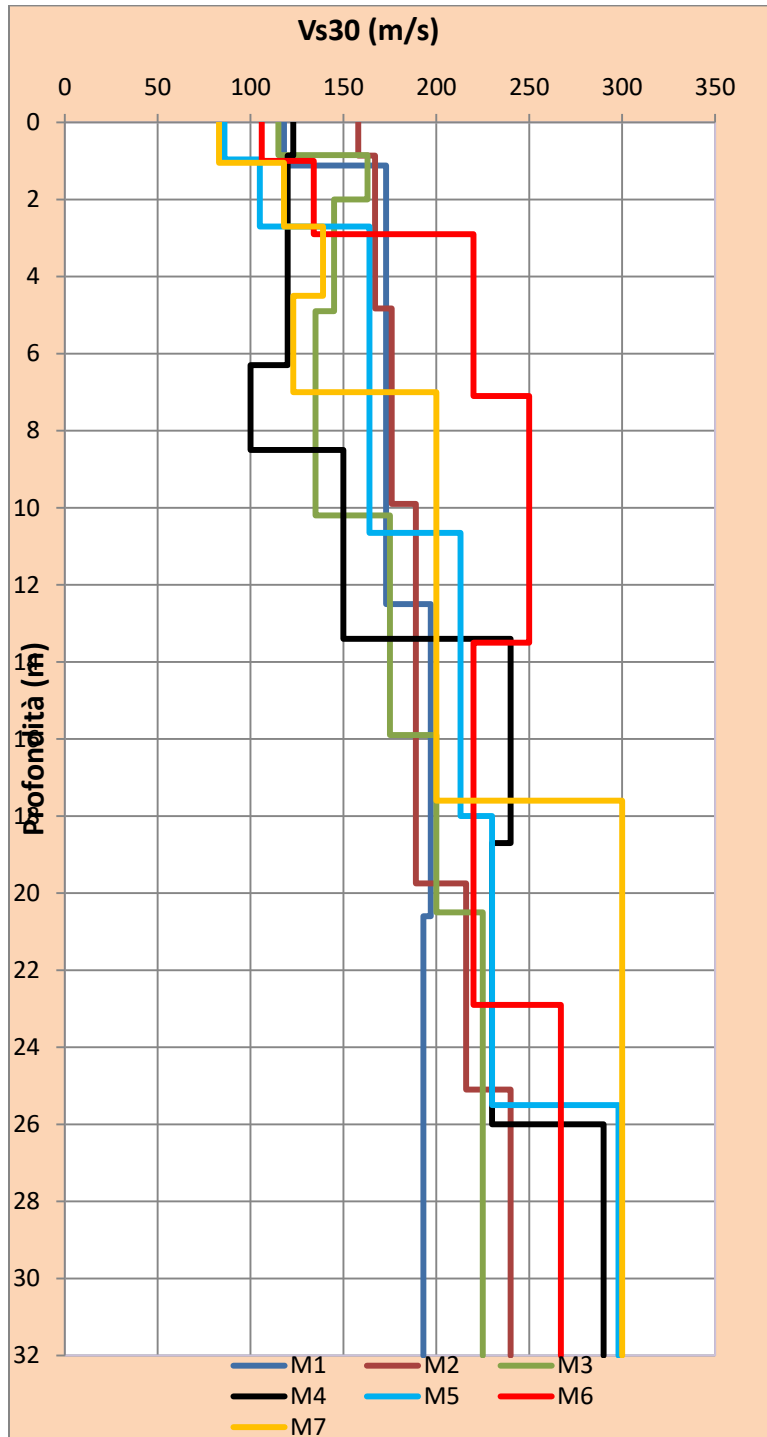
Le prove MASW hanno confermato questa tendenza mostrando velocità: dello strato superficiale dell'ordine dei 100-200 m/s, della zona con materiale fine dell'ordine di 200-300 m/s, dei tratti sabbio-ghiaiosi superiori a 300 m/s per arrivare fino a 600 m/s nella zona con ghiaia sabbiosa addensata, presente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

Come si vede dalla figura 3/D, dove sono rappresentate le curve di tutte le 7 prove eseguite, e dalla figura 3/E che riporta le singole curve, l'eterogeneità verticale e laterale dei terreni presenti nonché il differente stato di addensamento/consistenza si riflette anche nella variabilità delle velocità delle onde di taglio che in linea generale però mostrano valori medi su di uno spessore di 30 m in un range abbastanza ristretto da 181 a 234 m/s, permettendo di classificare tutti i terreni nell'ambito della classe di suolo C, secondo la classificazione NTC 2008.

Prova	$V_{s30}$ (m/s)	Categoria di sottosuolo
MASW 1	188	C
MASW 2	198	C
MASW 3	181	C
MASW 4	182	C
MASW 5	208	C
MASW 6	234	C
MASW 7	214	C

**Tabella 3/A - 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/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	



$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_{S_i}}}$$

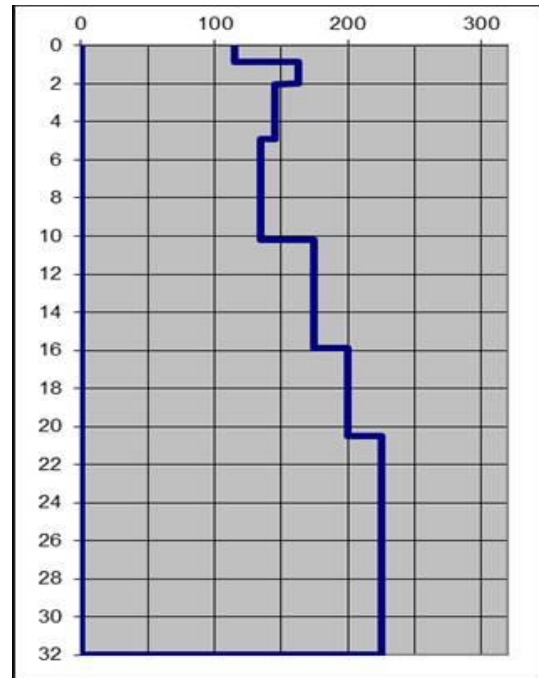
MASW 1	$V_{S30} = 188 \text{ m/s}$
MASW 2	$V_{S30} = 198 \text{ m/s}$
MASW 3	$V_{S30} = 181 \text{ m/s}$
MASW 4	$V_{S30} = 182 \text{ m/s}$
MASW 5	$V_{S30} = 208 \text{ m/s}$
MASW 6	$V_{S30} = 234 \text{ m/s}$
MASW 7	$V_{S30} = 214 \text{ m/s}$

Figura 3/D - Prove MASW: grafico delle velocità Vs in funzione della profondità

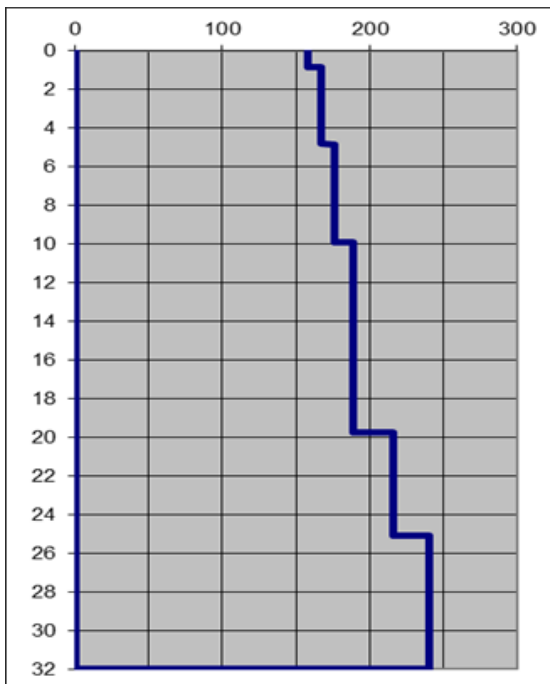
PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	



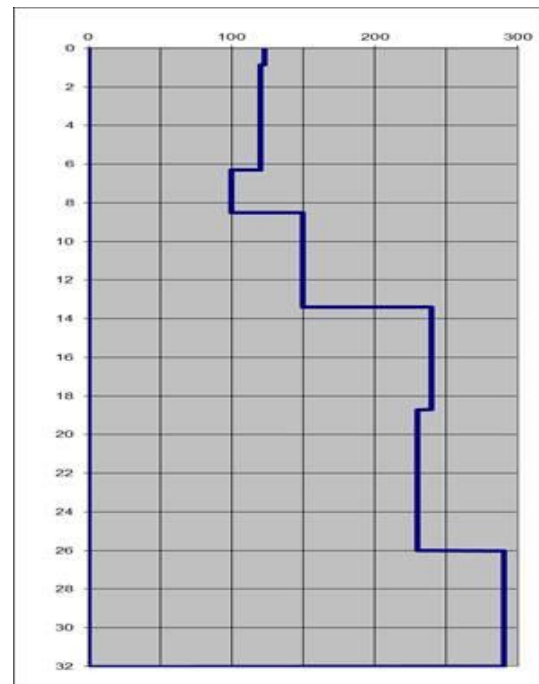
MASW 1 -  $V_{S30}= 188$  m/s Cat. C



MASW 3 -  $V_{S30}= 181$  m/s Cat. C



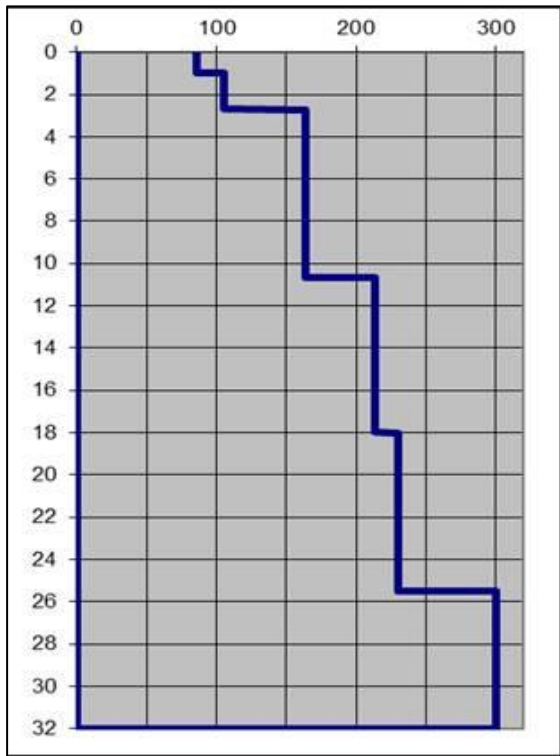
MASW 2 -  $V_{S30}= 198$  m/s Cat. C



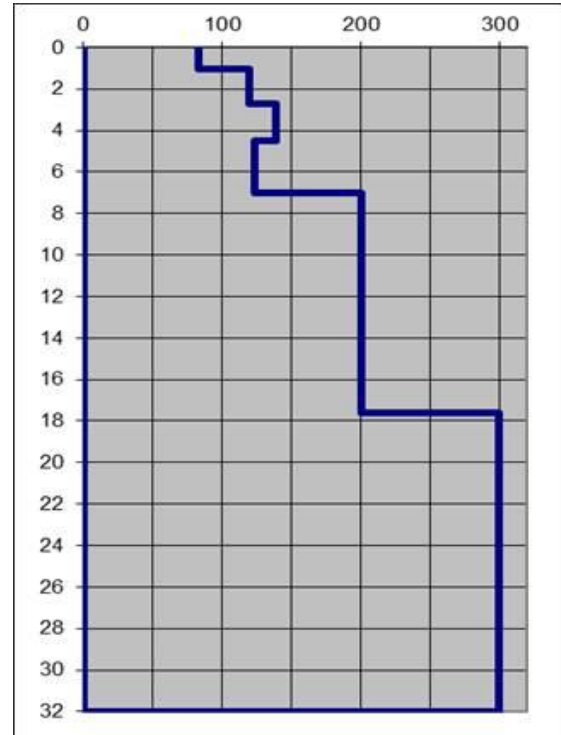
MASW 4 -  $V_{S30}= 182$  m/s Cat. C



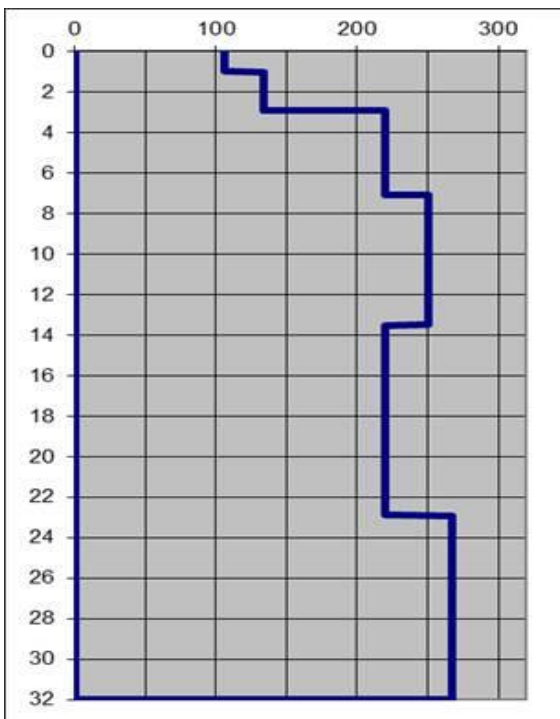
PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	



MASW 5 -  $V_{S30} = 208$  m/s Cat. C



MASW 7 -  $V_{S30} = 214$  m/s CAT C



MASW 6 -  $V_{S30} = 234$  m/s CAT C

Figura 3/E - 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/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

## 4 SISMICITA' DELL'AREA

### 4.1. Inquadramento sismico

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.

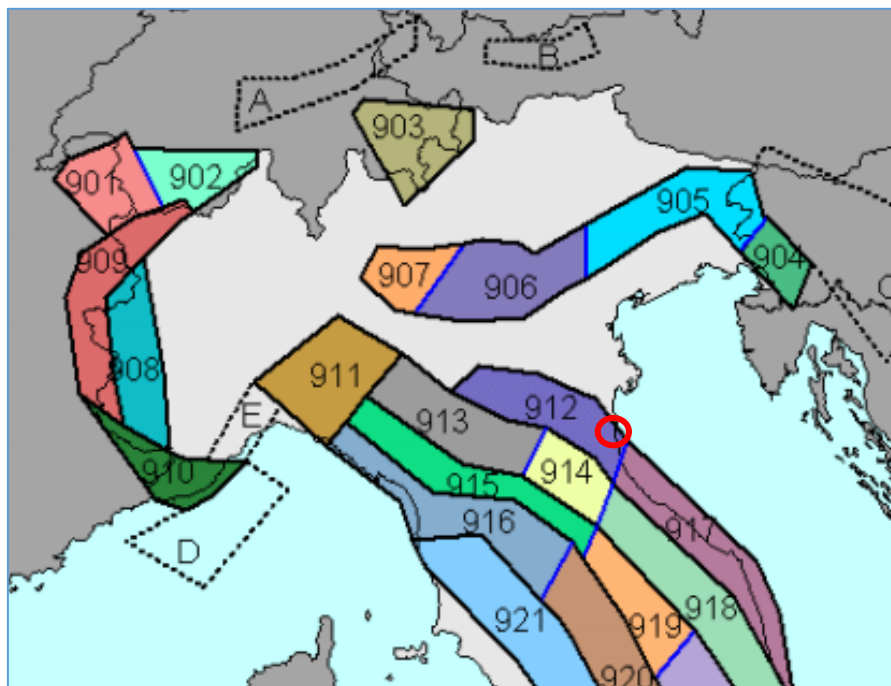
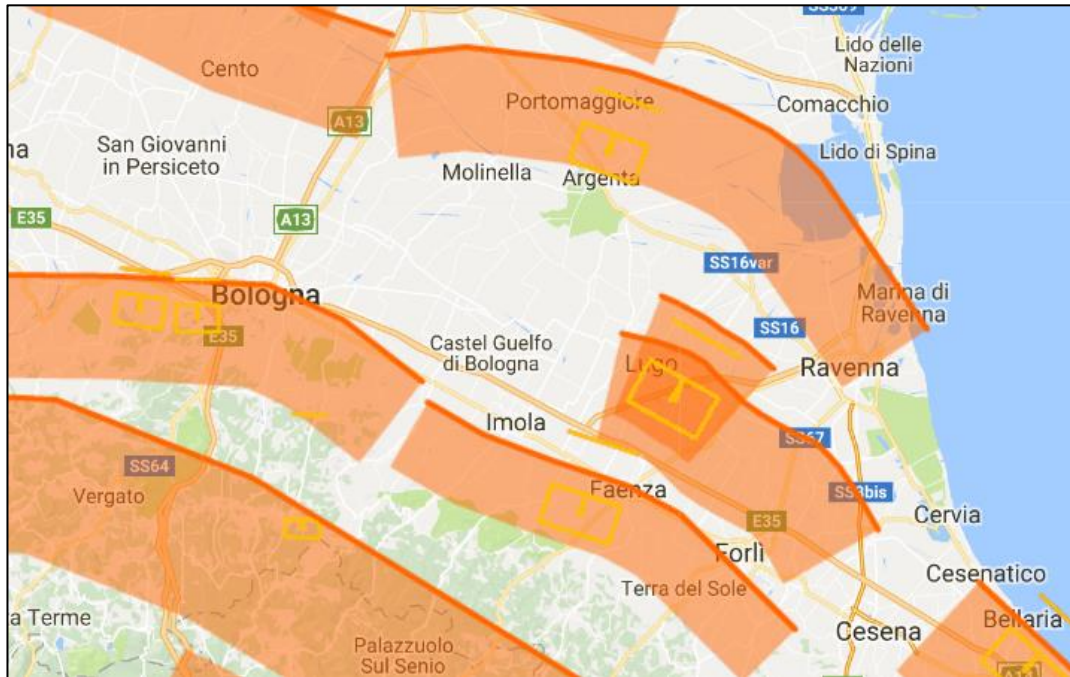


Figura 4/A– Zone sismogenetiche d'Italia (zonazione ZS9, da INGV). Stralcio nord Italia

In base alla zonazione sismica ZS9 operata da INGV, il tracciato in esame all'estremo meridionale della zona sismogenetica 912, presso il confine con la zona 917 (v. Fig. 4/A).

La figura seguente (v. Fig.4/B) riporta lo stralcio della mappa delle sorgenti sismogenetiche individuali in cui sono rappresentate le faglie attive e capaci che nella zona di interesse sono localizzate a Ovest (struttura ITCS011: Bordano-Guarniera) e a Nord Est (struttura ITCS012: Malalbergo-Ravenna Ovest), entrambe tuttavia distanti dalla città di Ravenna alcuni km.

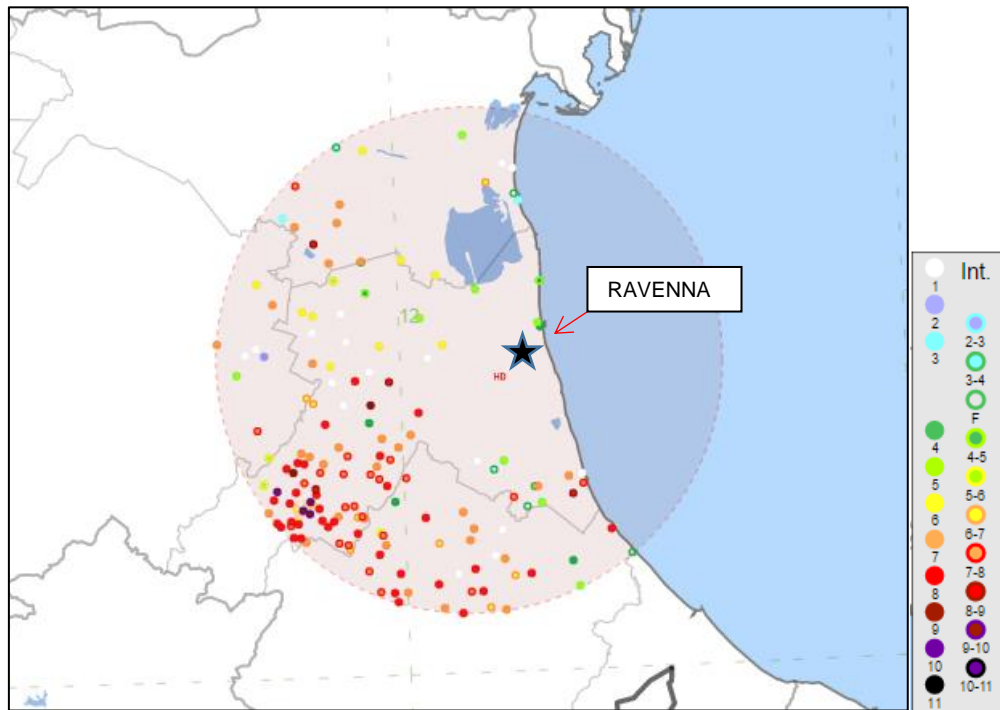
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	



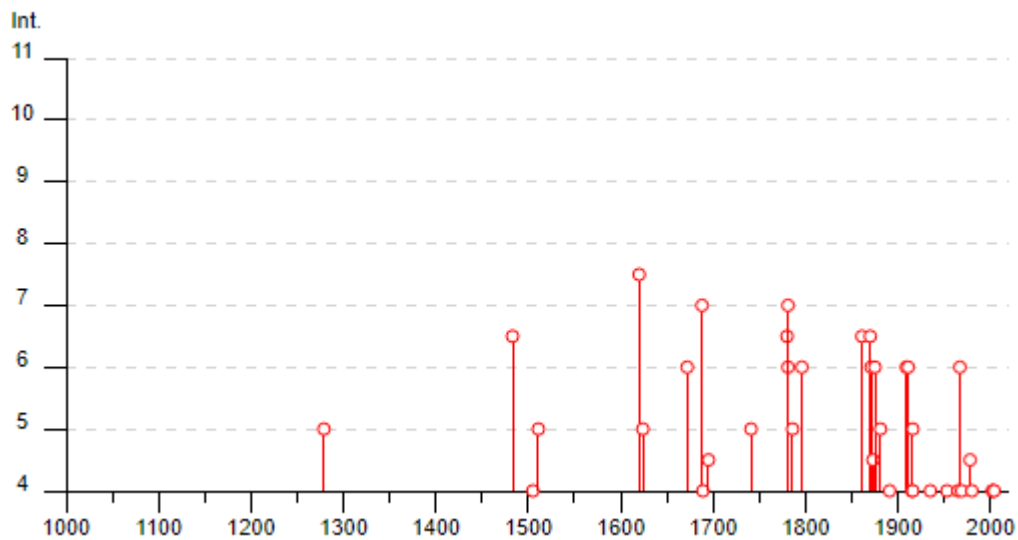
**Figura 4/B - Mappa delle fonti sismogenetiche  
(da INGV, DISS 3, Database of Individual Seimogenetic souces)**

Come si vede dall'immagine in Fig. 4/C il territorio della città di Ravenna non è stato interessato da numerosi epicentri sismici, che viceversa sono più densi nella zona appenninica a SW della città. Nel territorio comunale si sono avuti risentimenti dei sismi accaduti nei dintorni fino a intensità macrosismiche di 7-7.5 (v. Fig. 4/D).

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	



**Figura 4/C – Localizzazione dei terremoti nell’ intorno dell’ area di interesse e relativa intensità macrosismica**  
 Da database macrosismico dei terremoti italiani di INGV, DBMI 15



**Figura 4/D – Intensità macrosismiche dei terremoti risentiti a Ravenna nell’ultimo millennio**  
 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/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

#### 4.2. Magnitudo attesa

In analogia con quanto eseguito nell'ambito dello studio di Microzonazione sismica di II livello eseguito dal Comune di Ravenna, la stima della magnitudo attesa è stata eseguita con il metodo della disaggregazione di  $a(g)$  delle mappe di pericolosità sismica dell'INGV che permette di valutare la combinazione magnitudo-distanza epicentrale più probabile per un dato tempo di ritorno.

Tuttavia, mentre il suddetto studio si è riferito ad un tempo di ritorno  $T_r$  di 475 anni (10% di superamento in 50 anni), per le verifiche delle opere in progetto si è adottata una condizione più severa, cioè  $T_r = 949$  anni (5% di superamento in 50 anni).

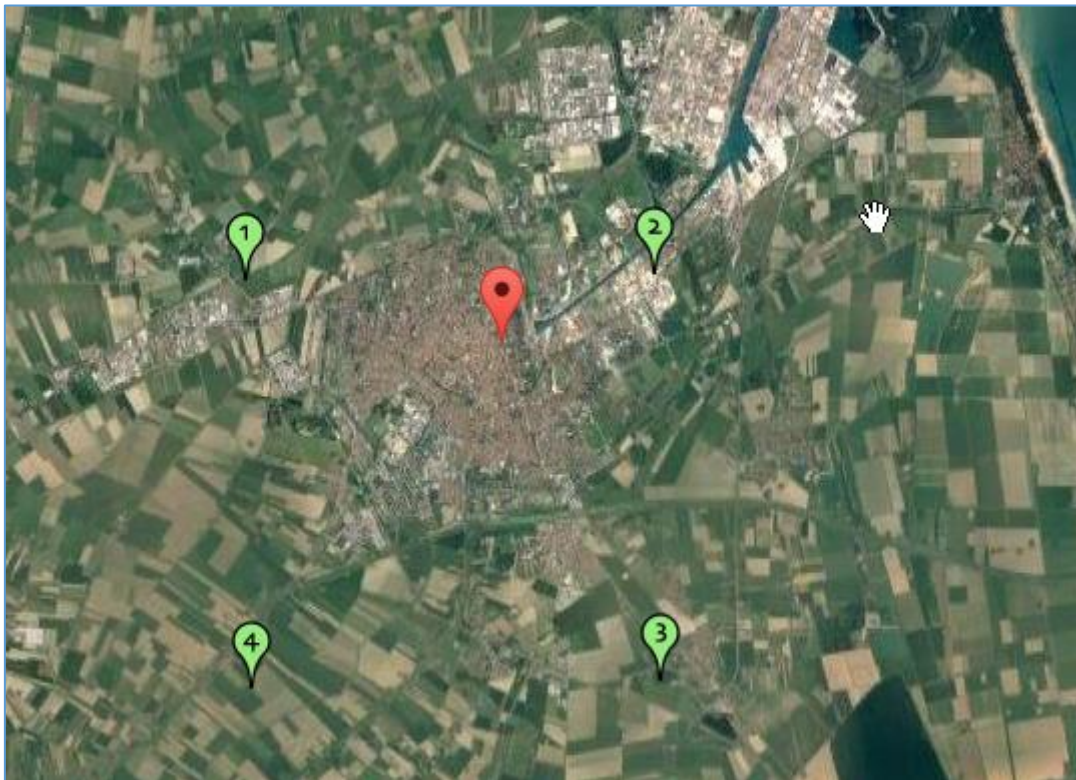
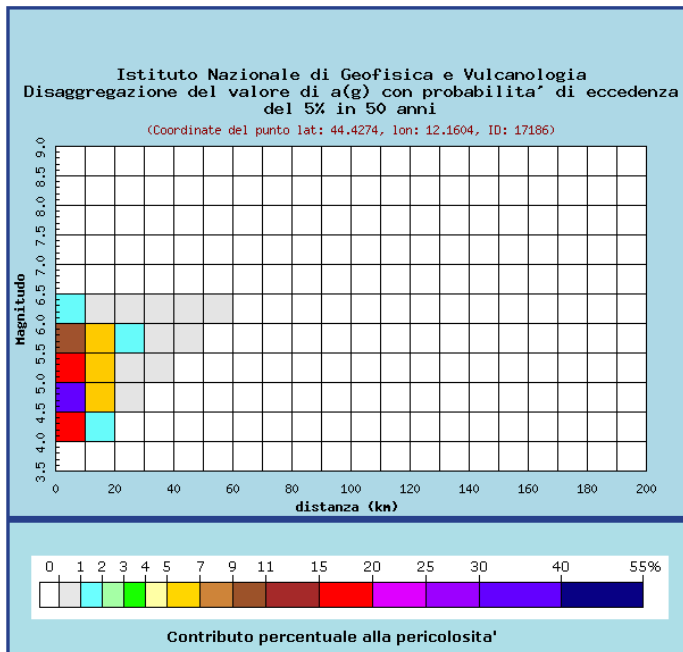


Figura 4/E – Localizzazione dei punti di griglia intorno alla città di Ravenna

E' stata eseguita la disaggregazione calcolando i relativi valori di magnitudo e distanza epicentrale relativamente ai 4 punti griglia all'interno della quale ricade la città di Ravenna, ritenendoli rappresentativi per tutta l'area interessata dal tracciato (v. Fig. 4/E).

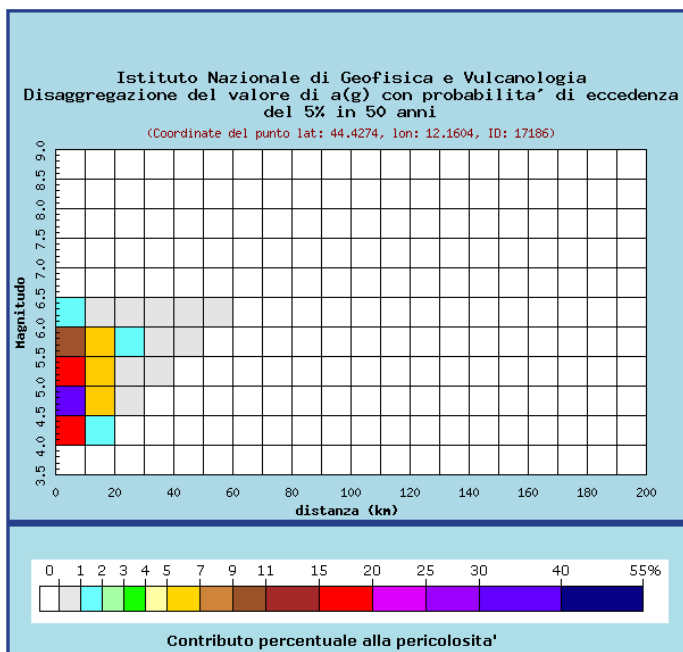
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

I grafici, riportati nelle seguenti Figg. 4/F – 4/I, sono stati desunti dalle Mappe Interattive di Pericolosità Sismica dell'INGV, relativamente ai punti griglia 1-4 intorno alla città. Le relative tabelle numeriche non sono qui riportate, ma possono essere consultate on line nel sito INGV.



**Figura 4/F – Disaggregazione punto 1**

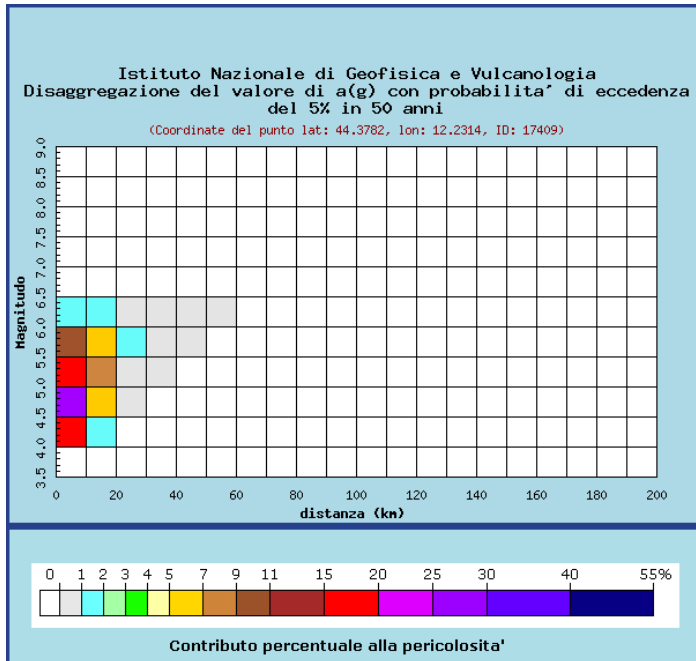
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.020	7.470	0.927



**Figura 4/G – Disaggregazione punto 2**

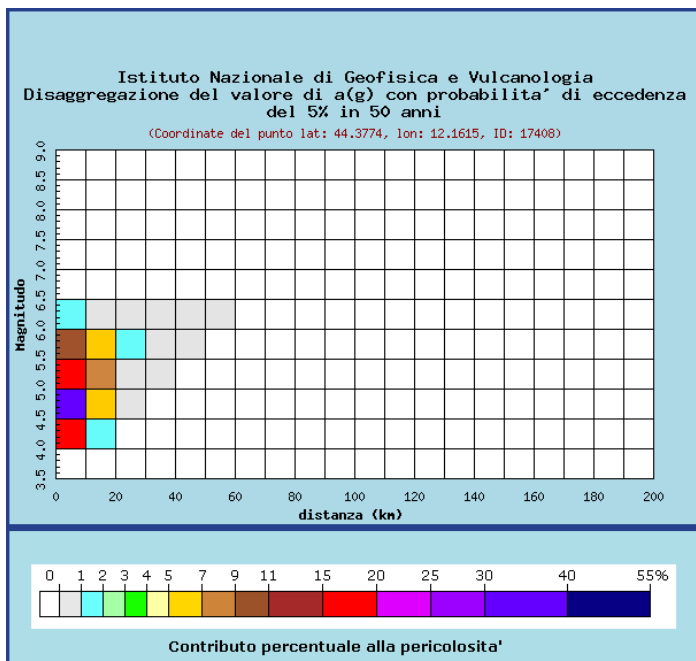
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.010	7.480	0.880

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	



**Figura 4/H – Disaggregazione punto 3**

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.030	7.550	0.948



**Figura 4/I – Disaggregazione punto 4**

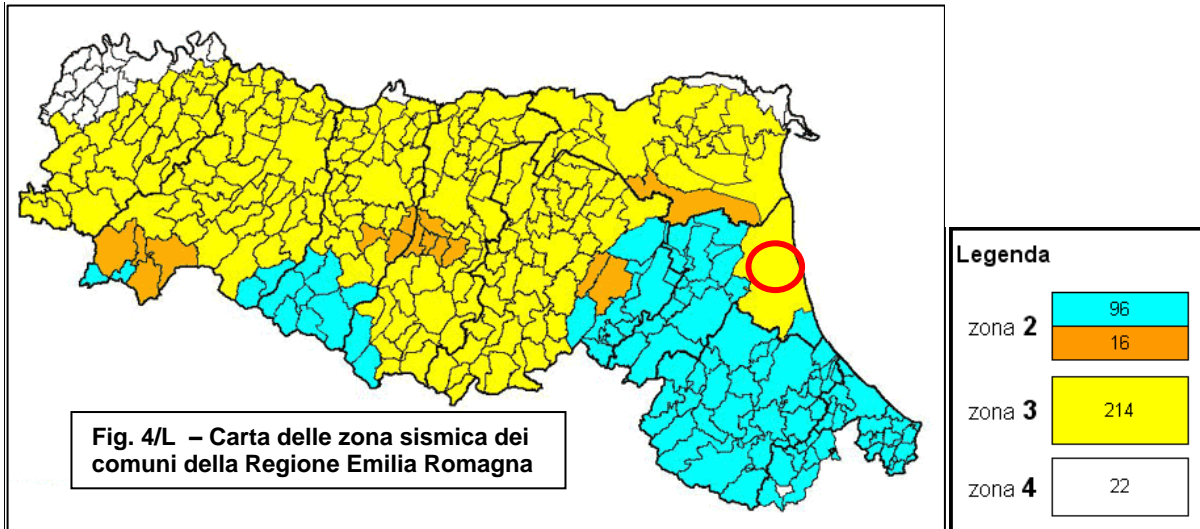
Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.030	7.410	0.980

Come appare dalle figure sopra riportate, le magnitudo attese per un tempo di ritorno di 949 anni sono omogenee per i 4 punti del grigliato intorno a Ravenna con valori di 5.01÷5.03 cui corrispondono distanze epicentrali di 7.4÷7.5 km.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

#### 4.2 Pericolosità sismica di base

Il tracciato ricade interamente nell'ambito del territorio del comune di Ravenna, classificato, ai sensi della PCM 3274/ 2003, in zona sismica 3. (v. Fig. 14/L).



In base alla zonazione INGV “Pericolosità sismica del territorio nazionale” (PCM 28/04/2006 n. 3519) il tracciato cade in aree con  $a_g = 0.150 \div 0.175$  g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, cioè tempo di ritorno 475 anni e con  $a_g = 0.200 \div 0.225$  g con probabilità di superamento del 5% in 50 anni, cioè tempo di ritorno 949 anni (v. Fig. 4/M). Nell’area del comune si nota una generale diminuzione dei valori procedendo da SW a NW, cioè allontanandosi dall’Appennino.



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

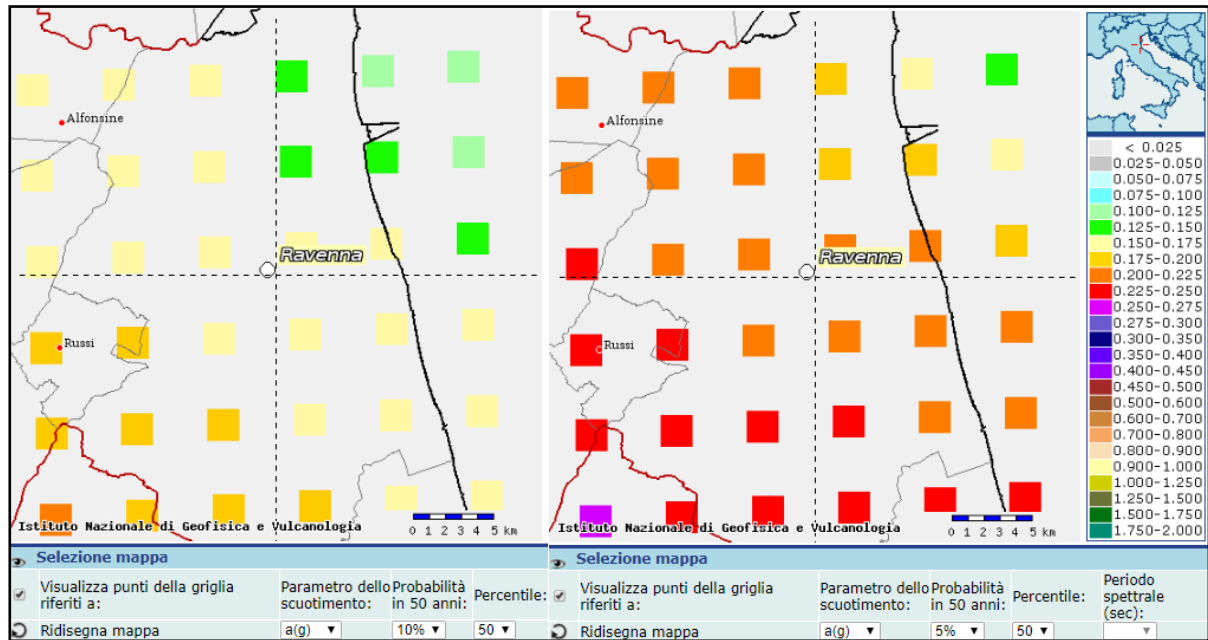


Figura 4/M– Carta di pericolosità sismica (INGV): a sinistra  $T_r = 475$  anni, a destra  $T_r = 949$  anni

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:  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c$ .

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  $a_g$ ,  $F_o$ ,  $T_c^*$  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

$F_o$ = 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.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

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 il territorio comunale di Ravenna, che, seppur ricadente interamente in zona 3, presenta valori dei parametri sismici leggermente diversi, in genere con valore di  $a_g$  decrescenti andando dall'entroterra verso la costa. Si sono calcolati pertanto i valori relativi a varie localizzazioni corrispondenti ai punti dove sono state eseguite le prove penetrometriche, ciò per maggior precisione ai fini del successivo calcolo di rischio di liquefazione basato per l'appunto sui dati ottenuto da tali prove. I calcoli sono stati condotti per i due tempi di ritorno relativi agli stati limite considerati: SLD e SLV, come meglio di seguito specificato.

CPTU	Tr= 101 anni			Tr= 949 anni		
	$a_g$	Fo	T <sub>c</sub>	$a_g$	Fo	T <sub>c</sub>
CPTU 1	0.080	2.482	0.285	0.208	2.502	0.285
CPTU 2	0.085	2.469	0.285	0.215	2.493	0.287
CPTU 3	0.085	2.465	0.285	0.216	2.492	0.287
CPTU 4	0.087	2.450	0.286	0.22	2.478	0.288
CPTU 5	0.084	2.460	0.285	0.215	2.491	0.286
CPTU 6	0.086	2.447	0.286	0.218	2.483	0.287
CPTU 7	0.087	2.451	0.286	0.221	2.475	0.288
CPTU 8	0.087	2.450	0.286	0.221	2.476	0.288
CPTU 9	0.083	2.469	0.284	0.212	2.504	0.285
CPTU 10	0.083	2.474	0.284	0.212	2.505	0.285
CPTU 11	0.083	2.479	0.284	0.213	2.502	0.285
CPTU 12	0.079	2.475	0.284	0.205	2.517	0.284
CPTU 13	0.079	2.455	0.284	0.205	2.517	0.284
CPTU 14	0.078	2.474	0.284	0.203	2.52	0.284
CPTU 15	0.075	2.475	0.286	0.197	2.525	0.283
CPTU 1A	0.078	2.485	0.286	0.202	2.511	0.285
CPTU 2A	0.078	2.485	0.286	0.202	2.511	0.285
CPTU 6A	0.084	2.464	0.285	0.214	2.494	0.286

**Tabella 4/A– Valori dei parametri sismici caratteristici per Tr= 101 anni e Tr= 949 anni**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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, sabbiosa e limo-argillosa.

La definizione della categoria di sottosuolo, in ottemperanza con quanto stabilito dalle NTC 2008 in Tab. 3.2.II (v. Tab. 5/A), 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 totalità in suoli di categoria C.

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 5/A - 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>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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 e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica

Categoria di sottosuolo	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/08283 NR/17135	
		<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/B – 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 5/C- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento  $V_R$**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

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 come stabilito dalle NTC 2008..

Con tale assunzione l'azione sismica al sito è caratterizzata dai seguenti parametri (v. Tab. 5/D).

PROVA	Latitudine N	Longitudine E	Cat. Suolo	Tr= 101		Tr= 949	
				Fa (SLD)	PGA SLD	Fa (SLV)	PGA SLV
CPTU 1	44.38126	12.28888	C	1.500	0.120	1.388	0.289
CPTU 2	44.37664	12.25936	C	1.500	0.128	1.378	0.296
CPTU 3	44.36857	12.24721	C	1.500	0.128	1.377	0.297
CPTU 4	44.37359	12.21475	C	1.500	0.131	1.373	0.302
CPTU 5	44.38899	12.19568	C	1.500	0.126	1.379	0.296
CPTU 6	44.38591	12.16399	C	1.500	0.129	1.375	0.300
CPTU 7	44.40806	12.12739	C	1.500	0.131	1.372	0.303
CPTU 8	44.42060	12.11193	C	1.500	0.131	1.372	0.303
CPTU 9	44.44273	12.14060	C	1.500	0.125	1.381	0.293
CPTU 10	44.43738	12.15694	C	1.500	0.125	1.381	0.293
CPTU 11	44.42639	12.16444	C	1.500	0.125	1.380	0.294
CPTU 12	44.45999	12.18364	C	1.500	0.119	1.390	0.285
CPTU 13	44.45623	12.19631	C	1.500	0.119	1.390	0.285
CPTU 14	44.45848	12.22139	C	1.500	0.117	1.393	0.283
CPTU 15	44.46141	12.22947	C	1.500	0.113	1.402	0.276
CPT 1A	44.39862	12.30015	C	1.500	0.117	1.396	0.282
CPT 2A	44.39862	12.30015	C	1.500	0.117	1.396	0.282
CPT 6A	44.39788	12.20829	C	1.500	0.126	1.380	0.295

**Tabella 5/D – Valori dei parametri sismici caratteristici al sito per gli stati limite SLD e SLV**

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 :

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

I fattori di amplificazione ottenuti tramite l'approccio semplificato in accordo con le NTC 2008 risultano  $F_a = 1.5$  per  $T_r = 101$  anni e  $F_a = 1.37 - 1.40$  per  $T_r = 949$  anni.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

Tali valori sono ulteriormente più cautelativi rispetto a quelli forniti dalla Regione Emilia Romagna che sono  $F_a = 1.3$  per ogni classe di  $V_s$  (v. Tab. 5/E).

$V_{s30}(m/s) \rightarrow$	150	200	250	300	350	400
F.A. PGA	1.3	1.3	1.3			
F.A. SI1	1.5	1.5	1.5			
F.A. SI2	2.3	2.3	2.2			
F.A. SI3	2.6	2.6	2.4			

**Tab. 5/E – Tabella dei fattori di amplificazione per Pianura 3**  
(da DGR 2193/2015)

Come si può notare da Tab. 5 i valori di PGA sono abbastanza allineati, sia per lo stato limite SLD che SLV, con uno scarto tra minimo e massimo dell'ordine del 10%. I più elevati si hanno nella parte sud-occidentale del tracciato dove per lo stato limite SLD si raggiunge 0.131 g e per lo stato limite SLV 0.303 g.

Sono stati calcolati in corrispondenza dei siti a maggior PGA gli spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale per entrambi gli stati limite, utilizzando un fattore di struttura  $q_0=1.5$  e smorzamento  $\xi=5\%$  e  $\eta=1$  (v. Appendice 1). Per lo stato limite SLV, trattandosi di struttura interrata, è stato considerato uno spettro di progetto inelastico.

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:

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

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



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

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

$a_{max}$  accelerazione orizzontale massima attesa al sito;  
 $g$  accelerazione di gravità.

Dalle elaborazioni i risultati vengono rappresentati in tabella 5/F.

CPTU	SLD			SLV		
	PGA	$K_h$	$K_v$	PGA	$K_h$	$K_v$
CPTU 1	0.120	0.029	0.014	0.289	0.081	0.040
CPTU 2	0.128	0.031	0.015	0.296	0.083	0.041
CPTU 3	0.128	0.031	0.015	0.297	0.083	0.042
CPTU 4	0.131	0.031	0.016	0.302	0.085	0.042
CPTU 5	0.126	0.030	0.015	0.296	0.083	0.041
CPTU 6	0.129	0.031	0.015	0.300	0.084	0.042
CPTU 7	0.131	0.031	0.016	0.303	0.085	0.042
CPTU 8	0.131	0.031	0.016	0.303	0.085	0.042
CPTU 9	0.125	0.030	0.015	0.293	0.082	0.041
CPTU 10	0.125	0.030	0.015	0.293	0.082	0.041
CPTU 11	0.125	0.030	0.015	0.294	0.082	0.041
CPTU 12	0.119	0.028	0.014	0.285	0.080	0.040
CPTU 13	0.119	0.028	0.014	0.285	0.080	0.040
CPTU 14	0.117	0.028	0.014	0.283	0.079	0.040
CPTU 15	0.113	0.027	0.014	0.276	0.077	0.039
CPTU 1A	0.117	0.028	0.014	0.282	0.079	0.039
CPTU 2A	0.117	0.028	0.014	0.282	0.079	0.039
CPTU 6A	0.126	0.030	0.015	0.295	0.083	0.041

**Tabella 5/F – 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/08283 NR/17135	
		<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.

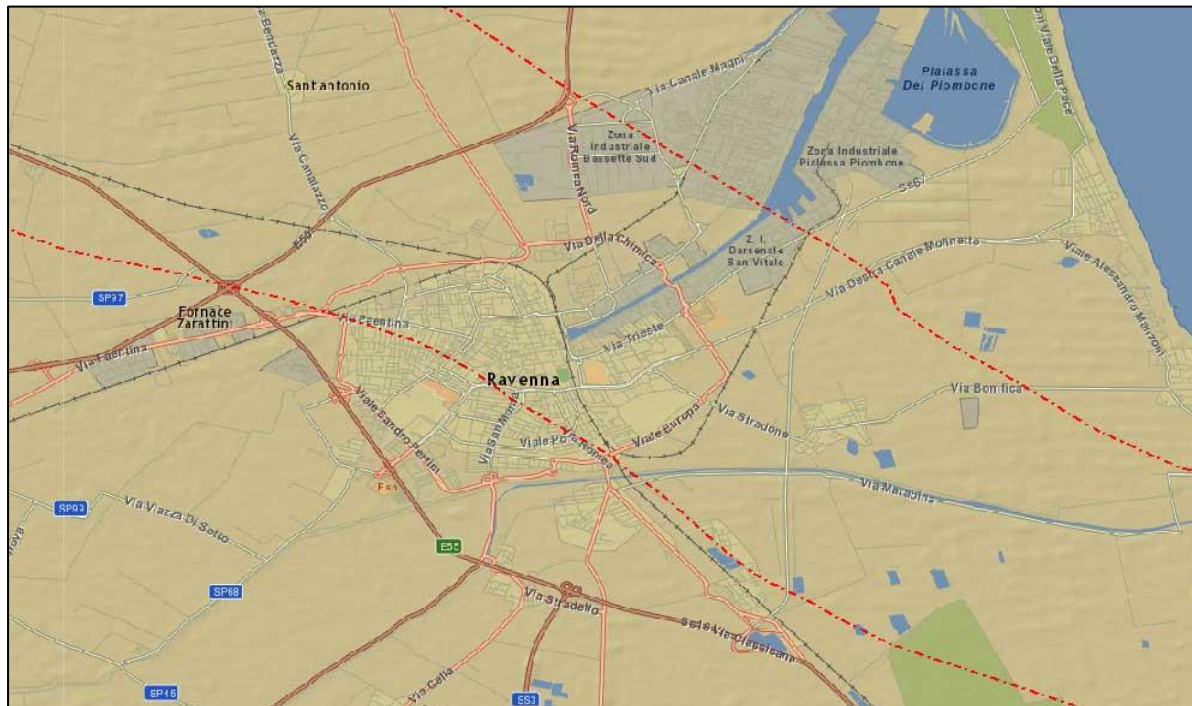


Figura 6/A – Carta delle faglie attive (Progetto Ithaca, SGI)

In relazione all'area in oggetto si osserva che, essendo del tutto pianeggiante, il rischio di fenomeni franosi non sussiste.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

Per quanto riguarda spostamenti dovuti a faglie attive, dal catalogo Ithaca del Servizio geologico d'Italia si osserva la presenza di due faglie di tipo inverso che attraversano l'area con direzione appenninica NW-SE (v. Fig. 6/A). Tali faglie (*Faglia Ravenna e Faglia F. Uniti-Ravenna*) sono riportate in catalogo come "*low reliability*" (cioè a scarsa attendibilità) con ultimi indizi di movimento nel basso Pleistocene (2 milioni di anni fa). Considerando anche che il substrato roccioso eventualmente dislocabile da tali strutture si trova a profondità di svariate centinaia di metri ricoperto da sedimenti sciolti, si ritiene di fatto inesistente il rischio che si risentano in superficie spostamenti da faglia.

Per quanto riguarda il rischio di liquefazione e correlati cedimenti postsismici del terreno, anche se non si hanno notizie di accadimenti nel passato nella zona in esame, tuttavia si è ritenuto di doverlo approfondire come di seguito riferito.

Similmente, gli eventuali effetti dannosi dello scuotimento sismico sulla tubazione, mai sofferti sulla rete di gasdotti italiani neppure nelle aree colpite da i più intensi terremoti registrati (Carnia 1976, Irpinia 1980, Emilia 2012), sono stati valutati tramite specifica modellazione.

## 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:

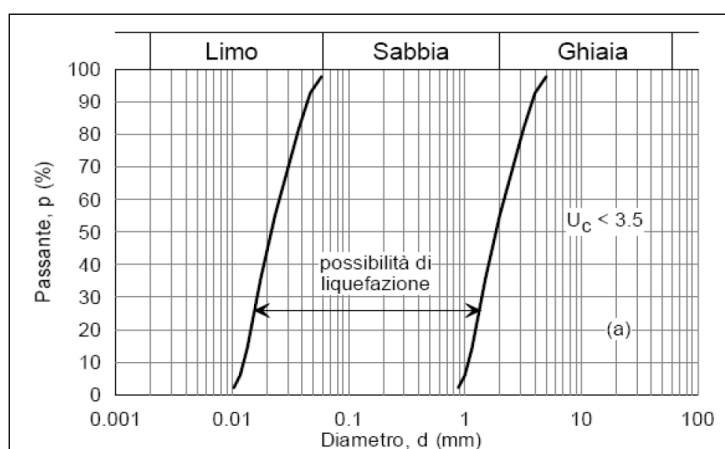
- deformazioni permanenti significative
- condizioni di tensioni efficaci pressoché nulle con conseguente perdita di resistenza al taglio.

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.

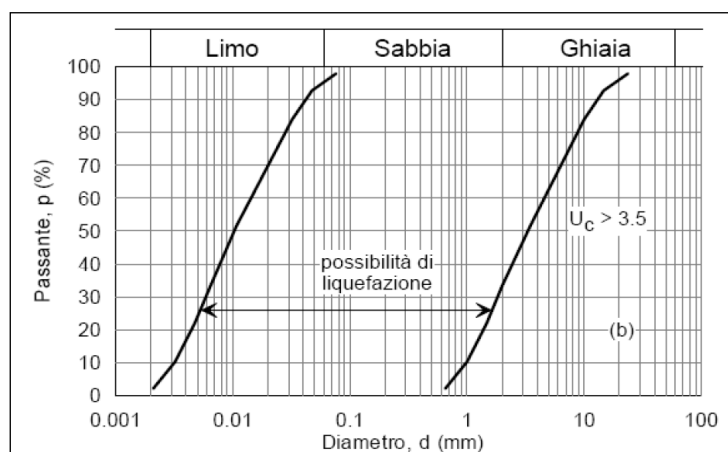
- 1- *Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5*
- 2- *Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g*

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

- 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 6/B e 6/C.*



**Figura 6/B- Fuso granulometrico di riferimento per  $U_c < 3.5$**



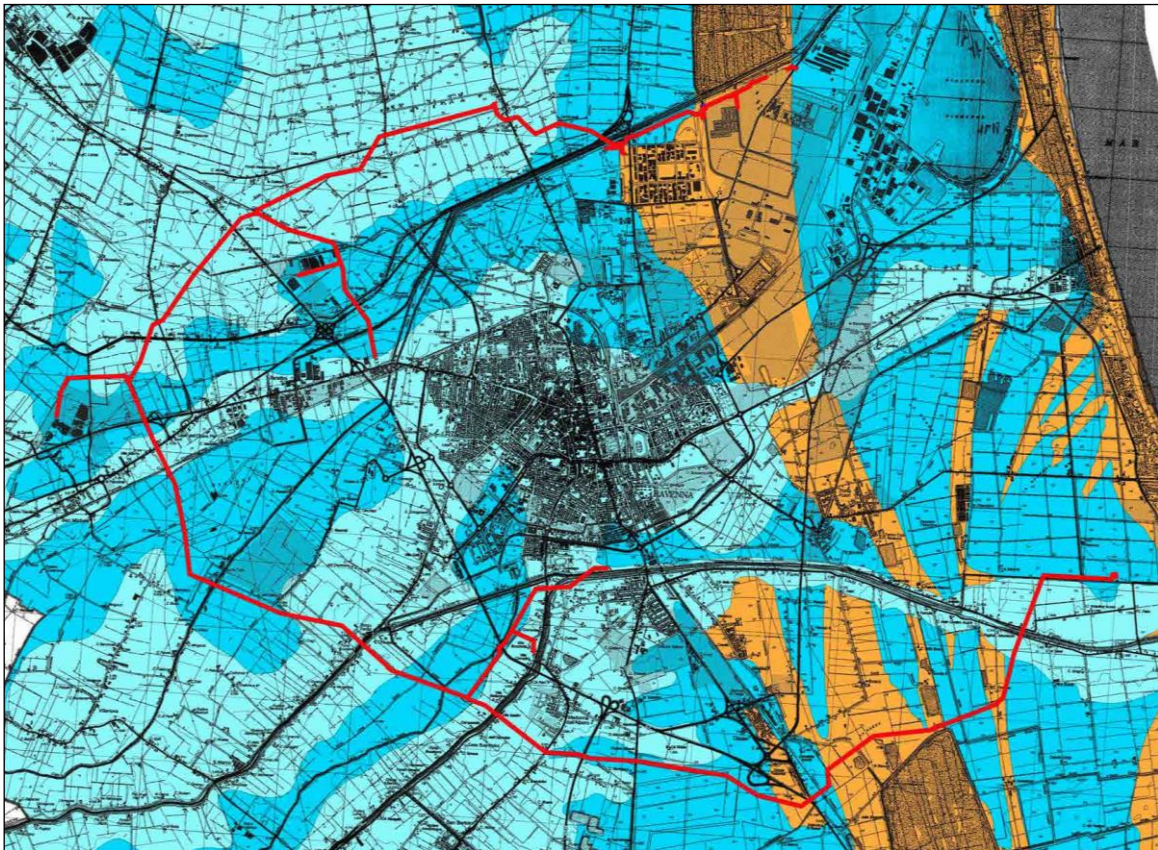
**Figura 6/C- Fuso granulometrico di riferimento per  $U_c > 3.5$**

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 sia granulometriche che di addensamento/consistenza e che

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

anche la specifica carta del comune (v. Fig. 6/D) riporta zone con terreni suscettibili di potenziale liquefacibilità, si è comunque scelto di eseguire numerose analisi di liquefazione lungo il tracciato e che vengono qui di seguito riassunti.



**Figura 6/D - Stralcio della “Carta delle aree suscettibili di effetti locali” da POC Comune di Ravenna**  
 In arancio “Aree suscettibili di amplificazione per caratteristiche stratigrafiche con terreni potenzialmente liquefacibili”

### 6.3. Risultati delle analisi di liquefazione

Sono state eseguite 18 verifiche di liquefazione in corrispondenza sia delle 15 prove penetrometriche statiche con misura della pressione dei pori (CPTU) eseguite specificatamente per il presente progetto 2017 che delle 3 CPT condotte nel 2015 e ricadenti sempre lungo il tracciato in oggetto.

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, stimata come esposto al punto 4.2, è stata assunta pari a 5.5

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

I risultati, sinteticamente esposti qui di seguito (V. Tab 6/A), sono graficamente rappresentati in appendice 3.

PROVA	SLD Tr= 101 anni			SLV Tr= 949 anni		
	LPI	Cedimenti	Risentimento superficiale	LPI	Cedimenti	Risentimento superficiale
		cm			cm	
CPTU 1	0	0	no	4.6	15.1	sì
CPTU 2	0	0	no	3.2	14.2	sì
CPTU 3	0	0	no	1.5	7.9	no
CPTU 4	0	0	no	0.0	0.7	no
CPTU 5	0	0	no	2.7	8.0	no
CPTU 6	0	0	no	1.3	3.2	no
CPTU 7	0	0	no	0.9	5.8	no
CPTU 8	0	0	no	0.0	0.0	no
CPTU 9	0	0	no	0.0	0.8	no
CPTU 10	0	0	no	0.1	2.5	no
CPTU 11	0	0	no	0.0	0.7	no
CPTU 12	0	0	no	2.4	9.8	no
CPTU 13	0	0.6	no	1.3	4.8	no
CPTU 14	0	0	no	1.4	5.5	no
CPTU 15	0	0	no	1.5	8.4	no
CPT 1A	0	0	no	0.0	0.0	no
CPT 2A	0	0	no	0.0	0.6	no
CPT 6A	0	0	no	0.0	1.2	no

**Tabella 6/A - Risultati delle verifiche a liquefazione SLV e SLD**

(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 cedimento 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 15 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 effettuate rare sono le zone costituite interamente da depositi sabbiosi, per cui il rischio che si

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

abbiano liquefazioni con risentimento superficiale (stimato in accordo con Ishihara, 1985; v. Rel. Geotecnica COMIS NR/08283/17135 LSC-202) è nella maggior parte dei casi escluso, seppur considerando un elevato input sismico conseguente al periodo di ritorno considerato pari a 949 anni. Solo in corrispondenza del tratto SE del tracciato in corrispondenza delle verifiche CPT1 e CPT2, pur rimanendo basso il rischio di liquefazione ( $LPI < 5$ ), la presenza di elevati spessori di sabbie potrebbe indurre effetti con risentimento fino a piano campagna (nella sola ipotesi di un terremoto di progetto eccezionale con  $T_r=949$  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. LSC-202), 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. 6/B) 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>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

METANODOTTO	Tratto rettilineo	Tratto curvilineo
<b>DN 650 (26") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,39 < 0,75 <i>Verificato</i>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,28 < 0,75 <i>Verificato</i>
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,16 < 0,90 <i>Verificato</i>	
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$ 0,57 < 1,00 <i>Verificato</i>	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,12 < 0,90 <i>Verificato</i>
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$ 0,22 < 1,00 <i>Verificato</i>	
<b>DN 500 (20") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,37 < 0,75 <i>Verificato</i>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,22 < 0,7 <i>Verificato</i>
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,17 < 0,90 <i>Verificato</i>	
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$ 0,52 < 1,00 <i>Verificato</i>	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,16 < 0,9 <i>Verificato</i>
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$ 0,19 < 1,00 <i>Verificato</i>	
<b>DN 400 (16") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,34 < 0,75 <i>Verificato</i>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,22 < 0,7 <i>Verificato</i>
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,25 < 0,90 <i>Verificato</i>	
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$ 0,42 < 1,00 <i>Verificato</i>	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,22 < 0,9 <i>Verificato</i>
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$ 0,10 < 1,00 <i>Verificato</i>	
<b>DN 300 (12") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,33 < 0,75 <i>Verificato</i>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,20 < 0,7 <i>Verificato</i>
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,26 < 0,90 <i>Verificato</i>	
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$ 0,41 < 1,00 <i>Verificato</i>	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,23 < 0,9 <i>Verificato</i>
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$ 0,09 < 1,00 <i>Verificato</i>	
<b>DN 200 (8") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,26 < 0,75 <i>Verificato</i>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,19 < 0,7 <i>Verificato</i>
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,30 < 0,90 <i>Verificato</i>	
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$ 0,31 < 1,00 <i>Verificato</i>	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,24 < 0,9 <i>Verificato</i>
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$ 0,05 < 1,00 <i>Verificato</i>	
<b>DN 150 (6") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,22 < 0,75 <i>Verificato</i>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,16 < 0,7 <i>Verificato</i>
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,33 < 0,90 <i>Verificato</i>	
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$ 0,29 < 1,00 <i>Verificato</i>	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,27 < 0,9 <i>Verificato</i>
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$ 0,03 < 1,00 <i>Verificato</i>	
<b>DN 100 (4") 75 bar</b>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,21 < 0,75 <i>Verificato</i>	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$ 0,15 < 0,7 <i>Verificato</i>
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,33 < 0,90 <i>Verificato</i>	
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$ 0,29 < 1,00 <i>Verificato</i>	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$ 0,28 < 0,9 <i>Verificato</i>
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$ 0,03 < 1,00 <i>Verificato</i>	

**Tabella 6/B – Risultati delle verifiche allo scuotimento sismico**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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 si sviluppa nella piana ravennate intorno al centro urbano di Ravenna.

I terreni attraversati sono costituiti da alluvioni fluviali, interfluviali, costiere e anche di palude, granulometricamente costituite da terreni a diversa granulometria, da sabbie in genere fini, a limi e argille, di scarso addensamento e consistenza. La categoria di sottosuolo è la C.

I valori delle PGA da impiegare per la progettazione, distinti per i singoli siti in cui sono state effettuate le indagini MASW, vengono di seguito riassunti (v. Tab. 7/A).

PROVA	Latitudine N	Longitudine E	PGA SLD	PGA SLV
CPTU 1	44.38126	12.28888	0.120	0.289
CPTU 2	44.37664	12.25936	0.128	0.296
CPTU 3	44.36857	12.24721	0.128	0.297
CPTU 4	44.37359	12.21475	0.131	0.302
CPTU 5	44.38899	12.19568	0.126	0.296
CPTU 6	44.38591	12.16399	0.129	0.300
CPTU 7	44.40806	12.12739	0.131	0.303
CPTU 8	44.42060	12.11193	0.131	0.303
CPTU 9	44.44273	12.14060	0.125	0.293
CPTU 10	44.43738	12.15694	0.125	0.293
CPTU 11	44.42639	12.16444	0.125	0.294
CPTU 12	44.45999	12.18364	0.119	0.285
CPTU 13	44.45623	12.19631	0.119	0.285
CPTU 14	44.45848	12.22139	0.117	0.283
CPTU 15	44.46141	12.22947	0.113	0.276
CPT 1A	44.39862	12.30015	0.117	0.282
CPT 2A	44.39862	12.30015	0.117	0.282
CPT 6A	44.39788	12.20829	0.126	0.295

**Tabella 7/A - Valori delle PGA ( $a_g/g$ ) al sito per gli stati limite SLD e SLV**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

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.

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

In condizione SLV il potenziale è sempre basso, peraltro nella maggior parte dei casi non risentibile in superficie.

In caso di sisma intenso ( $T_r = 949$  anni) si possono avere dei cedimenti del terreno superficiale di alcuni centimetri, fino a 15 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 le condotte (peraltro di acciaio di elevata elasticità) 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 risultino 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/08283 NR/17135	
		<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/08283 NR/17135	
		<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>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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/08283 NR/17135	
		<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>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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.

ID	LON	LAT	$T_R = 30$			$T_R = 50$			$T_R = 72$			$T_R = 101$		
			$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$	$a_g$	$F_0$	$T_c^*$
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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

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:

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

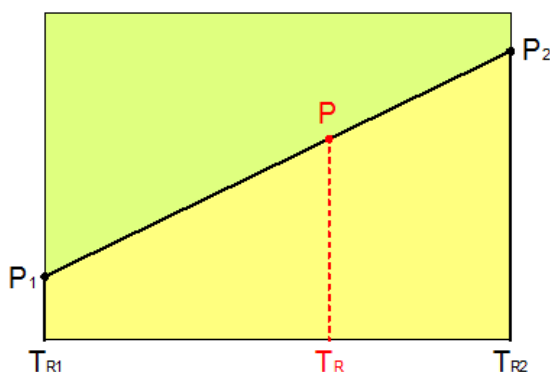
nella quale  $p$  è il valore del parametro di interesse ( $a_g$ ,  $F_0$ ,  $T_C^*$ ) corrispondente al periodo di ritorno  $T_R$  desiderato, mentre  $p_1, 2$  è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno  $T_{R1, 2}$ .

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

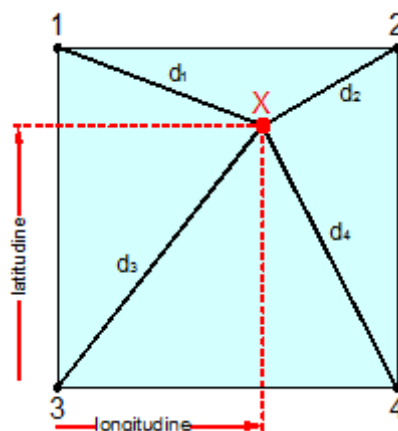
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

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/08283 NR/17135	
		<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:

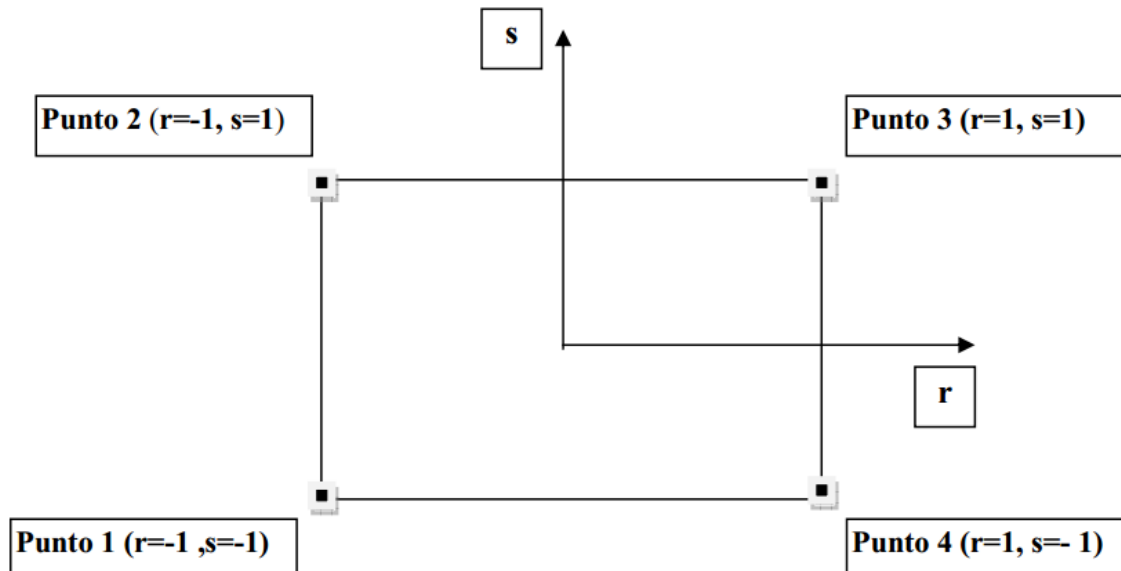
$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

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/08283 NR/17135	
		<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/08283 NR/17135	
		<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>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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.

Categoria di sottosuolo	
<b>A</b>	<b>B, C, D, E</b>
$\beta_s$	$\beta_s$

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

$0.2 < a_g(g) \leq 0.4$	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/08283 NR/17135	
		<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:

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

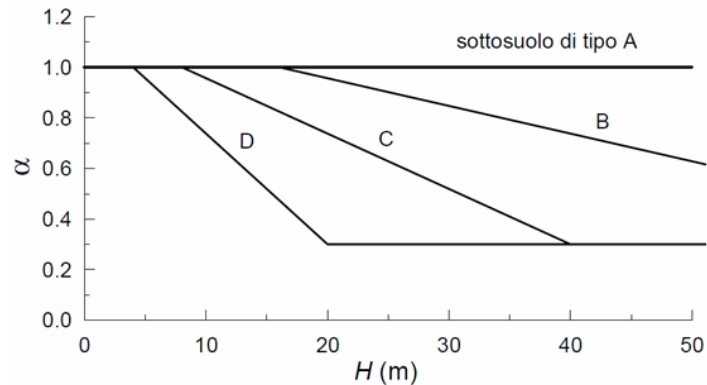
dove:

$g$  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/08283 NR/17135	
		<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:

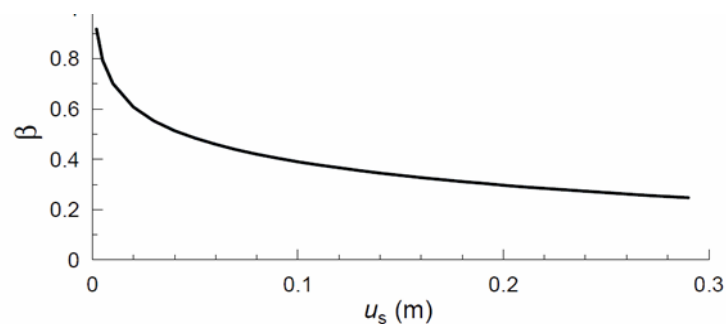


**Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità  $\alpha$**

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>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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.

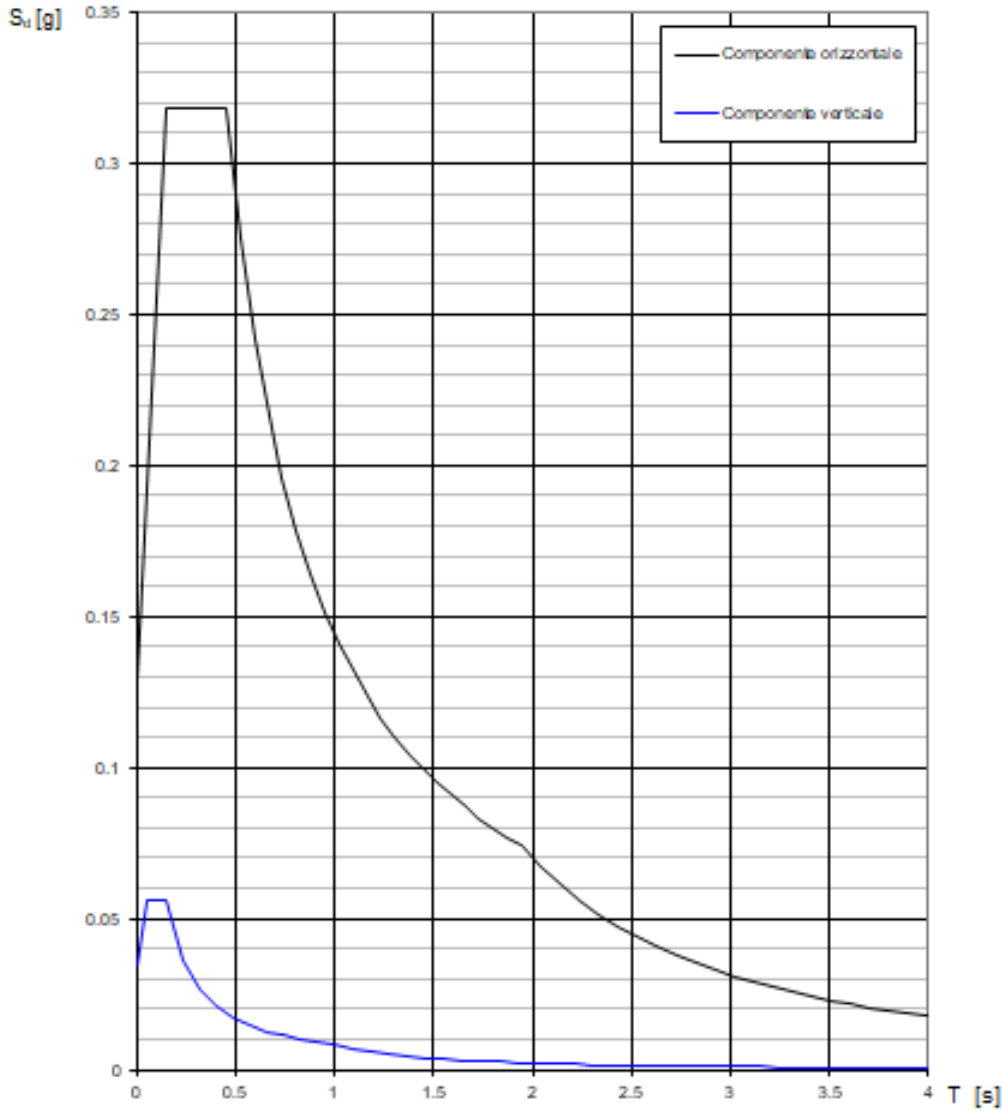
Se  $\alpha \cdot \beta \leq 0.2$  deve assumersi  $K_h = 0.2 \cdot a_{\max} / g$

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<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>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

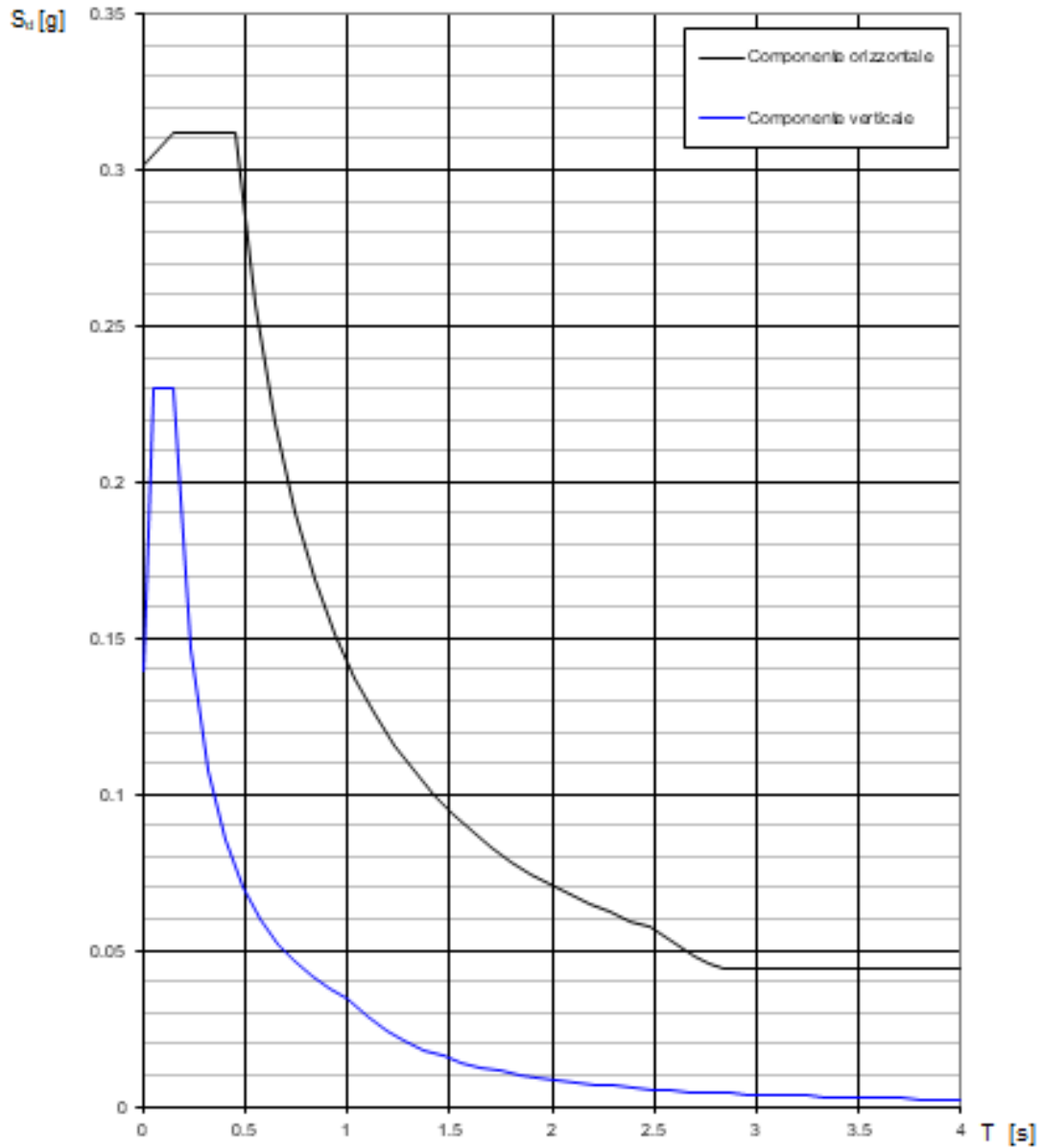
**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD**



**SPETTRO DI PROGETTO ELASTICO PER SLD**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV**




















**SPETTRO DI PROGETTO INELASTICO PER SLV**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

## APPENDICE 2

### RISULTATI DELLE ANALISI ALLA LIQUEFAZIONE

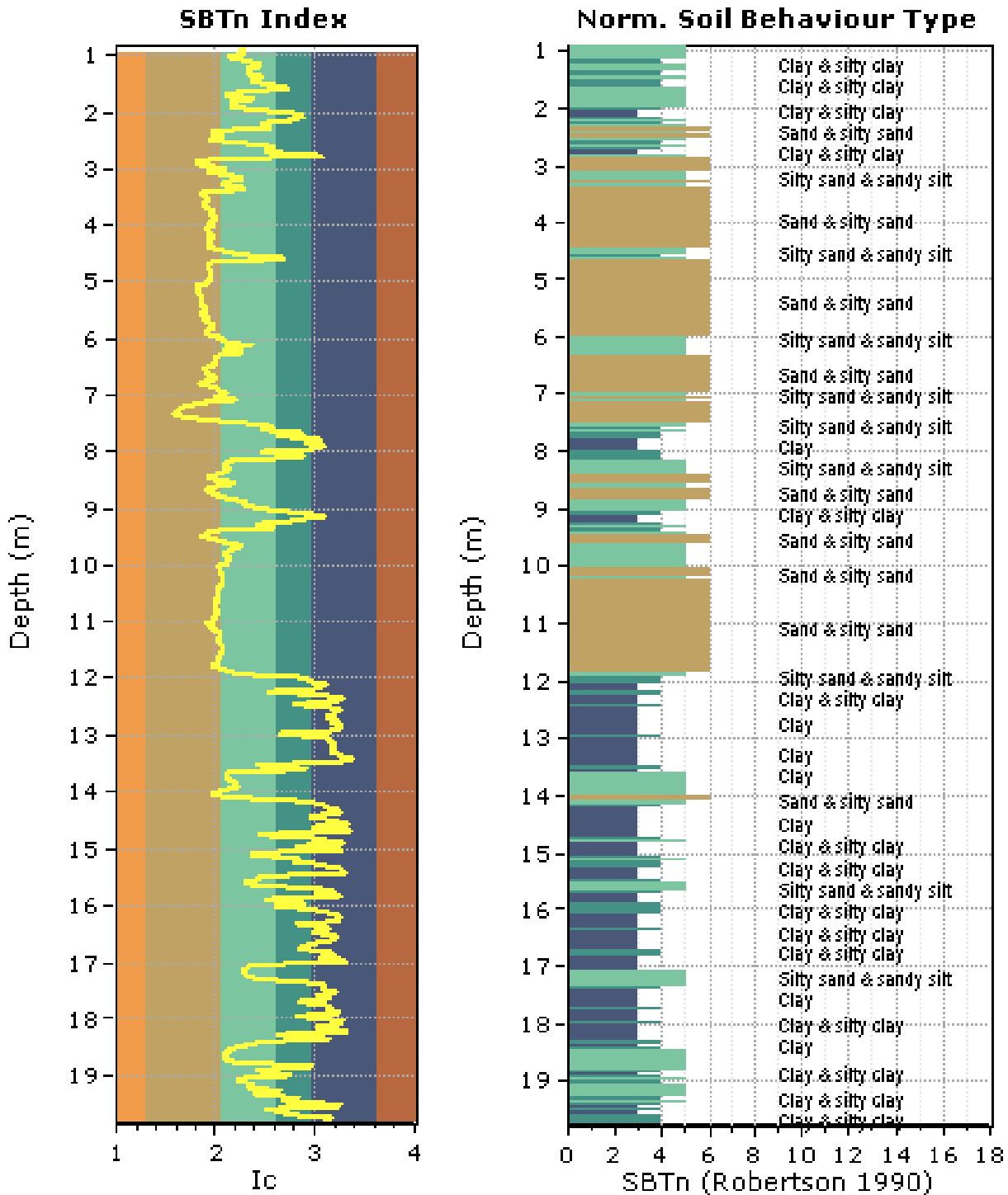
#### Legenda

<b>SBTn legend</b>		
 1. Sensitive fine grained	 4. Clayey silt to silty	 7. Gravely sand to sand
 2. Organic material	 5. Silty sand to sandy silt	 8. Very stiff sand to
 3. Clay to silty clay	 6. Clean sand to silty sand	 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/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 1**

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

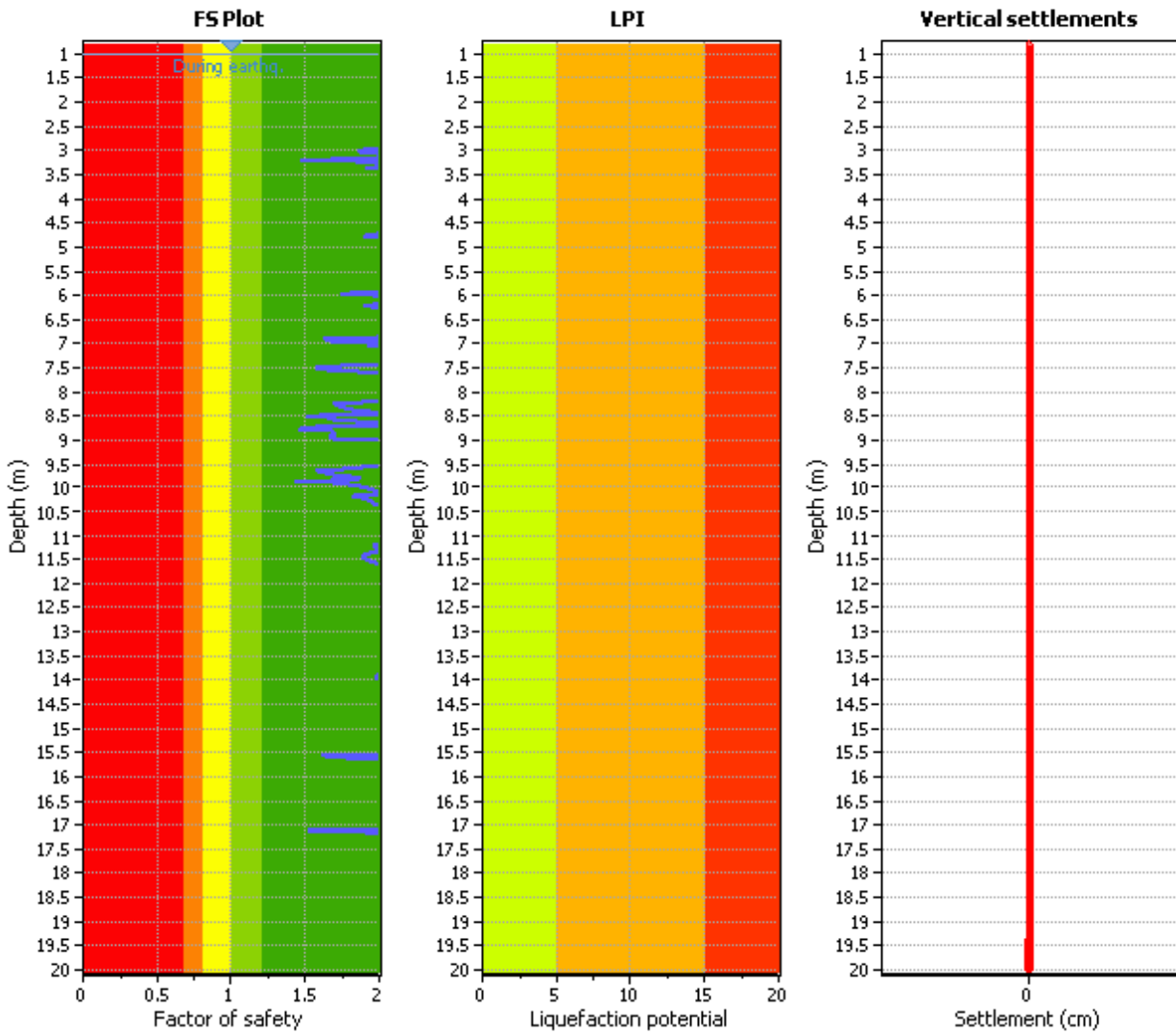




COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 1 SLD

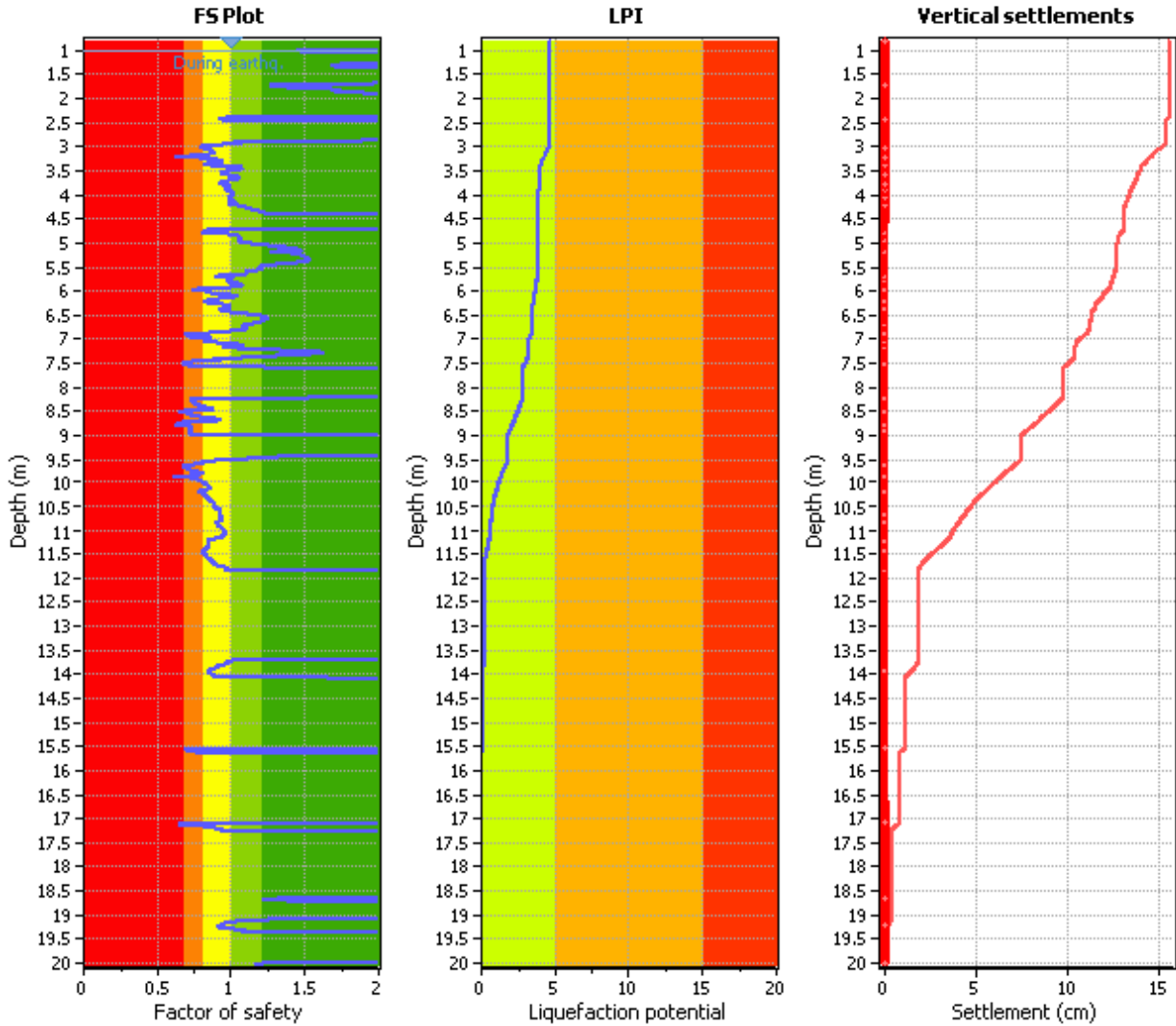
#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 1 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

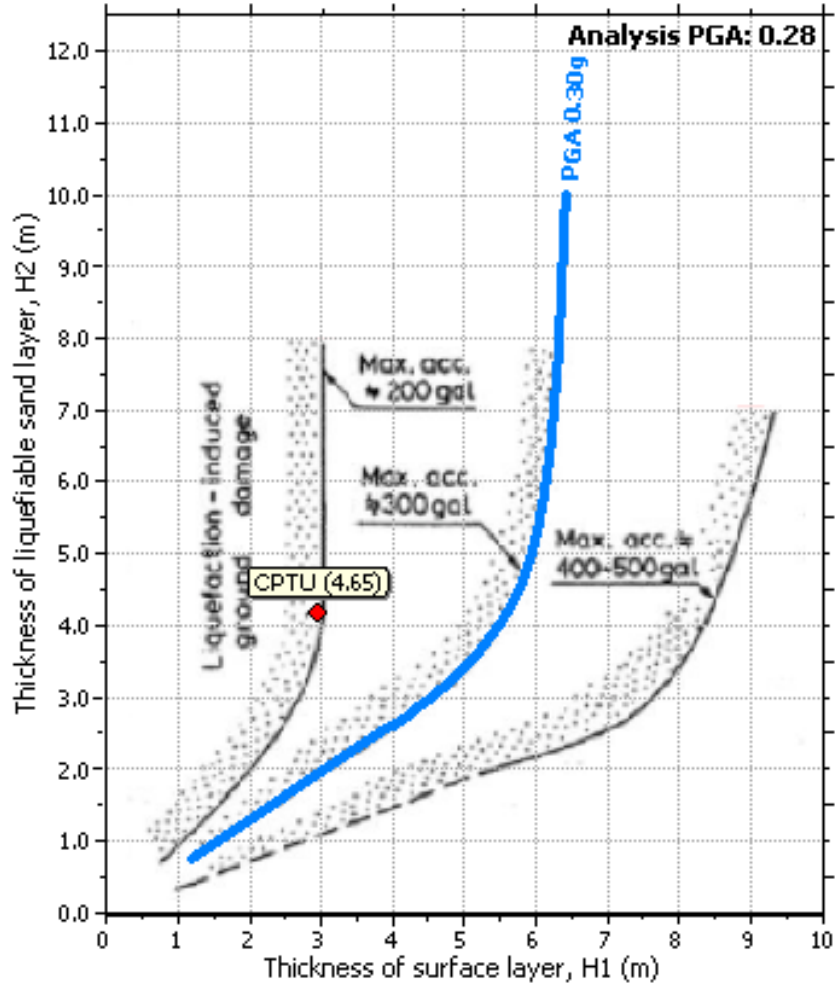
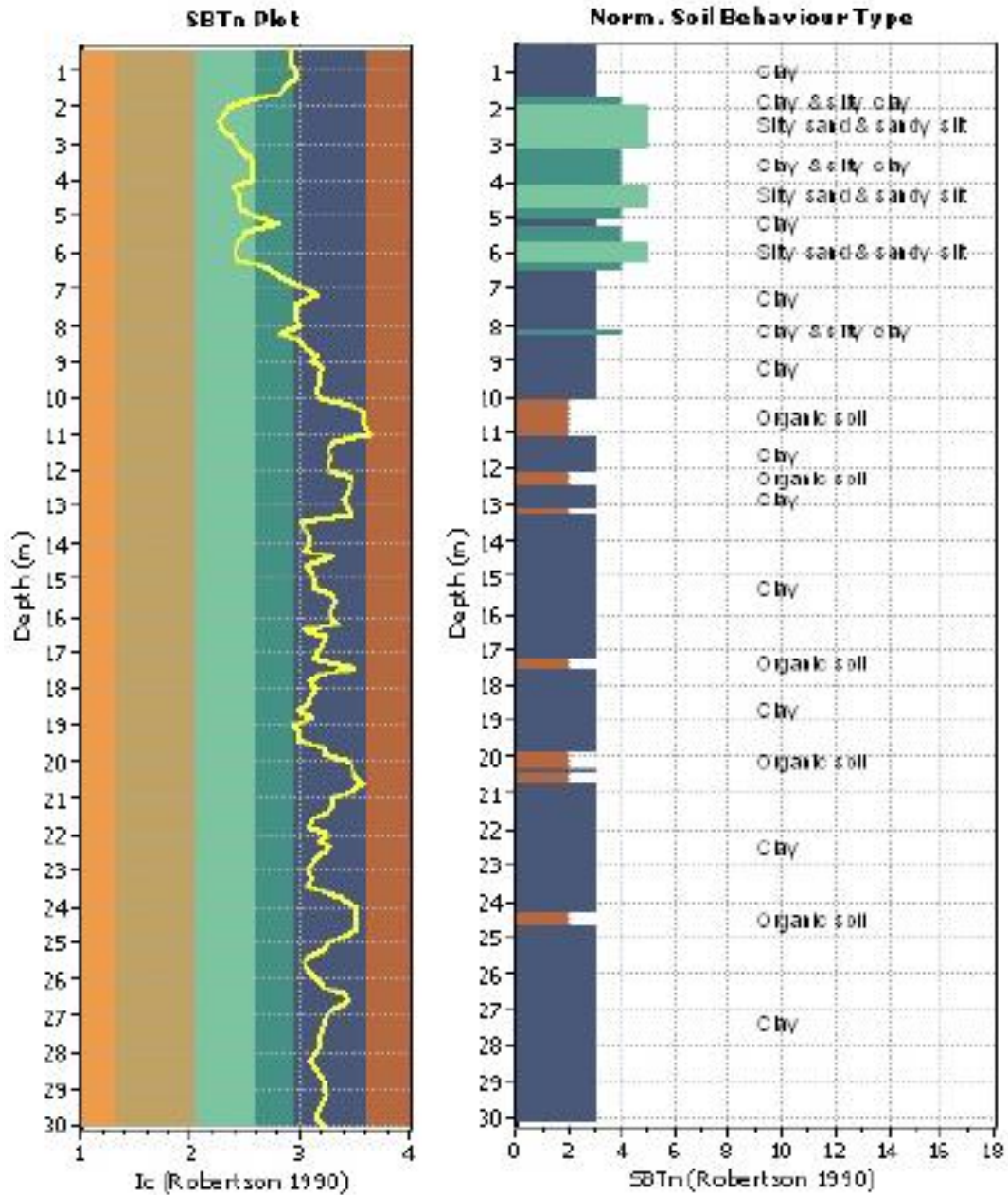


Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 4.65  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPT 1A**

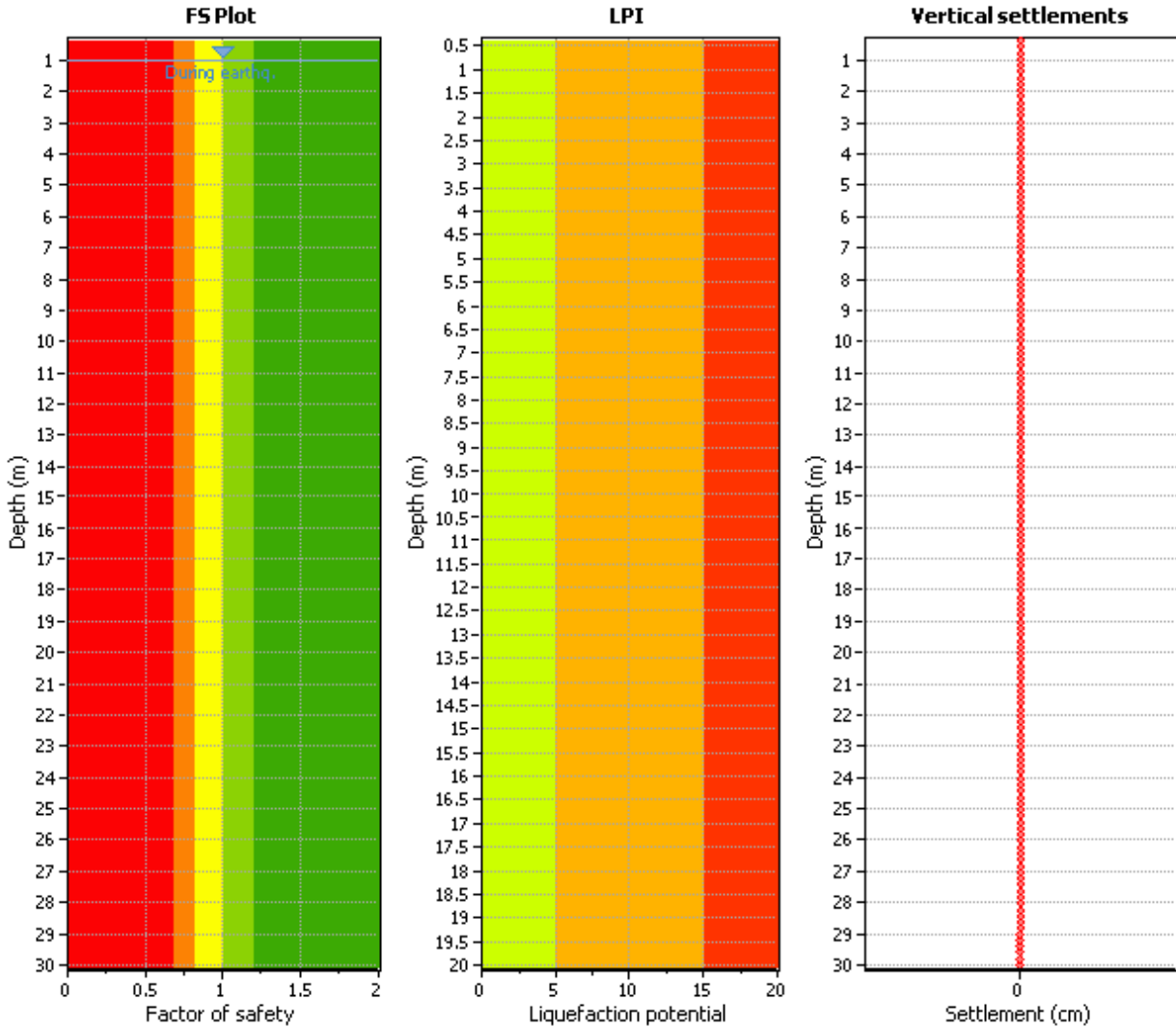
**Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPT 1A SLD**

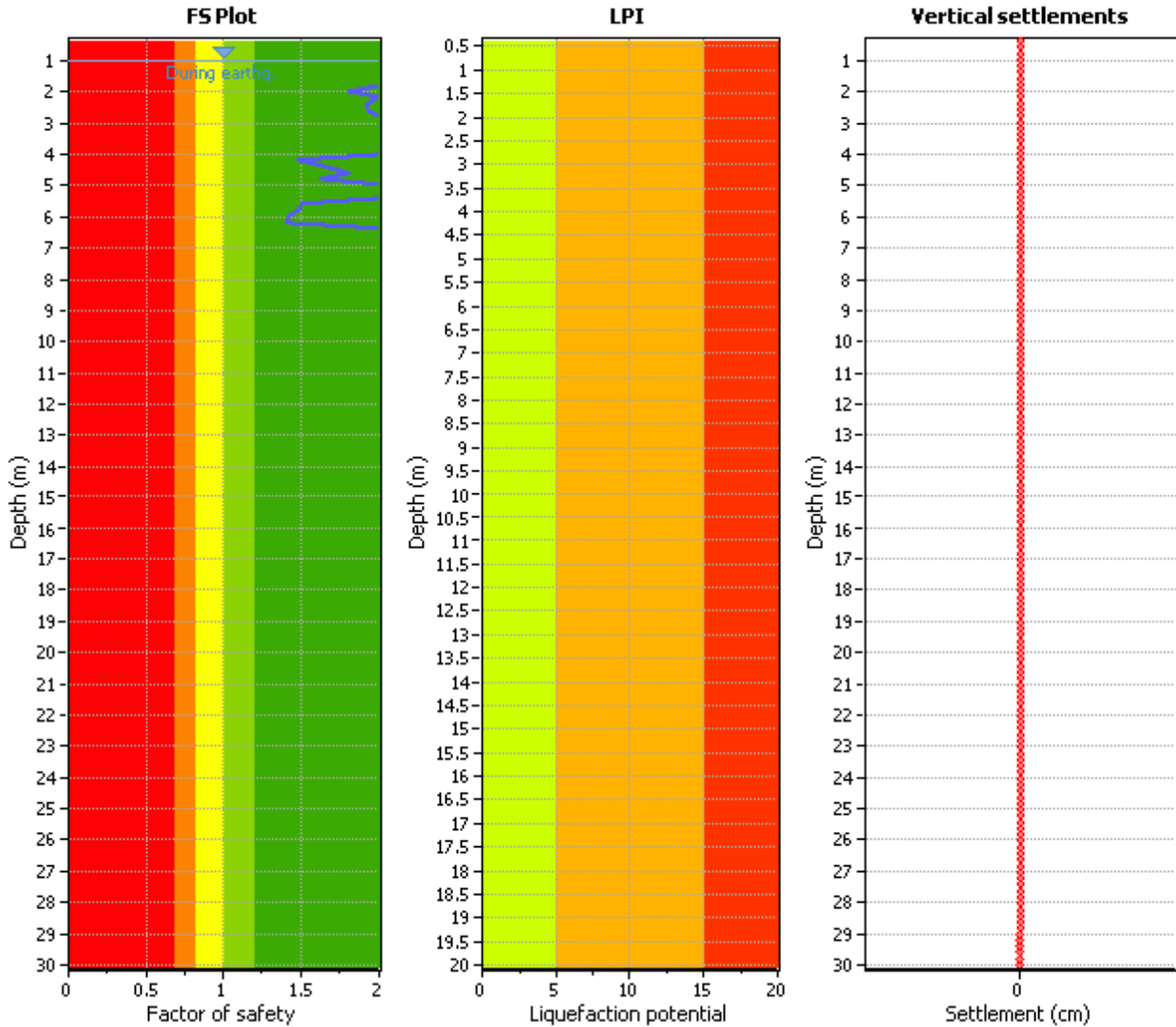
**Liquefaction analysis overall plots**



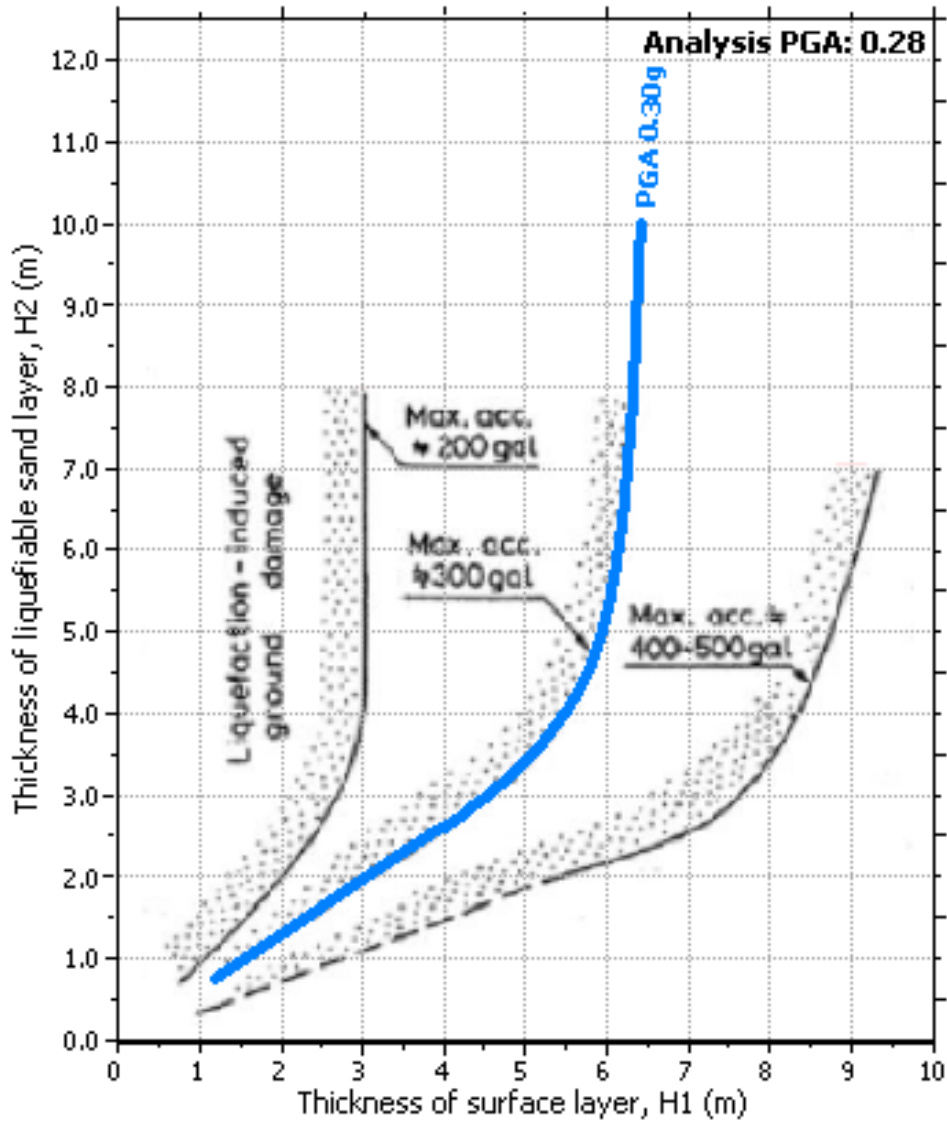
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPT 1A SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

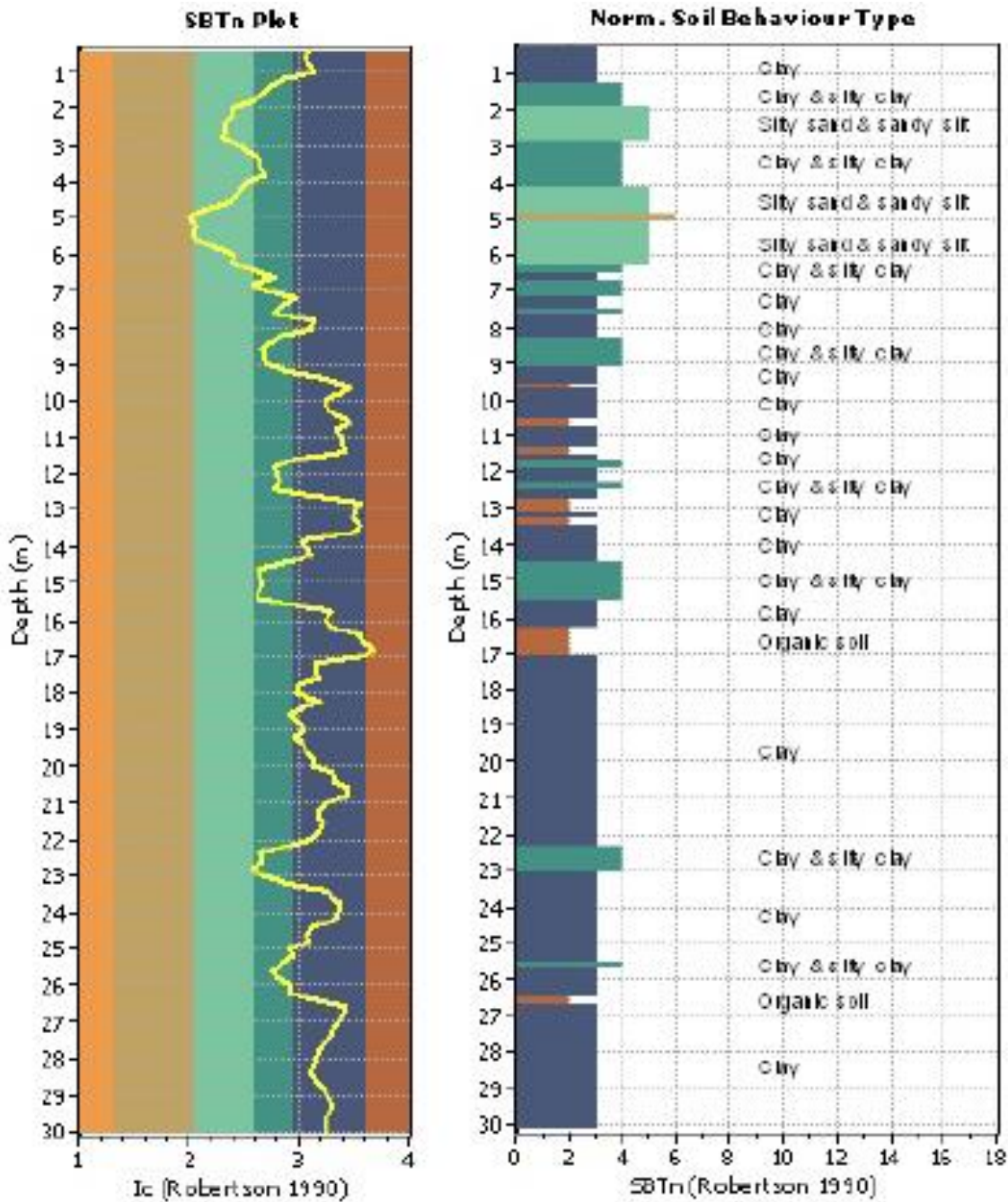


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 0 (da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPT 2A

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

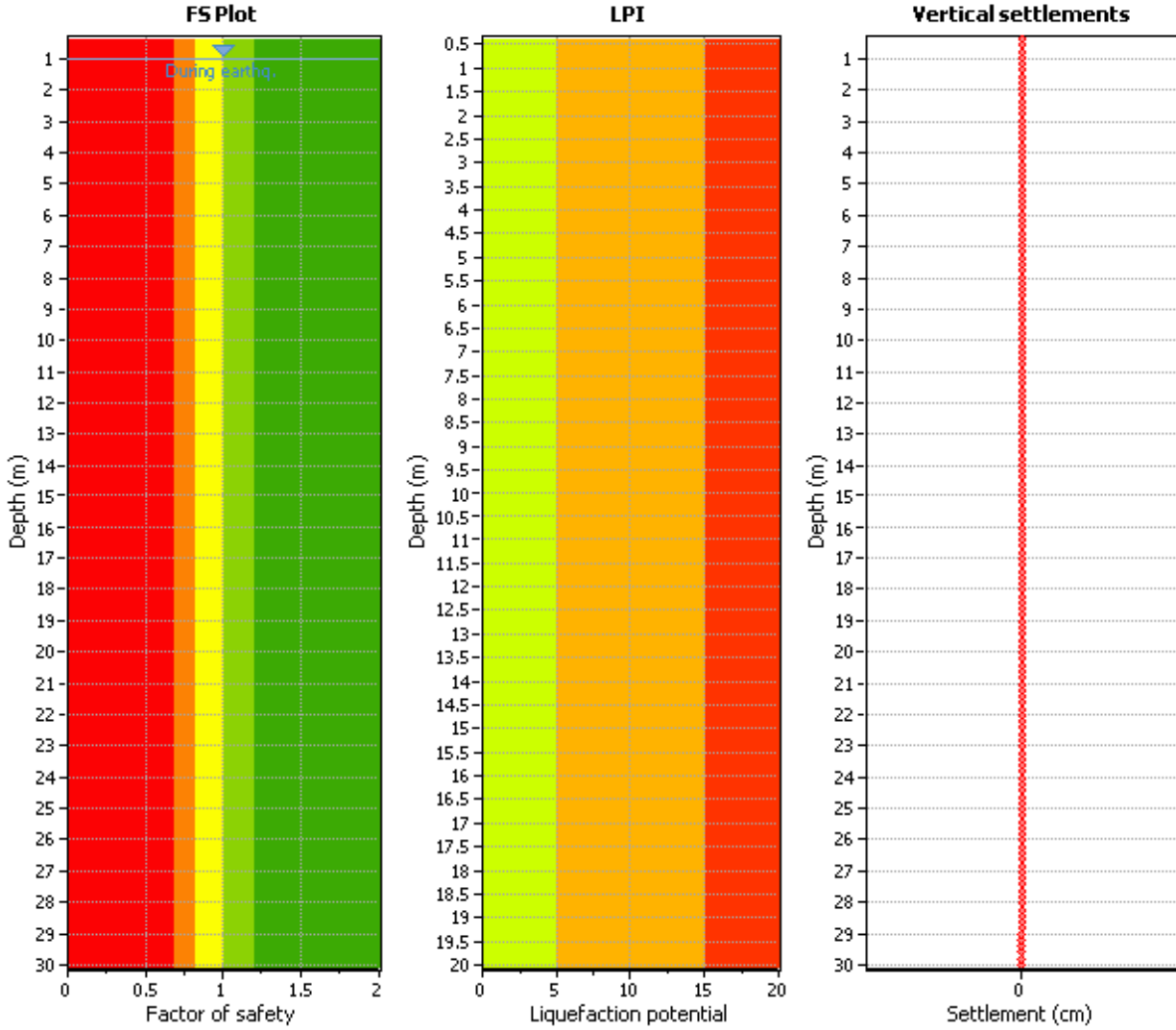




COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPT 2A SLD**

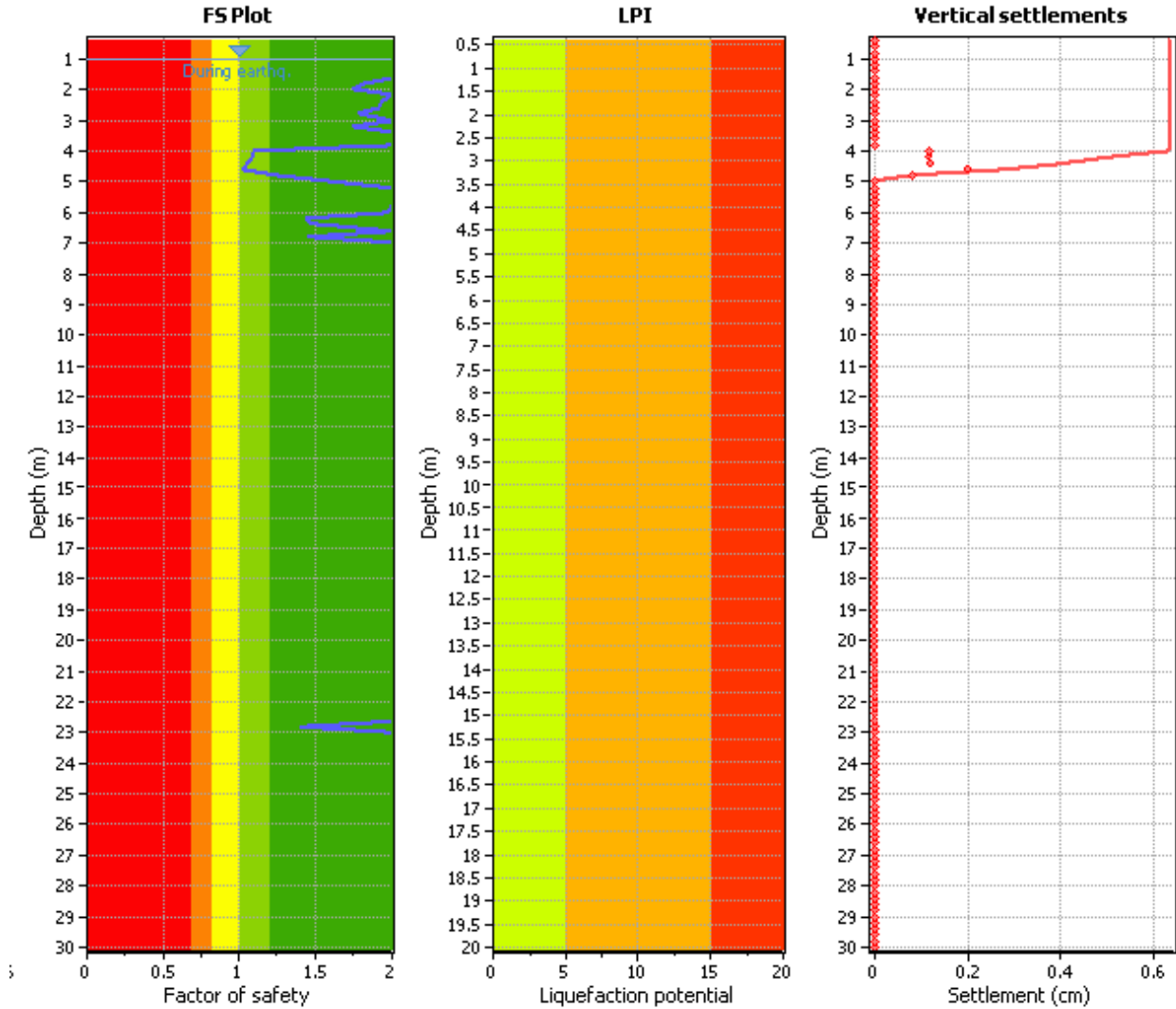
**Liquefaction analysis overall plots**



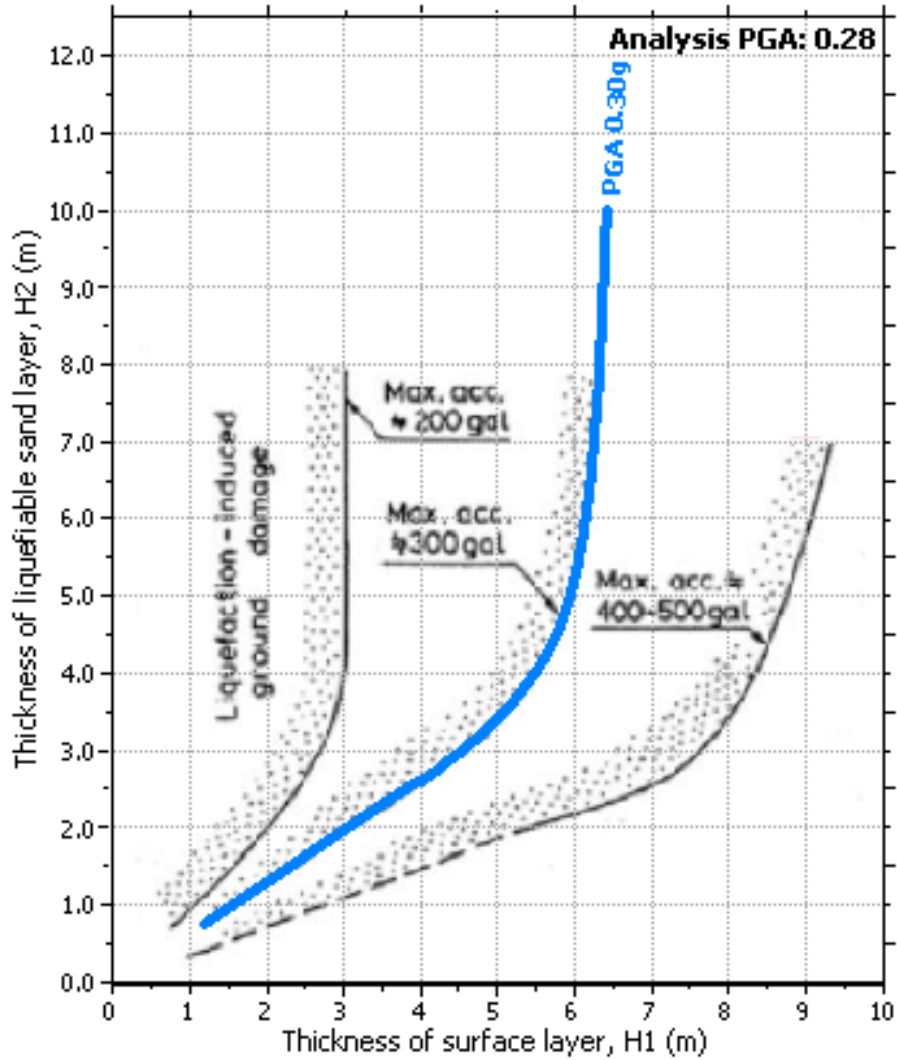
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPT 2A SLV**

**Liquefaction analysis overall plots**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

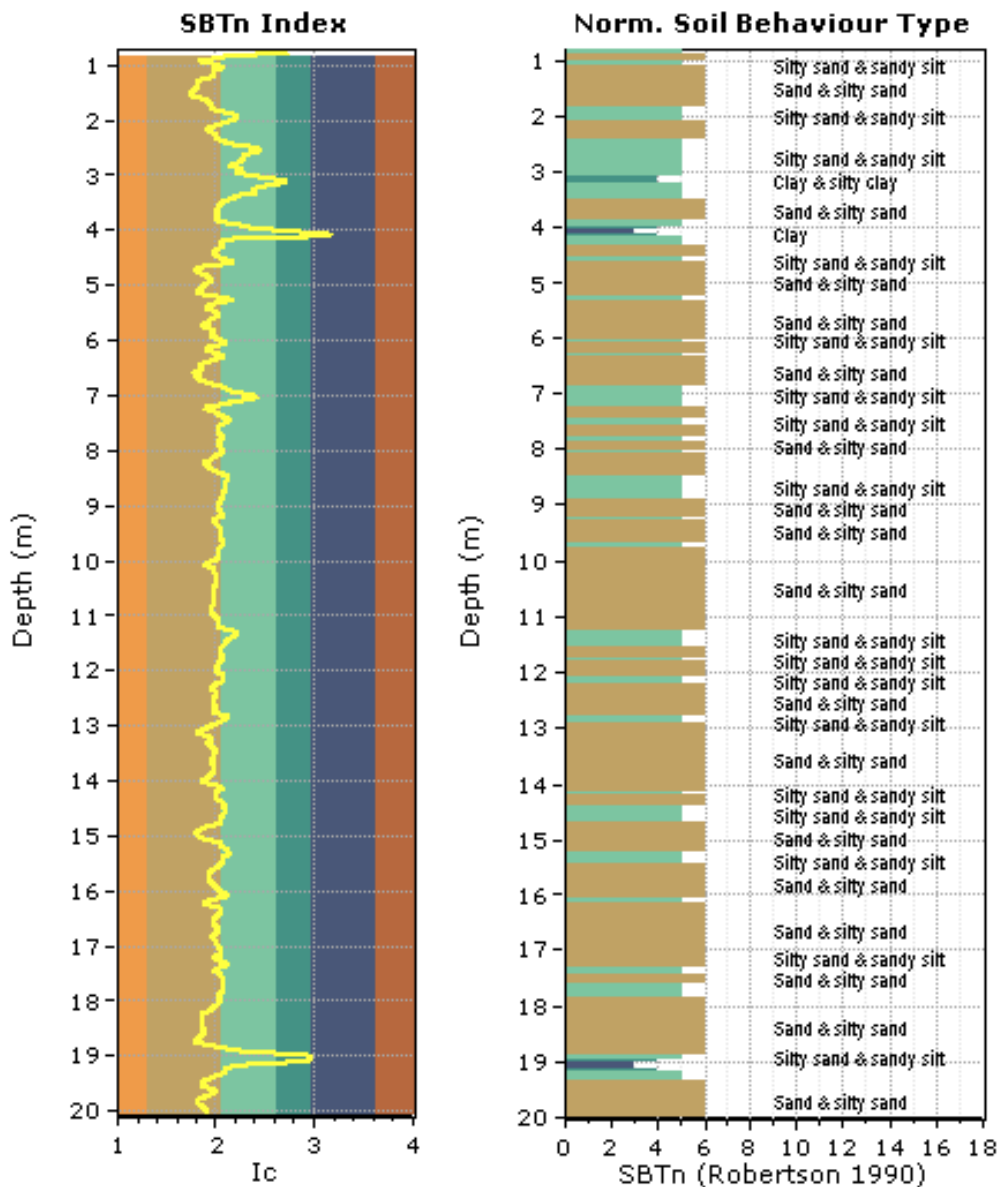


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 0 (da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 2

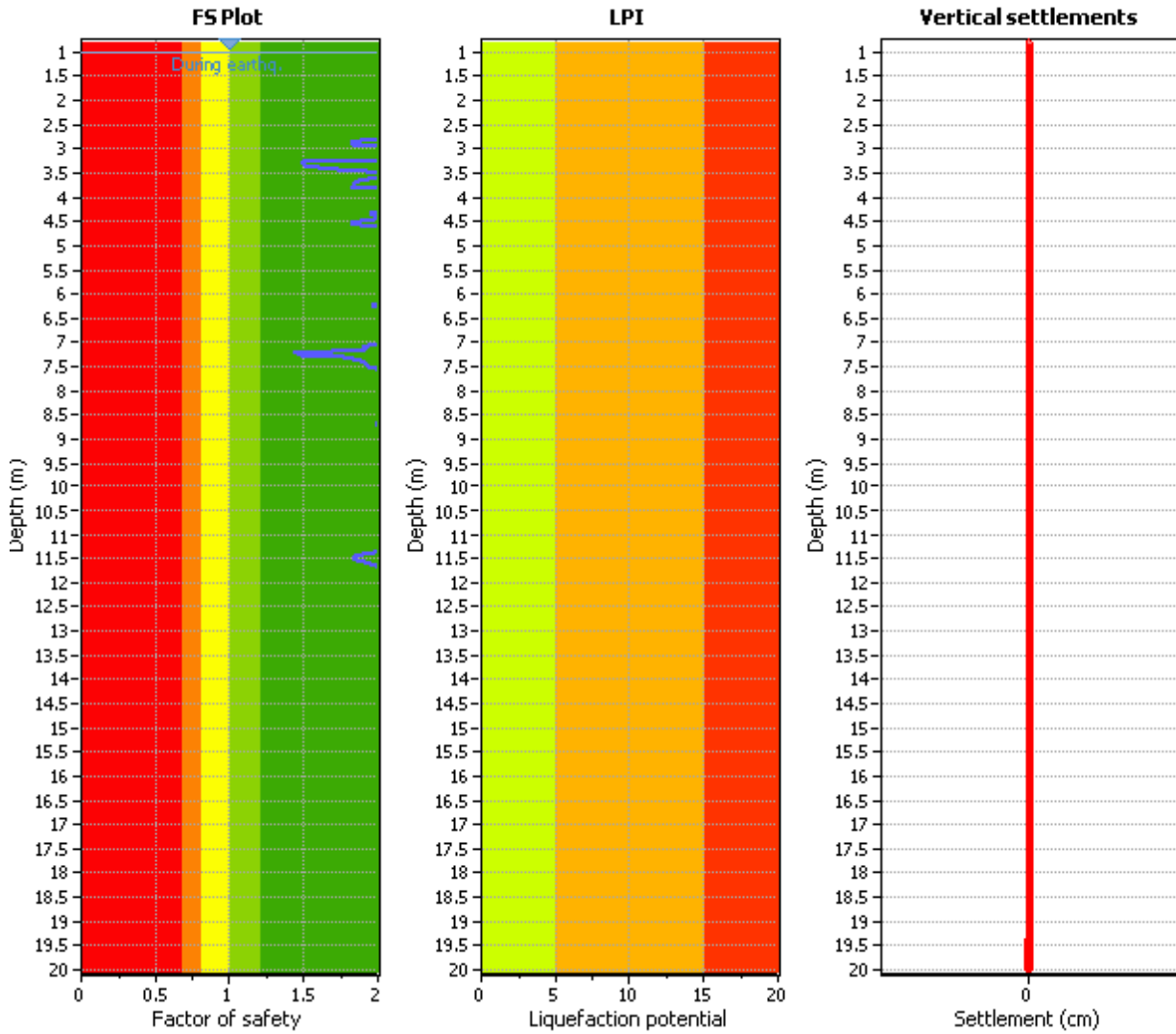
#### Stima della stratigrafia (Soil type behavior STB)



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 2 SLD**

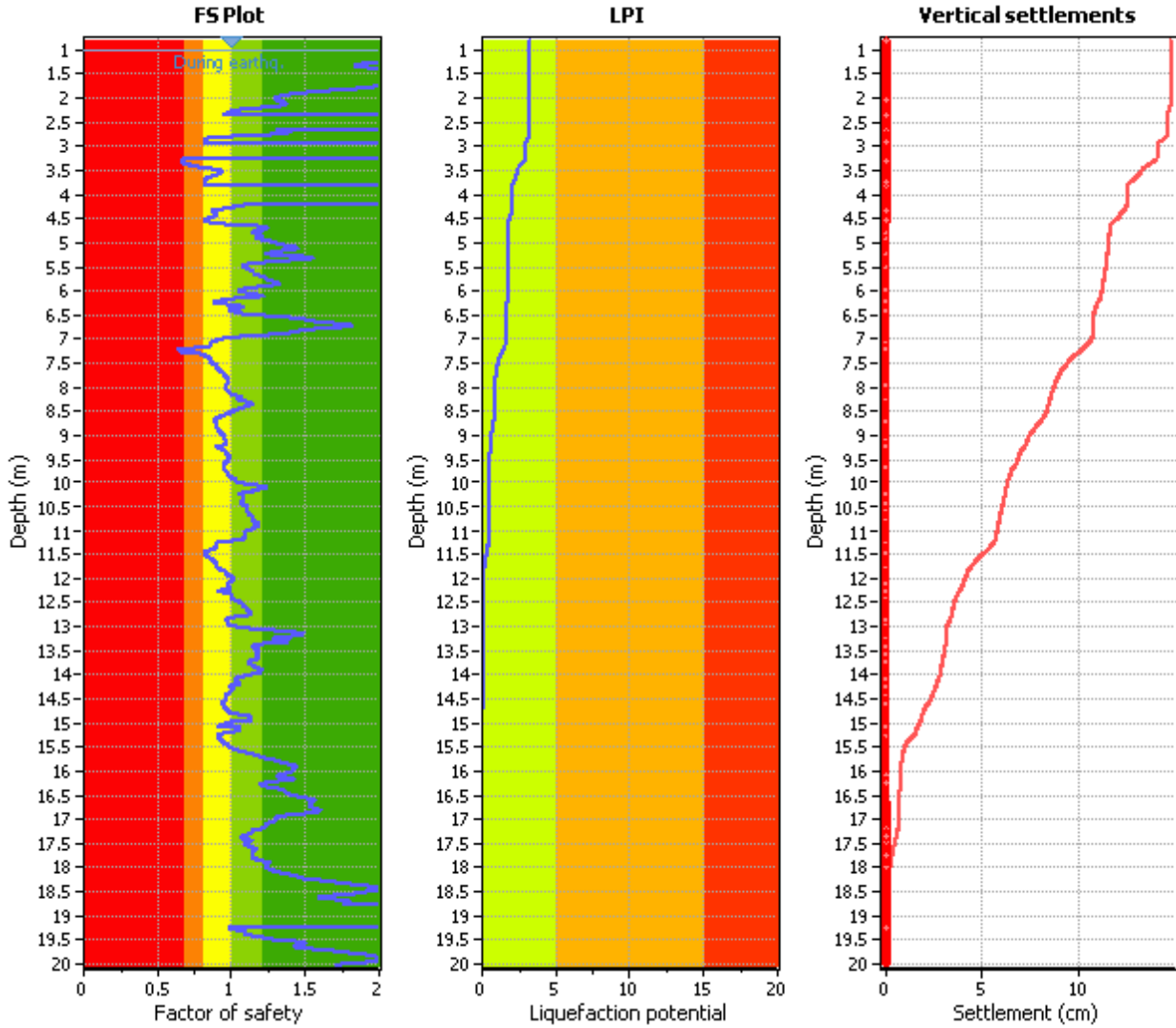
**Liquefaction analysis overall plots**



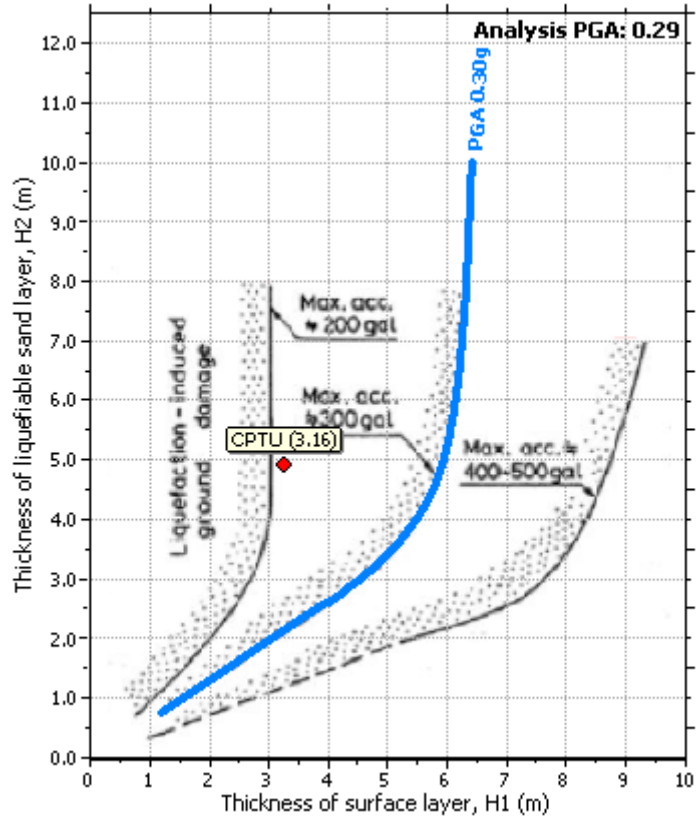
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 2 SLV**

**Liquefaction analysis overall plots**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

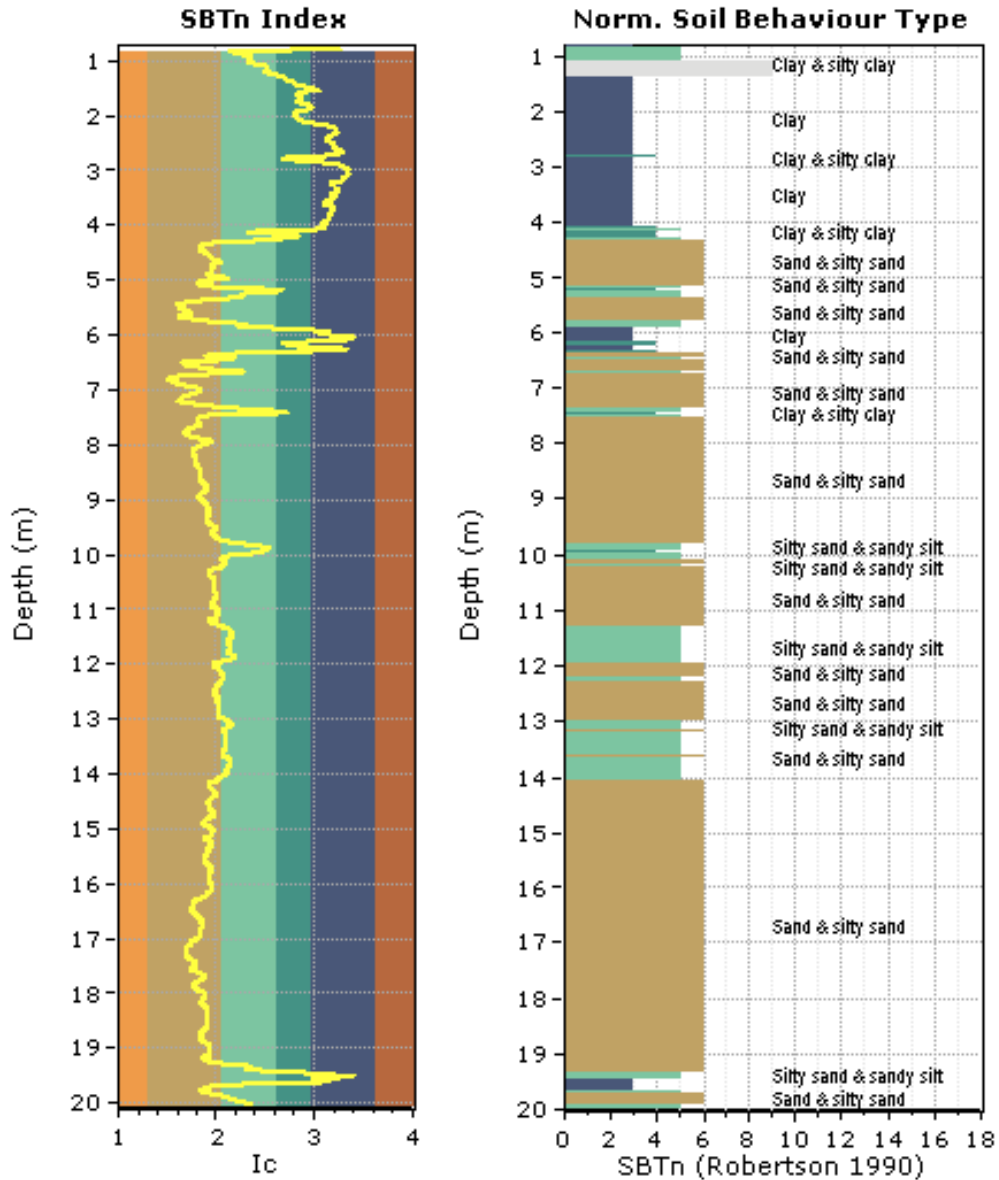


**SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 3.16  
(da Ishihara, 1985)**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 3

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

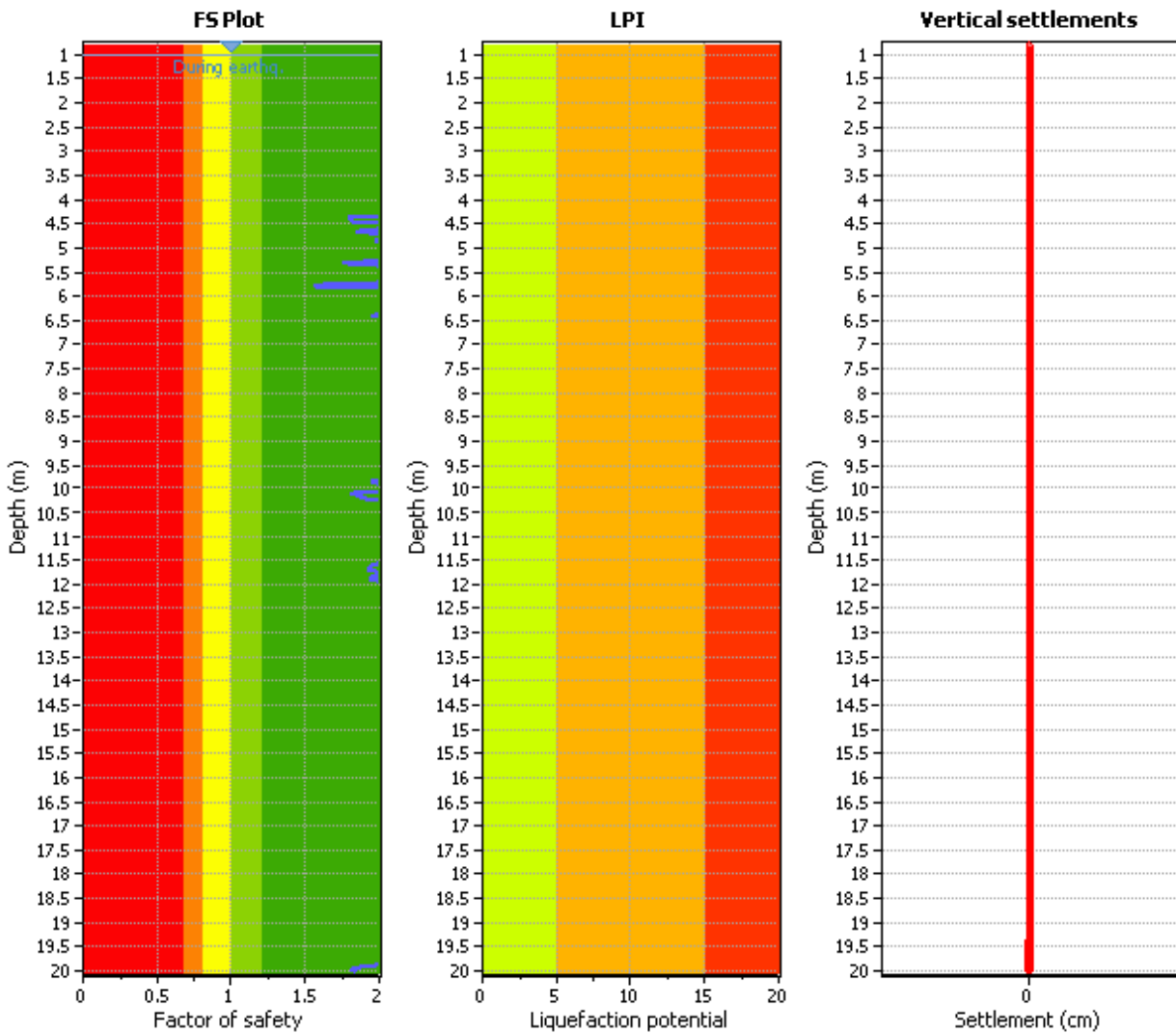




COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 3 SLD

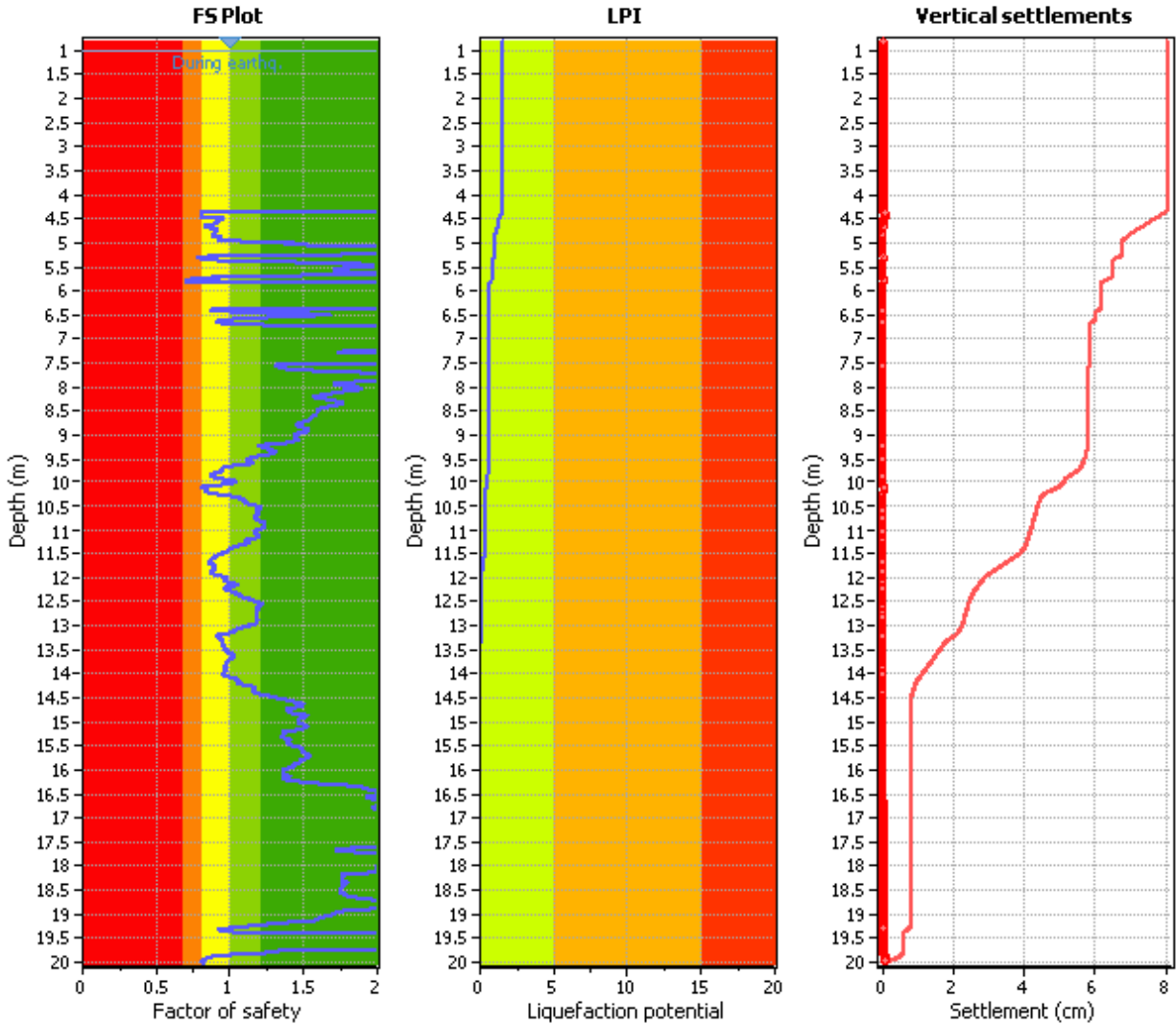
#### Liquefaction analysis overall plots



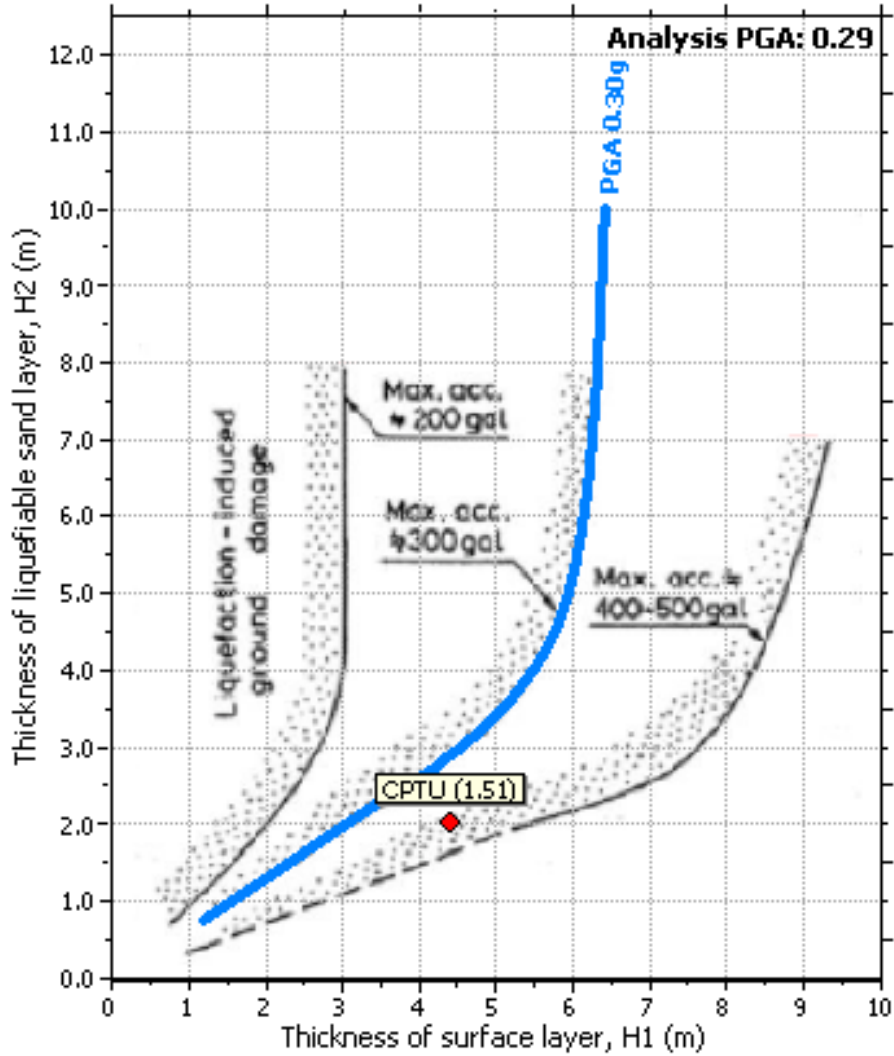
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 3 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

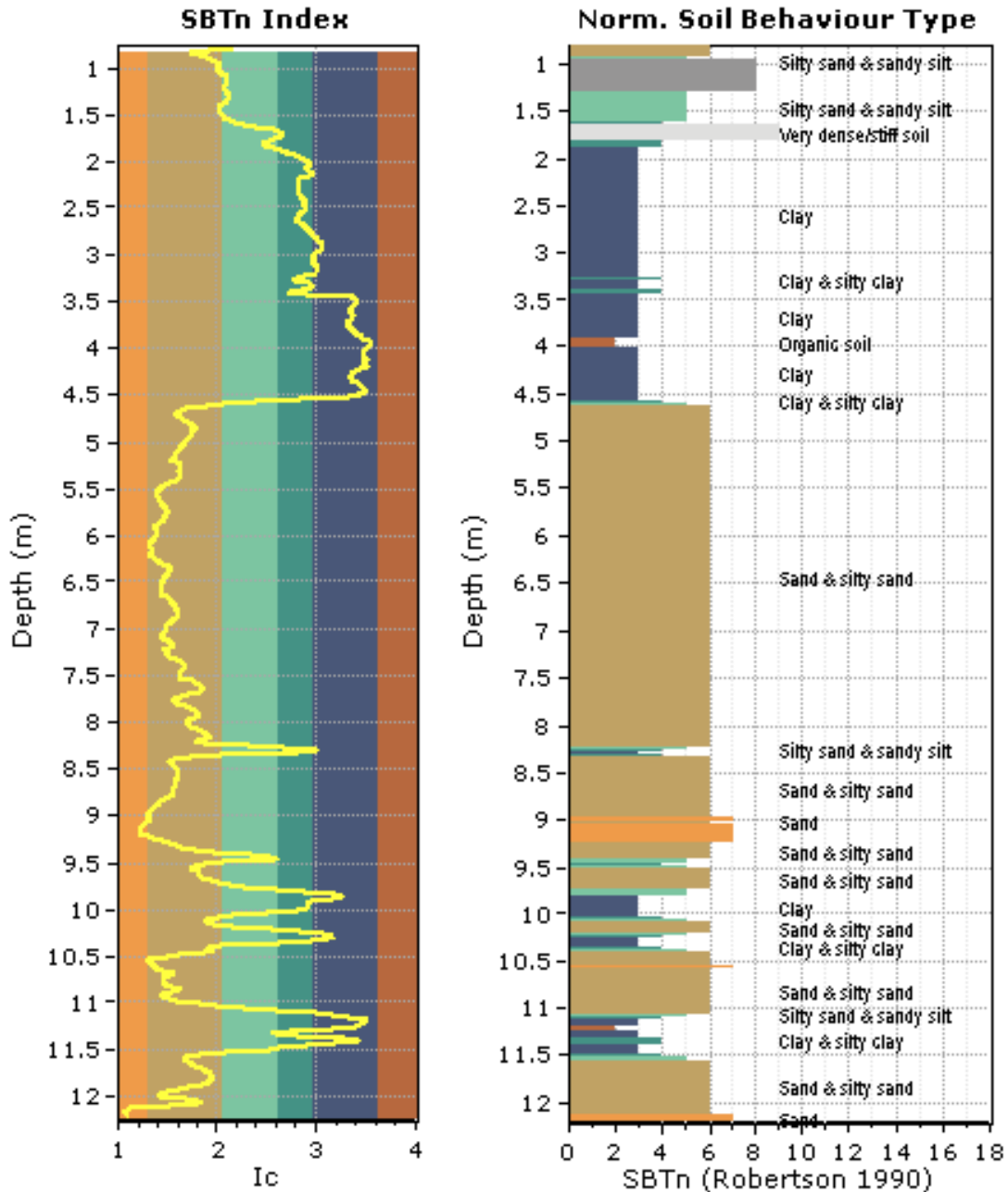


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 1.51  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 4

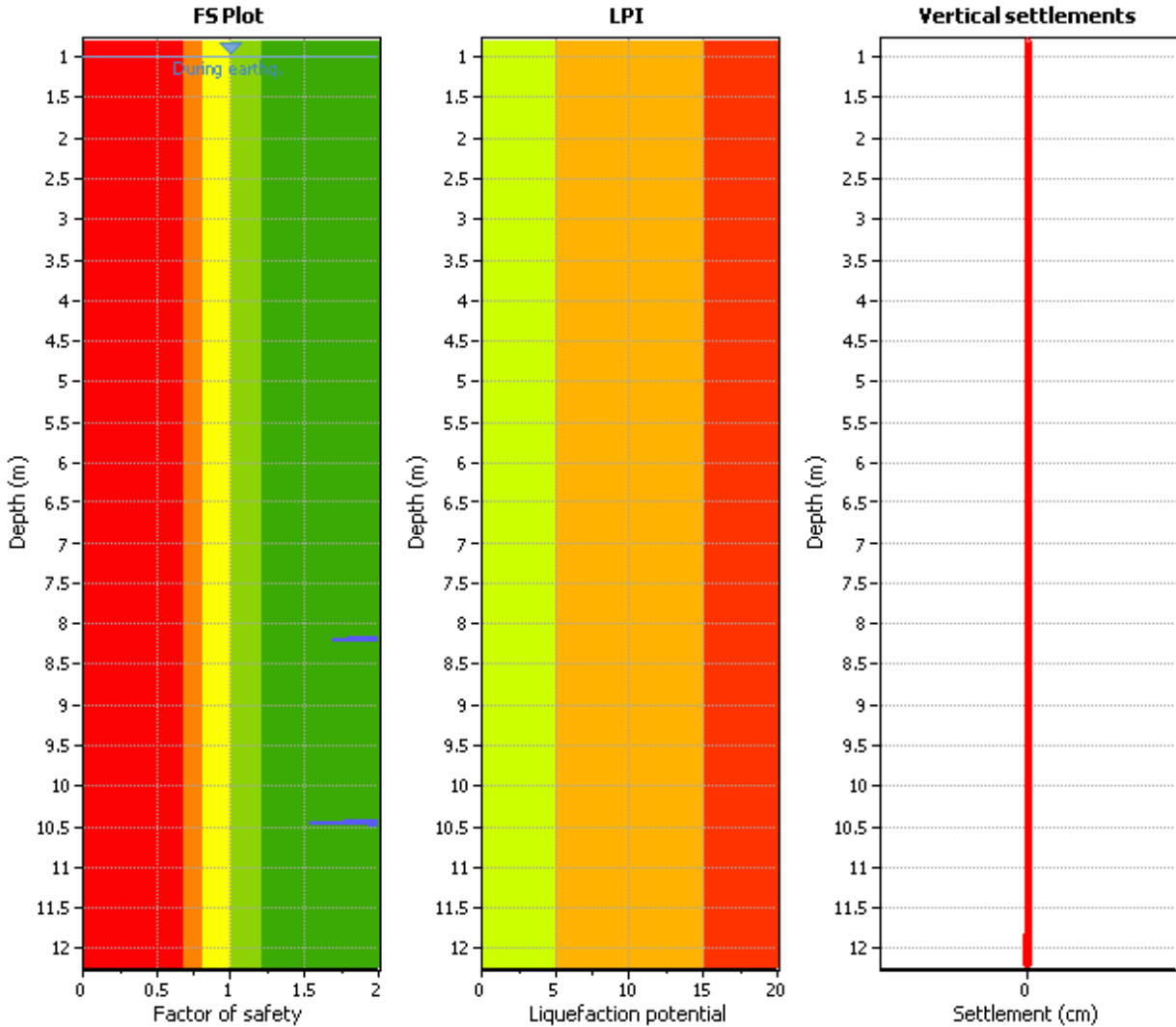
#### Stima della stratigrafia (Soil type behavior STB)



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 4 SLD

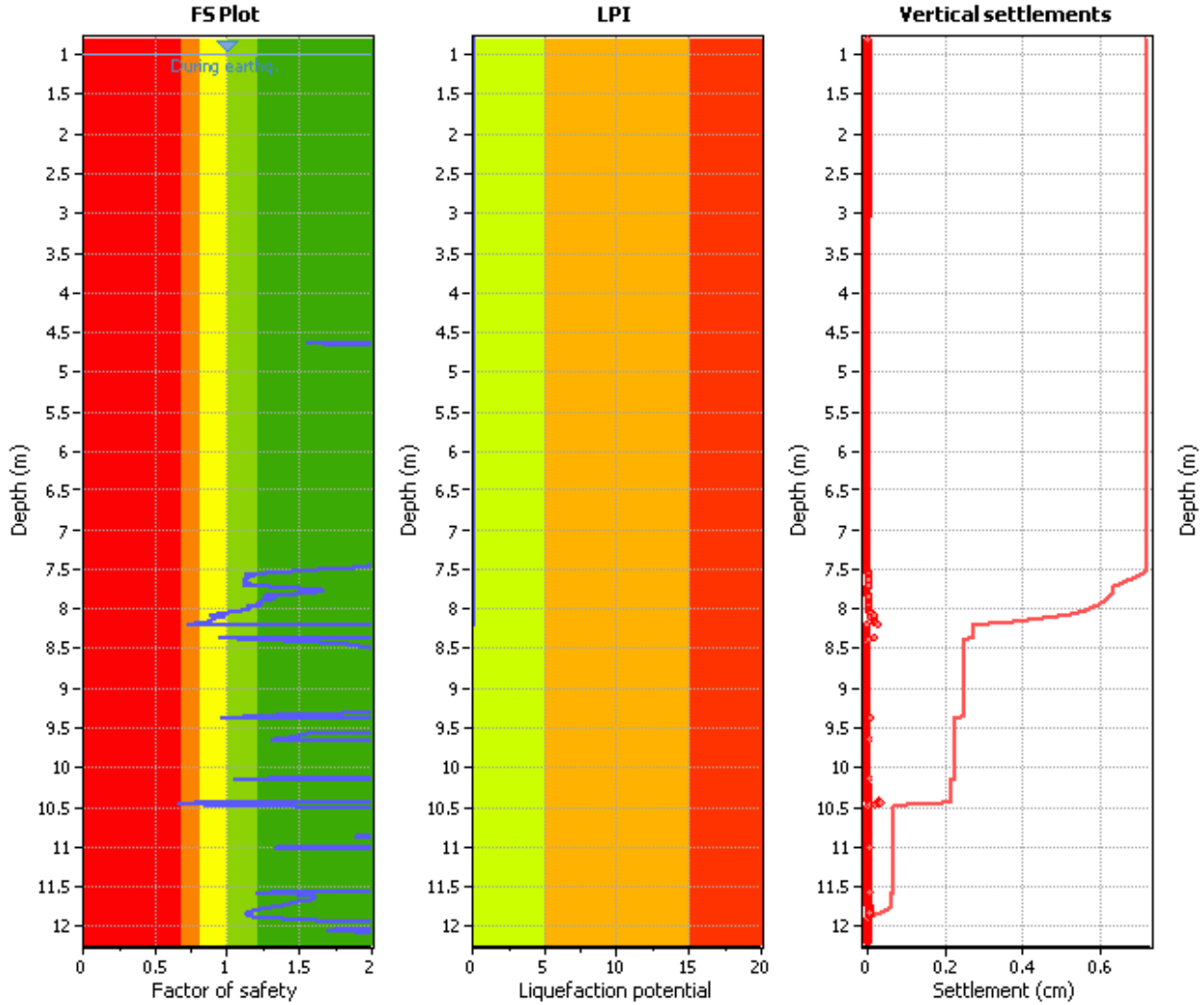
#### Liquefaction analysis overall plots



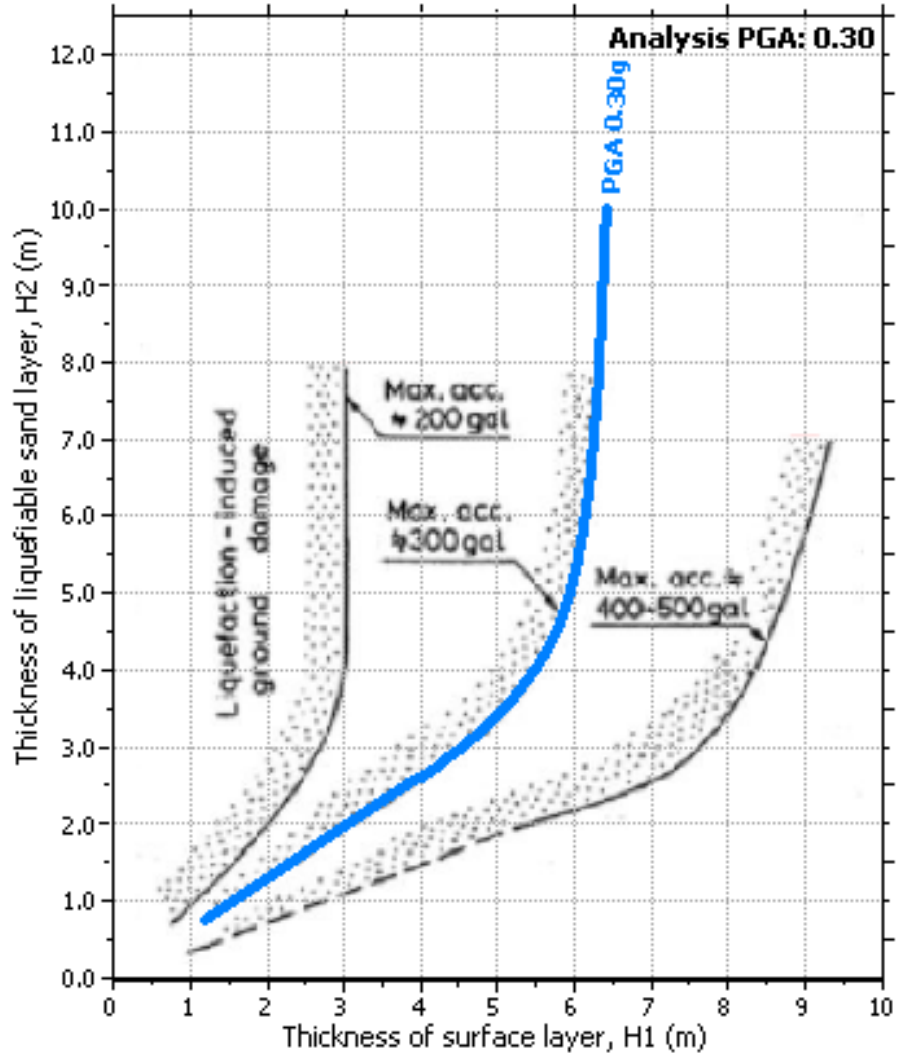
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 4 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

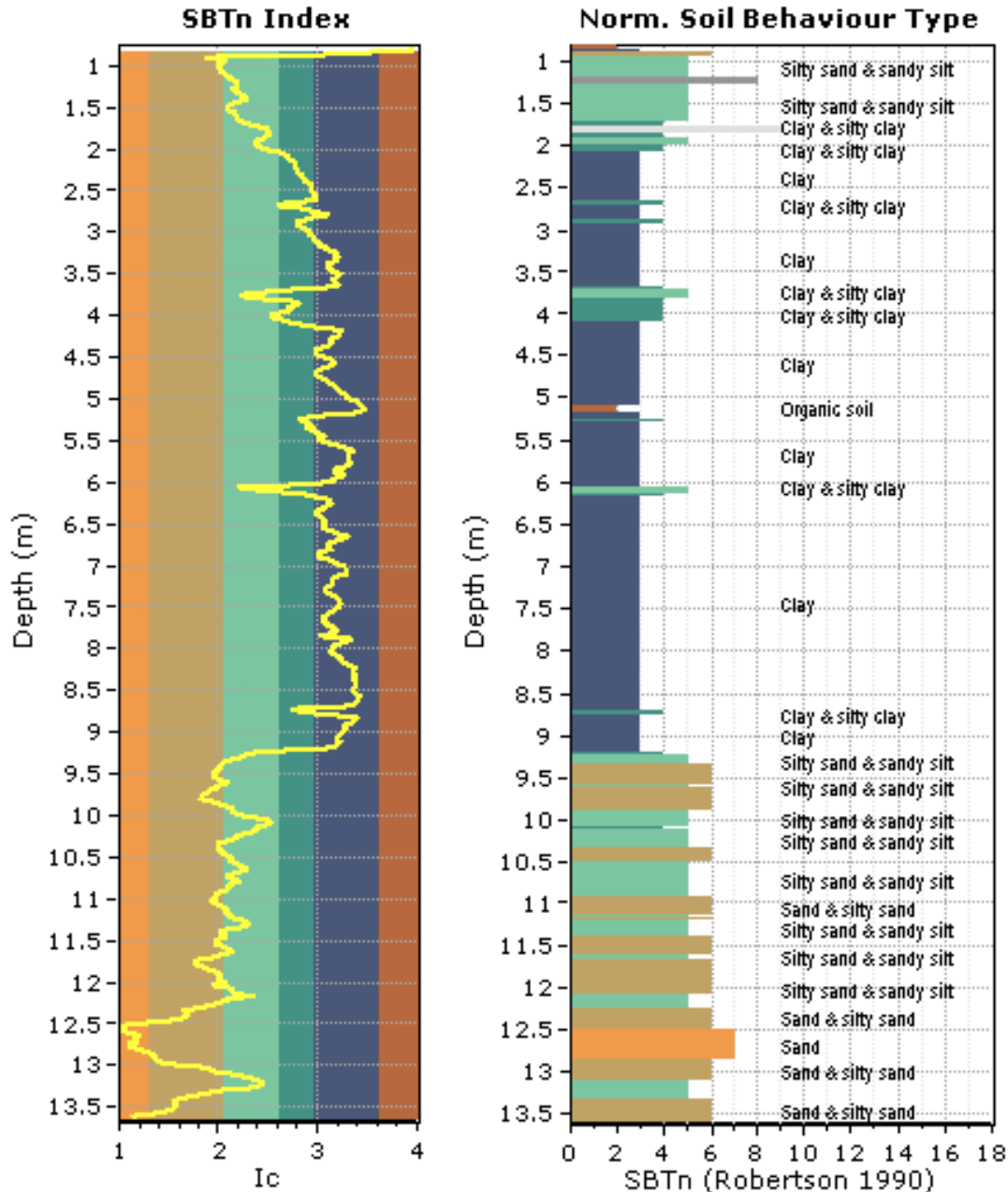


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 0  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 5

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

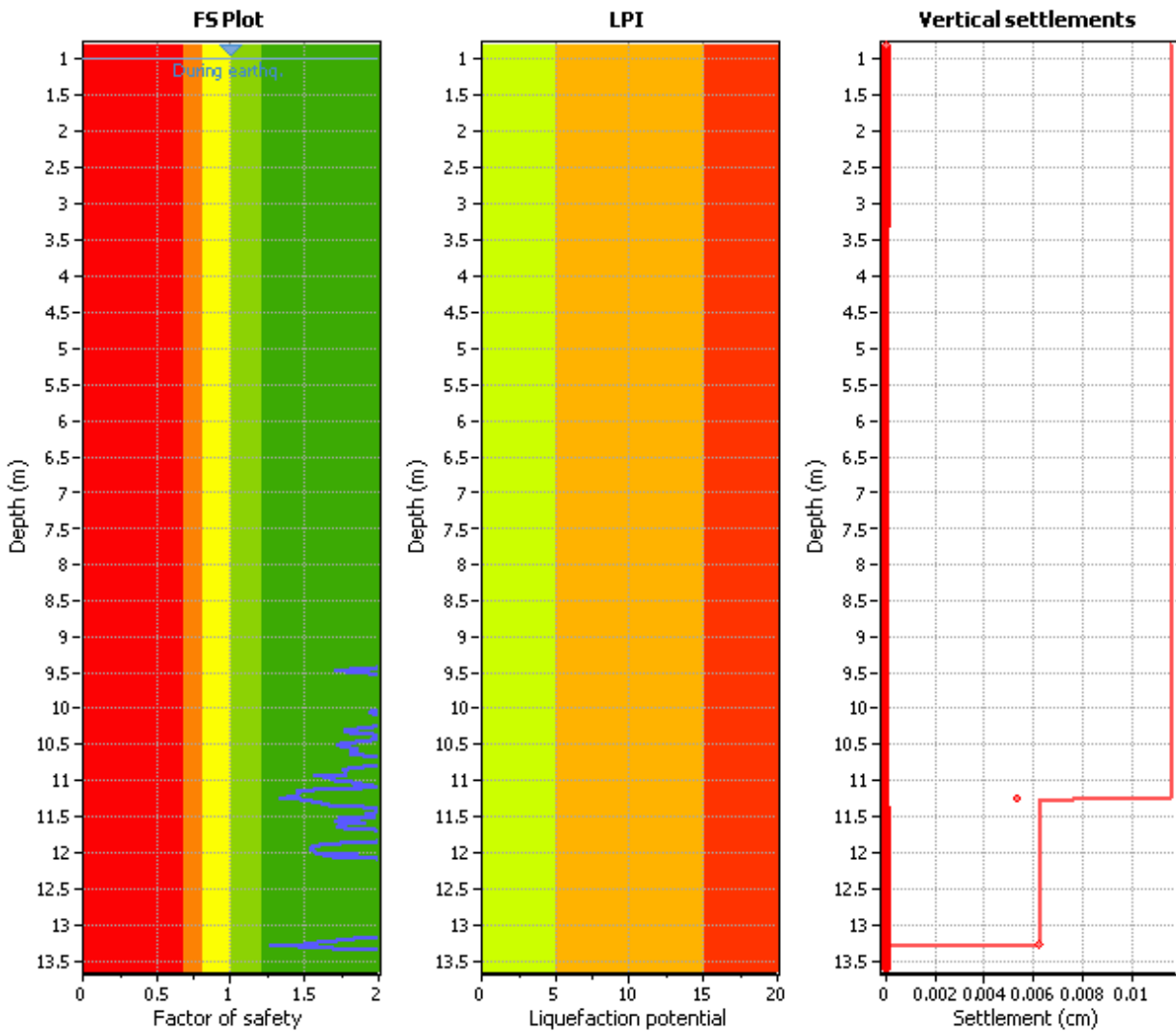




COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 5 SLD

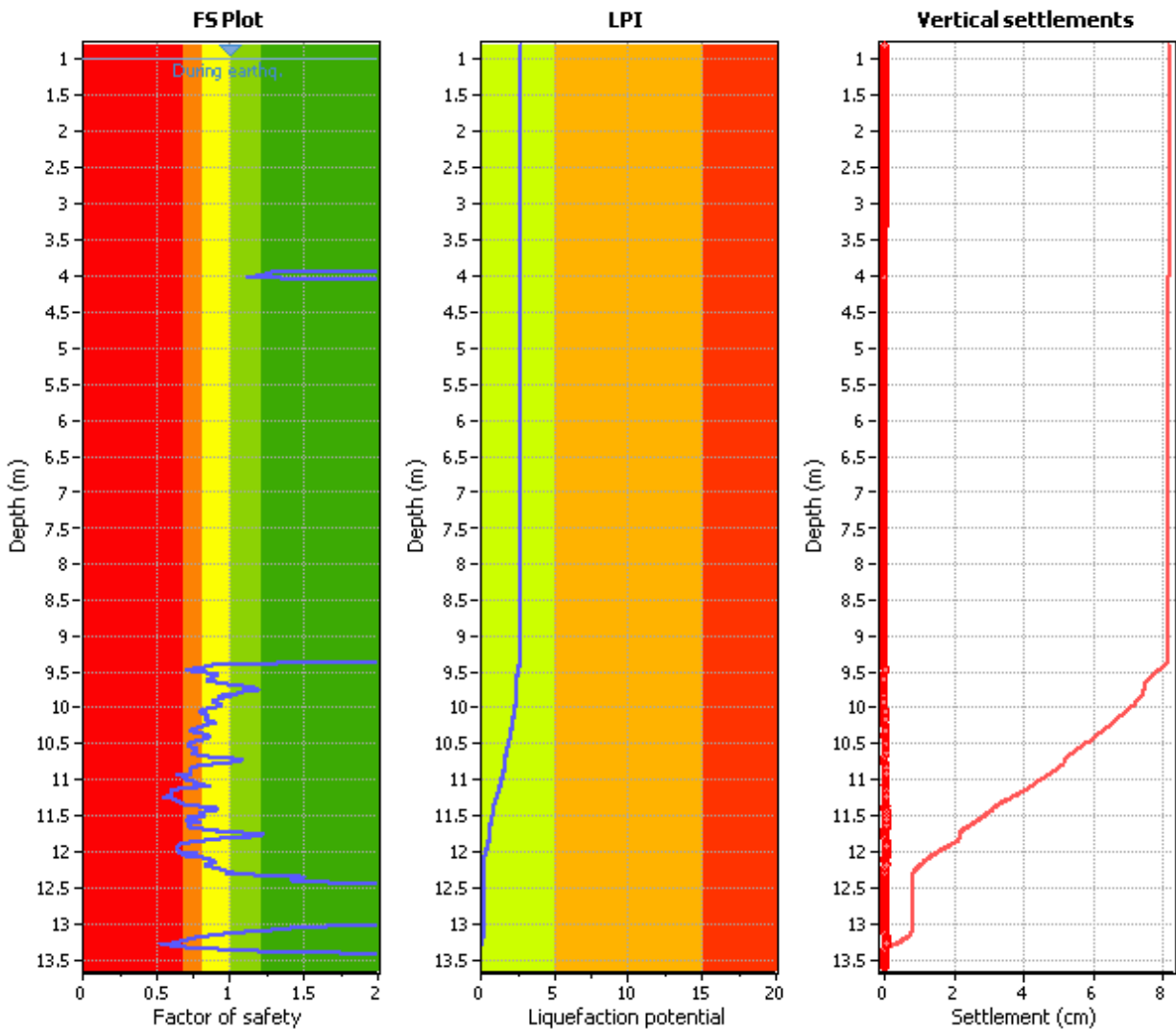
#### Liquefaction analysis overall plots



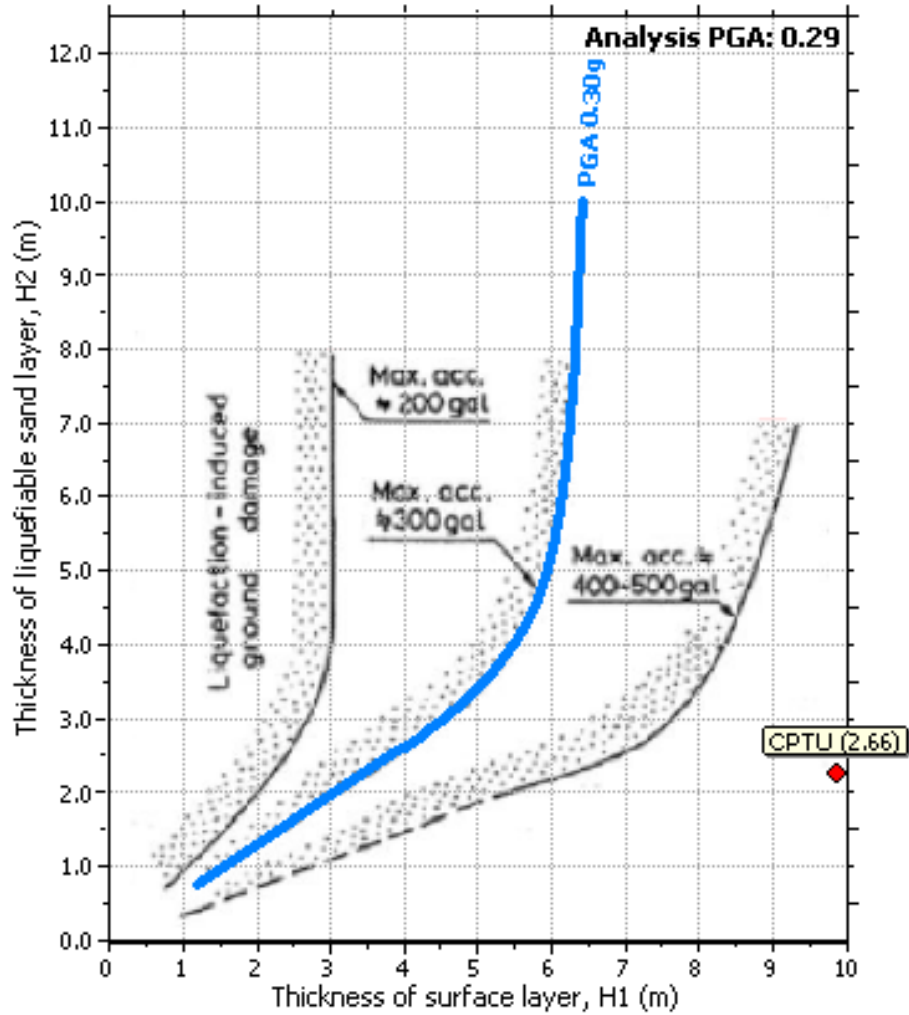
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 5 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

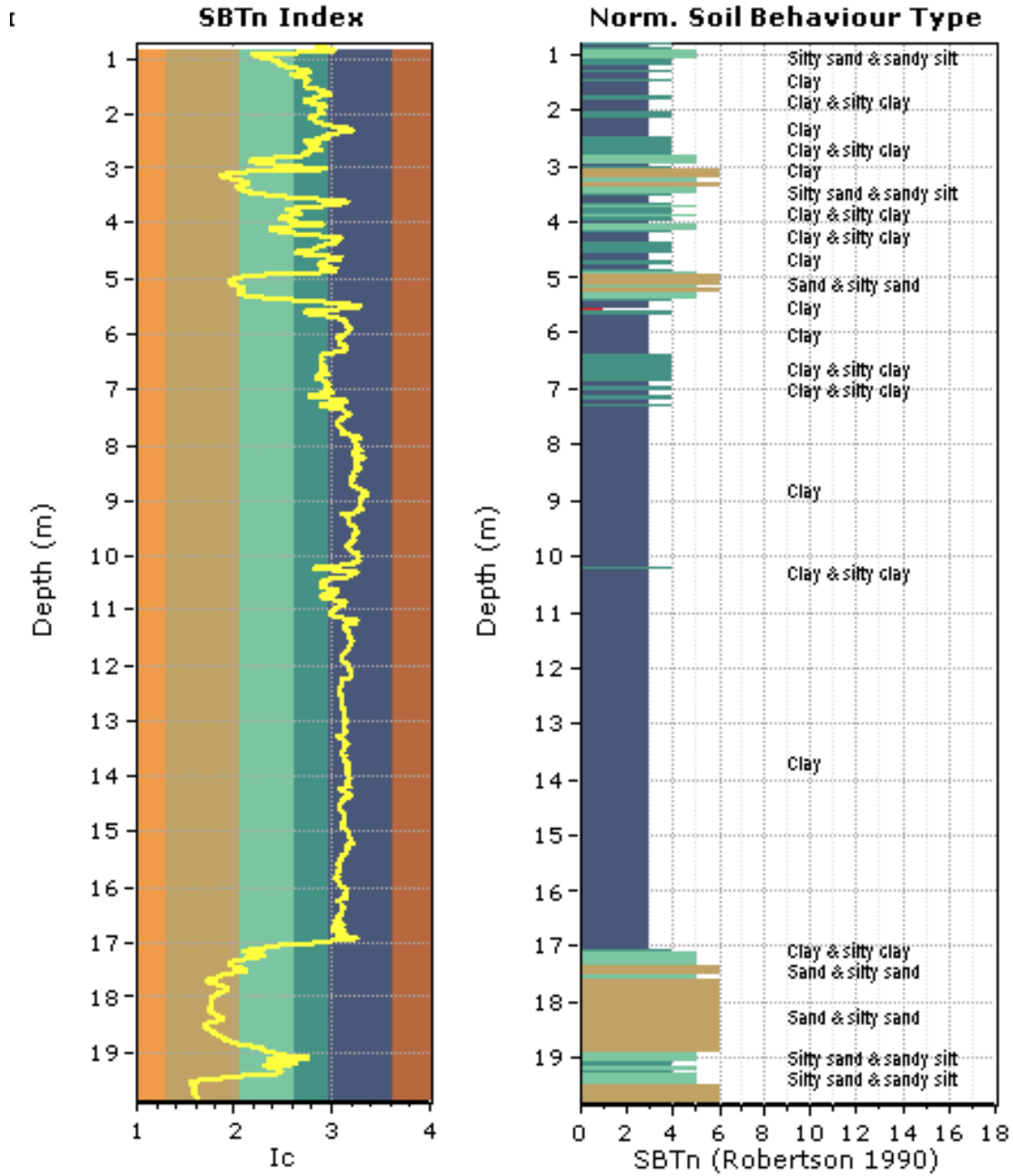


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 2.66  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 6

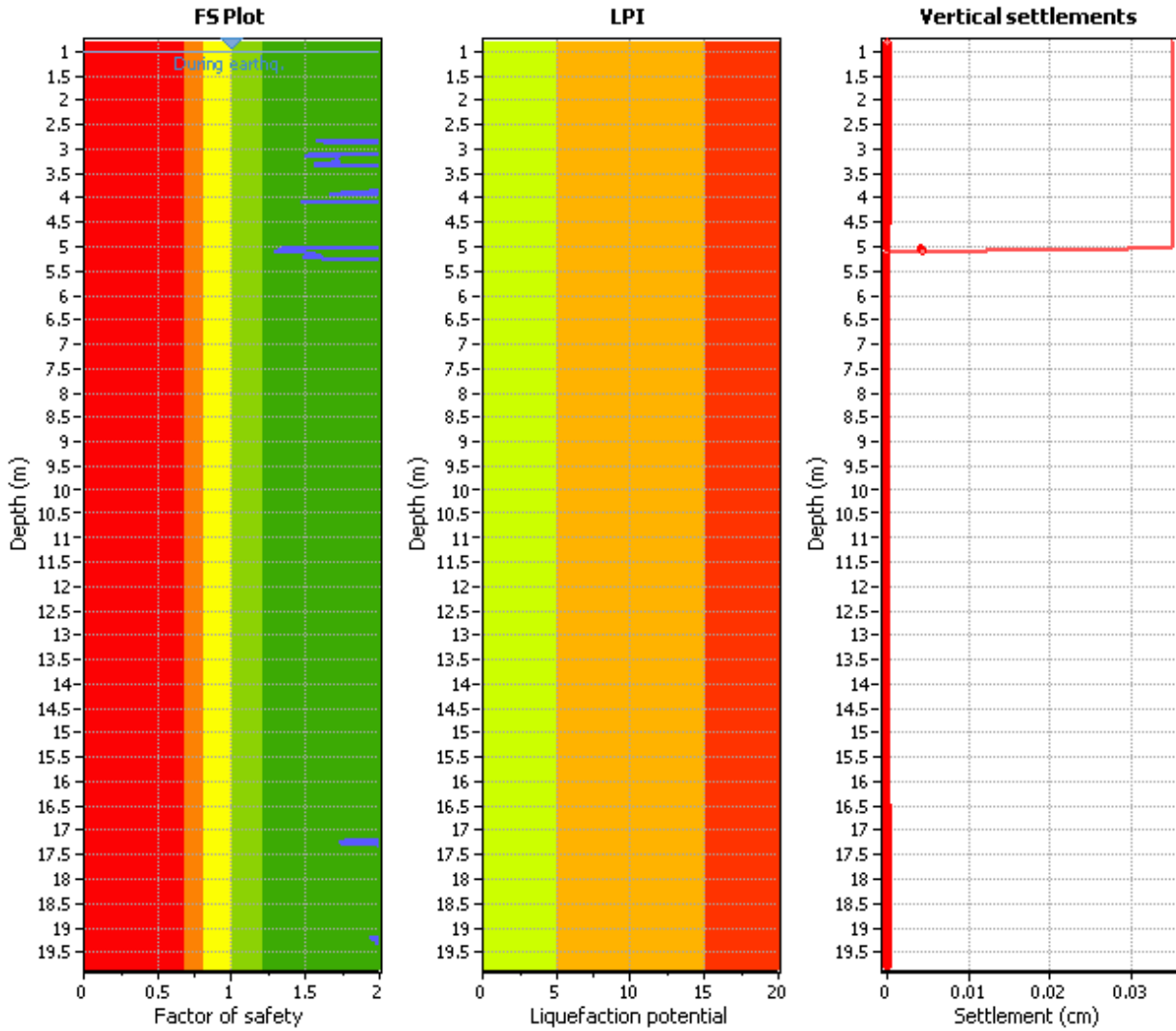
#### Stima della stratigrafia (Soil type behavior STB)



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 6 SLD

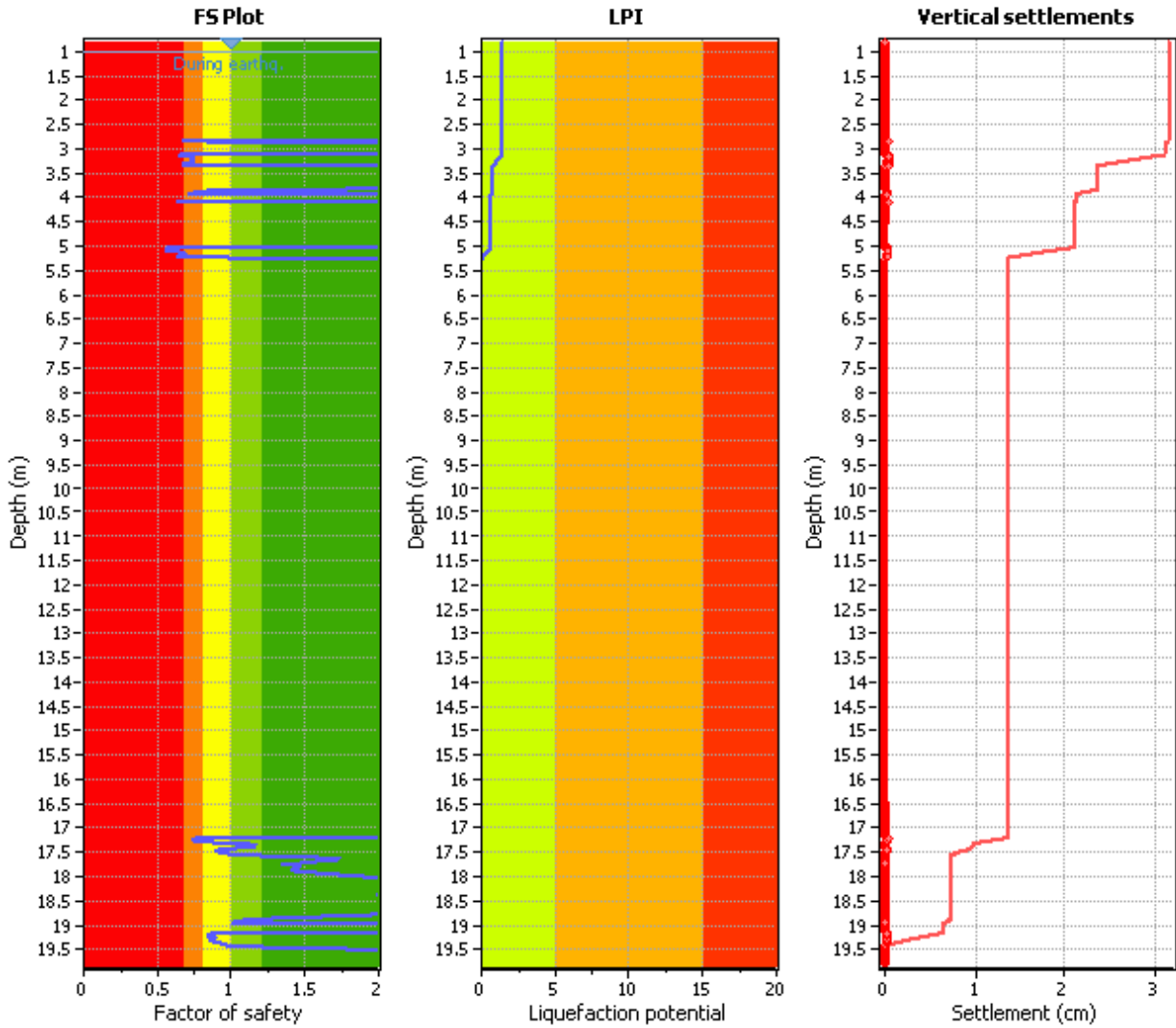
#### Liquefaction analysis overall plots



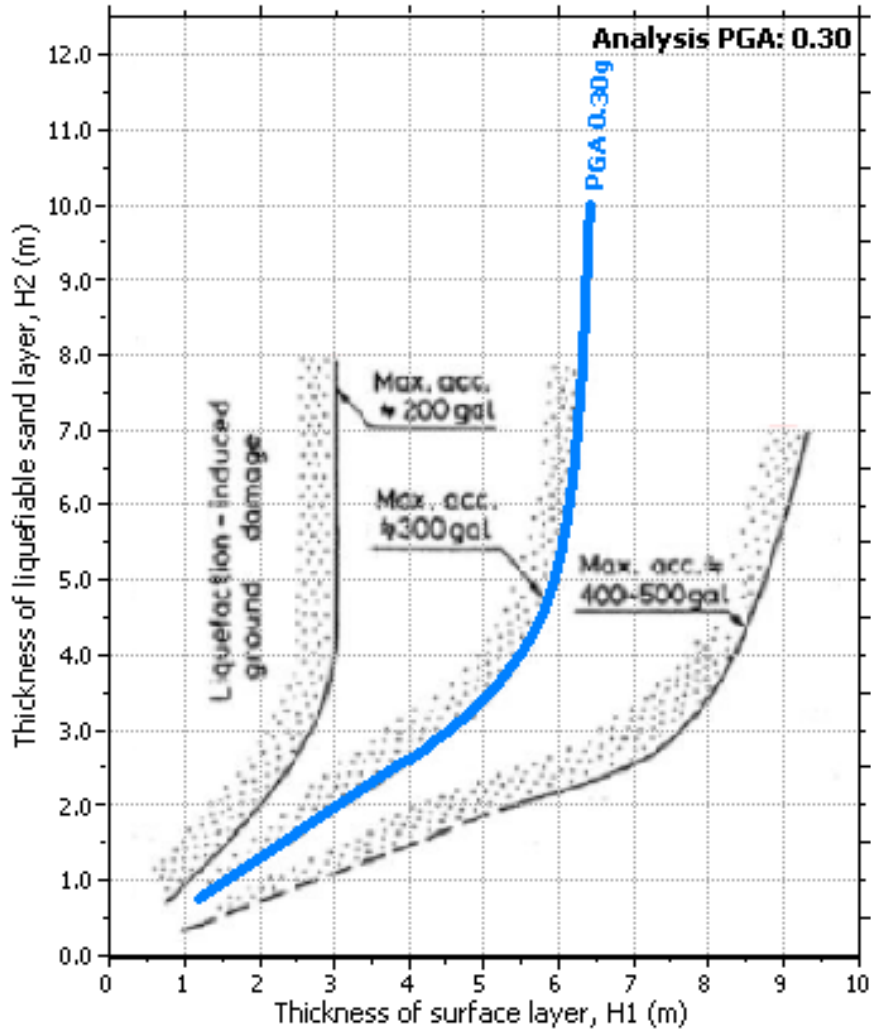
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 6 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



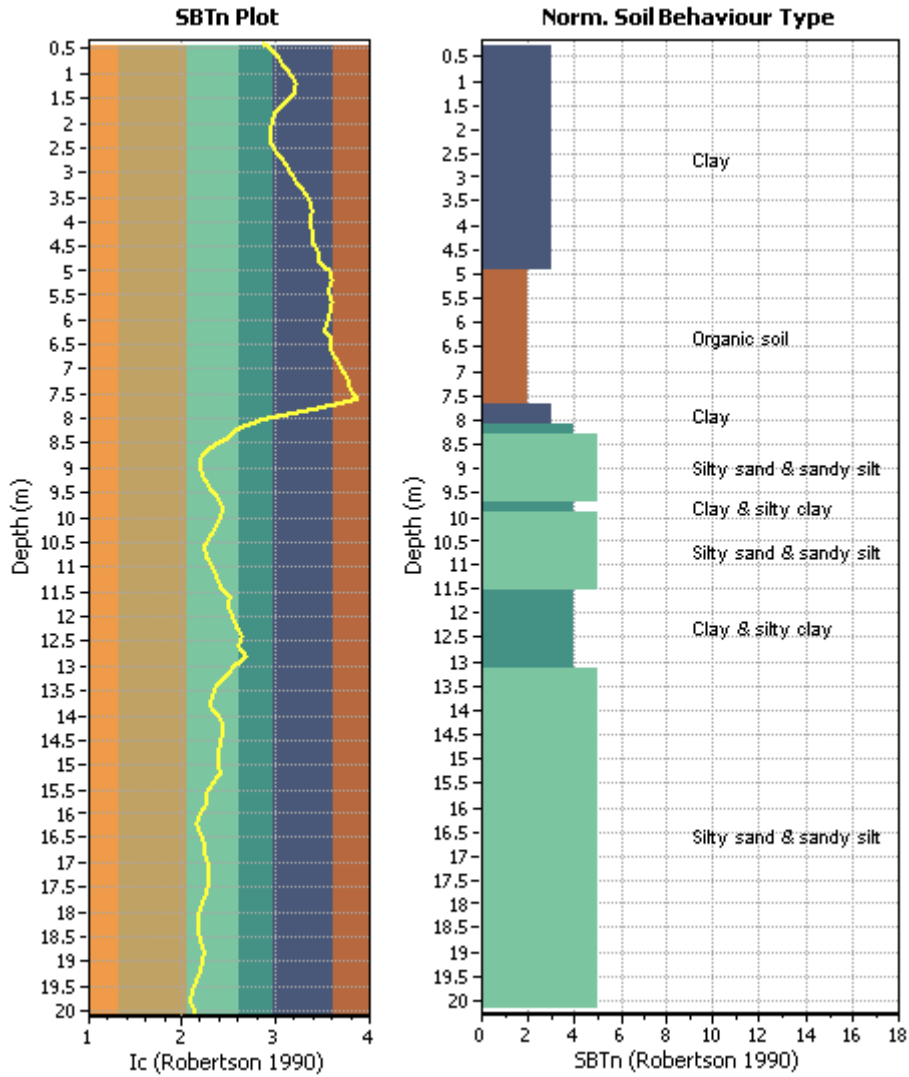
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	



**SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 1.30 (da Ishihara, 1985)**

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 6A**  
**Stima della stratigrafia**  
**(Soil type behavior STB)**

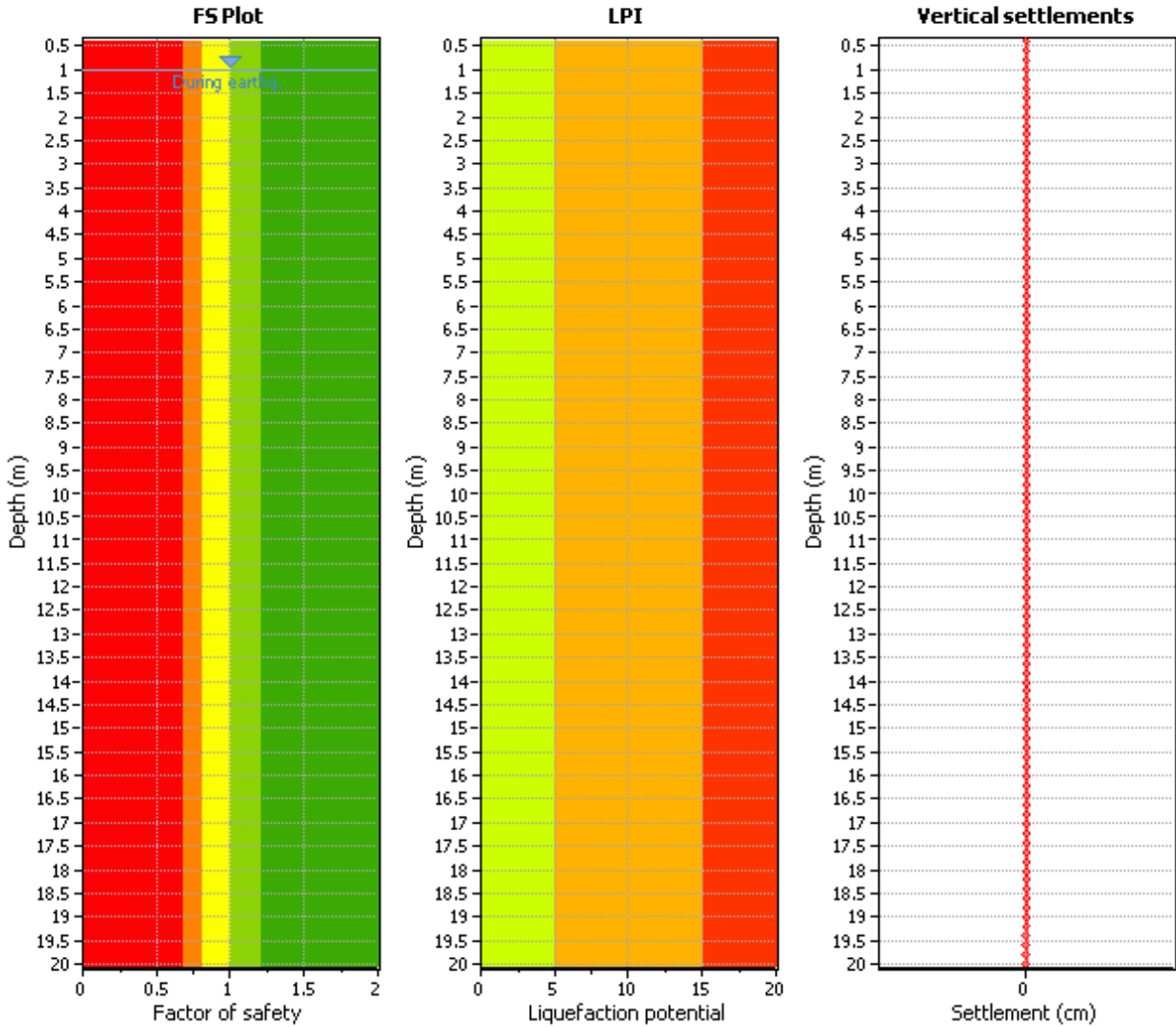




COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPT 6A SLD

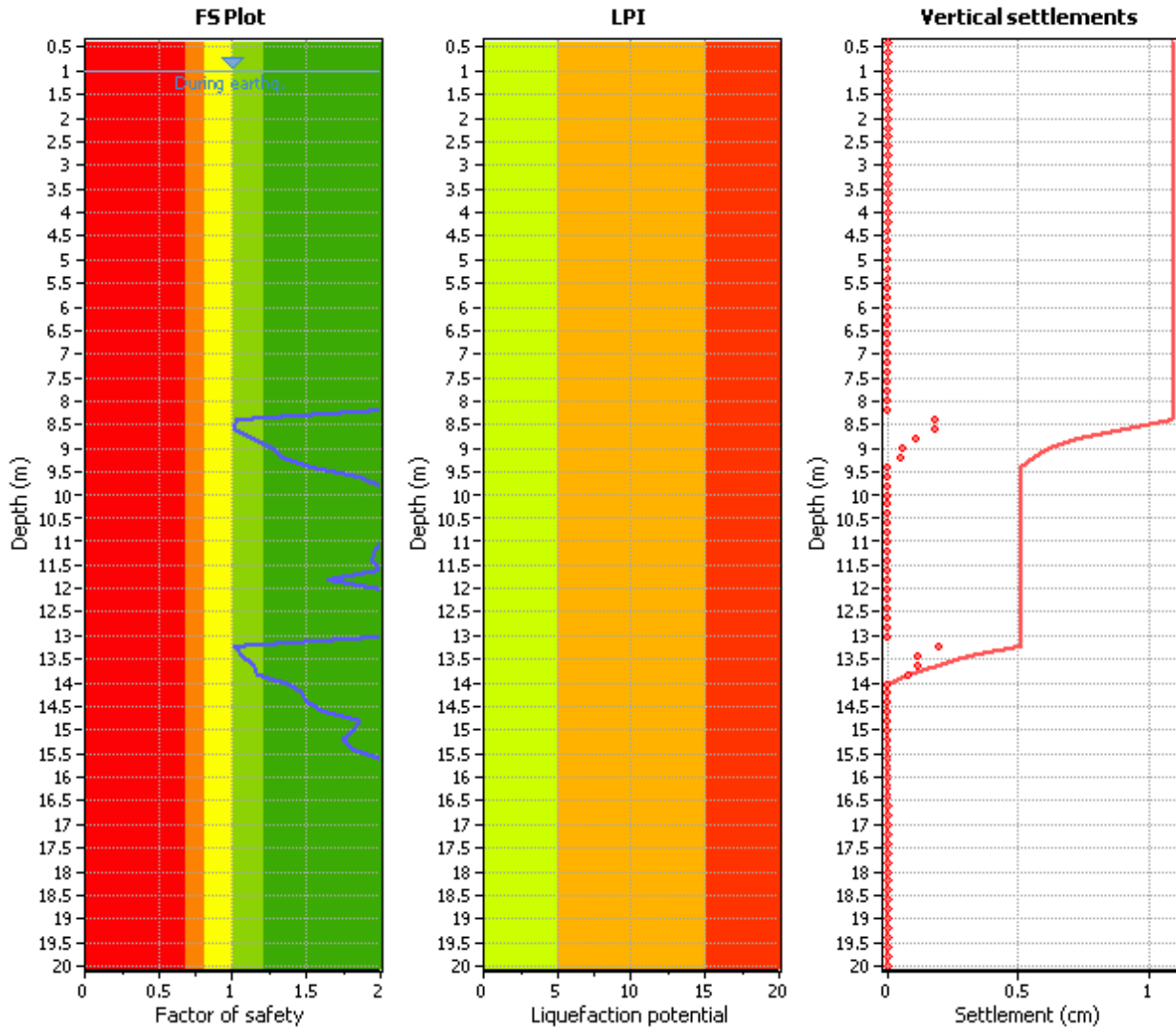
#### Liquefaction analysis overall plots



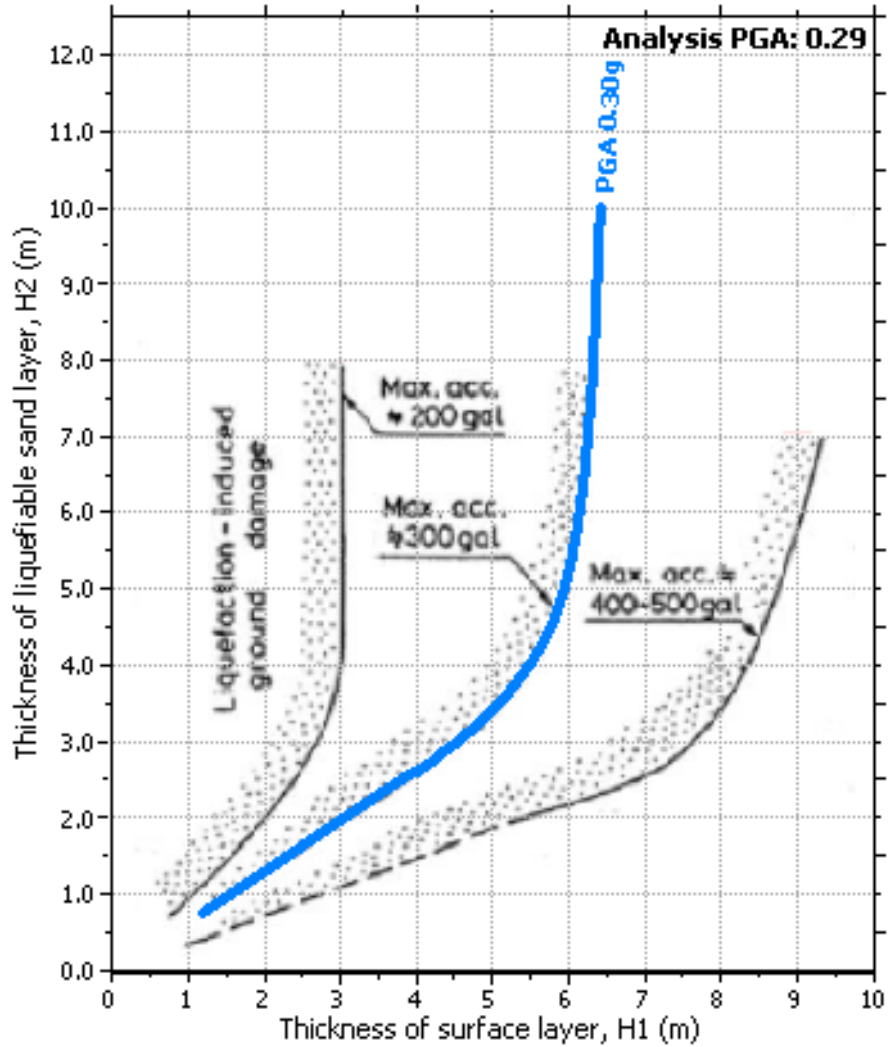
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPT 6A SLV**

**Liquefaction analysis overall plots**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

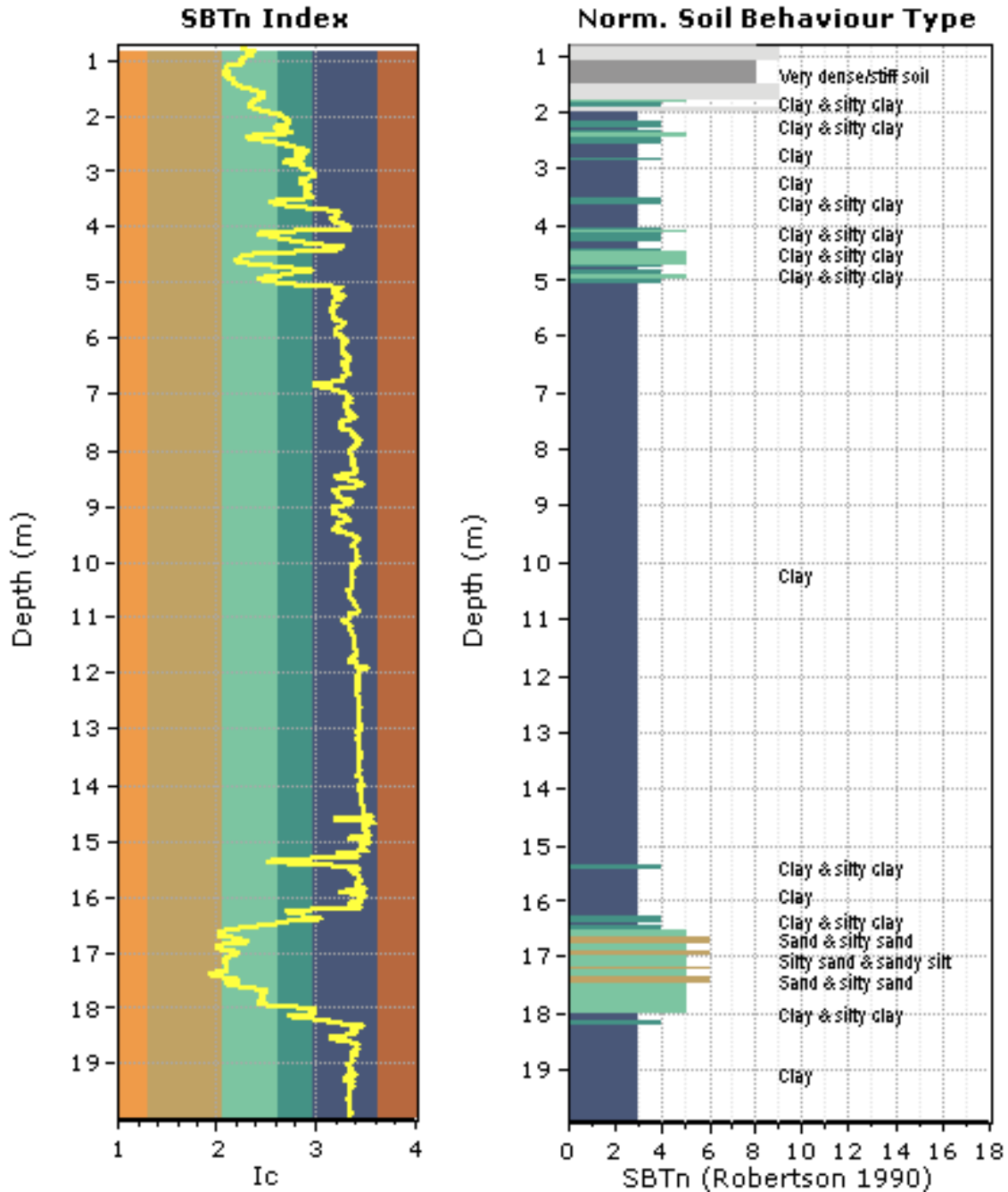


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 0  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 7

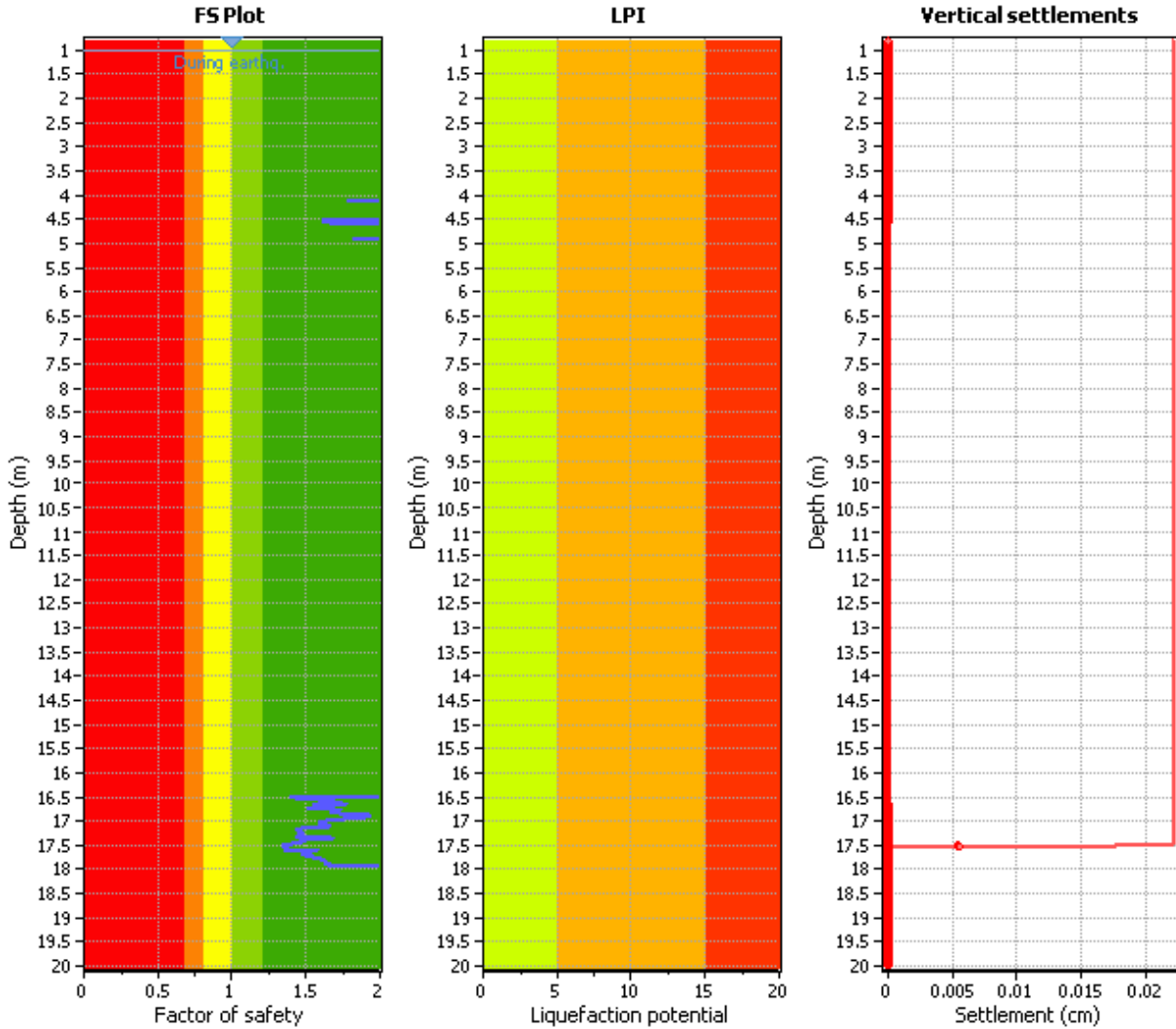
#### Stima della stratigrafia (Soil type behavior STB)



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 7 SLD

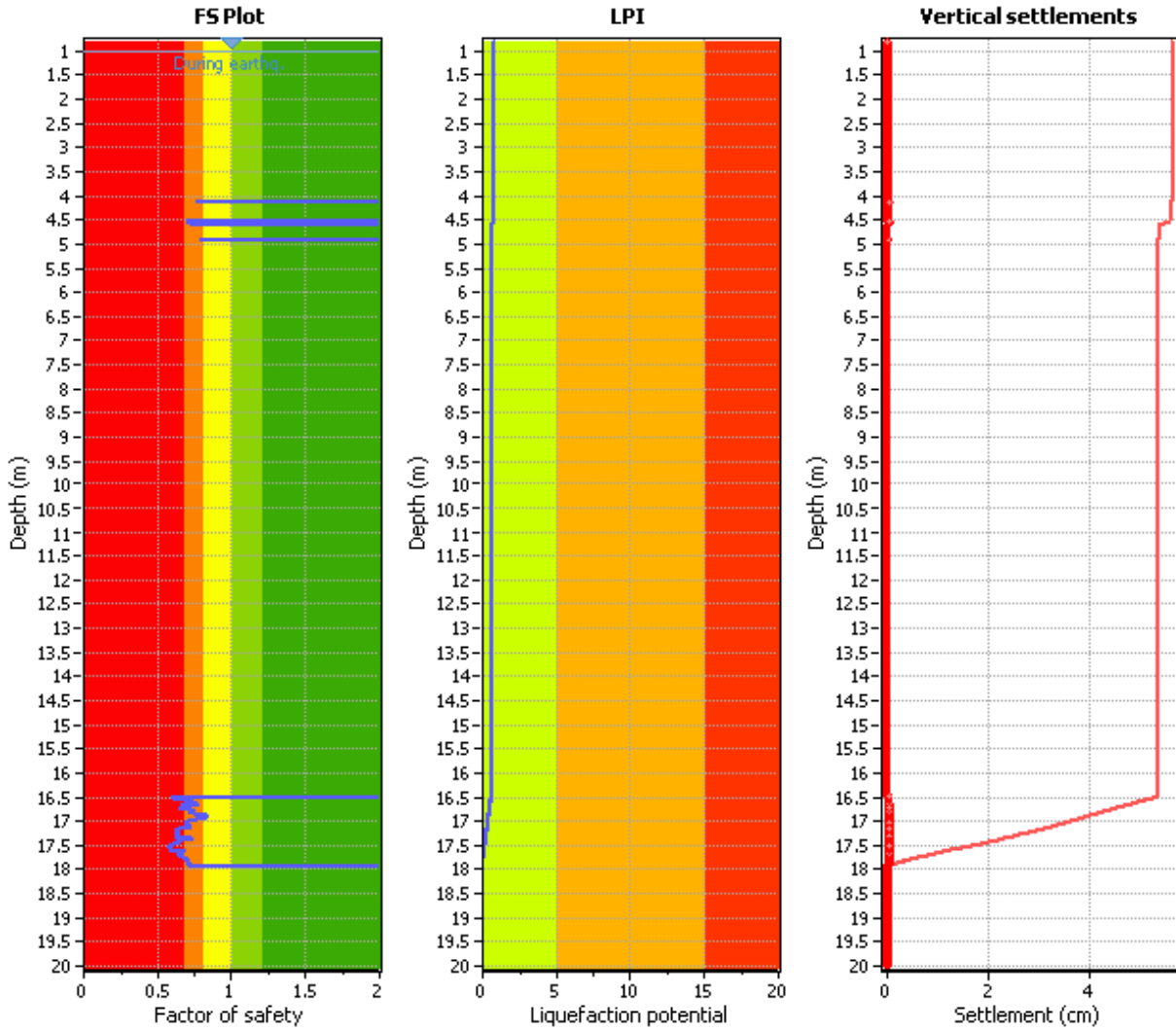
#### Liquefaction analysis overall plots



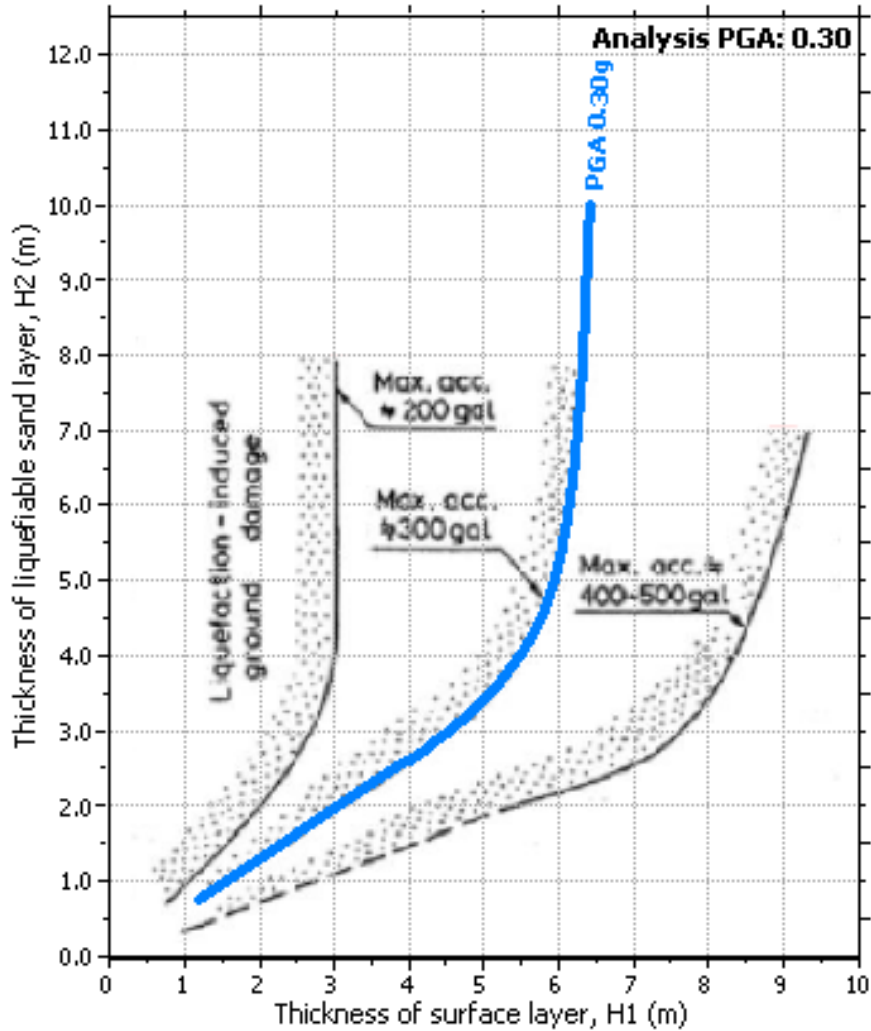
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 7 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

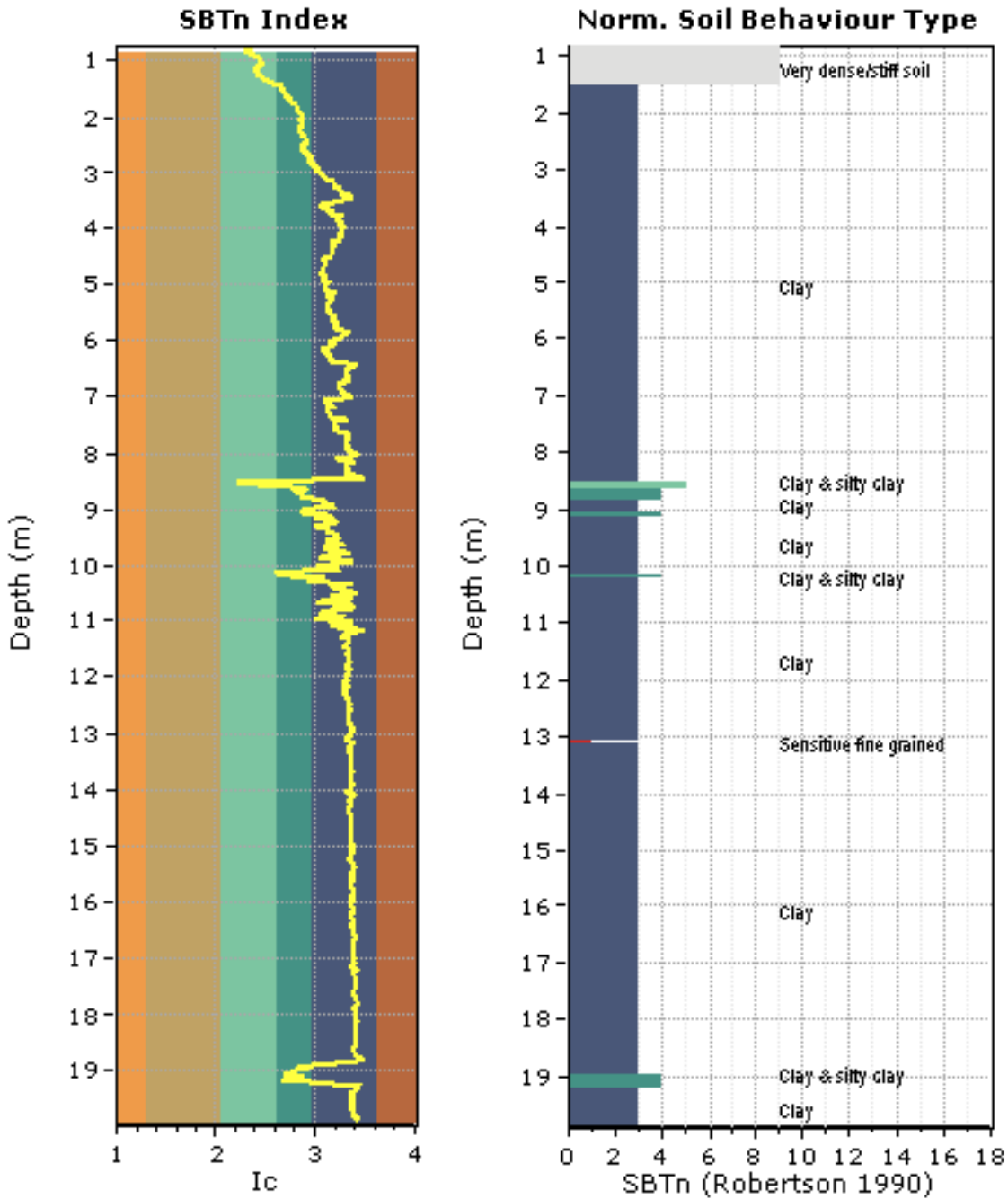


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 0.90  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 8

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

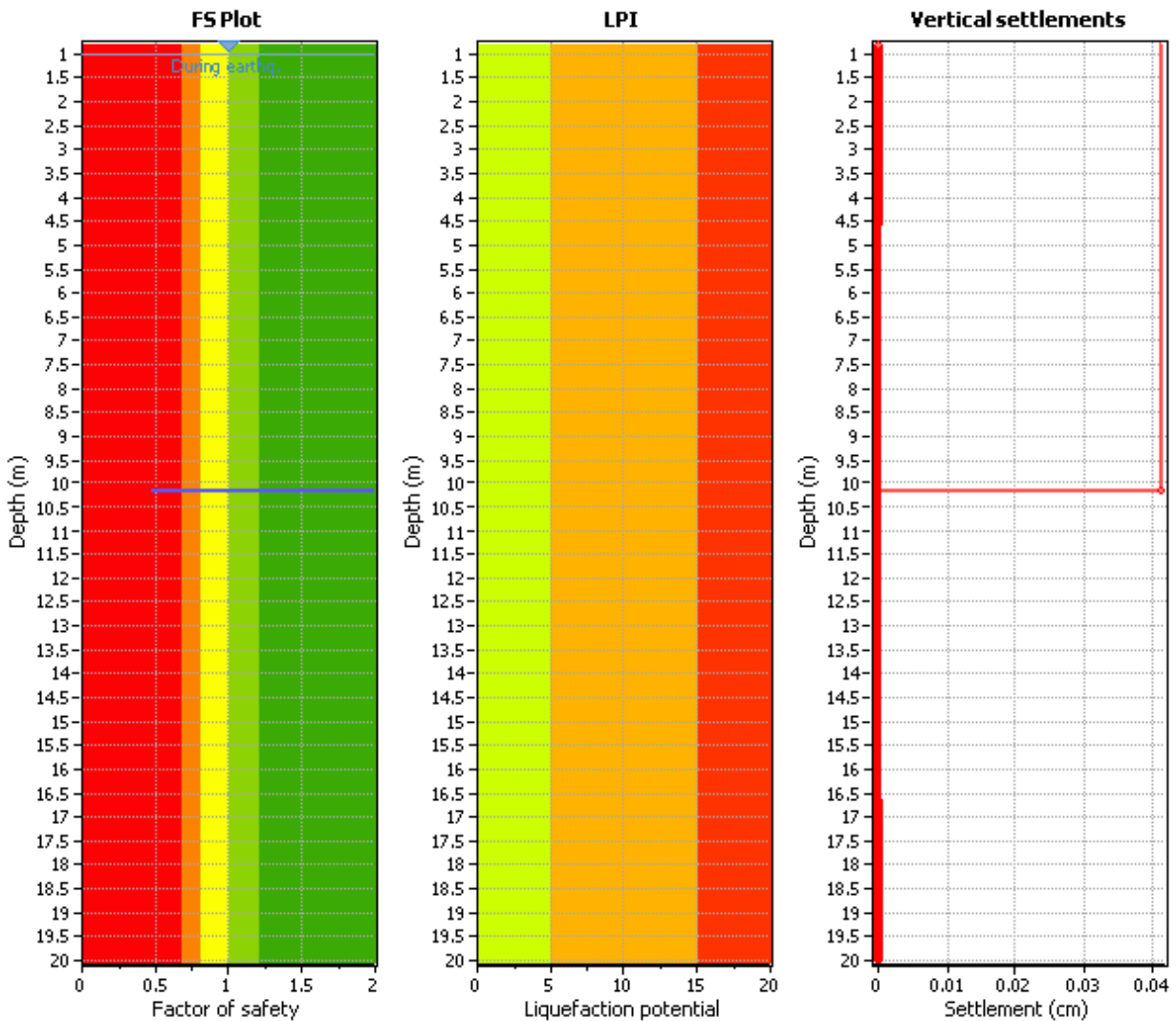




COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 8 SLD

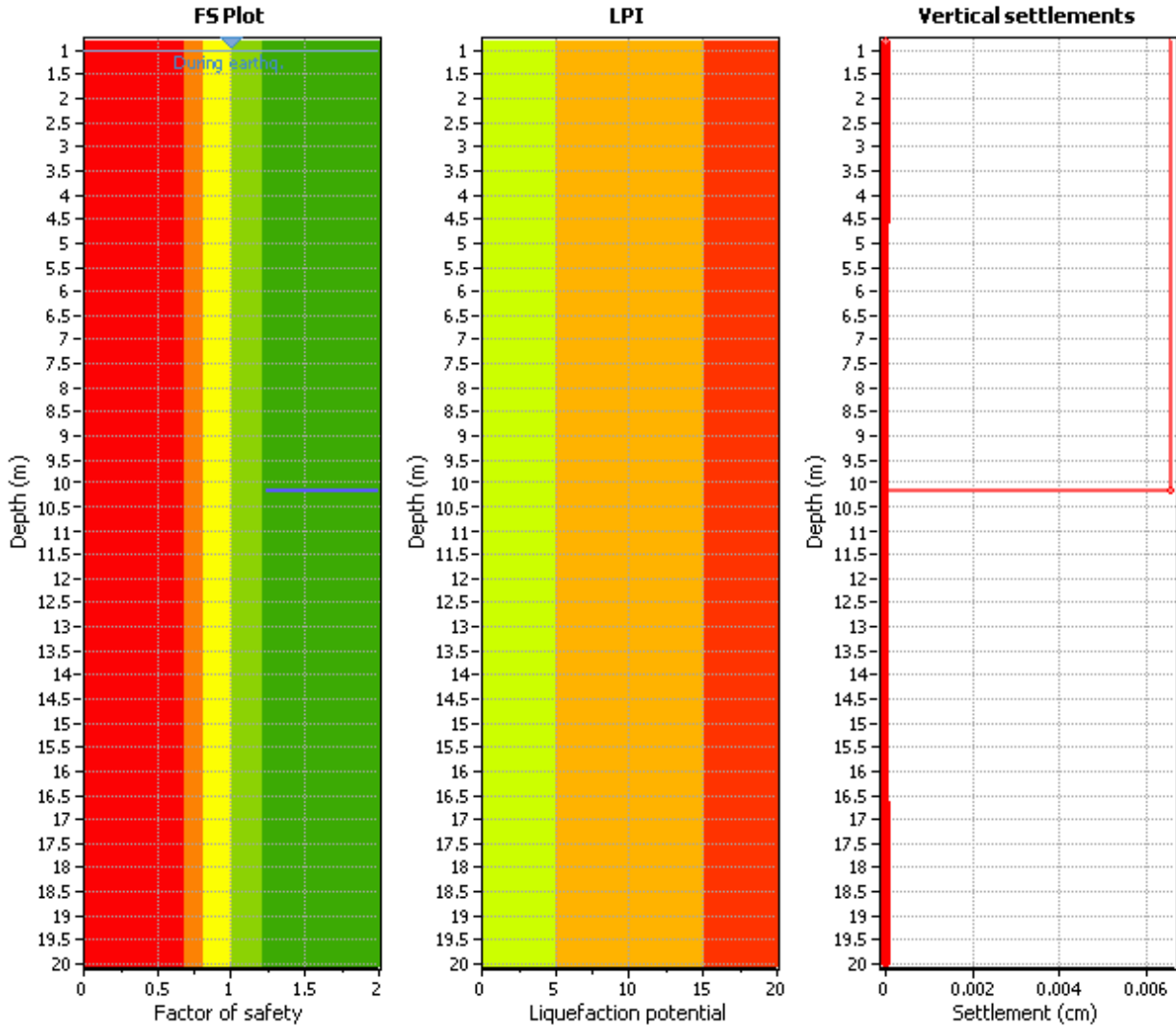
#### Liquefaction analysis overall plots



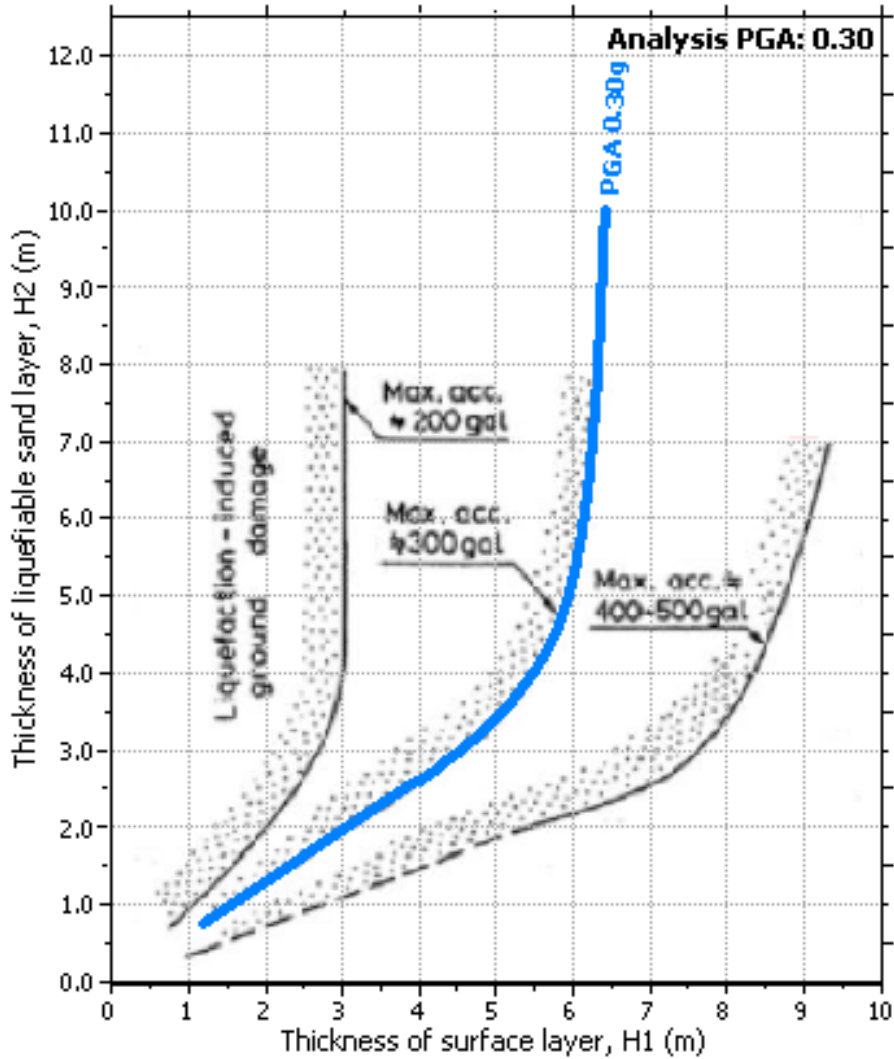
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 8 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

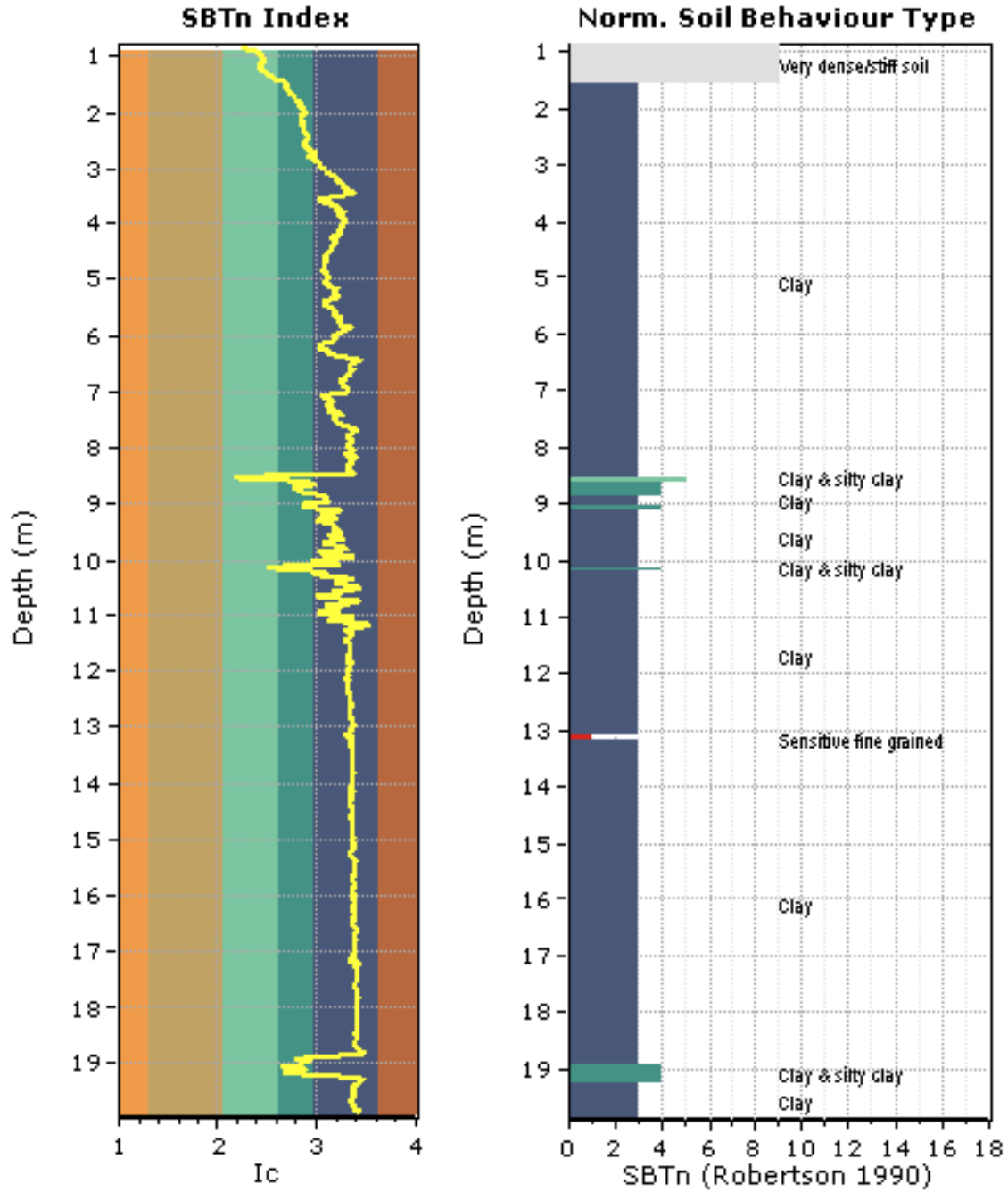


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 0  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 9

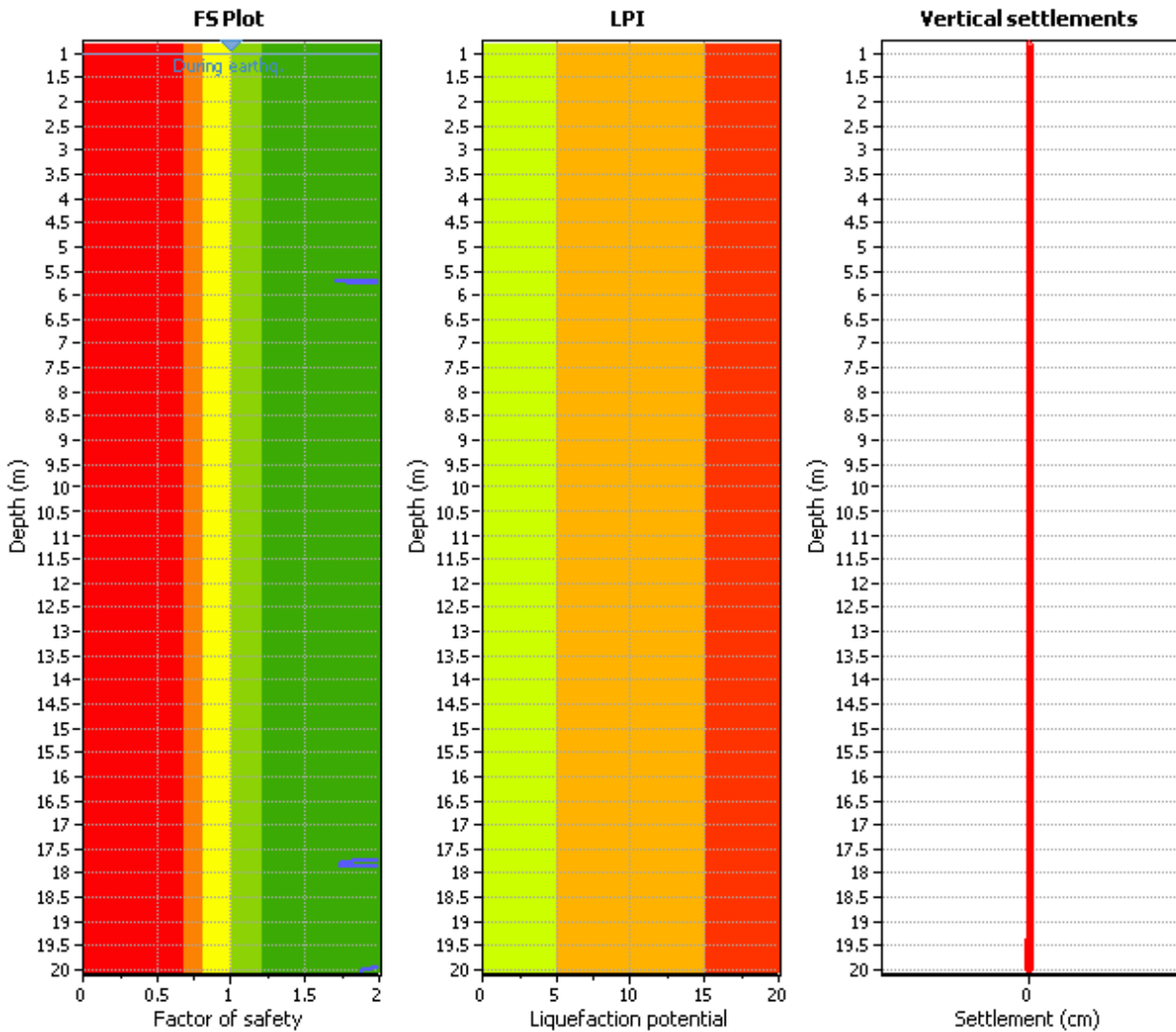
#### Stima della stratigrafia (Soil type behavior STB)



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 9 SLD

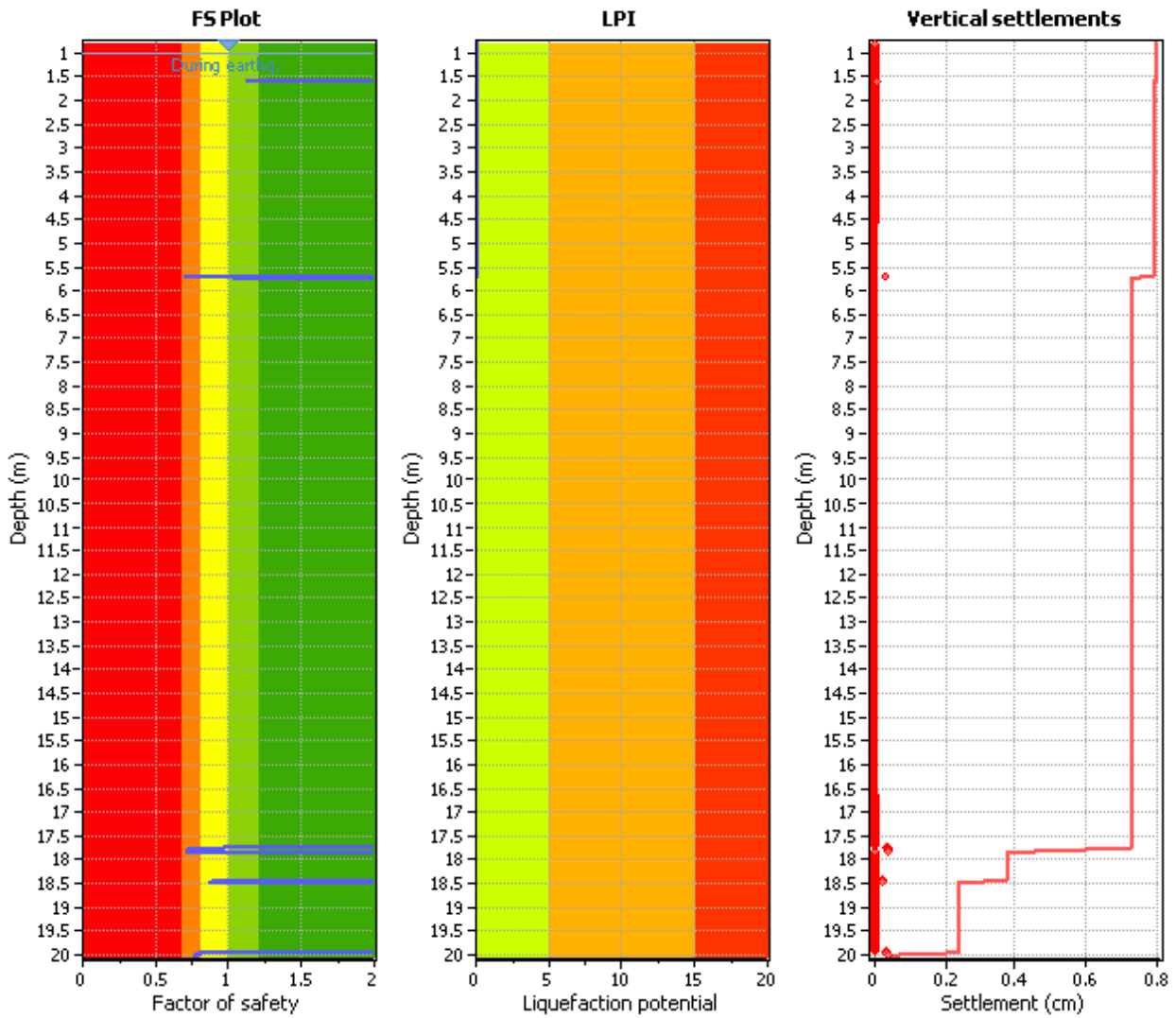
#### Liquefaction analysis overall plots



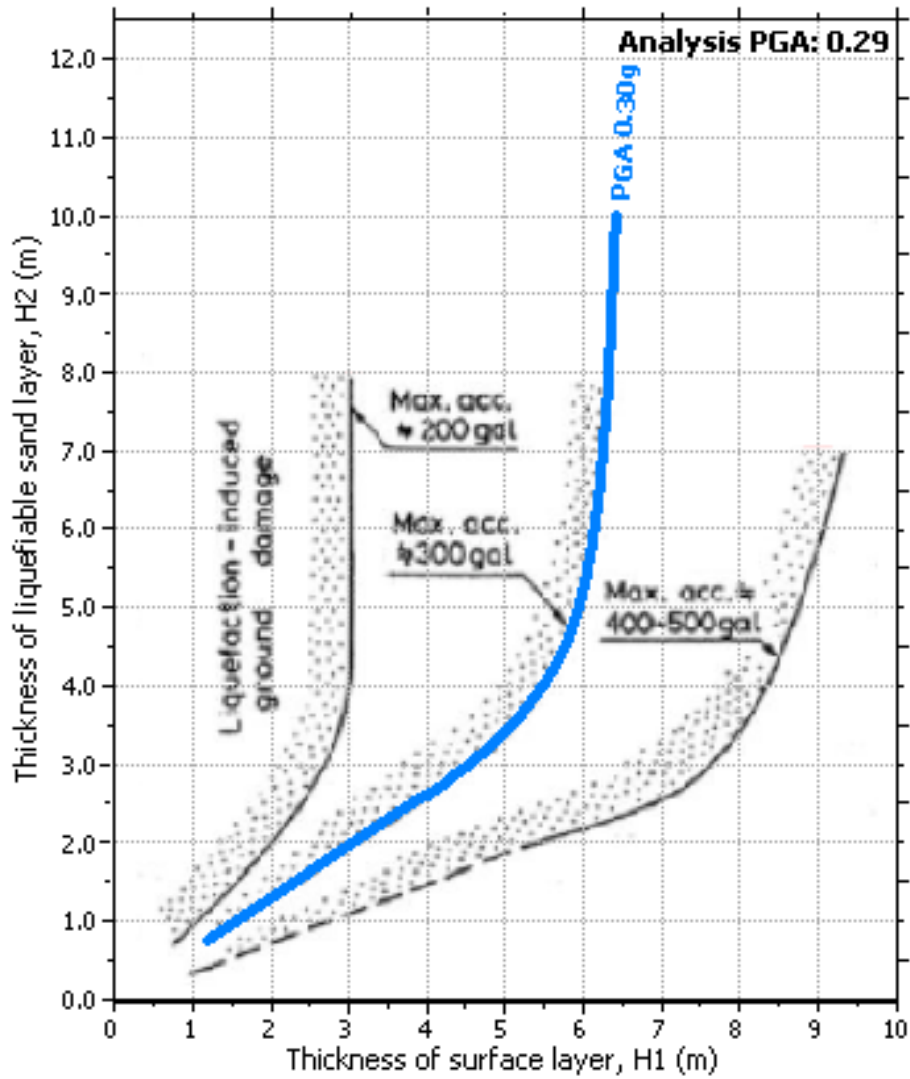
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 9 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

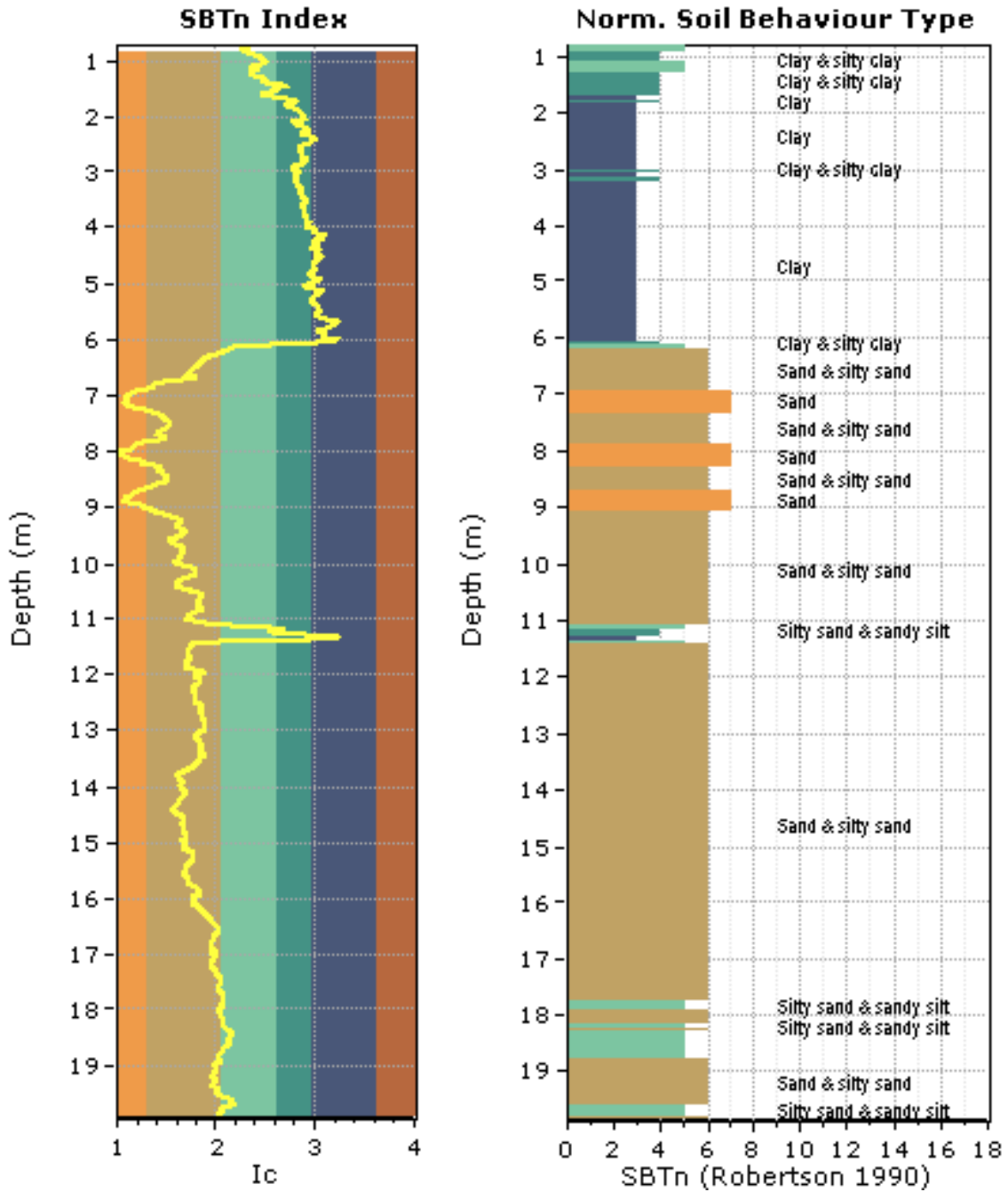


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie  $LPI=0$   
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 10**

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

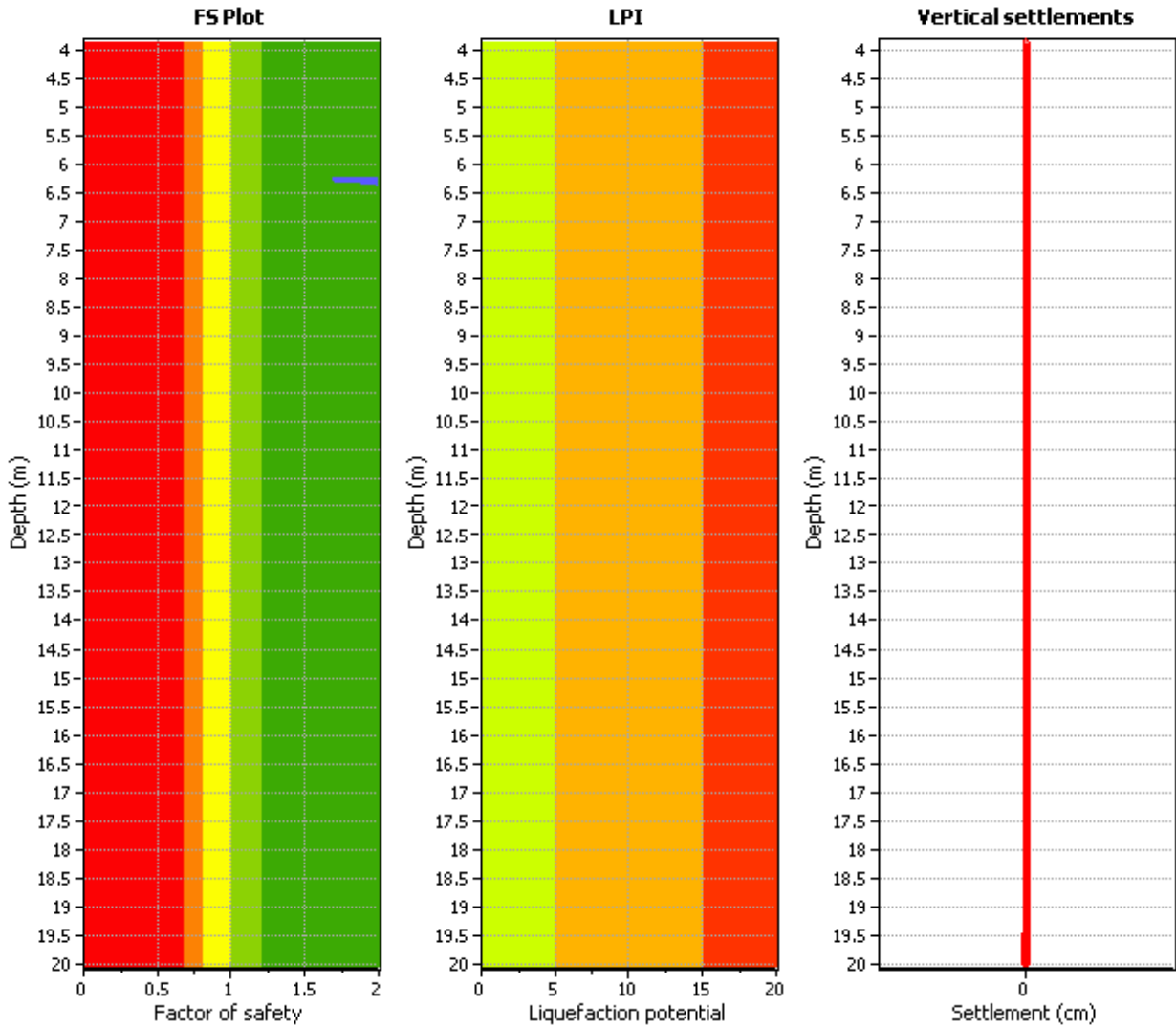




COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 10 SLD

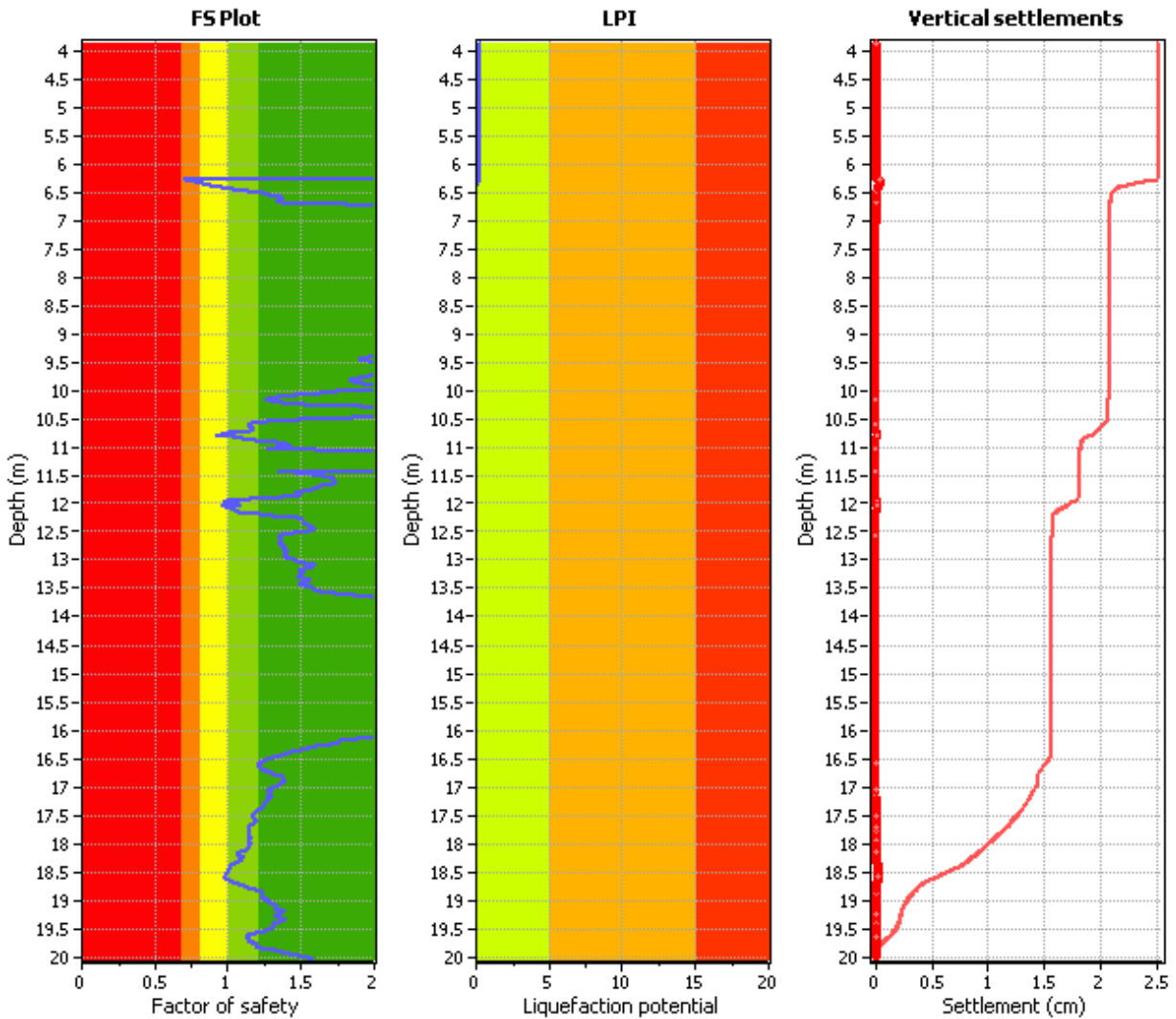
#### Liquefaction analysis overall plots



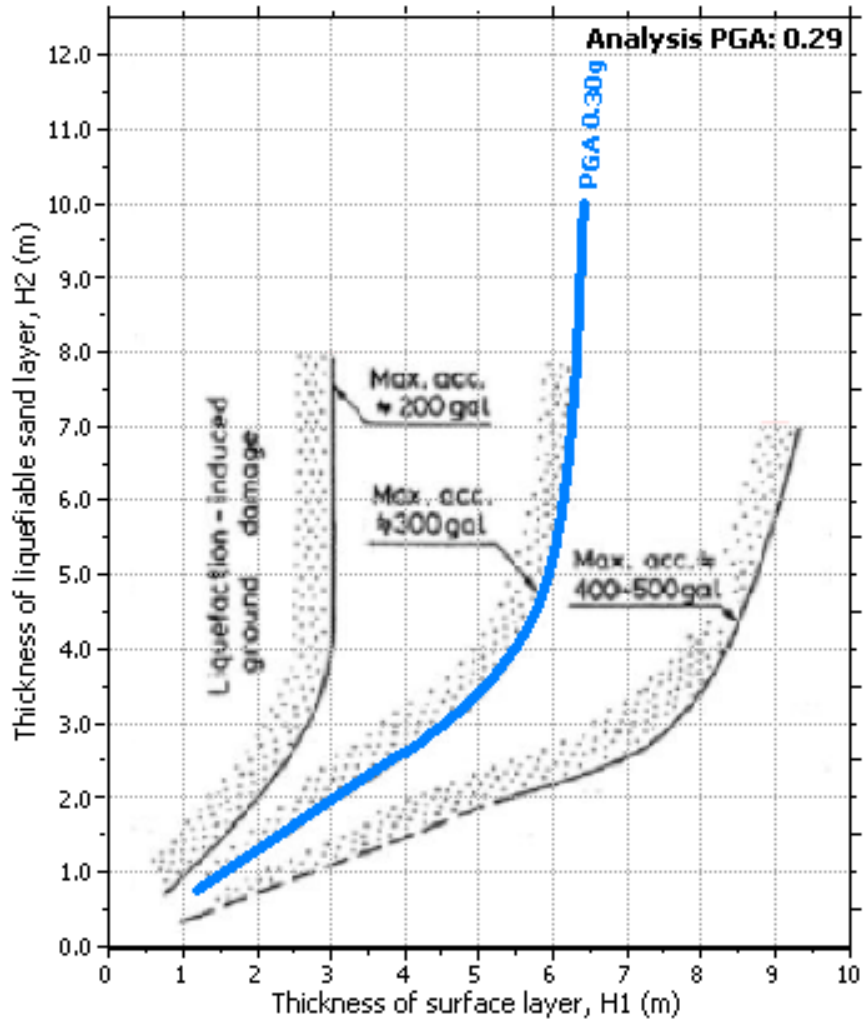
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 10 SLV**

**Liquefaction analysis overall plots**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

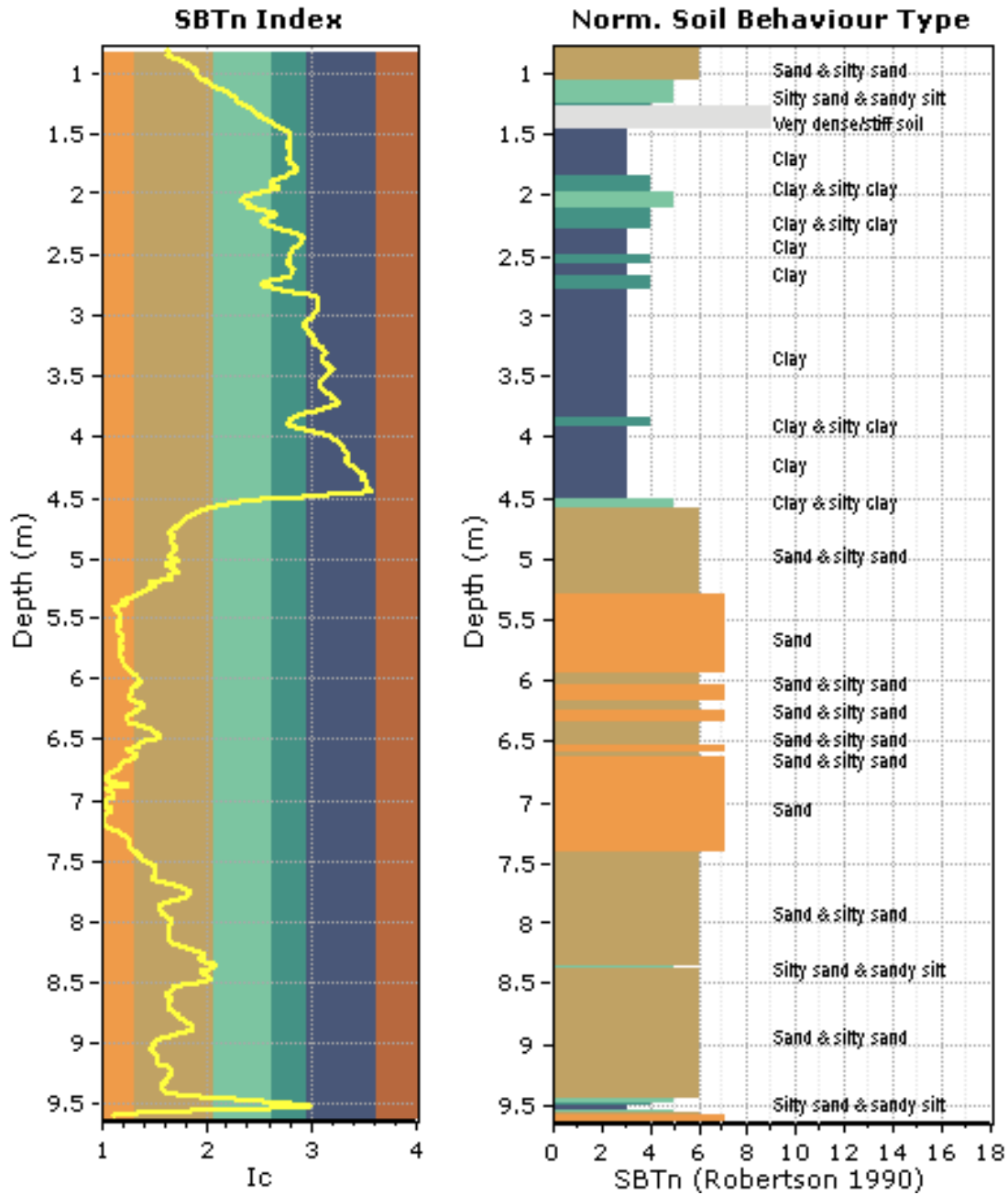


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 0.05 (da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 11**

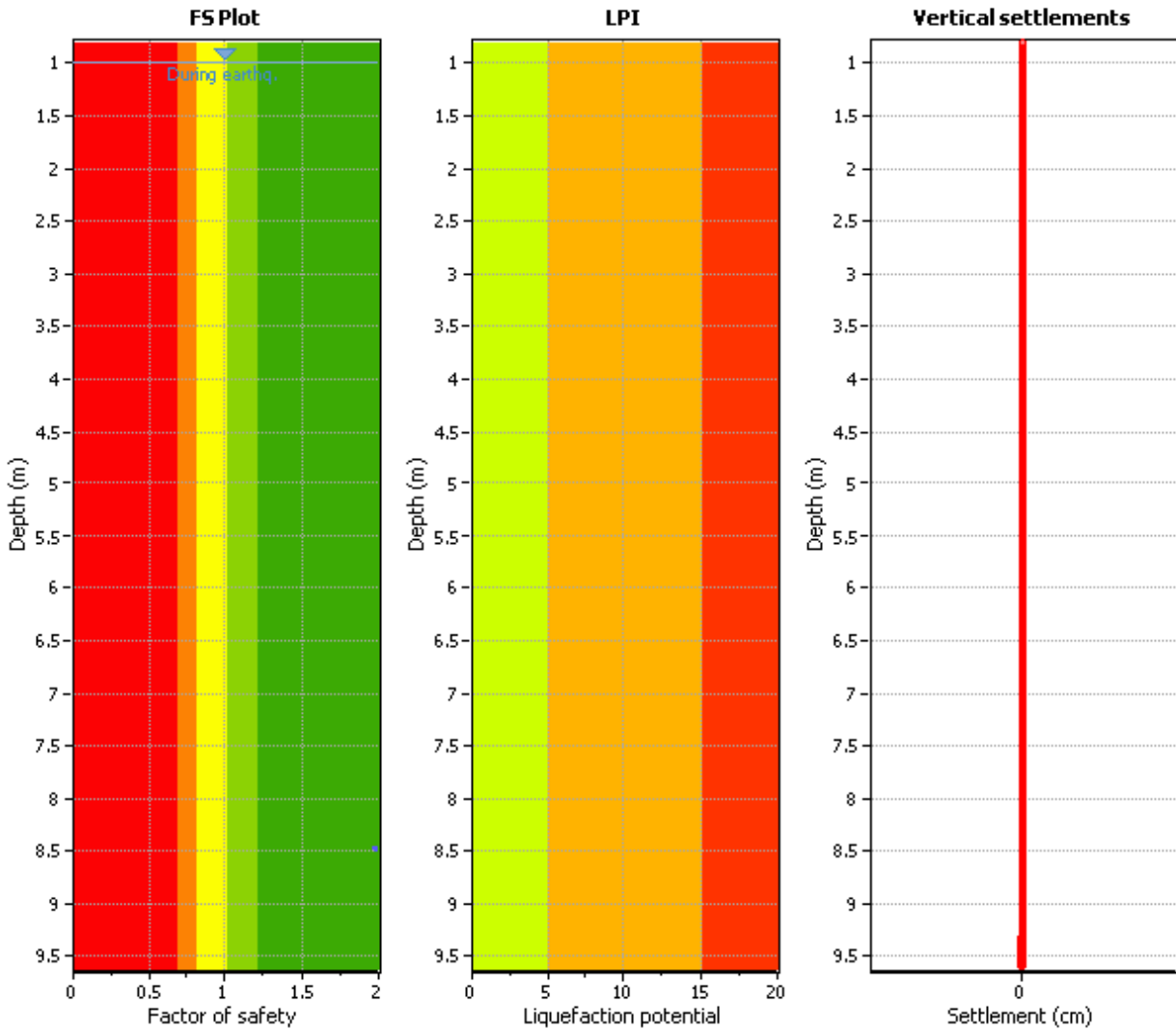
**Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 11 SLD**

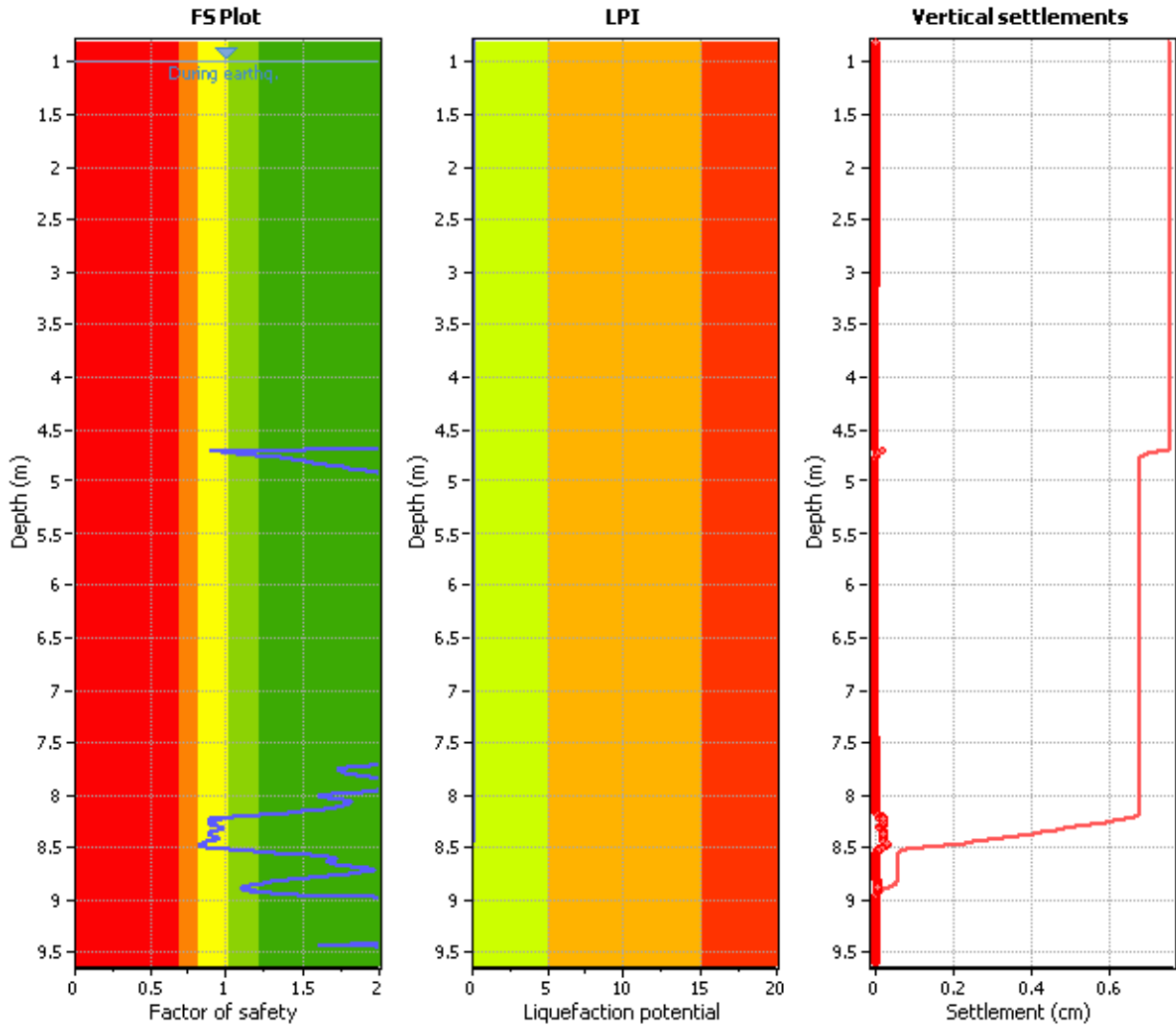
**Liquefaction analysis overall plots**



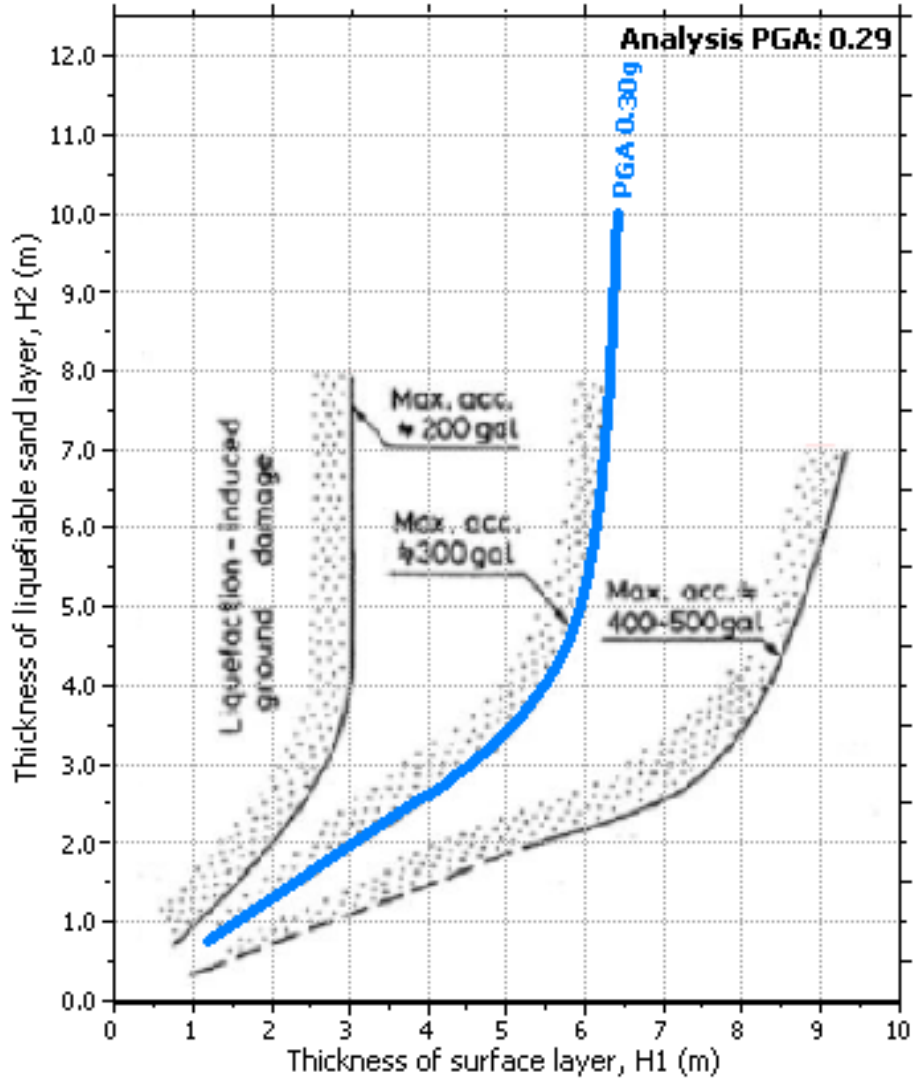
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 11 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

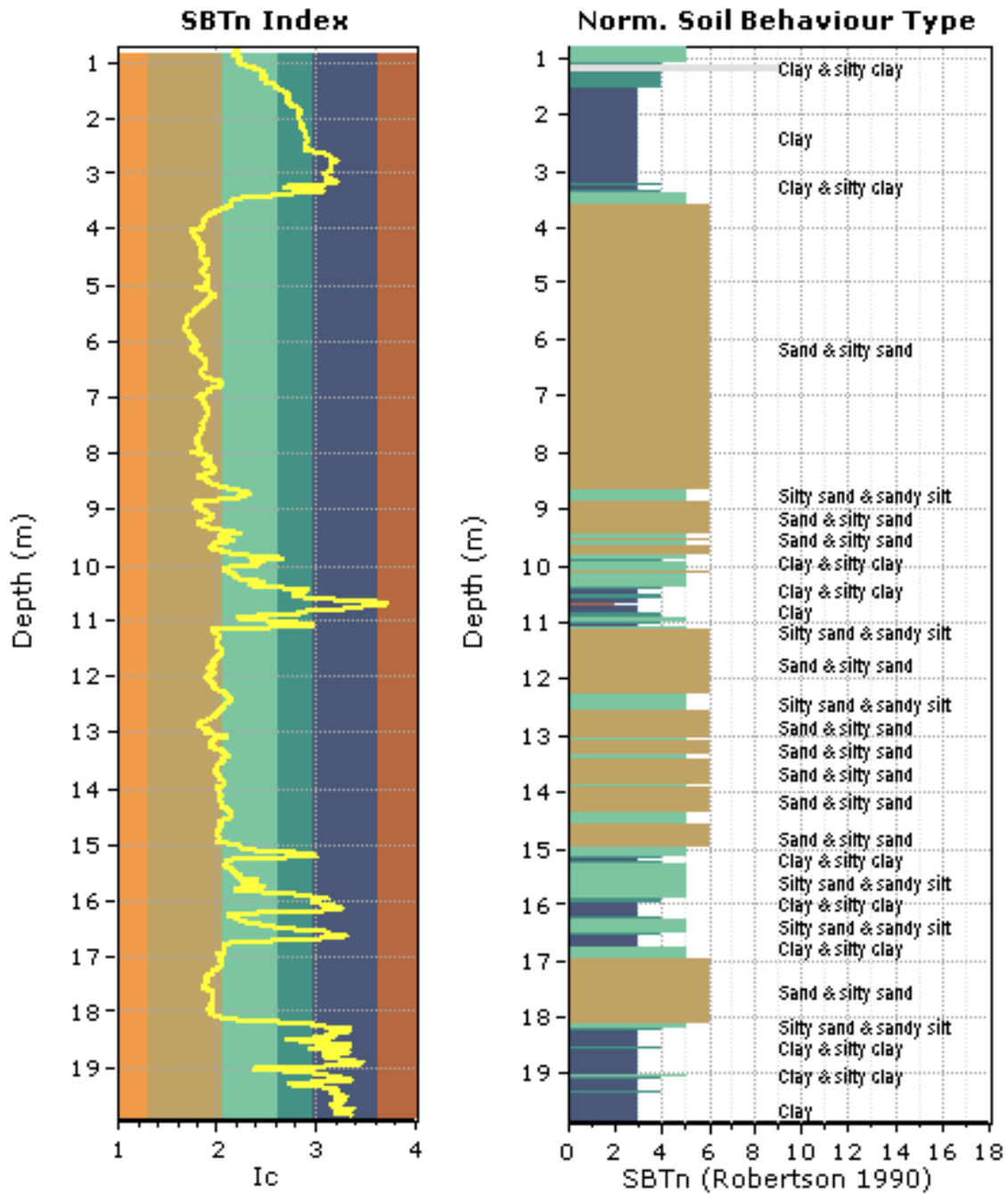


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie  $LPI = 0.02$   
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 12**

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

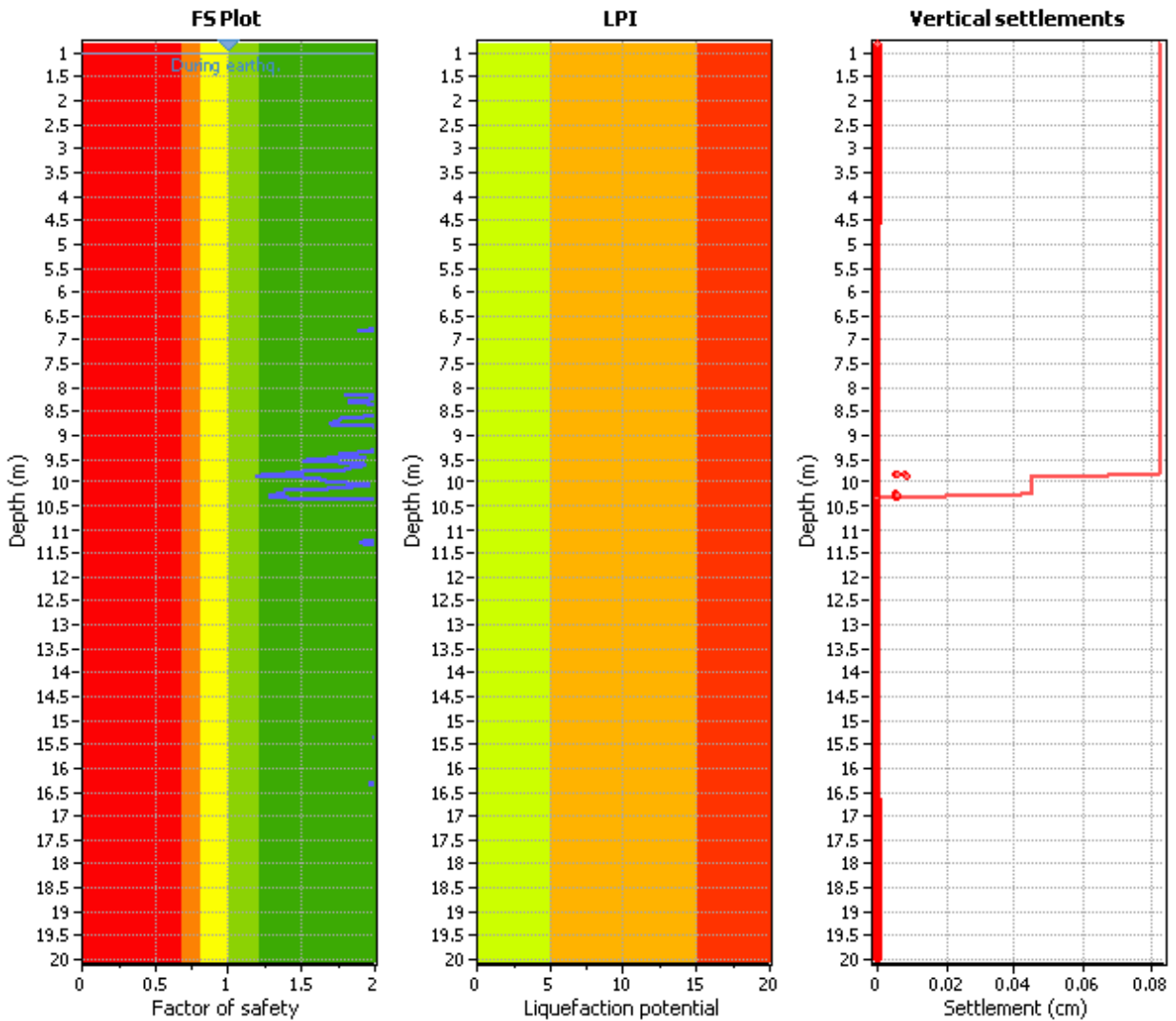




COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 12 SLD**

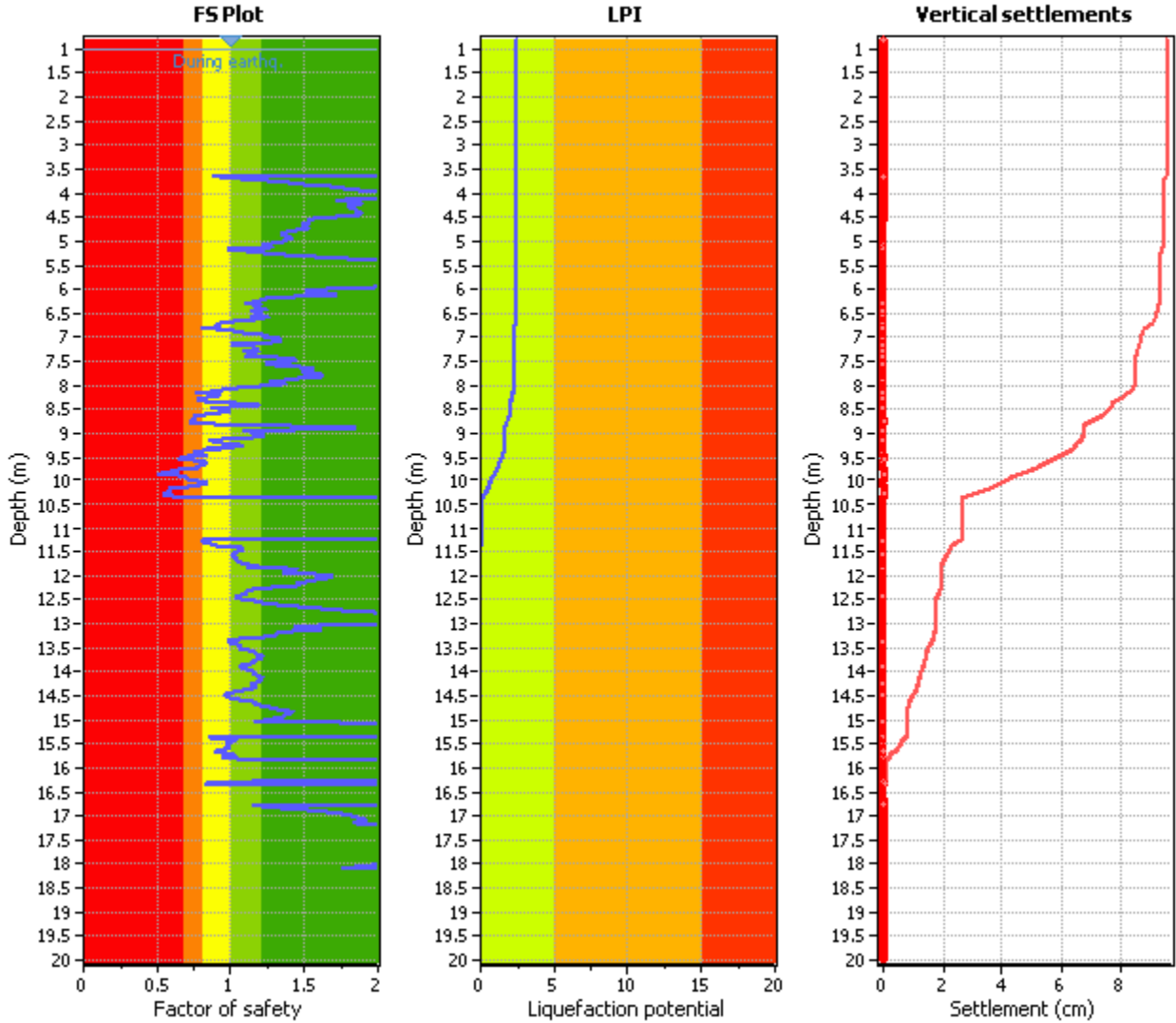
**Liquefaction analysis overall plots**



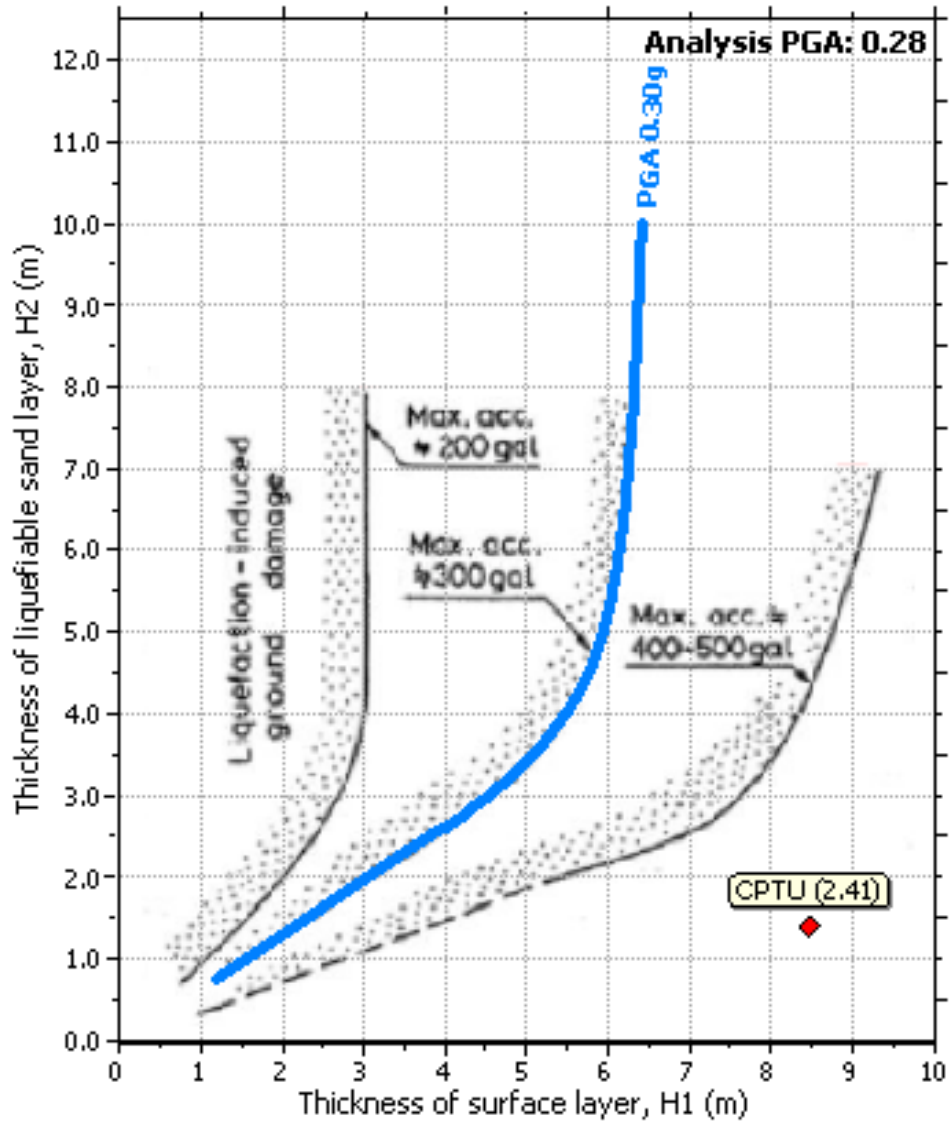
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 12 SLV**

**Liquefaction analysis overall plots**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

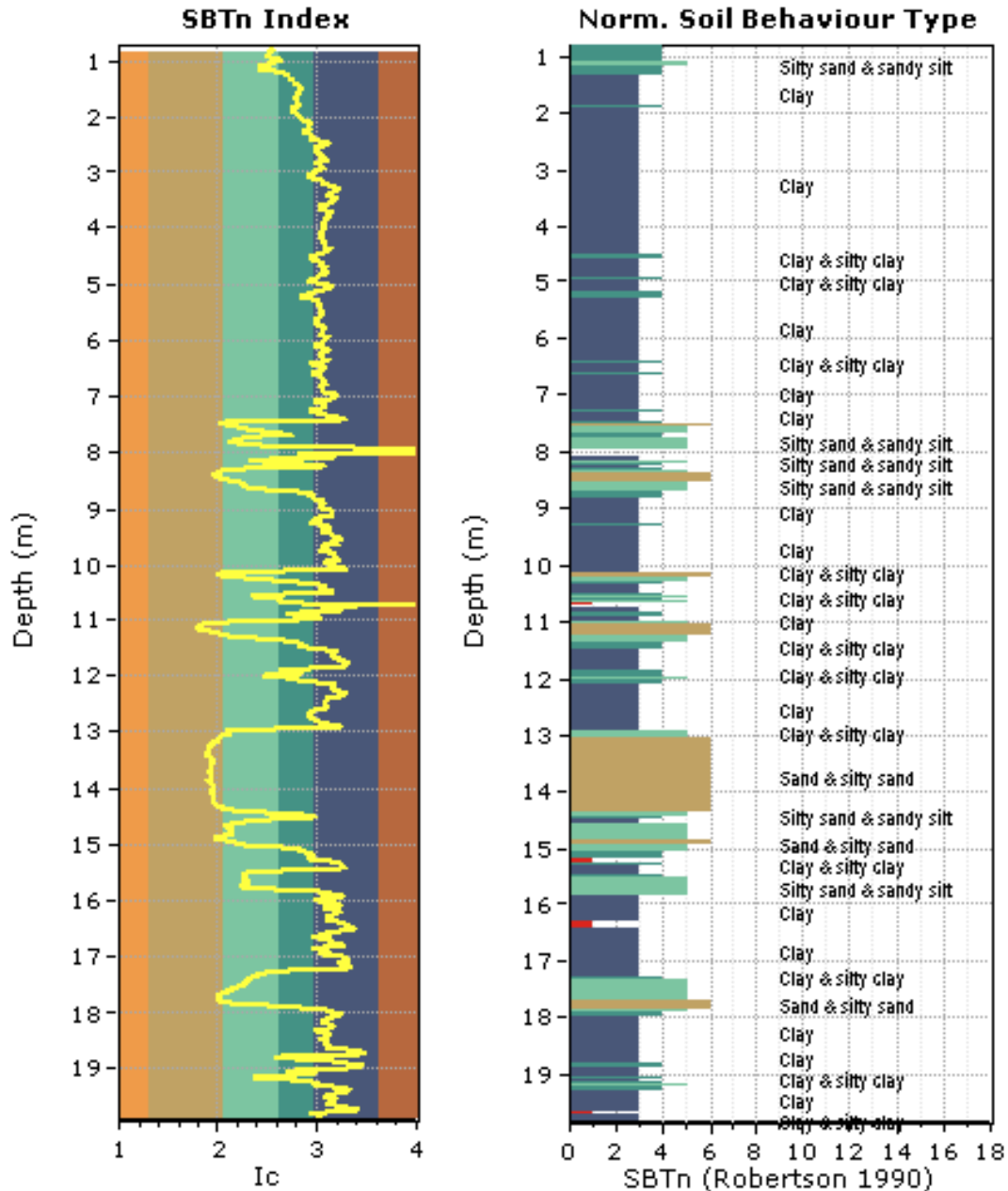


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 2.41  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 13**

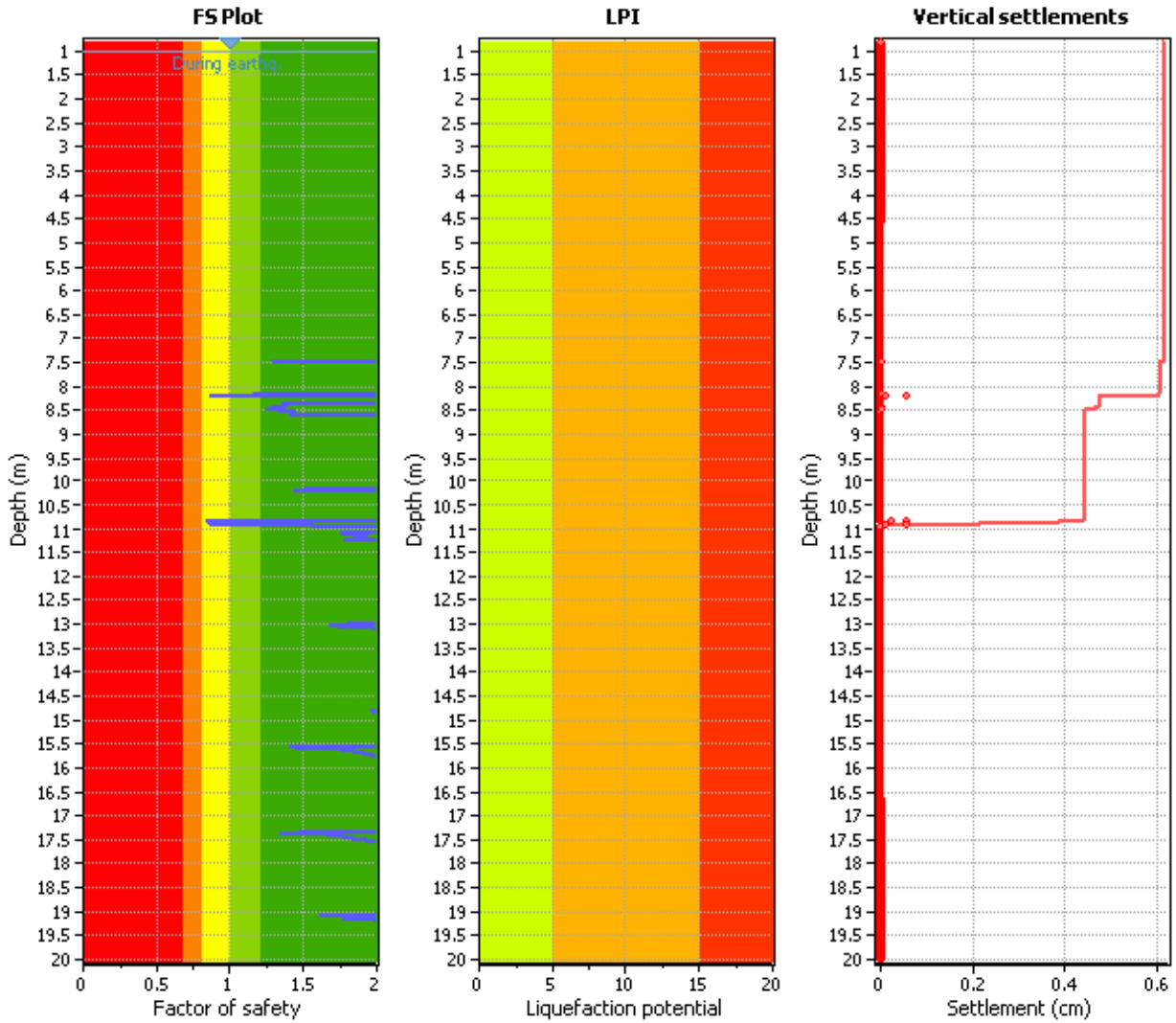
**Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 13 SLD**

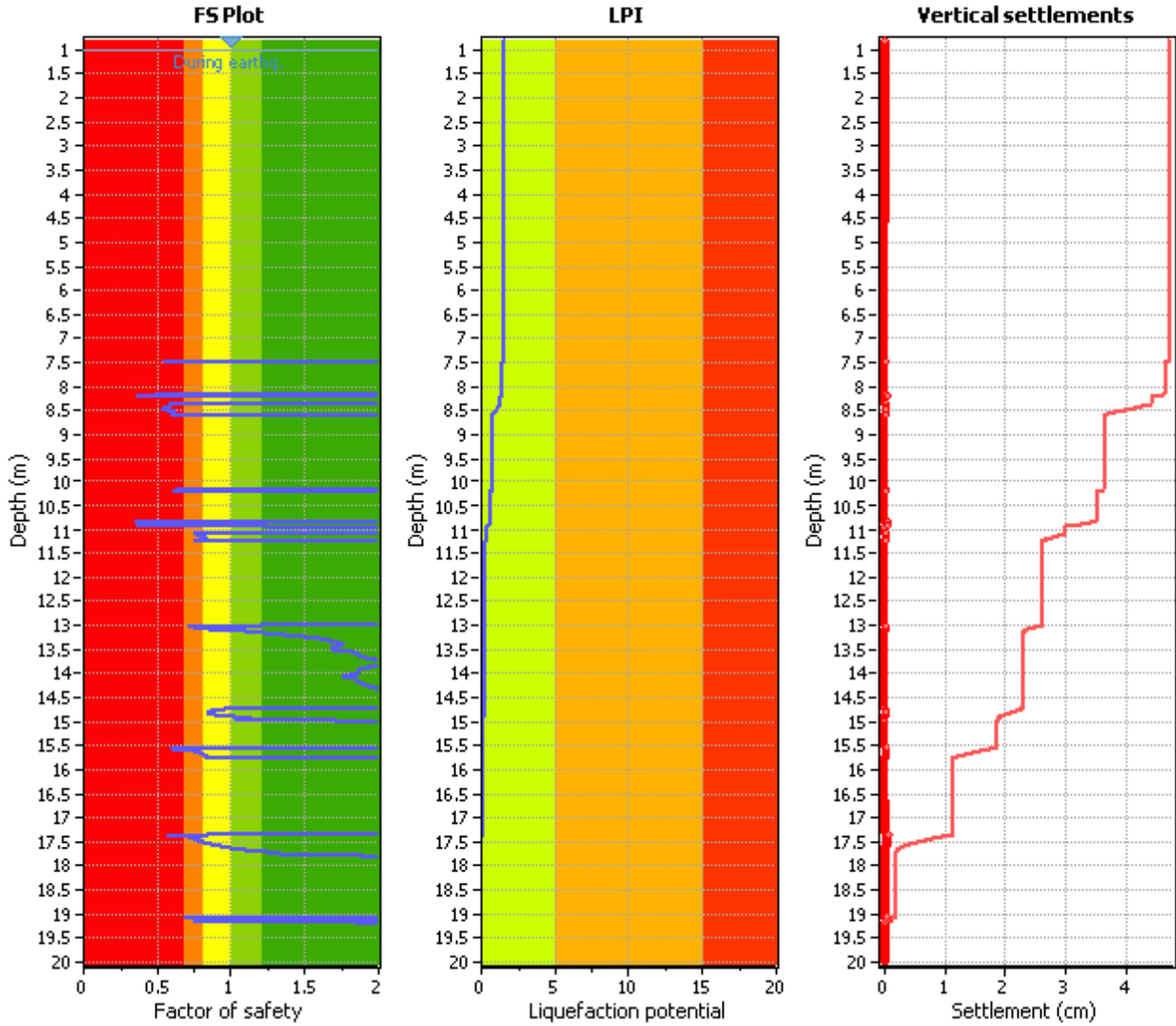
**Liquefaction analysis overall plots**



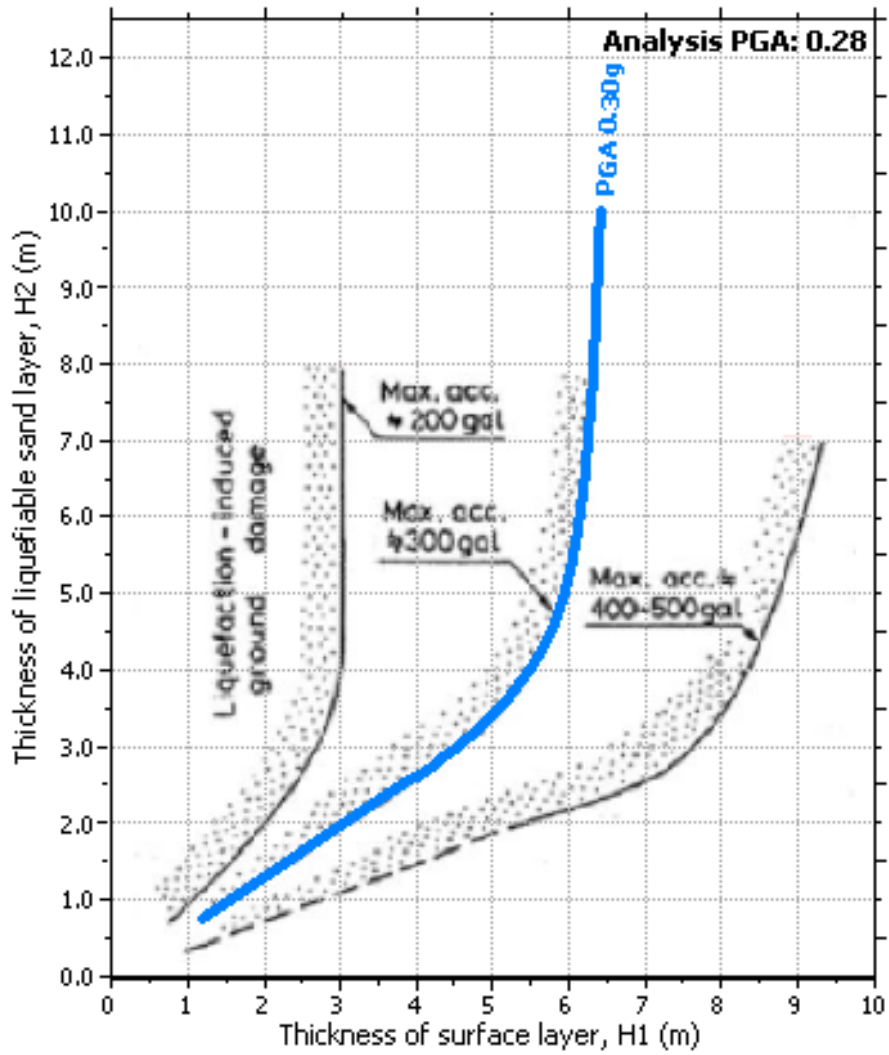
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 13 SLV

#### Liquefaction analysis overall plots



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

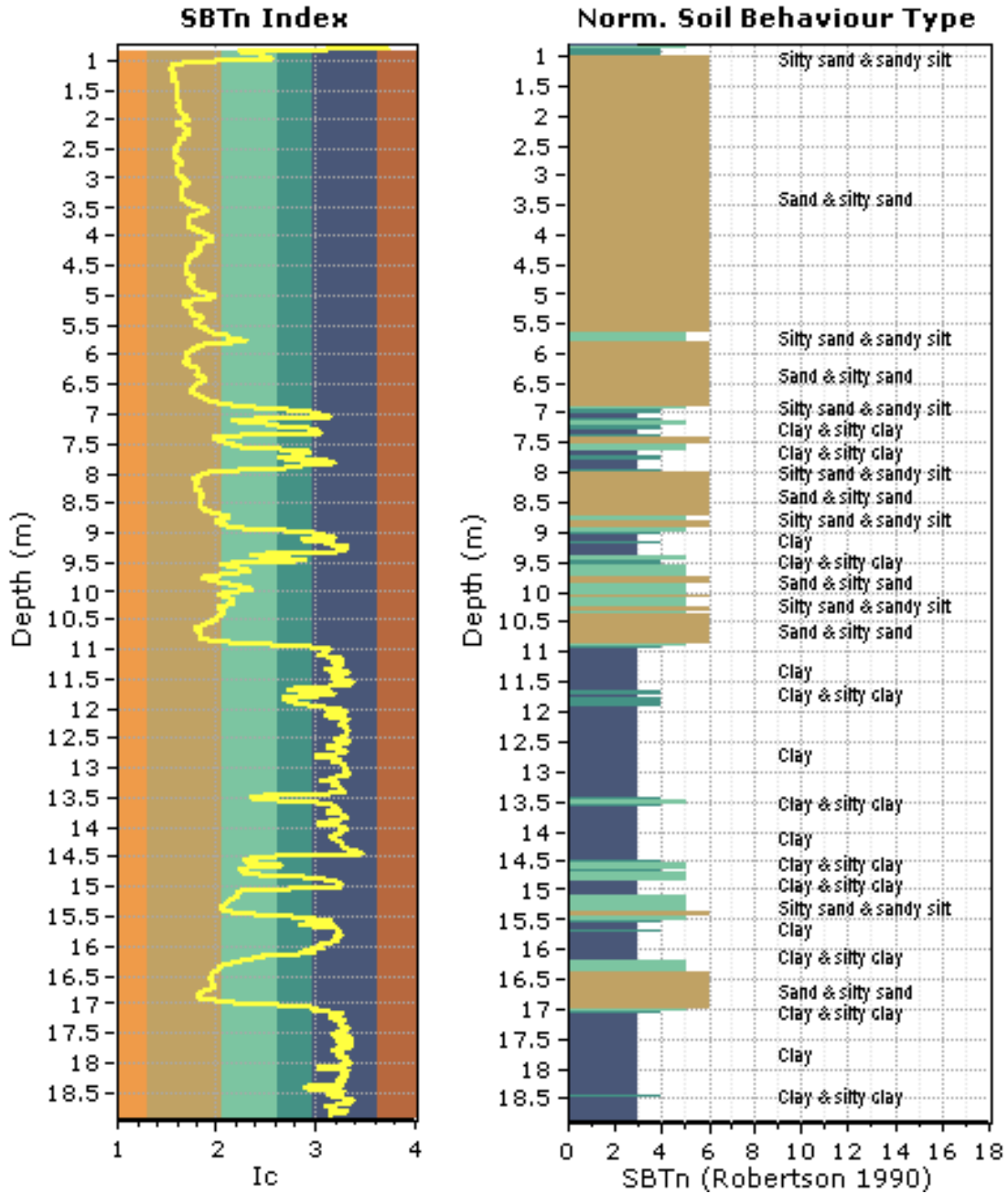


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 1.25  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 14**

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

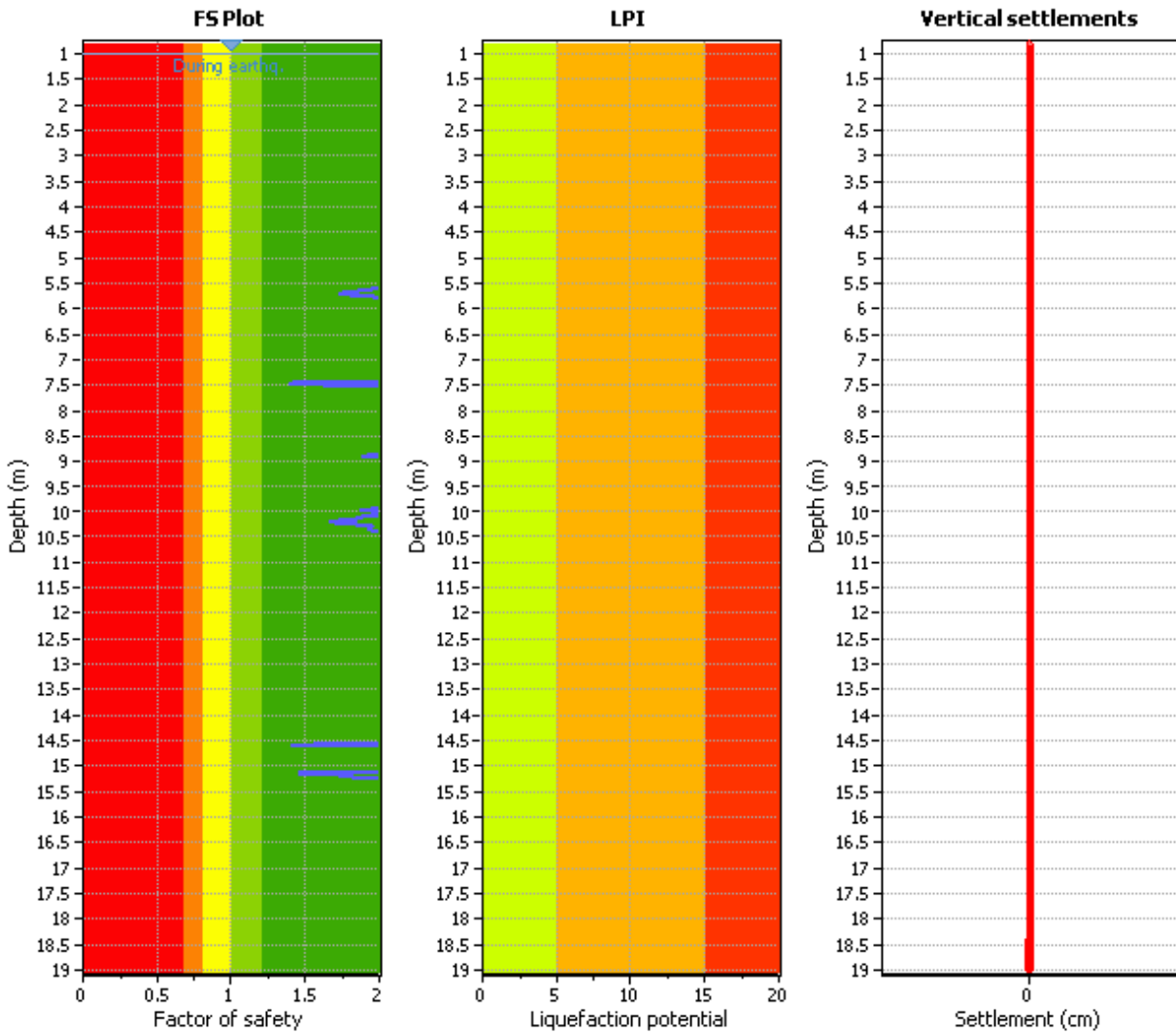




COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 14 SLD

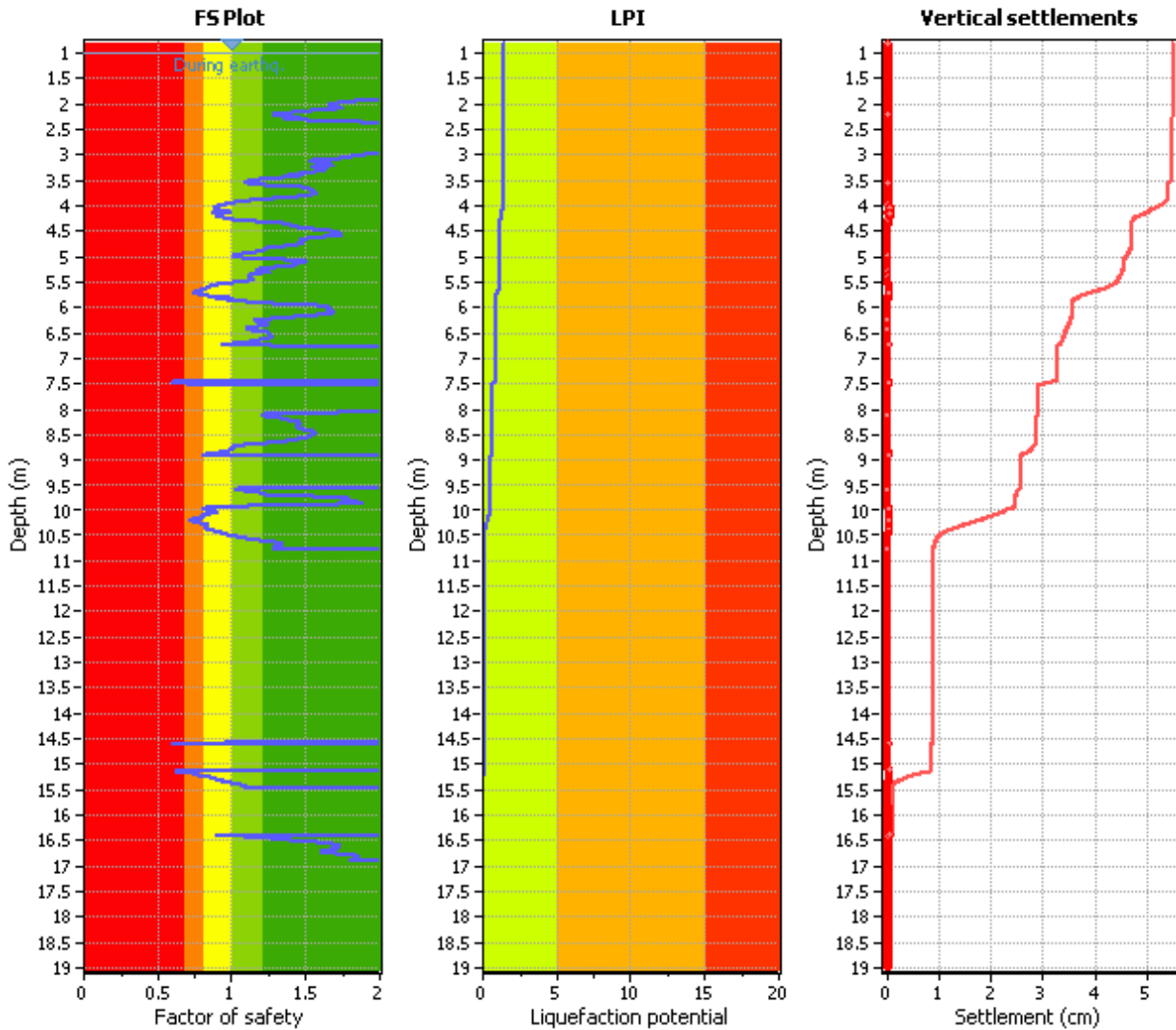
#### Liquefaction analysis overall plots



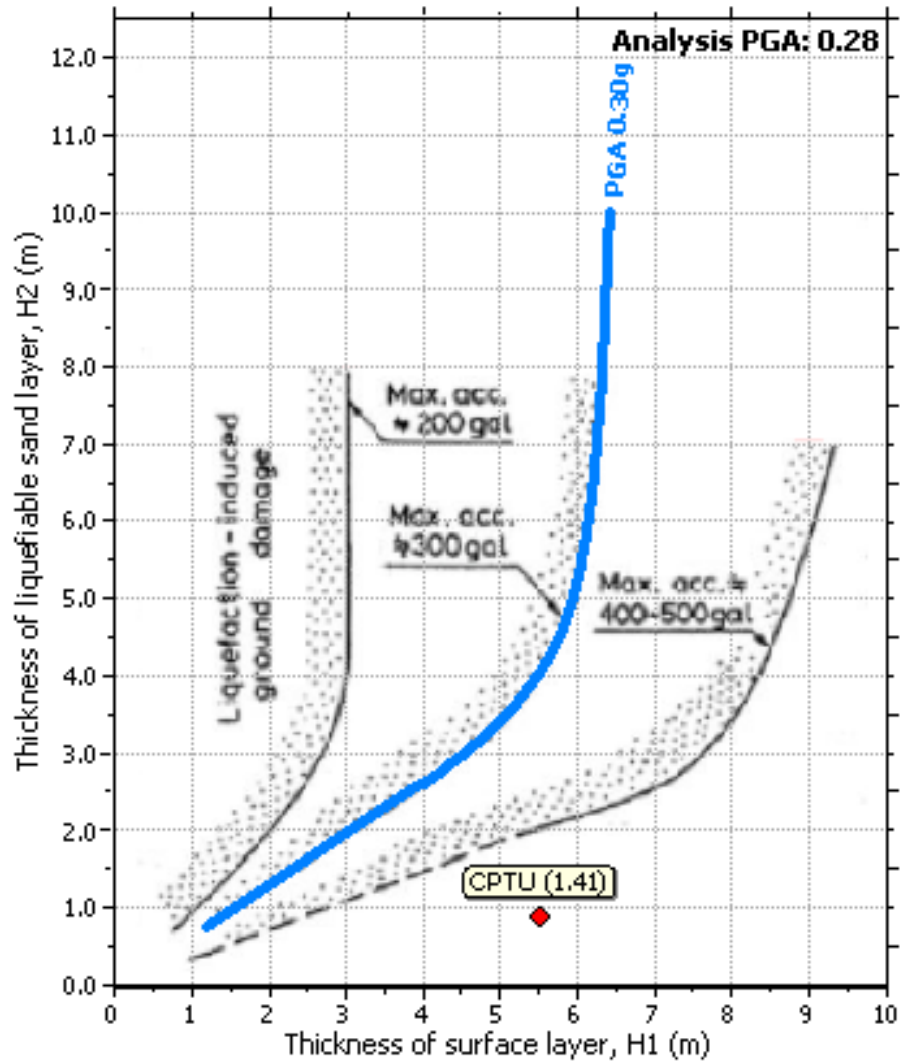
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU14 SLV**

**Liquefaction analysis overall plots**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

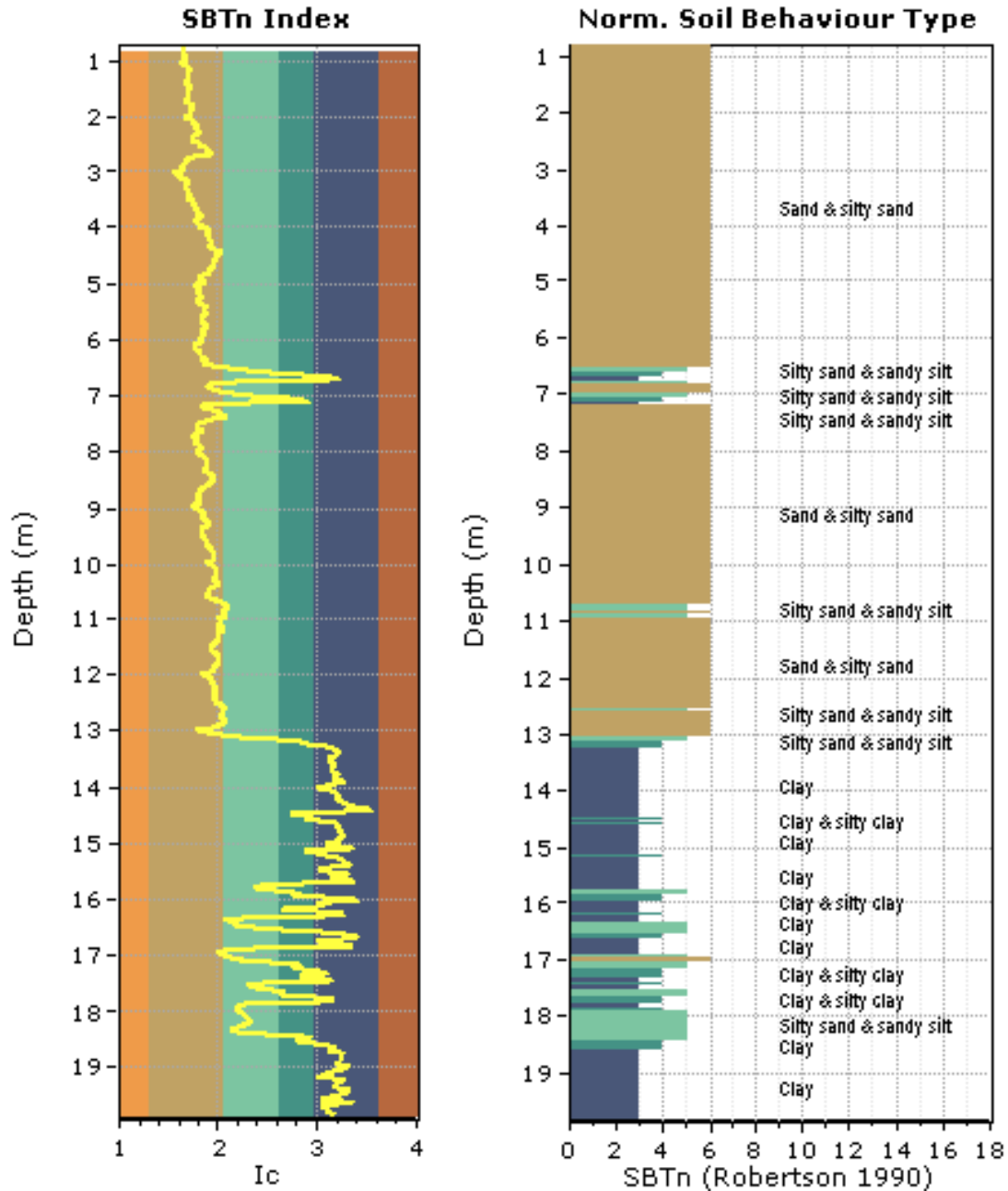


SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 1.41  
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 15**

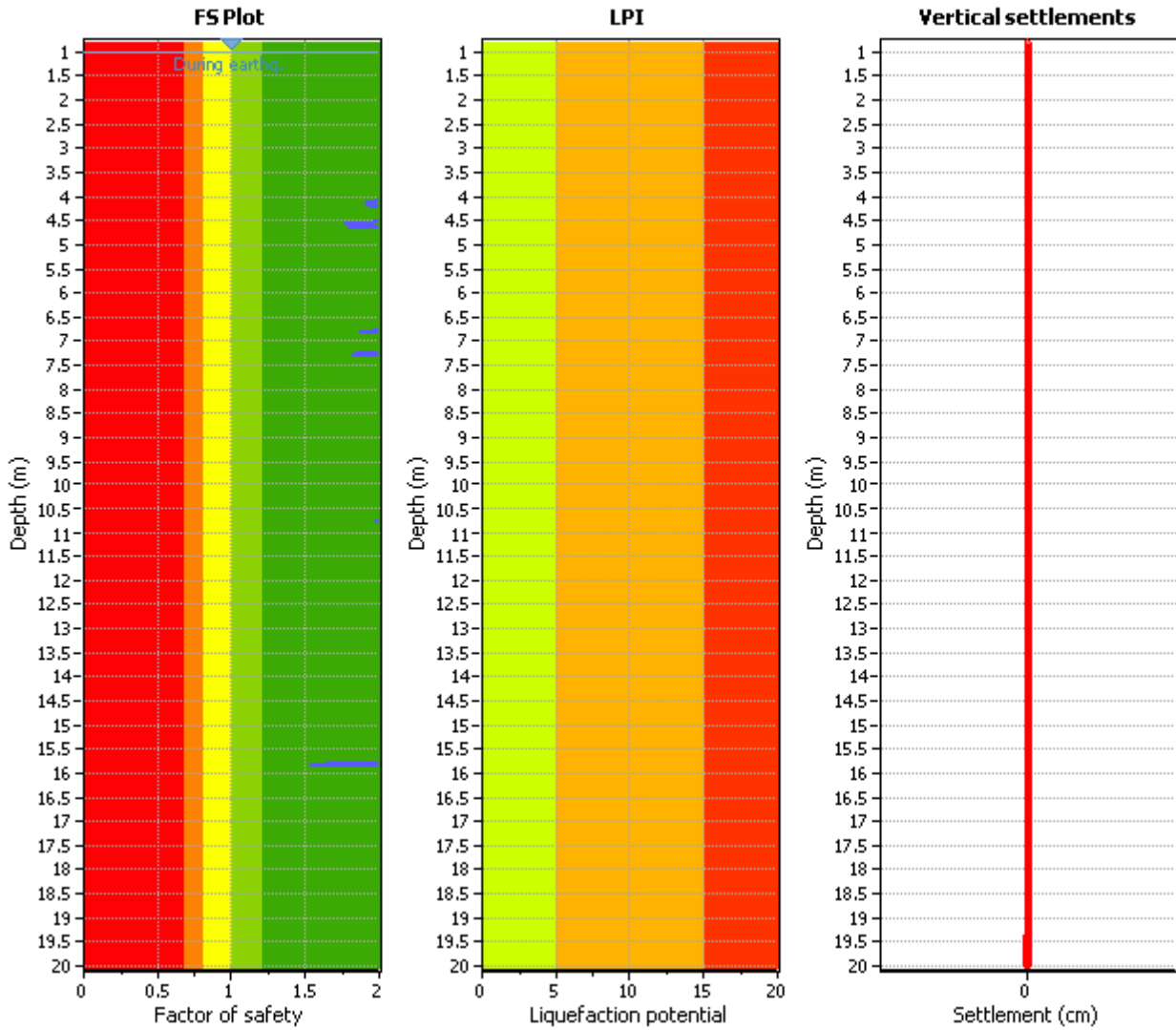
**Stima della stratigrafia  
(Soil type behavior STB)**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

### CPTU 15 SLD

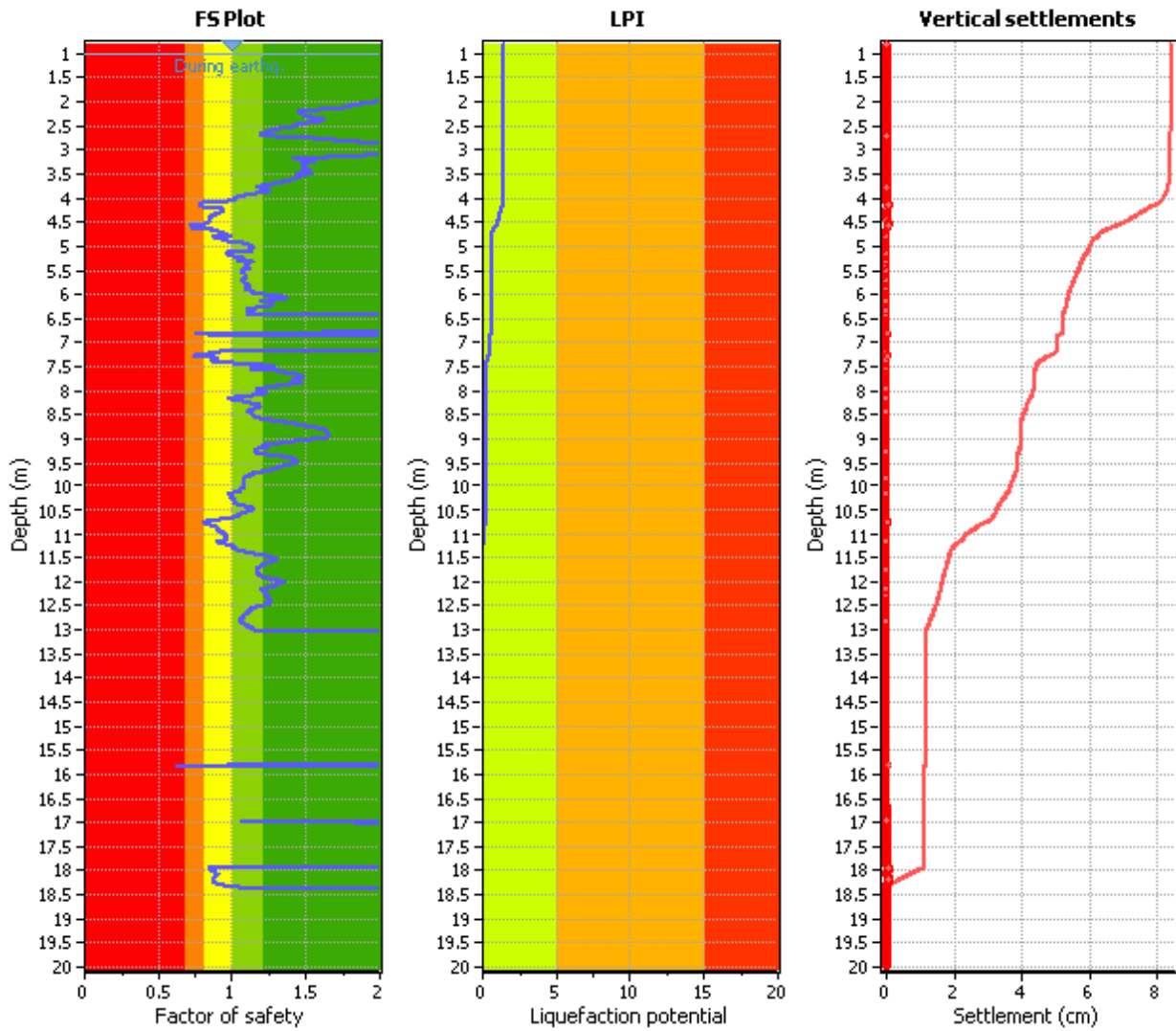
#### Liquefaction analysis overall plots



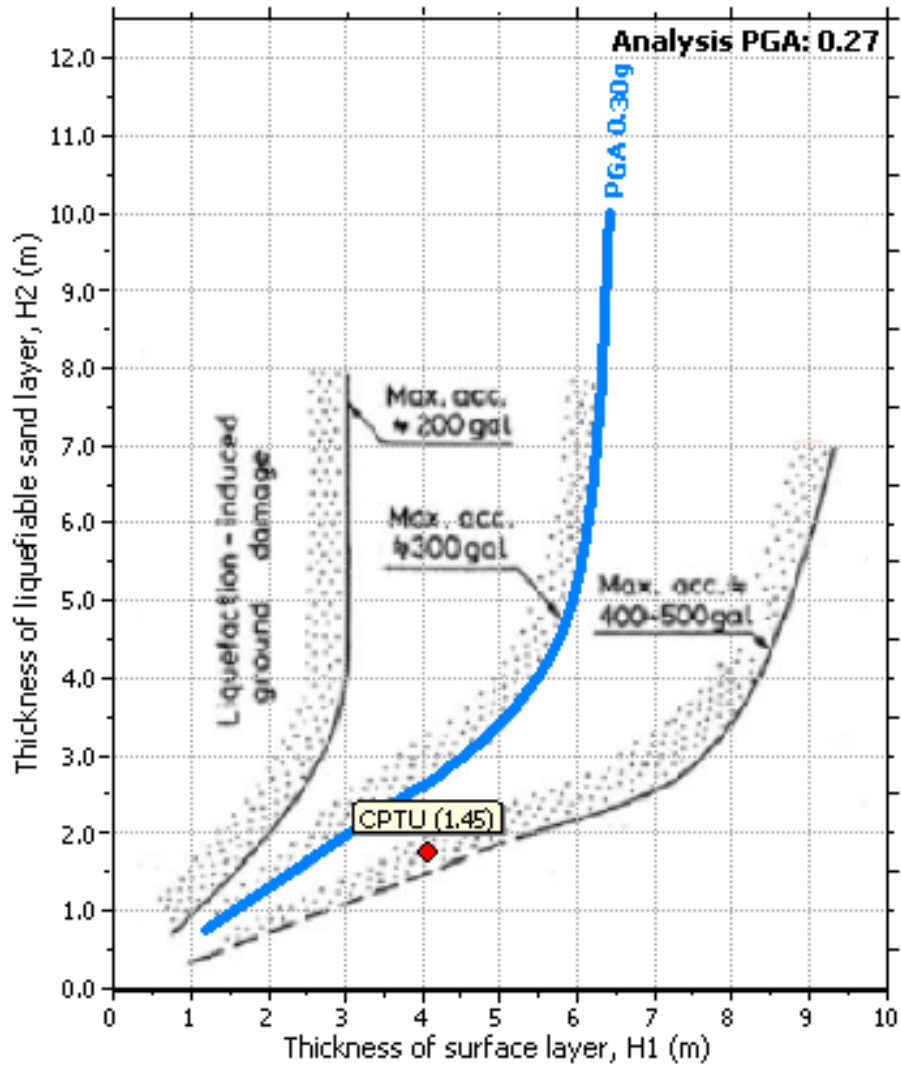
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 <b>COMIS</b> consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	

**CPTU 15 SLV**

**Liquefaction analysis overall plots**



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	N. PRATICA
 <b>SNAM RETE GAS</b>	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/08283 NR/17135	
		<b>LSC-201</b>	



SLV: grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 1.45  
(da Ishihara, 1985)