

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

Metanodotto:

RIFACIMENTO METANODOTTO

PIEVE DI SOLIGO – SAN POLO DI PIAVE - SALGAREDA

**1° TRATTO DA AREA IMPIANTO N.915 DI SAN POLO DI PIAVE A
SALGAREDA**

**2° TRATTO DA AREA IMPIANTO N.915 DI SAN POLO DI PIAVE A PIEVE
DI SOLIGO**

DN 300 (12") - DP 75 bar

E

OPERE CONNESSE

**RELAZIONE DI
PERICOLOSITA' SISMICA**



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

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

INDICE

1	PREMESSA.....	4
2	LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO.....	6
3	MODELLO GEOLOGICO-SISMICO DELL'AREA	8
3.1	Inquadramento fisico dell'area.....	8
3.2	Indagini eseguite	10
3.3	Modello geologico-sismico.....	11
4	SISMICITA' DELL'AREA	16
4.1	Inquadramento tettonico-strutturale.....	16
4.2	Zonazione sismica e caratteri macrosismici.....	19
4.3	Magnitudo attesa	23
4.4	Pericolosità sismica di base.....	26
5	ANALISI DEL RISCHIO SISMICO	29
5.1	Generalità	29
5.2	Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche	30
5.3	Pericolosità sismica locale con metodo semplificato.....	31
6	EFFETTI SISMOINDOTTI.....	37
6.1	Generalità	37
6.2	Faglie attive	38
6.3	Liquefazione.....	42
6.4	Risultati delle analisi di liquefazione	44
6.5	Scuotimento sismico.....	45
7	CONCLUSIONI.....	47

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

**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.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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 Pieve di Soligo - San Polo di Piave - Salgareda", DN 300 (12"), DP 75 bar.

Esso è suddiviso in due tratti principali:

- 1° Tratto da Area Impianto n. 915 di S. Polo di Piave a Salgareda
- 2° Tratto da Area Impianto n. 915 di S. Polo di Piave a Pieve di Soligo.

L'opera comprende anche alcuni tratti di varianti e ricollegamenti correlati.

Il tracciato si snoda nel territorio di 12 comuni, tutti ricadenti in provincia di Treviso.

Con riferimento alle caratteristiche litostratigrafiche e al modello geologico del sito, descritte nel dettaglio nella specifica relazione geologica (v. Rel. COMIS NR/16091 LSC-200) e desunte - oltre che dai dati bibliografici, cartografici disponibili e dei PGT dei vari comuni interessati 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 lunghezza del tracciato in esame, la caratterizzazione sismica è stata sviluppata in corrispondenza del territorio dei vari comuni interessati.

Sono stati esaminati i possibili effetti sismoindotti, con particolare dettaglio nei confronti del fenomeno della liquefazione e dello scuotimento. Per questi aspetti nella presente relazione si espongono i risultati delle verifiche effettuate, per il cui approfondimento si rimanda alla specifica relazione di "Verifica strutturale allo scuotimento sismico" (v. Rel. COMIS NR/16091 LSC-203).

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

- D.M. 11 Marzo 1988: *Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.*

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

- 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*
- Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici: *Circolare 2 febbraio 2009, n. 617. Istruzioni per l'applicazione delle NTC*
- *Piani di Assetto del Territorio dei singoli Comuni.*

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

2 LOCALIZZAZIONE E DESCRIZIONE DEL TRACCIATO

La zona di intervento ricade nel territorio dei seguenti comuni, tutti in provincia di Treviso, elencati da Nord verso sud:

Pieve di Soligo, Refrontolo, San Pietro di Feletto, Susegana, Conegliano, Santa Lucia di Piave, Mareno di Piave, Vazzola, San Polo di Piave, Ormelle, Ponte di Piave, Salgareda.

Le aree attraversate ricadono nei fogli IGM 38 Conegliano e 39 Pordenone a scala 1:100.000 e nelle sezioni n. 084070, 084110, 084120, 084160, 085130, 106020, 106060, 106070, 106110 della cartografia tecnica regionale della Regione Veneto a scala 1:10.000.

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

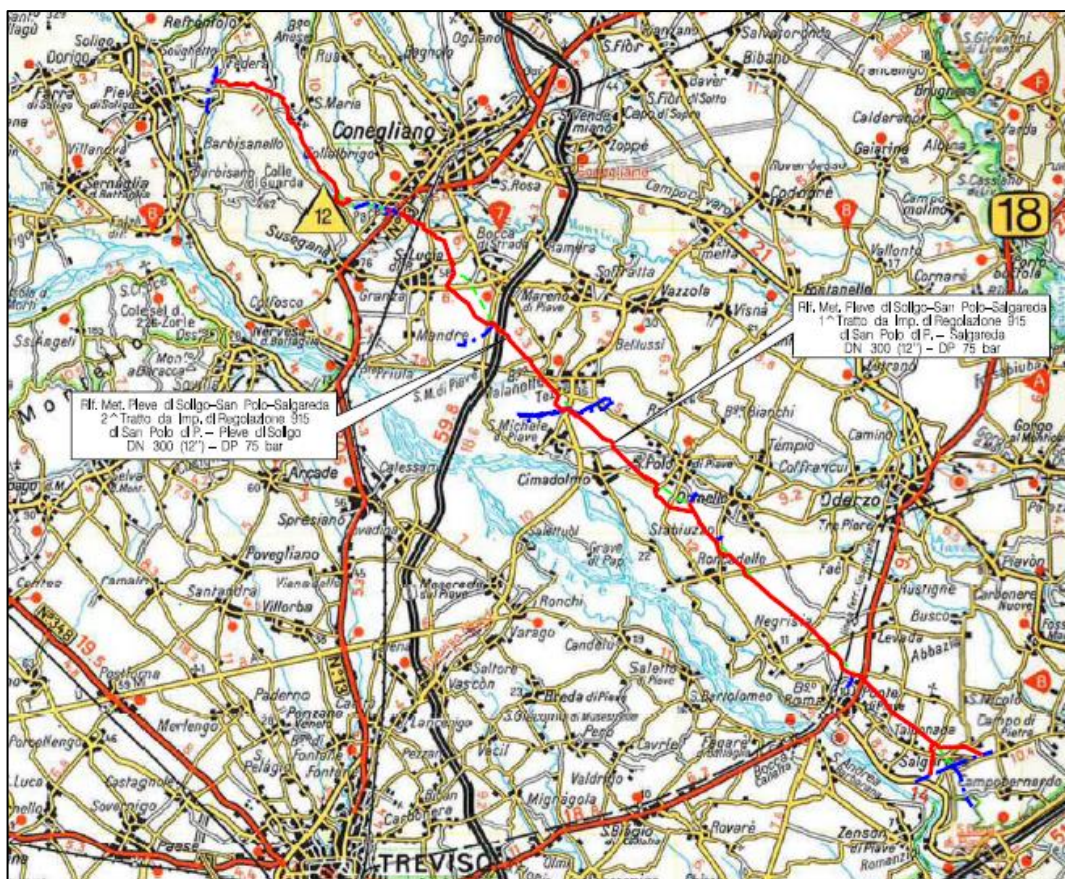


Figura 1– Stralcio Atlante 1:200.000 con localizzazione delle aree di intervento

(In rosso è individuato il tracciato di progetto)

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

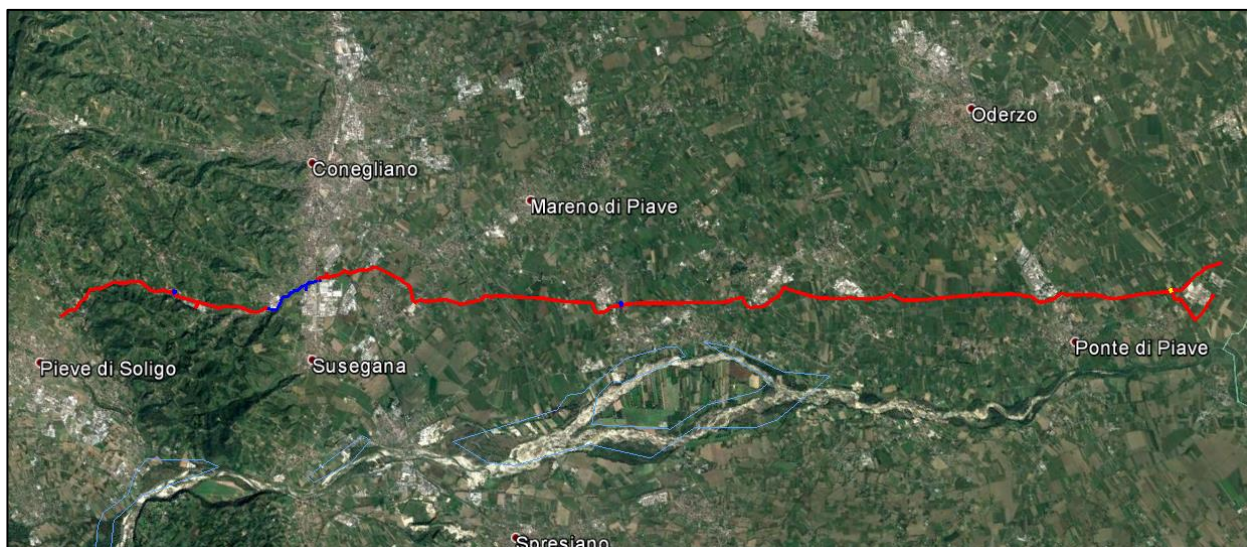


Figura 2 – Immagine aerea Google Earth con localizzazione del tracciato (in rosso)

Il tracciato del metanodotto in oggetto è raffigurato nelle carte di progetto a scala 1:10.000.

Il tracciato principale, articolato in due tratti, parte da San Polo di Piave per arrivare fino a Pieve di Soligo, attraversando la pianura veneta in sinistra Piave da Sud a Nord e poi percorrendo il fondovalle del T. Crevada.

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

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

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

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

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

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

3 MODELLO GEOLOGICO-SISMICO DELL'AREA

3.1 Inquadramento fisico dell'area

Il tracciato dei metanodotti in progetto si sviluppa nella pianura veneta, a partire dalle ultime propaggini collinari a sud della catena prealpina, con direzione NW-SE parallelamente al corso del fiume Piave, tutto sulla sua sinistra idrografica.

Dal punto di vista morfologico la parte più settentrionale del tracciato attraversa i dolci rilievi che sorgono a N di Conegliano, rimanendo quasi sempre sul fondovalle di un corso d'acqua secondario (T. Crevada), tranne pochi tratti a mezza costa dove ciò non risulta possibile.

La parte centro-meridionale del tracciato si sviluppa per intero nell'ambito della pianura, a morfologia pianeggiante con dolcissima pendenza verso SE ed elevazione compresa tra i 70 e 6 m s.l.m.m..

Gli unici elementi morfologici sono solamente alcuni scoli naturali/artificiali.

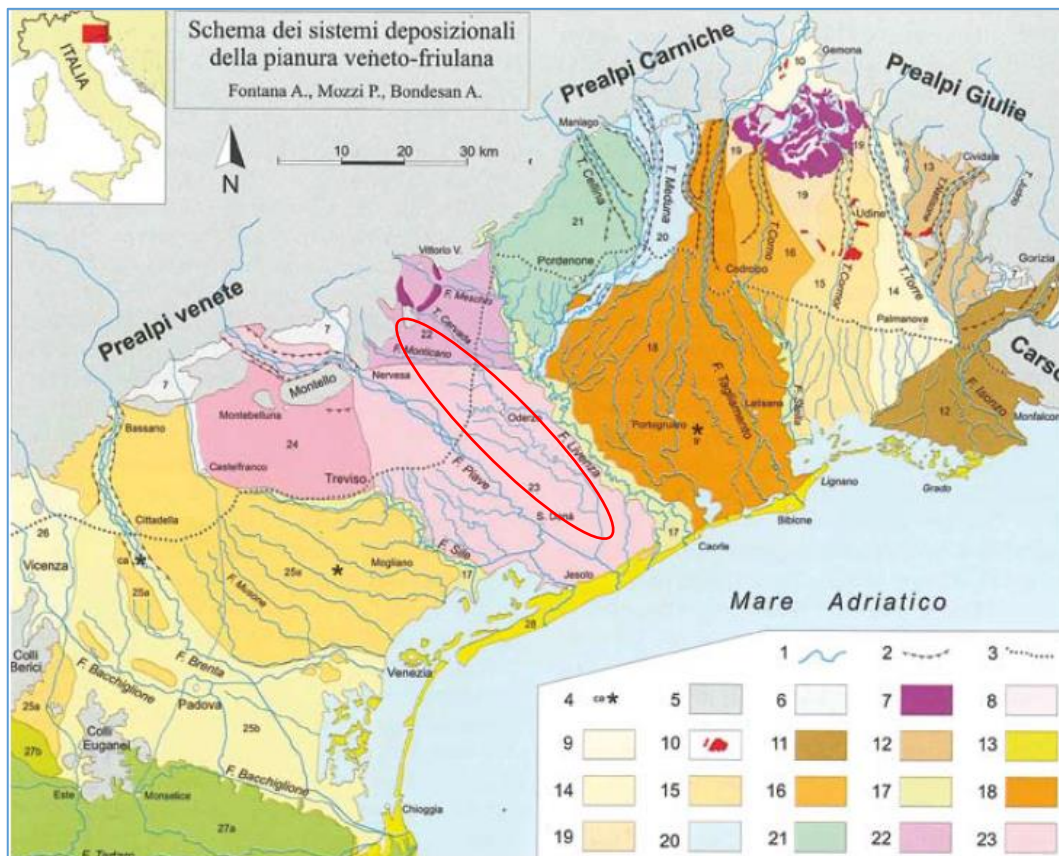


Figura 3 – Localizzazione dell'area in oggetto (evidenziata da ellissi rossa) nell'ambito dei sistemi deposizionali veneti

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

L'area attraversata dal tracciato nella parte centro-meridionale si colloca nell'ambito del grande conoide (*megafan*) del Piave che si è originato a partire da Nervesa e che, con i grandi conoidi degli altri fiumi che discendono dalla Alpi, ha dato origine alla pianura veneta.

Tale conoide rappresenta il graduale riempimento della depressione del basamento di età terziaria da parte di depositi per lo più di origine continentale, in gran parte del Pleistocene medio-superiore e dell'Olocene. Si tratta di materiali prevalentemente di origine fluviale, ma anche glaciale e fluvioglaciale in prossimità delle Prealpi e di origine deltizia più in prossimità della linea di costa.

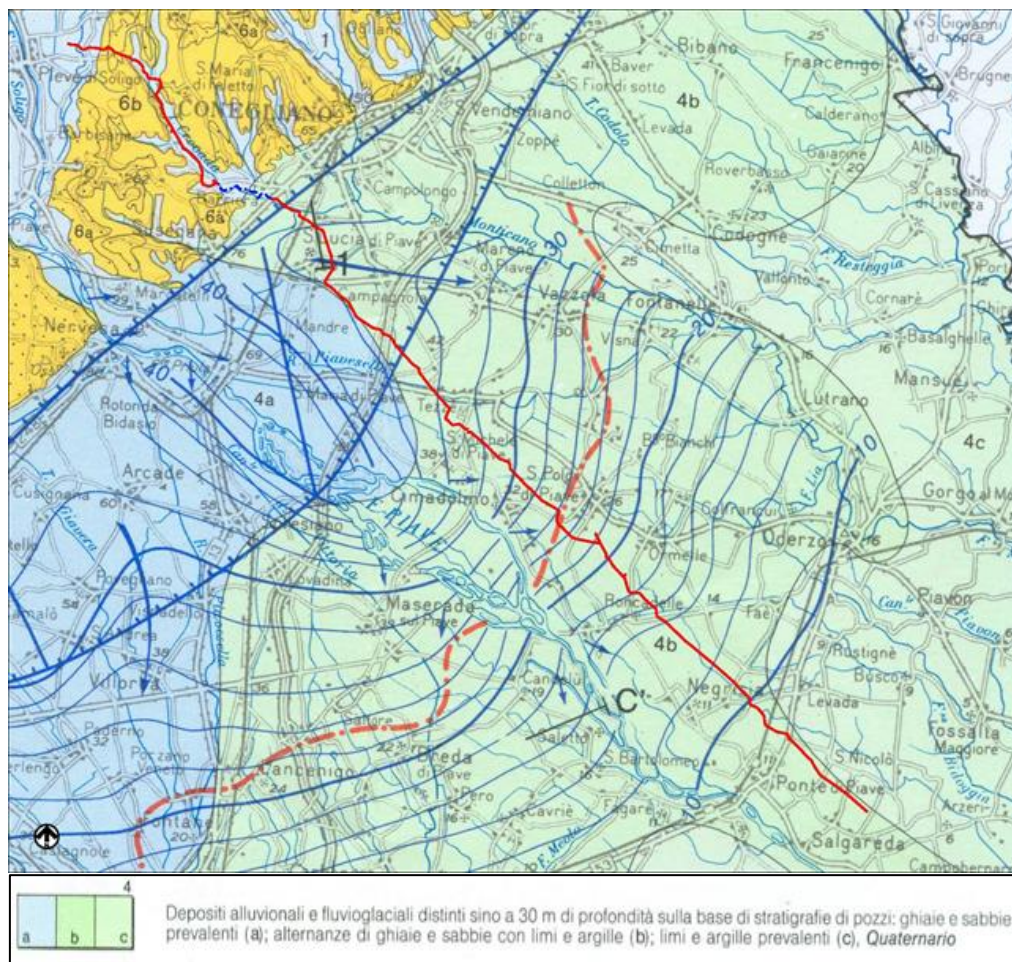


Fig. 4 - Stralcio Carta geologica del Veneto, 1:25000, con tracciato del metanodotto in progetto

Le grandi conoidi, e nel caso in esame quella di Nervesa, rappresentano pertanto i principali elementi strutturali che hanno contribuito maggiormente a determinare i caratteri stratigrafici e idrogeologici del materasso quaternario della pianura. Esse sono state depositate dai vari corsi d'acqua in tempi differenti, quando il trasporto solido dei fiumi era superiore a quello attuale, in conseguenza dello scioglimento dei ghiacciai. I corsi d'acqua depositavano allo sbocco in

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

pianura il loro trasporto solido, proveniente soprattutto dallo smantellamento degli apparati morenici, per riduzione della loro capacità di trasporto.

Le conoidi, interamente ghiaiose all'apice, procedendo verso valle, si sono sempre più arricchite di frazione limo-argillosa, fino ad interdigitarsi con i depositi marini della bassa pianura.

3.2 Indagini eseguite

Per la ricostruzione del modello geologico dell'area sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche e geofisiche, la cui ubicazione è riportata in Fig. 5:

- 6 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti fino alla profondità massima di 25 m con prove in situ e prelievo di campioni di terreno
- 12 prove penetrometriche (5 CPTU ed 7 DPSH)
- 11 prove 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
- prove di laboratorio geotecnico sui campioni prelevati nei sondaggi.

Sono inoltre state consultati i documenti a carattere geologico presenti nei vari PAT comunali, in particolare le stratigrafie ivi riportate, e la banca dati sondaggi del Servizio Geologico d'Italia.

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

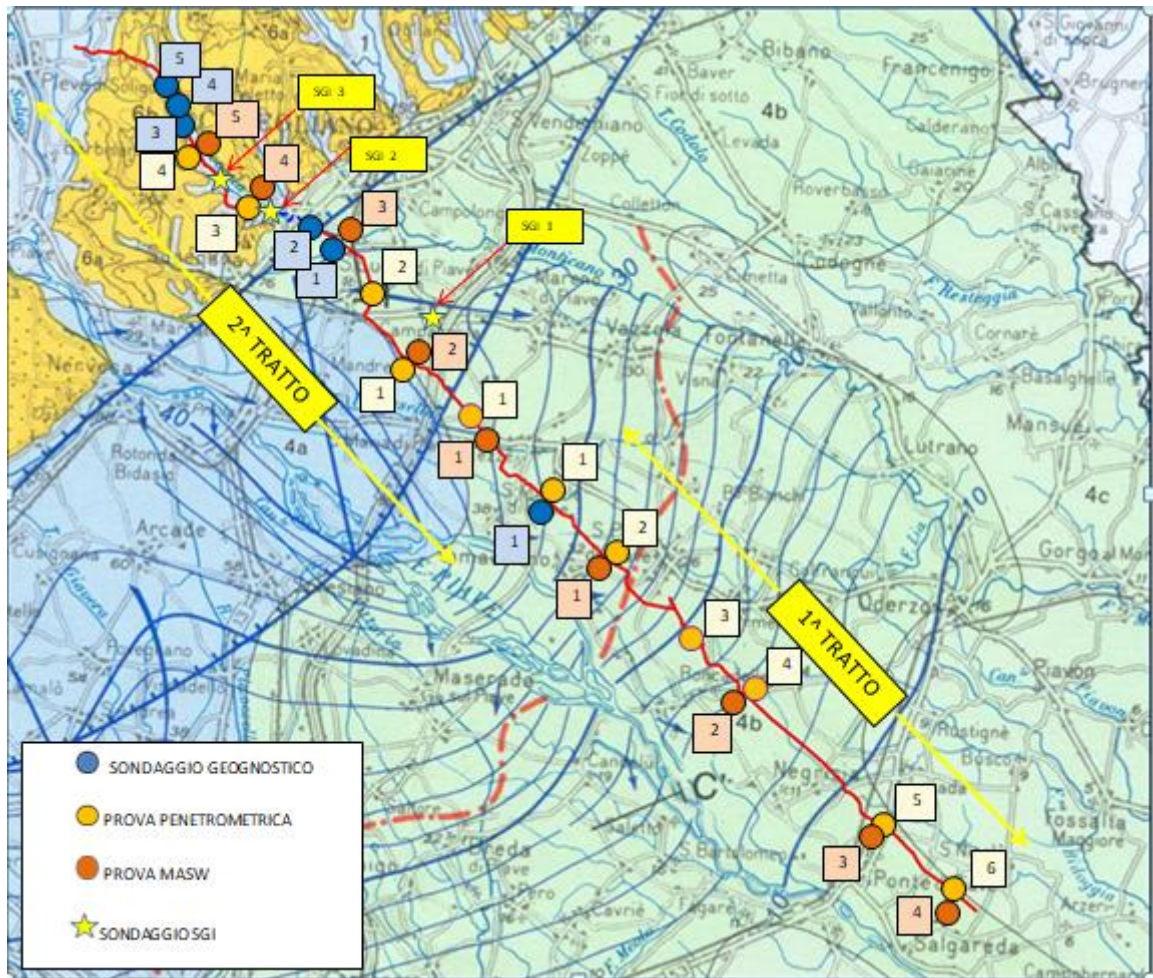


Figura 5 - Ubicazione delle indagini geognostiche e geofisiche

3.3 Modello geologico-sismico

Le informazioni dirette ed indirette acquisite hanno permesso di definire le caratteristiche stratigrafiche lungo il tracciato del metanodotto.

Il sottosuolo mostra la presenza di terreno prevalentemente fine, limo-argilloso con subordinate lenti di sabbia fine, solo nel tratto di bassa pianura (nei comuni di Ponte di Piave e Salgareda). Poi, salendo verso nord, al di sotto di una copertura di 2-3 m di materiale fine, si rinviene uno spesso corpo sabbioso-ghiaioso sempre più spesso esteso fino e oltre le profondità indagate. Questo è da mettere in relazione con i depositi grossolani del megafan del Piave.

Dal termine della pianura, dove il tracciato percorre la vallata del T. Crevada, si rinvengono allo sbocco del torrente depositi prevalentemente fini, di natura argillo-limoso, e quindi, addentrando lungo il fondovalle, sono presenti coperture per lo più incoerenti che sovrastano il substrato arenaceo-conglomeratico.

PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

Le prove MASW hanno confermato questo schema 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 maggiori a 300 m/s per arrivare fino a 600 m/s nella zona con ghiaia sabbiosa addensata, presente nel tratto più settentrionale (v. diagrammi in Fig. 6 e 7, Tab.1).

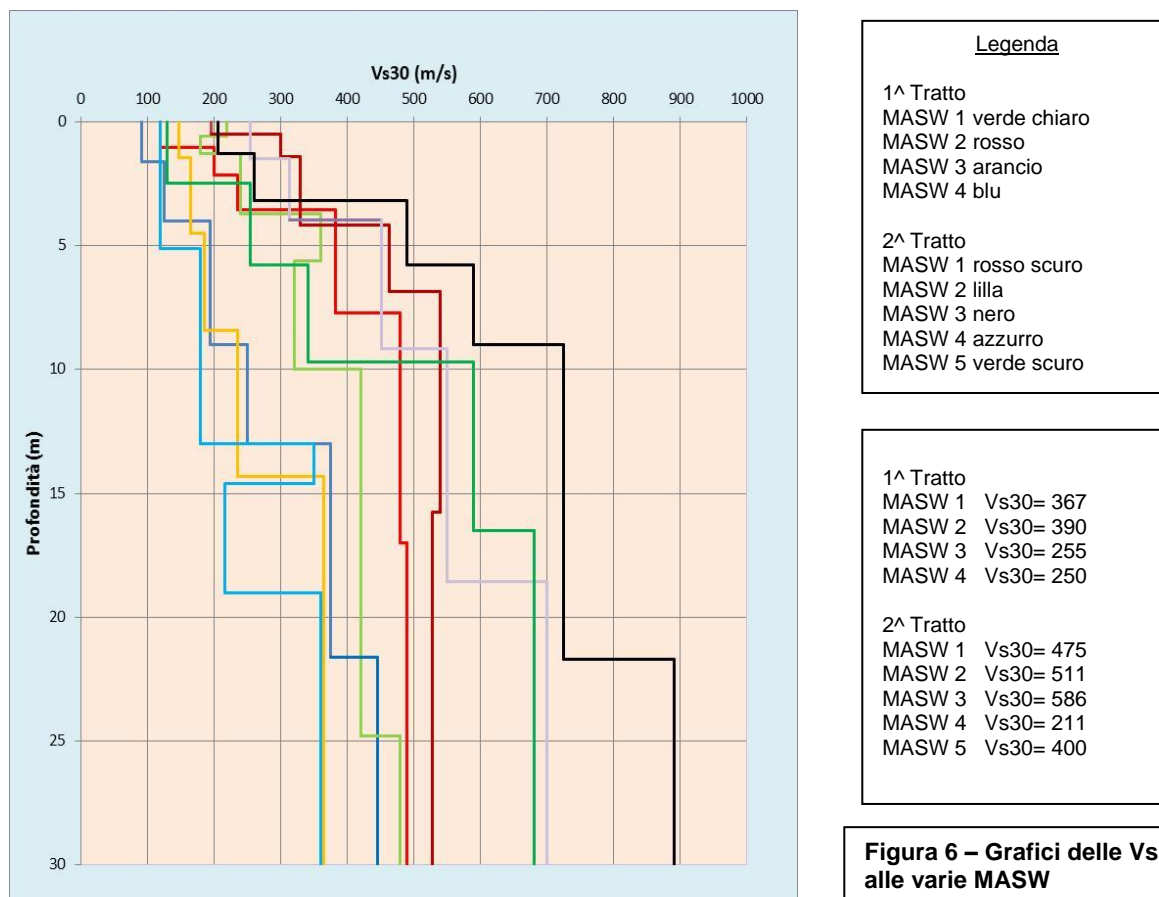


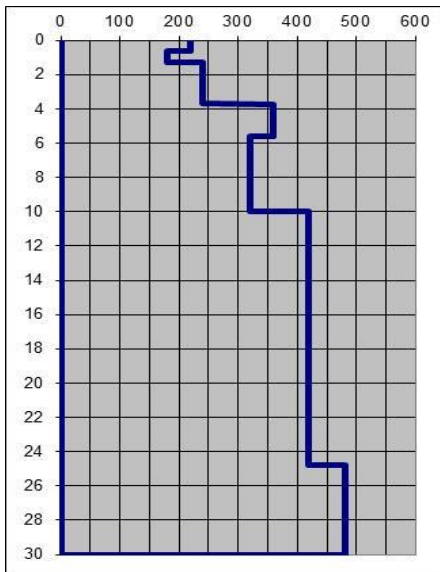
Figura 6 – Grafici delle Vs relativi alle varie MASW

Il valore delle velocità caratteristiche V_{s30} (v. Tab. 1) è risultato crescente procedendo da Salgareda verso Pieve di Soligo, permettendo di classificare i terreni in categoria C nel tratto più meridionale e in categoria B in quello centro-settentrionale. Fa eccezione la MASW 4 condotta nella piana alluvionale allo sbocco della valle del T. Crevada, che denota velocità più basse a causa della presenza locale di terreni limo-argillosi.

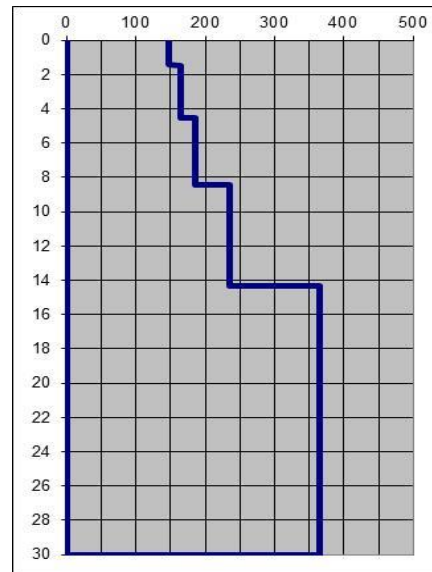
PROPRIETARIO	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

Tratto	Prova	Comune	V _{s30} (m/s)	Categoria di sottosuolo
1^ Tratto	MASW 1	San Polo di Piave	367	B
	MASW 2	Ormelle	390	B
	MASW 3	Ponte di Piave	255	C
	MASW 4	Salgareda	250	C
2^ Tratto	MASW 1	Vazzola	475	B
	MASW 2	Mareno di Piave	511	B
	MASW 3	Santa Lucia di Piave	586	B
	MASW 4	Susegana	211	C
	MASW 5	S. Pietro Fel./Refrontolo	400	B

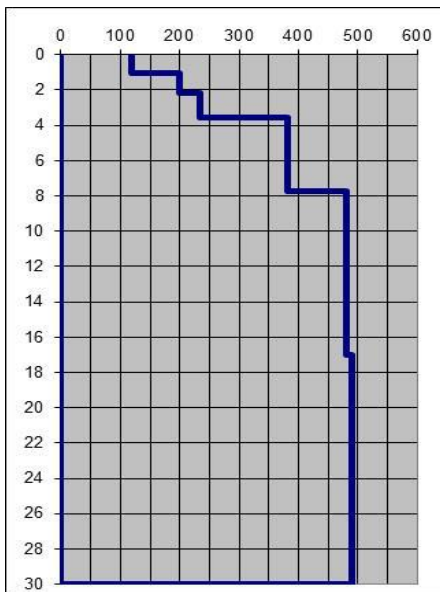
Tabella 1 - Velocità V_{s30} e categorie di sottosuolo ricavate dalle varie prove MASW



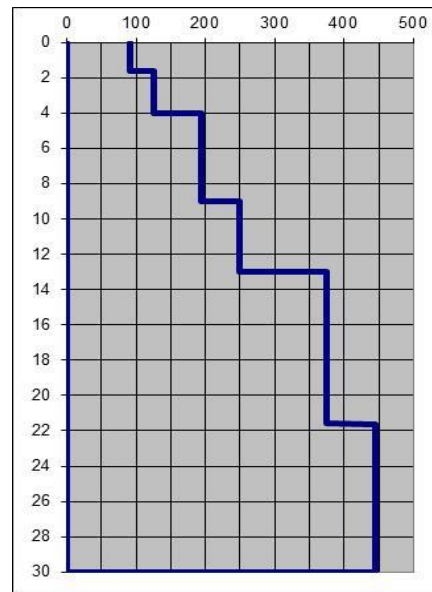
1^ MASW 1 - $V_{S30} = 367$ m/s Cat. B



1^ MASW 3 - $V_{S30} = 255$ m/s Cat. C



1^ MASW 2 - $V_{S30} = 390$ m/s Cat. B

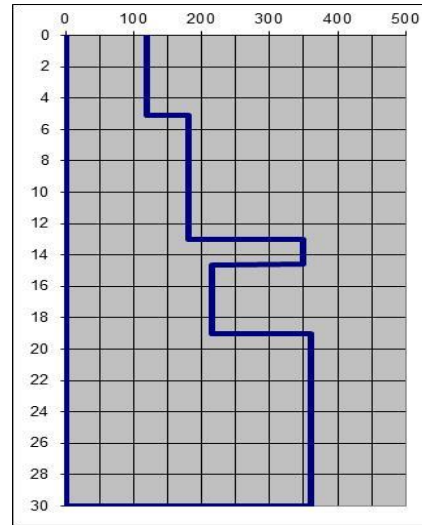


1^ MASW 4 - $V_{S30} = 250$ m/s Cat. C

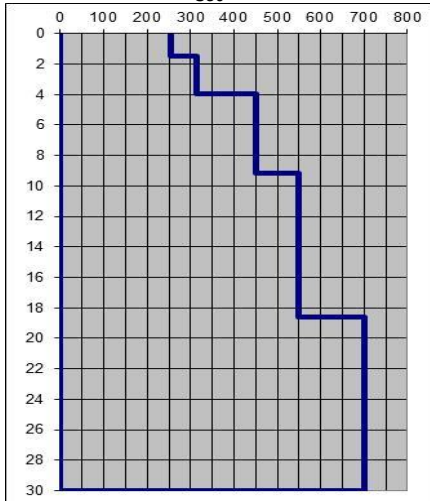
Figura 7a - Diagrammi della velocità delle onde di taglio in funzione della profondità. 1^ Tratto



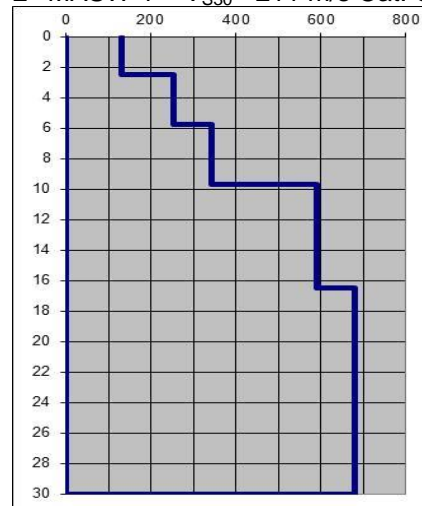
2^a MASW 1 - $V_{S30} = 475$ m/s Cat. B



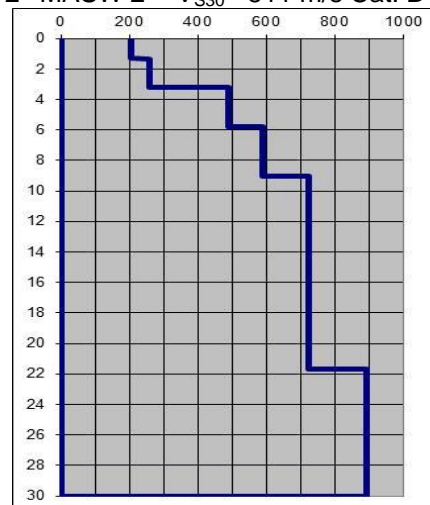
2^a MASW 4 - $V_{S30} = 211$ m/s Cat. C



2^a MASW 2 - $V_{S30} = 511$ m/s Cat. B



2^a MASW 5 - $V_{S30} = 400$ m/s Cat. B



2^a MASW 3 - $V_{S30} = 586$ m/s Cat. B

Figura 7b - Diagrammi della velocità delle onde di taglio in funzione della profondità. 2^a Tratto

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

4 SISMICITA' DELL'AREA

4.1 Inquadramento tettonico-strutturale

La parte orientale delle Alpi Meridionale è caratterizzata dalla sismicità più accentuata dell'intero arco alpino, dovuta alla particolare situazione geodinamica dell'area, interessata tuttora da un processo di accorciamento: la convergenza, infatti, della placca Europea con la placca Adriatica, strutturalmente continua con la placca Africana, a partire dal Cretacico determina la collisione alpina con effetti che perdurano fino ad oggi (v. Fig. 8).

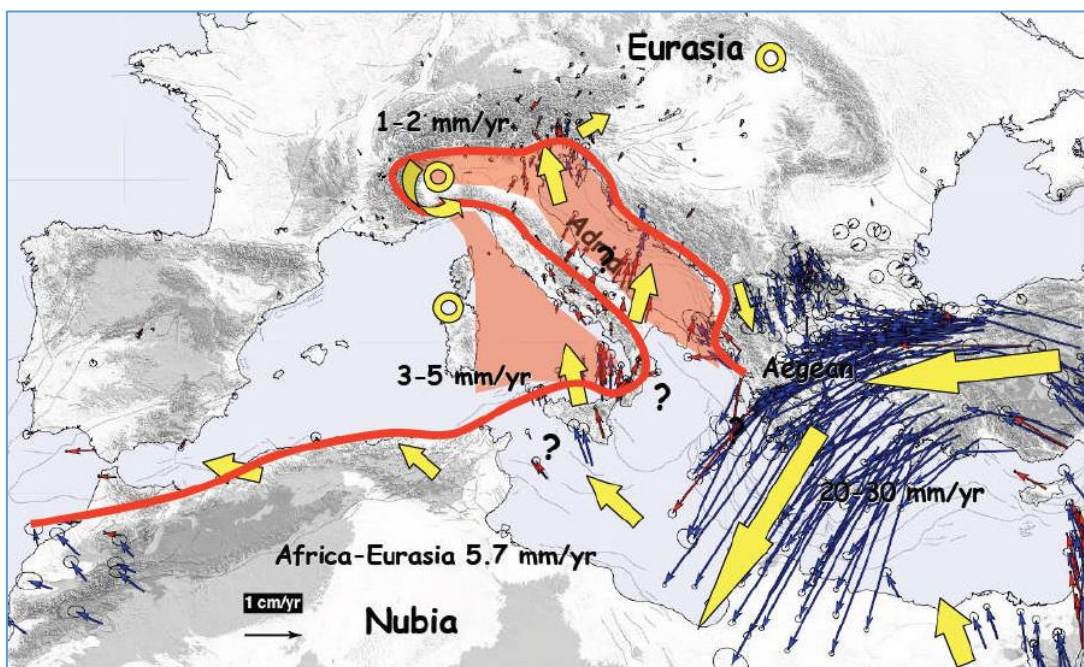


Figura 8 - Movimenti tettonici nell'ambito dell'area Mediterranea (Serpelloni et al., 2007)

Il basamento cristallino, costituito da rocce metamorfiche gneissiche e filladiche profondo, ricoperto nel Veneto orientale da unità sedimentarie con spessori dell'ordine di 4000 m, è interessato da estesi sovrascorrimenti sub-vergenti con assi diretti WNW-ENE (v. Fig. 9).

Per quanto riguarda l'aspetto neotettonico, risultano particolarmente in evoluzione i sovrascorrimenti più esterni, ove appaiono dislocati depositi continentali del Pleistocene medio-superiore.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

La sismicità dell'area risulta concentrata in corrispondenza dell'attuale fronte di accavallamento sudalpino sull'avanpaese padano-adriatico, con ipocentri nel basamento cristallino a profondità non superiori a 20 km.



Figura 9 – Schema strutturale del N-E (da Galatini et al., 2005)
 (MT: sovrascorrimento Montello-Conegliano)

In Fig. 10 si riporta un profilo schematico realizzato lungo l'alta pianura e il Montello, dalla quale si evidenzia la struttura a *thrust* e i principali elementi sismogenetici, tra i quali il sovrascorrimento Montello-Conegliano, attraversato dal tracciato.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

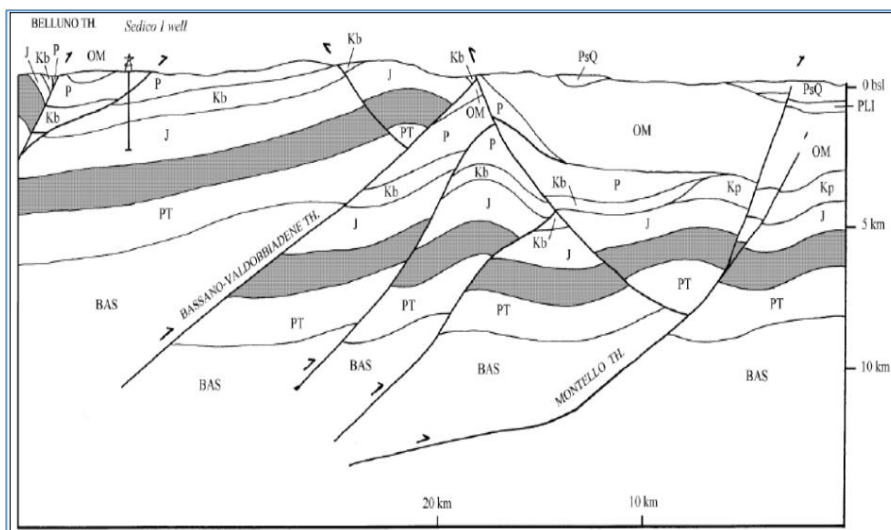


Figura 10 - Profilo schematico attraverso l'alta pianura veneta (da Poli, 2008)

La Fig. 11 mostra la posizione delle strutture sismogenetiche nell'area di interesse; il tracciato in particolare attraversa la faglia del Montello.

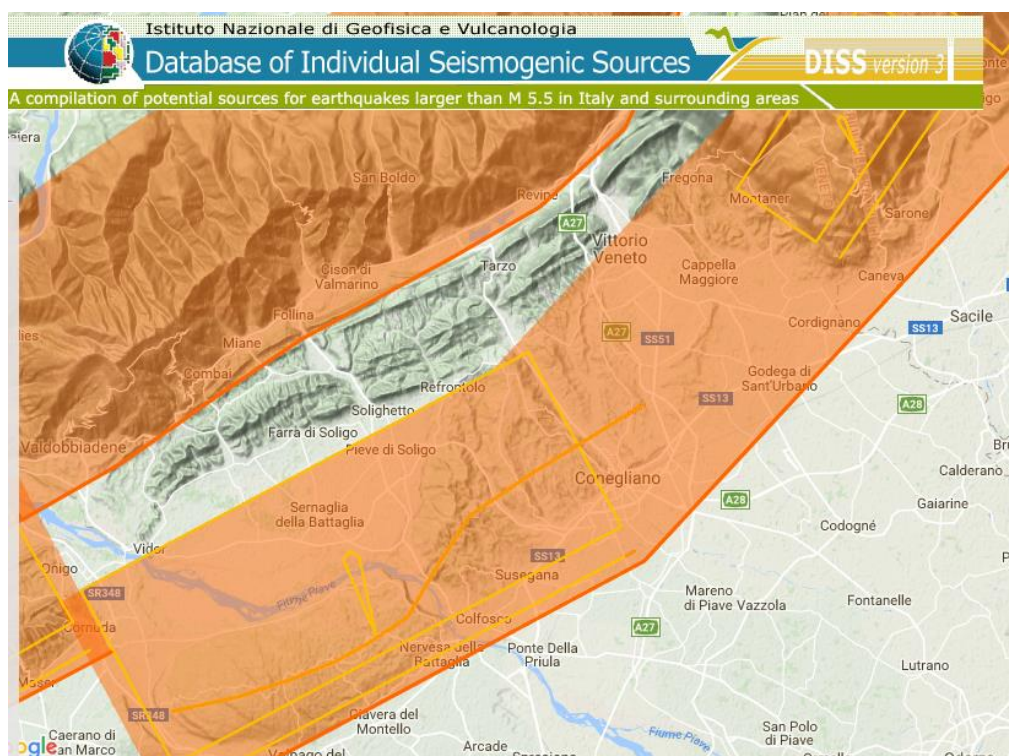


Figura 11 - Localizzazione delle sorgenti sismogenetiche (da INGV, DISS 3.2)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

4.2 Zonazione sismica e caratteri macrosismici

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.

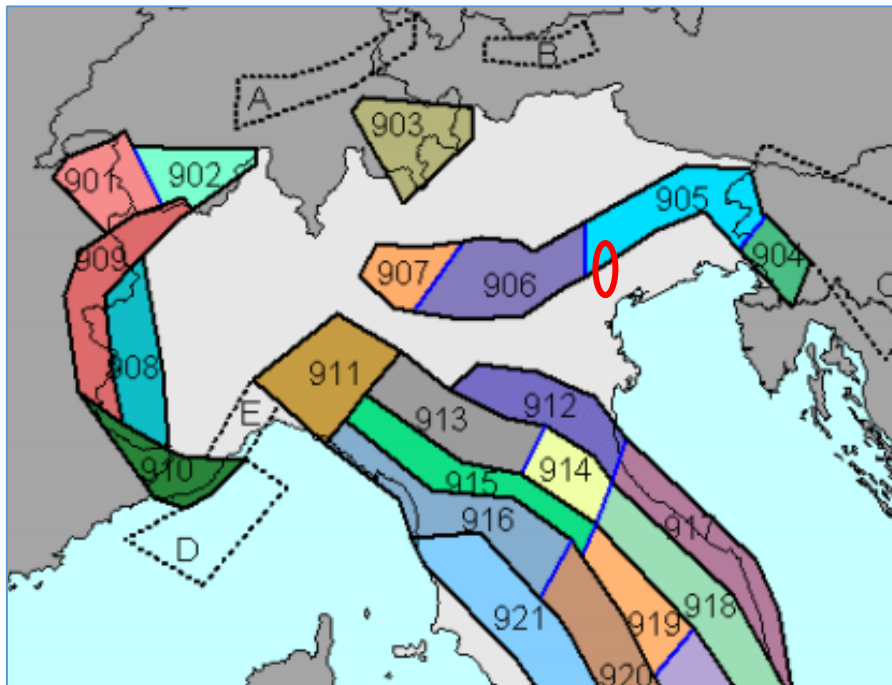


Figura 12– Zone sismogenetiche d'Italia (zonazione ZS9, da INGV). Stralcio nord Italia

In base alla zonazione sismica ZS9 operata da INGV, il tracciato in esame ricade solo nella parte terminale presso Conegliano Veneto all'interno della zona sismogenetica 905, presso il confine con la zona 906 (v. Figg. 12,13), mentre per il rimanente tratto rimane al di fuori delle zone sismogenetiche. Per la zona 905 e 906 la magnitudo massima attesa M_{wmax} è pari a 6.60 (v. Tab. 2).

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

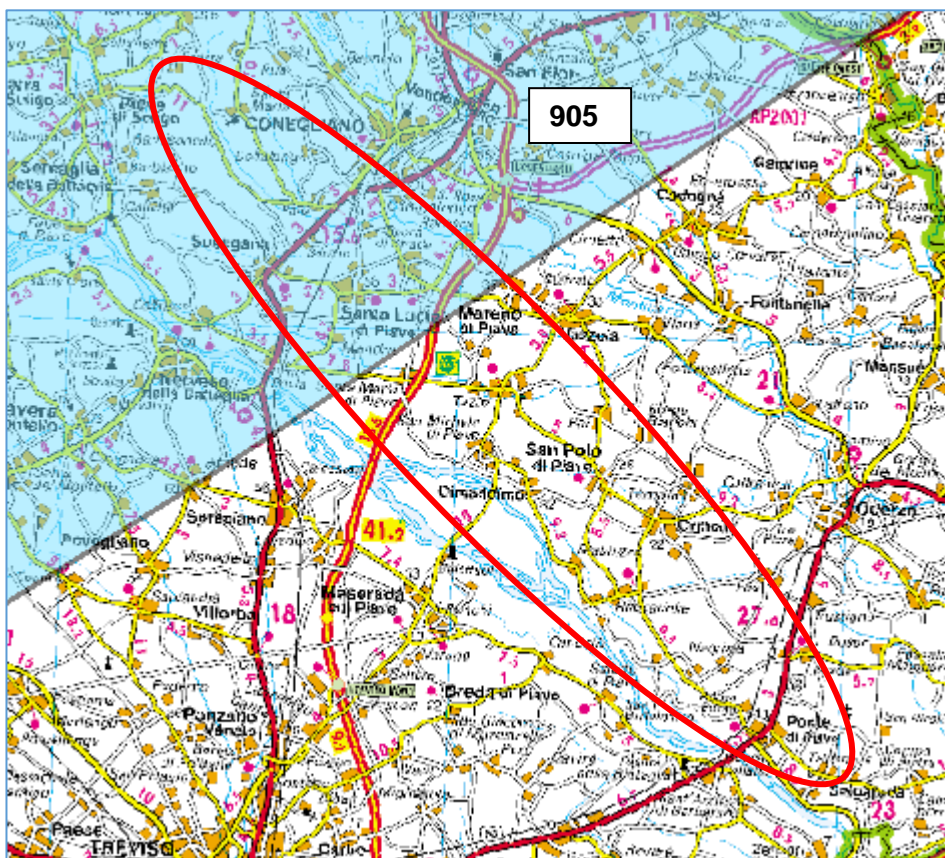


Figura 13– Particolare della zonazione sismogenetica d'Italia

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

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

In particolare le zone 905 e 906 sono caratterizzate da strutture a pieghe sud-vergenti del Sudalpino orientale e faglie inverse associate; la zona 905 include sorgenti sismogenetiche potenzialmente responsabili di terremoti con magnitudo $M > 6$, e racchiude un'area in cui la frequenza degli eventi sismici (anche di magnitudo medio-alte) è nettamente superiore a quella delle zone adiacenti. La zona 905 comprende anche la sorgente del Montello (potenzialmente responsabile di terremoti con $M > 6$) che in base ai dati attualmente disponibili è definibile come "silente", cioè mancano nei cataloghi disponibili terremoti storici con magnitudo prossima a quella attesa.

Dal *database macrosismico dei terremoti italiani* di INGV, si evidenzia che le maggiori intensità macrosismiche nell'area attraversata dal tracciato si registrano nella zona nord, al passaggio tra la zona di pianura e l'inizio dei rilievi delle Alpi meridionali, con I_s compresa tra 6 e 7 (terremoto del 1695) (v. Figg. 14, 15).

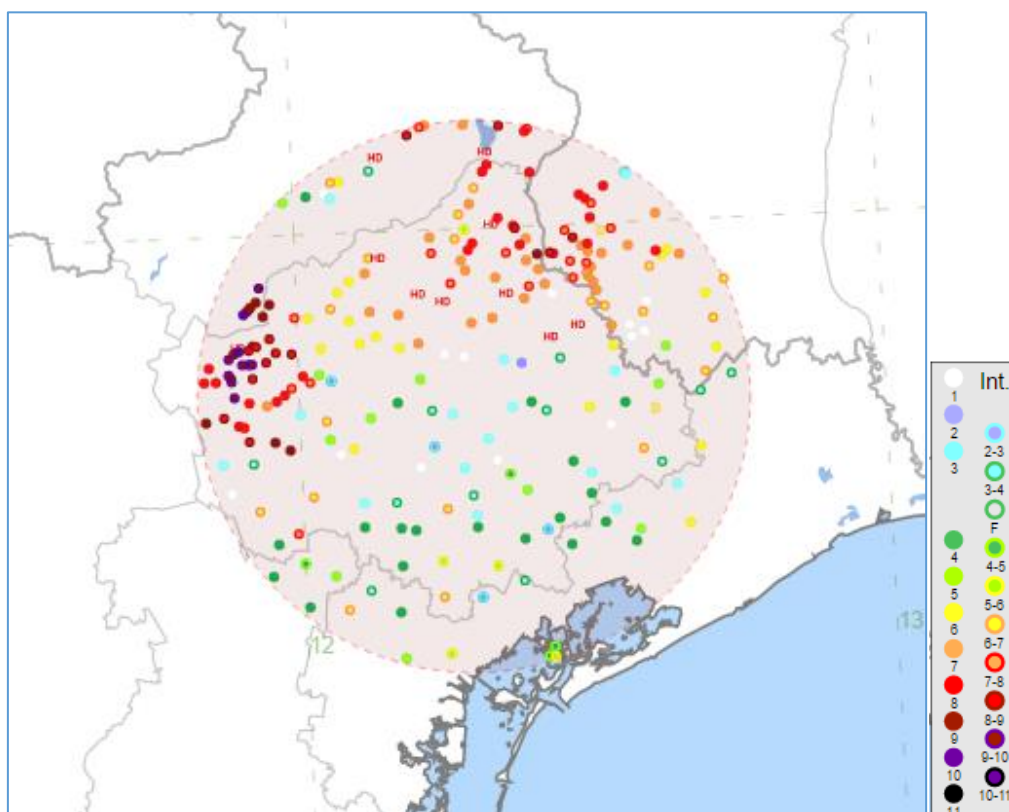


Figura 14 – Localizzazione dei terremoti nell'intorno dell'area di interesse e relativa intensità macrosismica
 Da *database macrosismico dei terremoti italiani* di INGV, DBMI 15

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

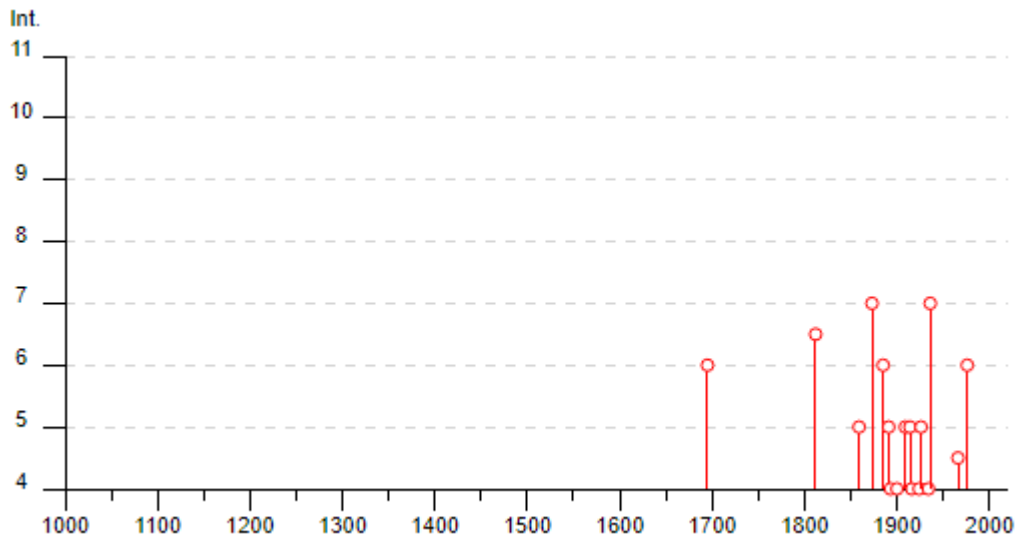


Figura 15 – Intensità macrosismiche dei terremoti risentiti a Conegliano nell’ultimo millennio
 Da Database macrosismico dei terremoti italiani di INGV, DBMI 15

Intensity	Year Mo Da Ho Mi Se	Epicentral area	NMDP	Io	Mw
6	1695 02 25 05 30	Asolano	107	10	6.4
6-7	1812 10 25 07	Pordenonese	34	7-8	5.62
5	1859 01 20 07 55	Prealpi Trevigiane	36	6	4.8
7	1873 06 29 03 58	Alpago Cansiglio	197	9-10	6.29
3	1879 06 22 04 15	Friuli	16	5-6	4.74
6	1885 12 29	Alpago Cansiglio	47	6	4.96
F	1890 03 26 20 10	Bellunese	48	6	4.82
5	1891 06 07 01 06 14.00	Valle d'Illasi	403	8-9	5.87
3	1892 08 09 07 58	Valle d'Alpone	160	6-7	4.91
4	1893 10 27 16 31	Bellunese	54	5	4.42
F	1894 02 09 12 48 05.00	Valle d'Illasi	116	6	4.74
4	1900 03 04 16 55	Asolano	98	6-7	5.05
3	1904 03 10 04 23 04.24	Slovenia nord-occidentale	57		
5	1909 01 13 00 45	Emilia Romagna orientale	867	6-7	5.36
5	1914 10 27 09 22	Lucchesia	660	7	5.63
2	1916 05 17 12 50	Riminese	132	8	5.82
4	1916 08 16 07 06 14.00	Riminese	257	8	5.82
4	1924 12 12 03 29	Carnia	78	7	5.42
5	1926 01 01 18 04 03.00	Carniola interna	63	7-8	5.72
3-4	1930 05 14 00 01	Cadore	15	5-6	4.89

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

3	1930 10 30 07 13	Senigallia	268	8	5.83
2-3	1931 12 25 11 41	Friuli	45	7	5.25
4	1934 05 04 13 56	Carnia	80	6	4.69
7	1936 10 18 03 10	Alpago Cansiglio	269	9	6.06
2	1938 07 07 07 48	Pordenonese	7	5	4.97
3	1952 01 18 01 36	Pordenonese	108	5	4.44
NF	1955 07 23 03 54 32.00	Prealpi Friulane	47	5	4.49
4-5	1966 01 23 01 31 29.00	Alpago Cansiglio	7	4-5	4.02
6	1976 05 06 20	Friuli	770	9-10	6.45
NF	1983 11 09 16 29 52.00	Parmense	850	6-7	5.04
3	1987 05 02 20 43 53.32	Reggiano	802	6	4.71
3-4	2004 07 12 13 04 06.00	Slovenia nord-occidentale	353		5.12

Tabella 4 - Elenco dei principali terremoti risentiti nell'area di Conegliano con le relative intensità macrosismiche e magnitudo

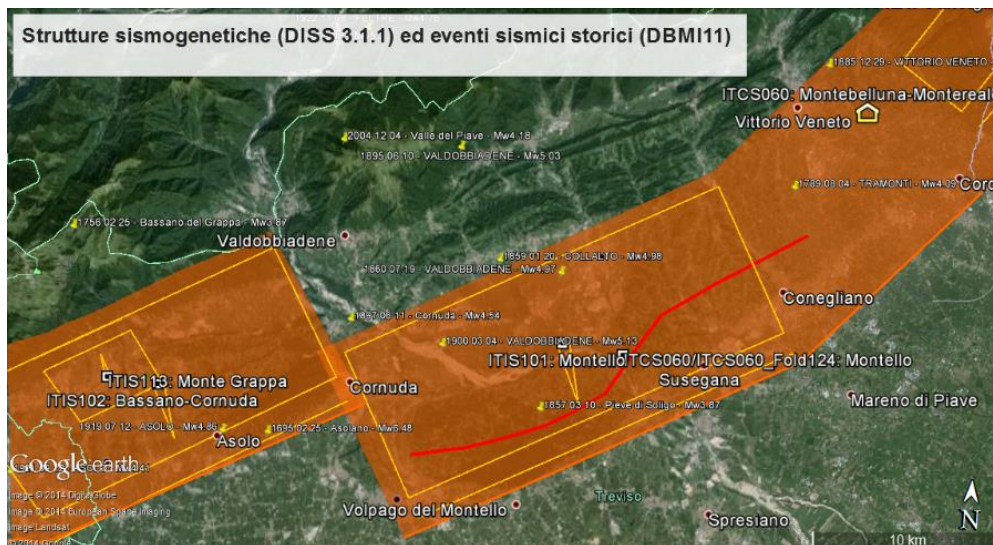


Figura 16 - Mappa delle sorgenti sismogenetiche del settore Thiene-Udine delle Alpi sud-orientali

4.3 Magnitudo attesa

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

Nella parte ricadente all'interno delle zone sismogenetiche, cioè di fatto solamente dal territorio del comune di Conegliano Veneto verso N, la magnitudo da assumere per le verifiche del caso è $M=6.6$.

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

Nel caso in oggetto, applicando tale criterio, fino a distanze $R=74$ km M_s rimane inferiore a $M=6.6$. Allora per la stima della magnitudo ci si è rivolti al calcolo della disaggregazione della pericolosità per un tempo di ritorno di 975 anni (probabilità di eccedenza del 5% in 50 anni), allo scopo di individuare il maggior contributo alla pericolosità del sito in termini di magnitudo-distanza di un evento. I grafici, riportati in Figg. 17 e 18, sono stati desunti dalle mappe Interattive di Pericolosità Sismica dell'INGV, relativamente ai comuni di Pieve di Soligo e Salgareda, rispettivamente il più distante e il più vicino alle sorgenti sismogenetiche.

Dai grafici e dalle relative tabelle numeriche (qui non allegate) si nota come la grande maggioranza del contributo percentuale di a_g per entrambi i siti derivi da terremoti con magnitudo da 4-4.5 a 6.5, con distanze mediamente inferiori per il sito settentrionale.

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

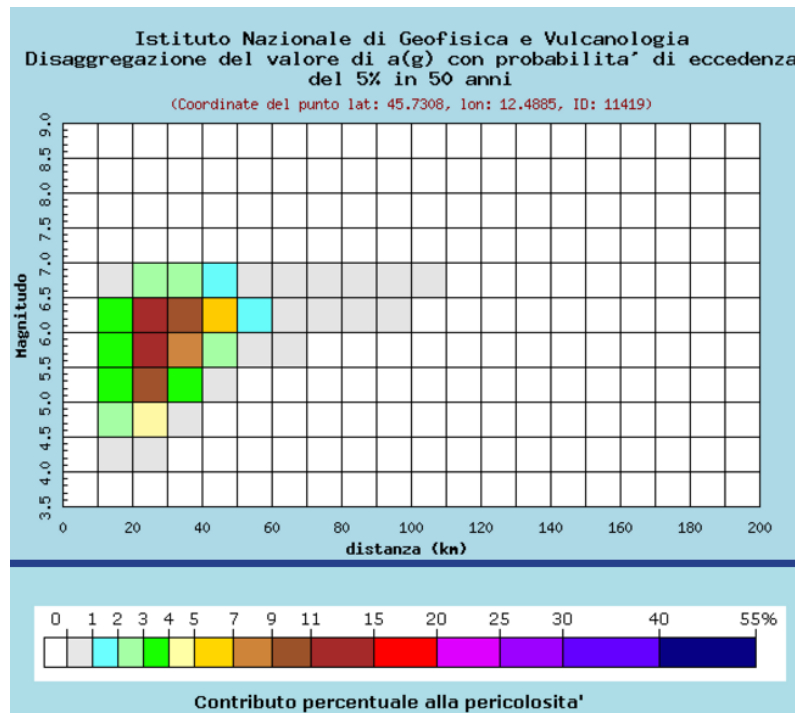


Figura 17 - Disaggregazione del valore di a(g) per il Comune di Salgareda

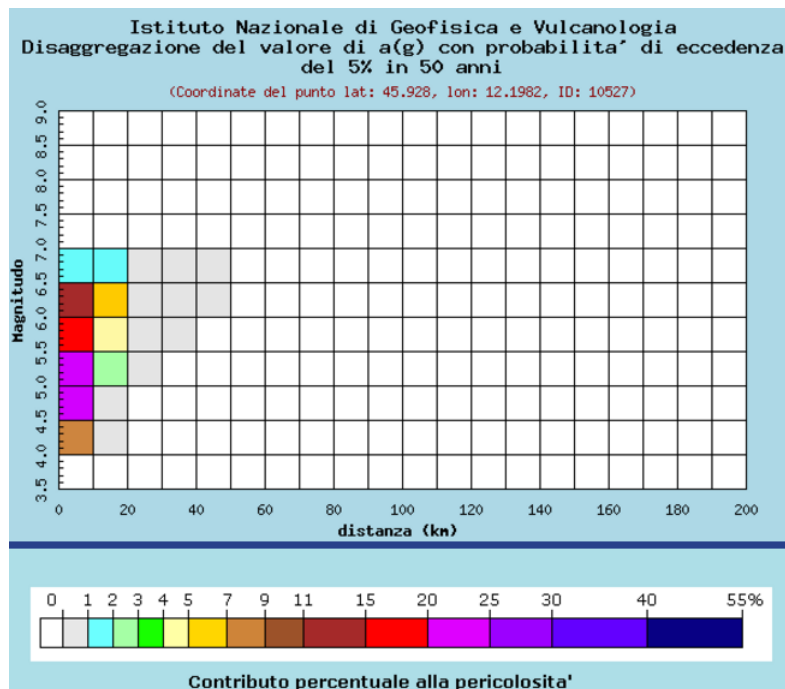


Figura 18 - Disaggregazione del valore di a(g) per il Comune di Pieve di Soligo

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

4.4 Pericolosità sismica di base

I comuni attraversati dal metanodotto ricadono, ai sensi della D.C.R. n° 67 del 3 dicembre 2003, in parte in zona sismica 3 e in parte in zona 2 (v. Fig. 19) come da elenco seguente.

Zona 3: Salgareda, Ponte di Piave, Ormelle, San Polo, Vezzola, Mareno di Piave

Zona 2: Santa Lucia di Piave, Conegliano, Susegana, San Pietro di Feletto, Refrontolo, Pieve di Soligo.

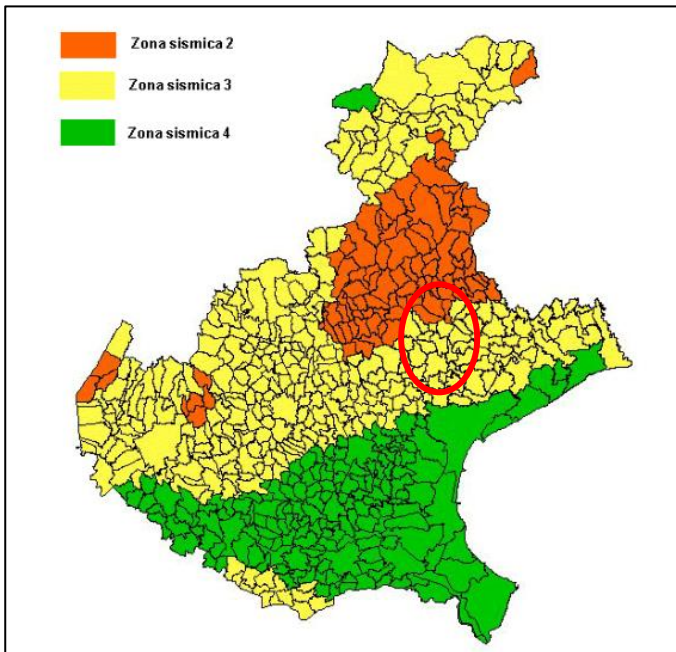


Fig. 19 – Carta delle zona sismica dei comuni della Regione Veneto

In base alla zonazione INGV “Pericolosità sismica del territorio nazionale” (PCM 28/04/2006 n. 3519) il tracciato cade in aree con $a_g = 0.100 \div 0.250$ g con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, cioè tempo di ritorno 475 anni (v. Fig. 20), con valori crescenti da S a N.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

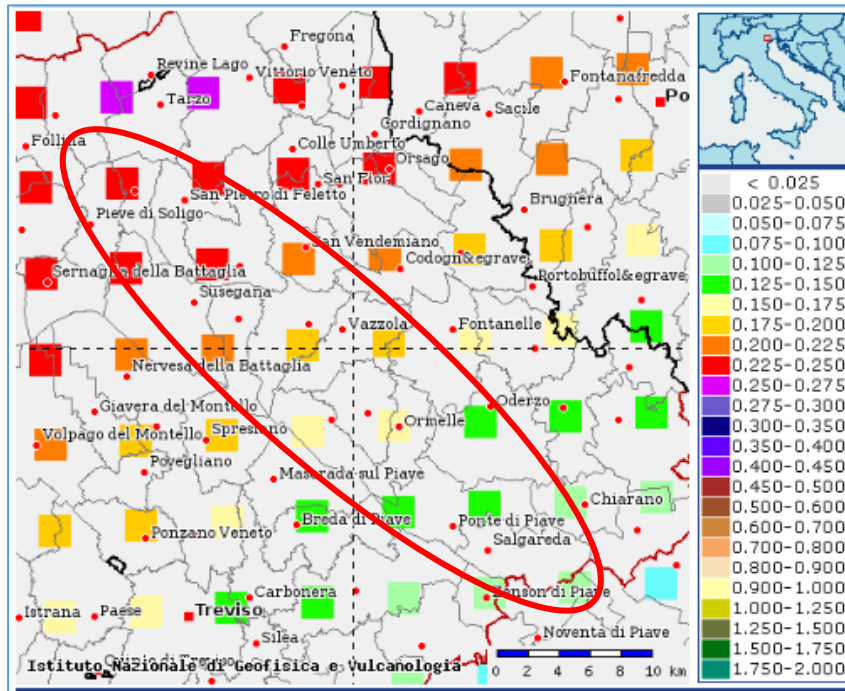


Figura 20 – Carta di pericolosità sismica (INGV)

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.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

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

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

Il tracciato in esame attraversa con direzione all'incirca SE-NW il territorio di diversi comuni, che, seppur ricadenti interamente in zona 3, è comunque caratterizzato da parametri sismici leggermente diversi, in genere con valore di a_g crescente da SE verso NW, come si evince dalla seguente tabella (v. Tab. 5).

Comune	a_g	F_0	T_c
Salgareda	0.113	2.529	0.361
Ponte di Piave	0.127	2.490	0.352
Ormelle	0.158	2.470	0.335
San Polo di Piave	0.170	2.456	0.332
Vezzola	0.196	2.432	0.327
Mareno di Piave	0.204	2.426	0.326
Santa Lucia	0.214	2.419	0.324
Conegliano	0.227	2.412	0.324
Susegana	0.223	2.412	0.323
San Pietro di F.	0.247	2.405	0.324
Refrontolo	0.246	2.404	0.323
Pieve di Soligo	0.241	2.407	0.323

Tabella 5 – Valori dei parametri sismici caratteristici $T_r= 475$ anni per i vari comuni

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

5.2 Categoria di sottosuolo e condizioni topografiche

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

La definizione della categoria di sottosuolo, in ottemperanza con quanto stabilito dalle NTC 2008 in Tab. 3.2.II (v. Tab. 6), si è basata sulla misura della velocità media delle onde di taglio ottenuta tramite le varie prove geofisiche MASW eseguite lungo il tracciato.

Come dettagliato in precedenza il tracciato ricade per la maggior parte (tratto centro settentrionale) in suoli di categoria B e in parte (tratto meridionale) 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 6 - 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 $i < 15^\circ$ ", a parte brevissimi tratti nella parte terminale in classe T2: "Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$ ".

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

5.3 Pericolosità sismica locale con metodo semplificato

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

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

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

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

Tali coefficienti parziali vengono determinati nel seguente modo.

S_T = coefficiente di amplificazione topografica

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

S_s = coefficiente di amplificazione stratigrafica

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

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 : ≥ 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 7 – 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	$T_R = 60$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 101$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 949$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 1950$

Tabella 8- Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

Con le assunzioni sopraesposte in merito all'opera e in funzione delle probabilità di superamento per lo stato limite SLD e SLV stabilite dalla NTC 2008 (v. Tab. 7), si ottengono i parametri sismici relativi al substrato rigido rappresentati nella tabella 8.

Comune	a_g		F_0		$T'c$	
	$T_R=101$	$T_R=949$	$T_R=101$	$T_R=949$	$T_R=101$	$T_R=949$
Salgareda	0.061	0.146	2.514	2.552	0.297	0.378
Ponte di Piave	0.068	0.164	2.464	2.548	0.293	0.366
Ormelle	0.080	0.206	2.444	2.508	0.288	0.348
San Polo di P.	0.085	0.222	2.447	2.51	0.284	0.345
Vezzola	0.097	0.258	2.448	2.467	0.279	0.342
Mareno di P.	0.102	0.271	2.441	2.445	0.277	0.341
Santa Lucia	0.105	0.285	2.432	2.425	0.276	0.341
Conegliano	0.112	0.304	2.422	2.411	0.277	0.342
Susegana	0.110	0.299	2.423	2.412	0.275	0.341
San Pietro di F.	0.122	0.328	2.414	2.405	0.276	0.344
Refrontolo	0.122	0.329	2.411	2.406	0.275	0.344
Pieve di Soligo	0.120	0.323	2.411	2.410	0.274	0.343

**Tabella 8 – Parametri sismici per lo stato limite SLD ($T_R=101$ anni) e SLV ($T_R=949$ anni)
relativi ai vari comuni attraversati**

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

Con tale assunzione l'azione sismica al sito è caratterizzata dai seguenti parametri (v. Tab. 9).

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

Comune	Cat. suolo	S _s	S _T	S=S _s xS _T	Stato limite	a _g (g)	PGA (g)
Salgareda	C	1.476	1.00	1.48	SLD	0.061	0.090
				1.48	SLV	0.146	0.216
Ponte di P.	C	1.449	1.00	1.45	SLD	0.068	0.099
				1.45	SLV	0.164	0.238
Ormelle	B	1.193	1.00	1.19	SLD	0.080	0.095
				1.19	SLV	0.206	0.246
San Polo di P.	B	1.177	1.00	1.18	SLD	0.085	0.100
				1.18	SLV	0.222	0.261
Vazzola	B	1.145	1.00	1.15	SLD	0.097	0.111
				1.15	SLV	0.258	0.296
Mareno di P.	B	1.135	1.00	1.13	SLD	0.102	0.116
				1.13	SLV	0.271	0.308
S. Lucia di P.	B	1.124	1.00	1.12	SLD	0.105	0.118
				1.12	SLV	0.285	0.320
Conegliano	B	1.107	1.00	1.11	SLD	0.112	0.124
				1.11	SLV	0.304	0.336
Susegana	B	1.112	1.00	1.11	SLD	0.110	0.122
				1.11	SLV	0.299	0.332
S. Pietro di F.	B	1.084	1.00	1.08	SLD	0.122	0.132
				1.08	SLV	0.328	0.356
Refrontolo	B	1.083	1.00	1.08	SLD	0.122	0.132
				1.08	SLV	0.329	0.356
Pieve di Soligo	B	1.089	1.00	1.09	SLD	0.120	0.131
				1.09	SLV	0.323	0.352

Tabella 9 – 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 :

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

I relativi spettri di risposta delle componenti orizzontale e verticale per lo stato limite SLD e SLV per un fattore di struttura $q_0=1.5$ e smorzamento $\xi=5\%$ e $\eta=1$ sono riportati in Appendice 1.

Per lo stato limite SLV, trattandosi di struttura interrata, è stato considerato uno spettro di progetto inelastico.

Come si può osservare dalla tabella 9 soprariportata, le accelerazioni PGA attese al sito nel caso di stato limite di danno SLD sono comprese tra 0.092 e 0.144 g, mentre per lo stato limite

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

di salvaguardia della vita SLV circa tra 0.219 e 0.395 g con un generale gradiente positivo lungo il tracciato da S verso N.

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

Nel caso di fondazioni e stabilità dei pendii i coefficienti k_h e k_v sono così determinati:

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

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

Con

β_s coefficiente di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito, come da seguente tabella:

	A	B, C, D, E
	β_s	β_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.

I risultati vengono rappresentati in tabella 10.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

Comune	Stato limite	PGA (g)	β_s	K_h	K_v
Salgareda	SLD	0.092	0.20	0.02	0.009
	SLV	0.219	0.28	0.06	0.031
Ponte di P.	SLD	0.102	0.24	0.02	0.012
	SLV	0.246	0.28	0.07	0.034
Ormelle	SLD	0.096	0.24	0.02	0.012
	SLV	0.247	0.28	0.07	0.035
San Polo di P.	SLD	0.102	0.24	0.02	0.012
	SLV	0.266	0.28	0.07	0.037
Vazzola	SLD	0.116	0.24	0.03	0.014
	SLV	0.310	0.28	0.09	0.043
Mareno di P.	SLD	0.122	0.24	0.03	0.015
	SLV	0.325	0.28	0.09	0.046
S. Lucia di P.	SLD	0.126	0.24	0.03	0.015
	SLV	0.342	0.28	0.10	0.048
Conegliano	SLD	0.134	0.24	0.03	0.016
	SLV	0.365	0.28	0.10	0.051
Susegana	SLD	0.132	0.24	0.03	0.016
	SLV	0.359	0.28	0.10	0.050
S. Pietro di F.	SLD	0.146	0.24	0.04	0.018
	SLV	0.394	0.28	0.11	0.055
Refrontolo	SLD	0.146	0.24	0.04	0.018
	SLV	0.395	0.28	0.11	0.055
Pieve di Soligo	SLD	0.144	0.24	0.03	0.017
	SLV	0.388	0.28	0.11	0.054

Tabella 10 – Valori dei coefficienti sismici

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

6 EFFETTI SISMOINDOTTI

6.1 Generalità

Oltre allo scuotimento del terreno, e con esso della tubazione interrata, gli eventuali effetti conseguenti a un evento sismico sono riconducibili ai seguenti casi:

- instabilità di versante in presenza di pendii instabili o potenzialmente instabili
- liquefazioni in presenza di importanti spessori di terreni granulari saturi nei primi 20 m da piano campagna
- cedimenti postsismici dovuti a densificazione di terreni granulari poco addensati e terreni coesivi poco consolidati
- 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.

In relazione all'area in oggetto si osserva che il tracciato si snoda per la stragrande maggioranza in terreni di pianura e di fondovalle; solo nell'ultimo tratto attraversa dei limitati versanti non affetti da problematiche di instabilità.

Stante la natura alluvionale di buona parte delle aree attraversate e la presenza della tavola d'acqua a debole profondità in parte del tracciato, il rischio di liquefazione e di cedimenti postsismici può esistere; allo scopo sono stati intrapresi approfondimenti in merito.

Per quanto riguarda il rischio di spostamenti, si è ricercata la presenza di strutture tettoniche potenzialmente attive e le relative caratteristiche, di cui di seguito si riferisce.

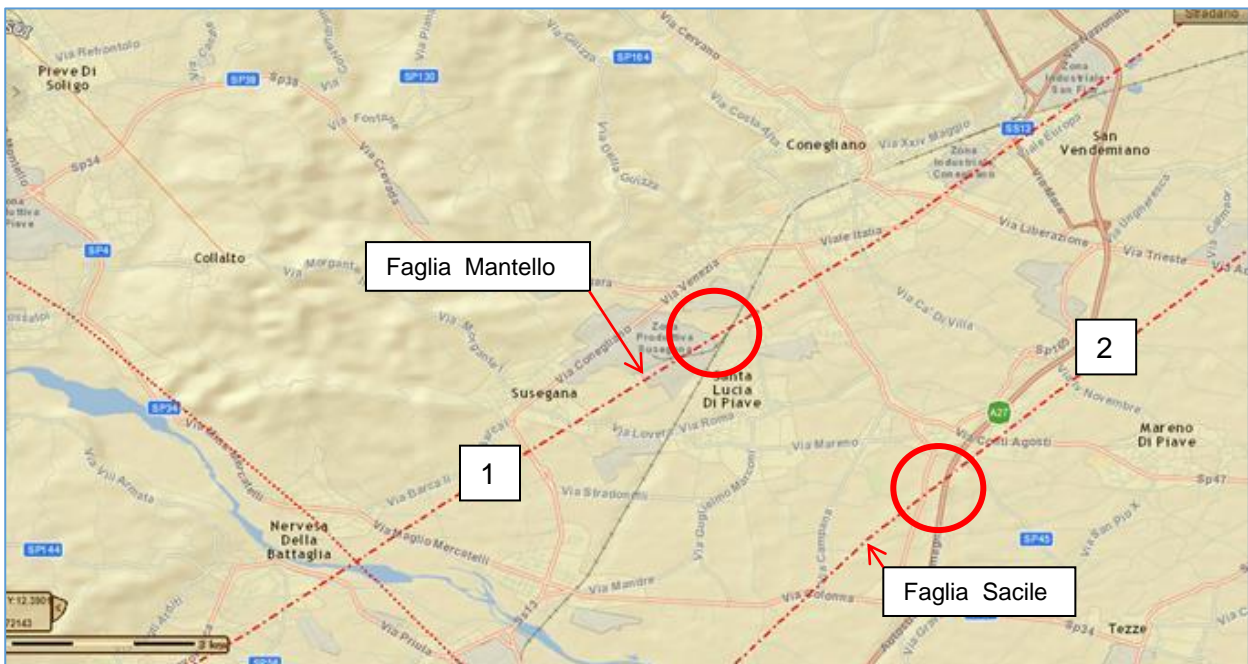
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

6.2 Faglie attive

Per l'identificazione di faglie capaci che attraversano il tracciato del metanodotto si è consultato il catalogo *Ithaca (ITaly Hazard Capable faults)* messo a disposizione on line da ISPRA-SGI. Si fa presente che per faglie capaci si intendono faglie che si ritiene possano attivarsi in futuro e che hanno dato segnale di attività negli ultimi 10000 anni.

La figura 21 sotto riportata evidenzia che esistono due strutture disgiuntive che interessano il tracciato nelle zona Mareno di Piave-Conegliano:

- 1- "Montello line": faglia inversa, lunghezza 80 km, periodo di ritorno= 750 anni, spostamento medio (*slip rate*)= 1.9 mm/anno
- 2- "Sacile line": faglia inversa, lunghezza 30 km, periodo di ritorno= n.a, spostamento medio (*slip rate*)= 0.06 mm/anno.



**Figura 21 – Carta riportante le faglie capaci. Da progetto Ithaca (ISPRA SGI)
Cerchiate in rosso le zone di attraversamento delle faglie da parte del metanodotto**

Tra le due linee quella ritenuta più capace è la struttura sismogenetica del Montello, la quale si stima suddivisa in singoli tratti di cui la parte di interesse per l'opera in progetto è il tratto Montello-Conegliano, di lunghezza 22 km.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

PARAMETRIC INFORMATION			
PARAMETER		QUALITY	EVIDENCE
Location [Lat/Lon]	45.86 / 12.15	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Length [km]	22.0	EJ	Inferred from geologic-geomorphological data constrained by seismic profiles.
Width [km]	11.2	EJ	Inferred from geologic-geomorphological data constrained by seismic profiles.
Min depth [km]	1.0	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Max depth [km]	8.2	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Strike [deg]	242	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Dip [deg]	40	LD	Based on geological data from Galadini et al. (2005).
Rake [deg]	80	LD	Based on geological and geodetic data.
Slip Per Event [m]	0.8	ER	Calculated from Mo using the relationship from Hanks and Kanamori (1979).
Slip rate [mm/y] min... max	0.47...1.56	LD	Based on geological observations.
Recurrence [y] min... max	513...1702	EJ	Inferred from slip rate and average displacement.
Magnitude [Mw]	6.5	ER	Calculated using the relationships from Wells and Coppersmith (1994).

LD=LITERATURE DATA; OD=ORIGINAL DATA; ER=EMPIRICAL RELATIONSHIP; AR=ANALYTICAL RELATIONSHIP; EJ=EXPERT JUDGEMENT;

**Tabella 11 – Caratteristiche della faglia
Montello-Conegliano
(da INGV, DISS 3.2)**

Negli ultimissimi decenni sono stati condotti numerosi studi a carattere tettonico-sismologico sul sistema di faglie del settore orientale delle Alpi meridionali, in particolare finalizzati al riconoscimento delle strutture sismogenetiche potenzialmente attivabili. Si citano in particolare gli studi condotti nell'ambito del progetto GNDT-2000 e di particolare interesse le pubblicazioni *Galadini et al., 2005¹*, e *Poli et al., 2008²*.

Da tali studi, basati su considerazioni geologiche, geomorfologiche, geofisiche e sismologiche risulta accertato che la faglia inversa del Montello rappresenta un settore cieco di una più estesa dislocazione che limita le Alpi; per essa non è stata accertata sicura correlazione con terremoti distruttivi (del 778, 1268 e del 1859) e per questo è da considerarsi silente per almeno gli ultimi 8 secoli.

¹ Galadini F., Poli M. and Zanferrari A.; 2005: *Seismogenetic sources potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps*. Geophys. J. Int., **161**, 739-762

² Poli M.E., Burrato P., Galadini F. and Zanferrari A.; 2008: *Seismogenic sources responsible for destructive earthquakes in north eastern Alps*. Boll. Geof. Teor. Appl., **49**, 301-313

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

Ciò non significa che l'attività della faglia è bassa; anzi il fatto che non abbia generato terremoti per un lungo periodo ma si sia caricata di energia che non ha ancora rilasciato desta maggiori preoccupazioni per una sua possibile futura riattivazione.

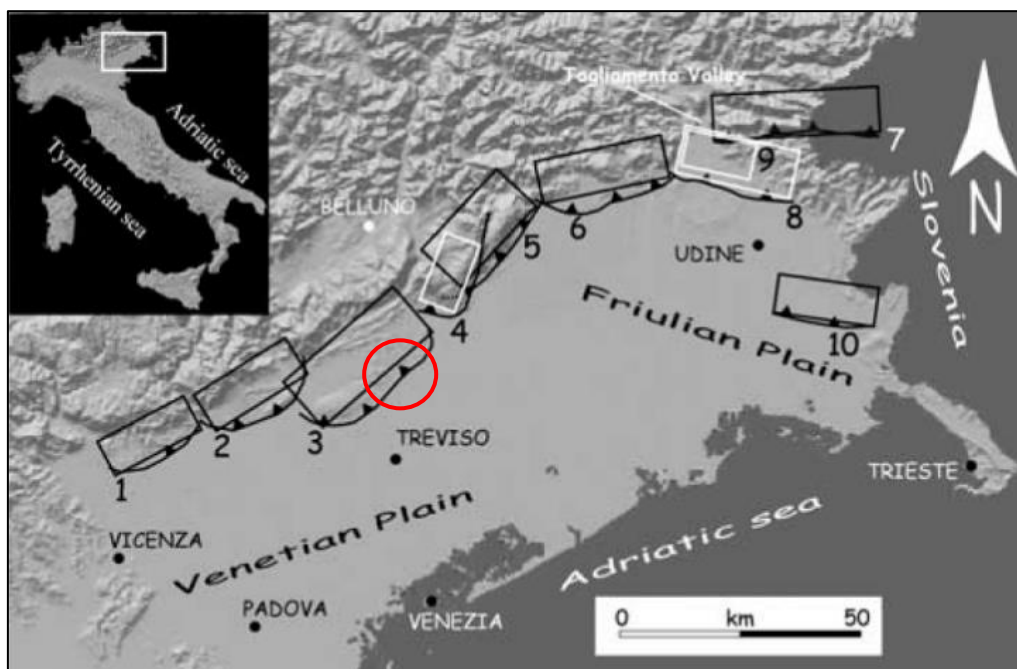


Figura 22 – Carta delle sorgenti sismogenetiche nel settore SE delle Alpi
(da Galatini et al., 2005)

L'area in cui il metanodotto interseca le faglie ritenute attive è costituita da depositi alluvionali di elevato spessore che, nell'eventualità di movimento della faglia al bedrock, sicuramente attutiscono gli spostamenti in superficie distribuendoli su di una fascia di ampia larghezza.

Come sopra riportato la faglia che può dar luogo a maggiori spostamenti è quella di Montello. Al fine di stimarne lo spostamento in caso di terremoto in funzione della lunghezza della sua rottura, si possono usare le seguenti relazioni proposte da Wells e Coppersmith (1994):

$$\log(MD) = -1.38 + 1.02 \log(SRL)$$

$$\log(AD) = -1.43 + 0.88 \log(SRL)$$

in cui:

AD= spostamento medio della faglia (m)

MD= massimo spostamento della faglia (m)

SRL= lunghezza della superficie di rottura (km), che ragionevolmente può dislocarsi durante il terremoto.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

Da tali relazioni si ottiene uno spostamento lungo la superficie di faglia massimo di 97 cm e medio di 56 cm.

Tali valori, come sopra detto, vengono in parte o del tutto assorbiti dal terreno di copertura, che nella zona è di svariate decine di metri e verosimilmente distribuiti in un'ampia fascia per cui l'effettivo spostamento al piano campagna non risulta localizzato lungo una sola linea ma distribuito in area estesa.

Nella seguente figura 23 si evidenziano i dati desunti da indagini geognostiche e pozzi nell'intorno della presunta intersezione tra metanodotto e proiezione del piano di faglia in superficie, che testimoniano che lo spessore della copertura alluvionale è di alcune decine di metri. Il substrato roccioso al di sotto delle alluvioni è costituito da conglomerati e marne mioceniche che peraltro hanno un comportamento meno rigido delle sottostanti rocce mesozoiche, motivo questo per il quale è stata stimata una profondità minima del segmento di faglia sismogenetica di 1000 m.

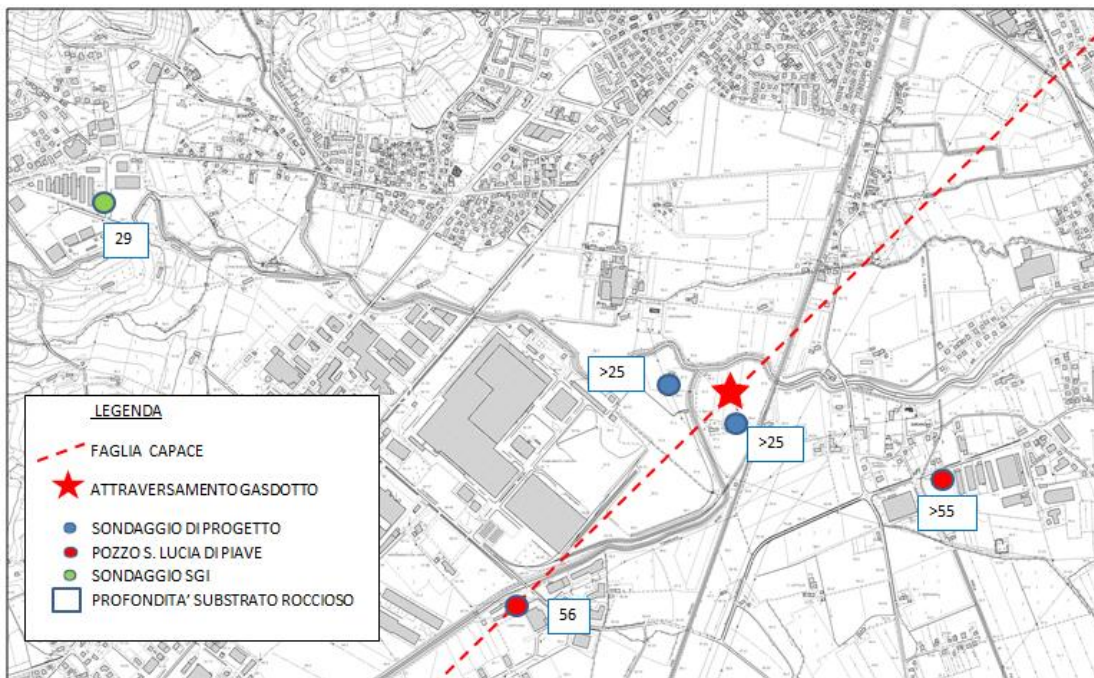


Figura 23 – Mappa della zona di presunta intersezione: spessori della copertura alluvionale.

La localizzazione della faglia capace, desunta da ITHACA, è necessariamente approssimata

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

Si consideri che la localizzazione della faglia, come riportato nelle mappe disponibili, deriva da studi a carattere regionale ad ampia scala e che essa è da considerarsi cieca, cioè non raggiunge la superficie topografica, ma è stata stimata arrestarsi a 1000 m di profondità.

In assenza pertanto di precise evidenze superficiali la sua localizzazione è indicativa, rendendo di fatto impossibile stabilire con ragionevole approssimazione il punto di attraversamento teorico da parte del metanodotto.

La presenza di questa struttura sismogenetica capace di riattivazione è stata riconosciuta anche nei vari studi sismici eseguiti per i PAT dei comuni in cui ricade e prossimi alla localizzazione dell'attraversamento da parte del tracciato in esame (Santa Lucia di Piave, Conegliano, Susegana). Tuttavia, non riconoscendo particolare rischio legato ad un eventuale risentimento in superficie dello spostamento della faglia, nessun vincolo all'uso del territorio è stato applicato in relazione a tale fenomeno.

Pertanto, sulla base di quanto precedentemente esposto, non si ritiene probabile che possano manifestarsi movimenti in superficie causati dallo spostamento in profondità della faglia di entità tale da costituire un rischio per l'integrità della condotta.

Spostamenti del terreno saranno determinati invece dall'effetto di "ground shaking" (scuotimento) durante la scossa sismica, di cui si tratta al punto 6.5.

6.3 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.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

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

- 1- *Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5*
- 2- *Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g*
- 3- *Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub orizzontale e strutture con fondazioni superficiali*
- 4- *Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $qc1N > 180$*
- 5- *Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nelle figure 24a e 24b.*

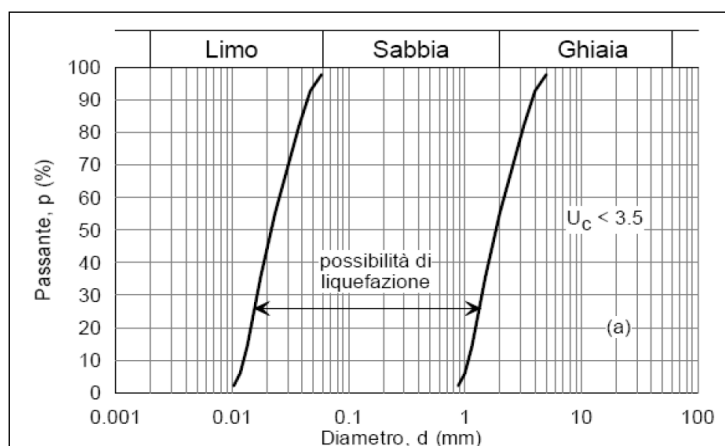


Figura 24a- Fuso granulometrico di riferimento per $U_c < 3.5$

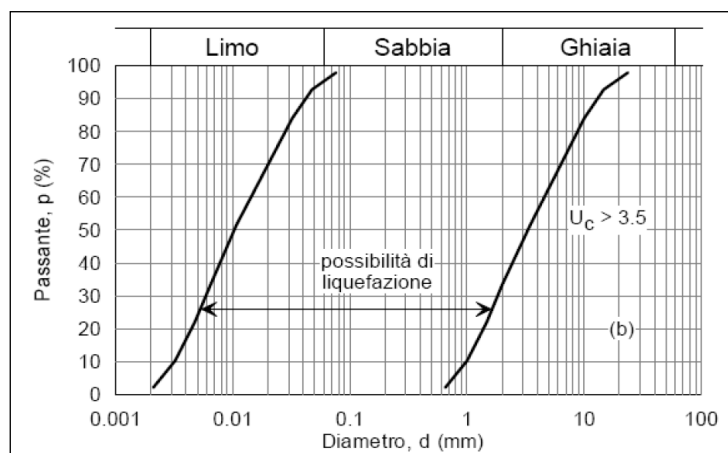


Figura 24b- Fuso granulometrico di riferimento per $U_c > 3.5$

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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 spesso prossima al piano campagna.

In merito alle condizioni 4 e 5, dal momento che il tracciato attraversa interamente aree alluvionali ma con variabilità granulometriche e di addensamento/consistenza, si è comunque optato di eseguire numerose analisi di liquefazione rappresentative di vari tratti di tracciato, i cui risultati sono in dettaglio esposti nella specifica relazione geotecnica (v. Rel. COMIS NR/16091 LSC-202) e che vengono qui di seguito riassunti.

6.4 Risultati delle analisi di liquefazione

Sono state eseguite 5 verifiche di liquefazione in corrispondenza delle varie prove penetrometriche statiche con misura della pressione dei pori (CPTU) e prove in corrispondenza delle verticali dei 3 sondaggi geognostici ai livelli dove sono state eseguite prove SPT.

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

I risultati grafici delle varie verifiche con l'andamento del fattore di sicurezza FS (per gli strati potenzialmente liquefacibili), del potenziale di liquefazione LP e dei cedimenti superficiali in funzione della profondità sono riportati in Allegato 3.

Nella tabella che segue viene riepilogata la situazione del potenziale di liquefazione e dei cedimenti superficiali massimi sismoindotti per le condizioni sismiche più gravose, cioè quelle relative allo stato limite SLV (tempo di ritorno 949 anni).

Tratto	Prova	Progr (km)	LP	CLASSE di RISCHIO	Cedimenti (cm)
1 [^]	CPTU 3	6.900	0	MB	0
	CPTU 4	8.600	0	MB	0.7
	CPTU 5	13.800	1.8	B	2.9
	CPTU 6	16.600	3.25	B	6.5
2 [^]	CPTU 4	12.250	4.5	B	4.5

Tabella 12 – Risultati delle verifiche a liquefazione allo stato SLV

(LP= 0 rischio molto basso; $0 < LP \leq 5$ rischio basso; $5 < LP < 15$ rischio alto; $LP > 15$ rischio molto alto)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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

Quelle condotte per lo stato limite SLV (periodo di ritorno 949 anni) mostrano tutte un basso potenziale di liquefazione (LPI, *liquefaction potential index*). In molti casi si hanno cedimenti cosismici di qualche cm, fino ad un valore di 6.5.

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

6.5 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 (SLV) esercitate dal sisma di progetto, sia nei tratti rettilinei che in curva della condotta.

Tali verifiche, riportate nel dettaglio nella specifica relazione "Verifica strutturale allo scuotimento sismico" (v. Rel. COMIS NR/16091 LSC-203), hanno evidenziato che le sollecitazioni indotte dal sisma di progetto alla tubazione per lo stato limite SLV sono tutte ampiamente sotto i limiti di resistenza dell'acciaio utilizzato con un fattore di sicurezza ben maggiore di quanto prescritto dalla norma ASME B31.8.

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

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

METANODOTTO	Tratto rettilineo		Tratto curvilineo	
DN 300 (12")	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,35 < 0,75 Verificato	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,21 < 0,75 Verificato
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,28 < 0,90 Verificato		
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$	0,41 < 1,00 Verificato	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,24 < 0,90 Verificato
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$	0,09 < 1,00 Verificato		
DN 200 (8")	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,27 < 0,75 Verificato	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,20 < 0,7 Verificato
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,32 < 0,90 Verificato		
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$	0,32 < 1,00 Verificato	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,25 < 0,9 Verificato
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$	0,05 < 1,00 Verificato		
DN 100 (4")	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,23 < 0,75 Verificato	$F_{LO}=\sigma_{LO}/\sigma_y=$	0,16 < 0,7 Verificato
	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,35 < 0,90 Verificato		
	$F_{COMBO}=\sigma_{COMBO}/\sigma_y=$	0,31 < 1,00 Verificato	$F_{LT}=\sigma_{LT}/\sigma_y=$	0,28 < 0,9 Verificato
	$\epsilon/\epsilon_{CR}=$	0,03 < 1,00 Verificato		

Tabella 13 – Risultati delle verifiche allo scuotimento sismico

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

7 CONCLUSIONI

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

L'opera in progetto percorre con direzione SE-NW la media e alta pianura veneta e solo nell'ultimo tratto settentrionale percorre il fondovalle di un piccolo corso d'acqua (T. Crevada) . I terreni attraversati sono in prevalenza costituiti da alluvioni fluviali granulometricamente costituite da terreni granulari più grossolani al N, con ghiaie e sabbie, e più fini verso S, spesso con fitte alternanze granulari/coesivi. La categoria di sottosuolo prevalentemente è la B, solo nella parte più meridionale, dove prevalgono i terreni più fini, è la C.

I valori delle PGA da impiegare per la progettazione vengono di seguito riassunti.

Comune	Cat. suolo	PGA (g)	
		SLD	SLV
Salgareda	C	0.090	0.216
Ponte di P.	C	0.099	0.238
Ormelle	B	0.095	0.246
San Polo di P.	B	0.100	0.261
Vazzola	B	0.111	0.296
Mareno di P.	B	0.116	0.308
S. Lucia di P.	B	0.118	0.320
Conegliano	B	0.124	0.336
Susegana	B	0.122	0.332
S. Pietro di F.	B	0.132	0.356
Refrontolo	B	0.132	0.356
Pieve di Soligo	B	0.131	0.352

Tabella 13 - Valori delle PGA al sito per gli stati limite SLD e SLV

In merito ai fenomeni sismoindotti, per quanto attiene al rischio di liquefazione, nella condizione di SLD il potenziale è nullo.

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

In caso di sisma intenso con la magnitudo di progetto 6.6 si possono avere dei cedimenti del terreno superficiale di alcuni centimetri, fino a 6.5 cm. Ma l'assenza di bruschi cambiamenti litologici nelle zone attraversate dove si può avere liquefazione/cedimenti del terreno fa sì che il rischio di improvvisi cedimenti differenziali, che potrebbe costituire un pericolo per la condotta, sia praticamente nullo.

In relazione al rischio in corrispondenza di faglie eventualmente attivabili, si segnala che il tracciato ne attraversa due, di cui quella del Montello rappresenta una struttura sismogenetica nota e che ha avuto attivazioni nel passato.

L'elevato tempo di ritorno stimato dagli esperti (dell'ordine di 750 anni) e il fatto che nella zona d'intersezione con il tracciato siano presenti alti spessori di terreno di copertura, che ne mitigano o addirittura ne potrebbero annullare i risentimenti in superficie, fanno sì che il rischio legato allo spostamento superficiale del terreno in corrispondenza dell'intersezione con il tracciato, sia alquanto limitato.

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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 ≥ 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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

- **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	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$P_{VR} = 10\%$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$P_{VR} = 5\%$

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	$T_R = 60$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$T_R = 101$
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	$T_R = 949$
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	$T_R = 1950$

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

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_{V_R} 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:

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

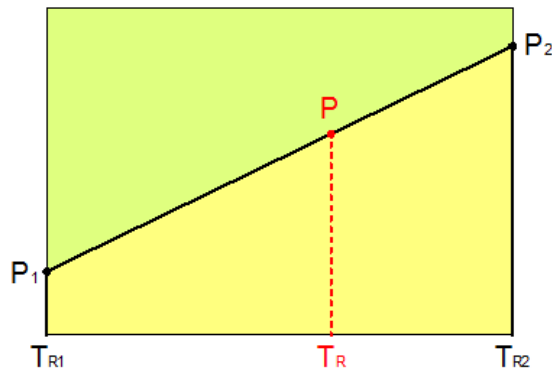
nella quale p è il valore del parametro di interesse (a_g , F_0 , T_C^*) corrispondente al periodo di ritorno T_R desiderato, mentre $p_1, 2$ è il valore di tale parametro corrispondente al periodo di ritorno $T_{R1, 2}$.

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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

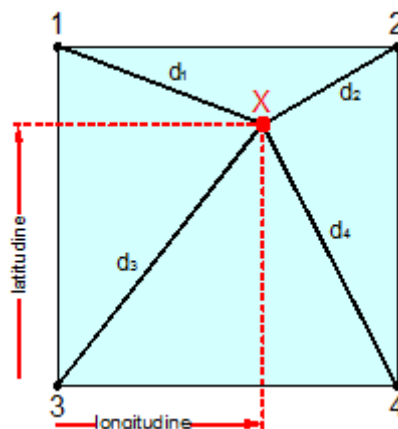
$$p = \frac{\sum_{i=1}^4 \frac{p_i}{d_i}}{\sum_{i=1}^4 \frac{1}{d_i}} \quad (4.2)$$

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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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:

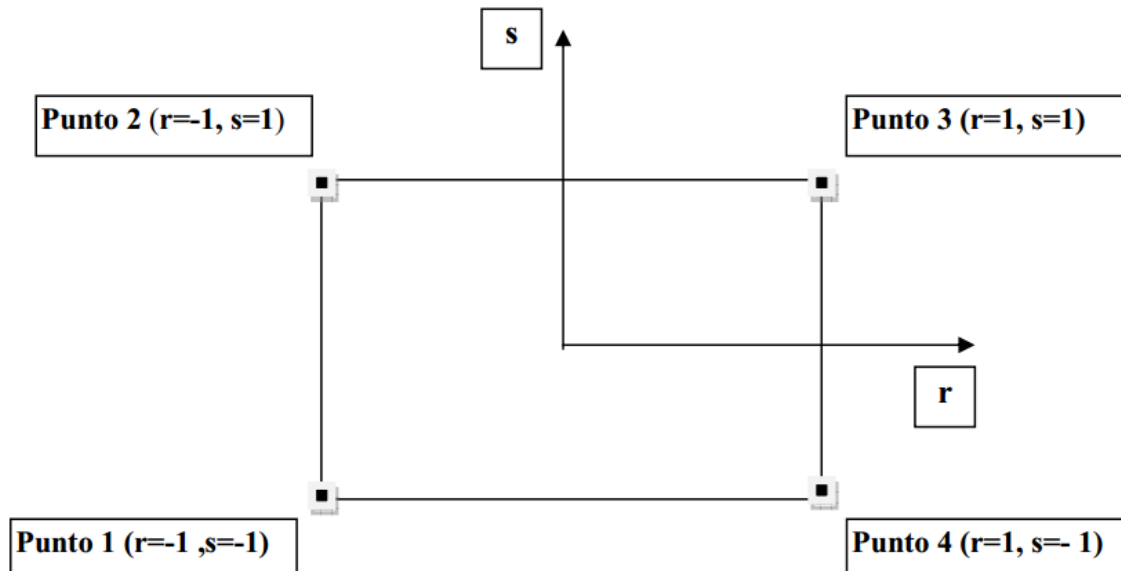
$$d = R \cdot \arccos[\sin(\text{lat}\beta) \cdot \sin(\text{lat}\alpha) + \cos(\text{lat}\beta) \cdot \cos(\text{lat}\alpha) \cdot \cos(\text{lon}\alpha - \text{lon}\beta)] \quad (4.3)$$

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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	



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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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

Dove p rappresenta il parametro cercato.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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

β_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 β_s sono riportati nella seguente tabella.

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

Categoria di sottosuolo

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

Coefficienti di riduzione dell'accelerazione massima attesa al sito

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

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

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

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

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

5.2 Muri di sostegno

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

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

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

Dove:

β_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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

Categoria di sottosuolo

	A	B, C, D, E
	β_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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

$\alpha \leq 1$ 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:

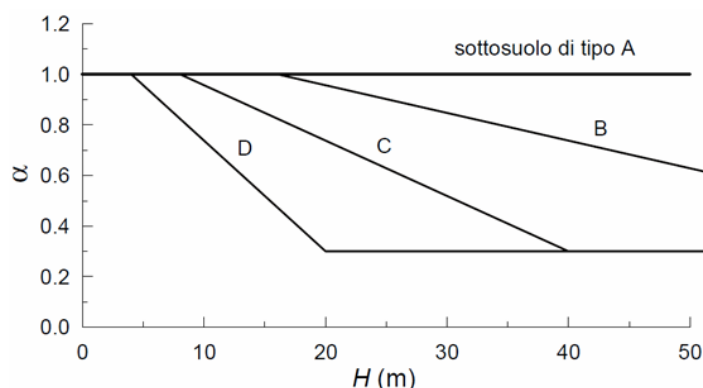


Diagramma per la valutazione del coefficiente di deformabilità α

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 β 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 $\beta = 1$; $u_s \leq 0.005 \cdot H$

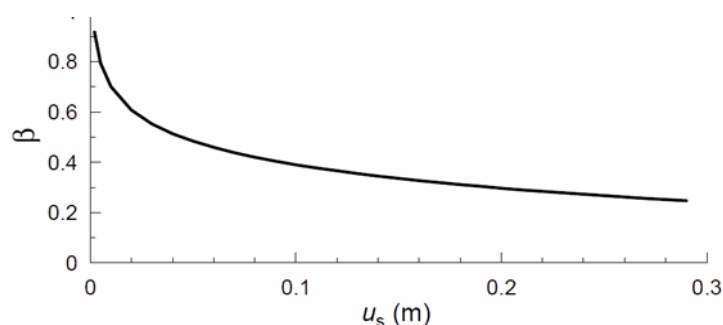


Diagramma per la valutazione del coefficiente di spostamento β

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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

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_g 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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

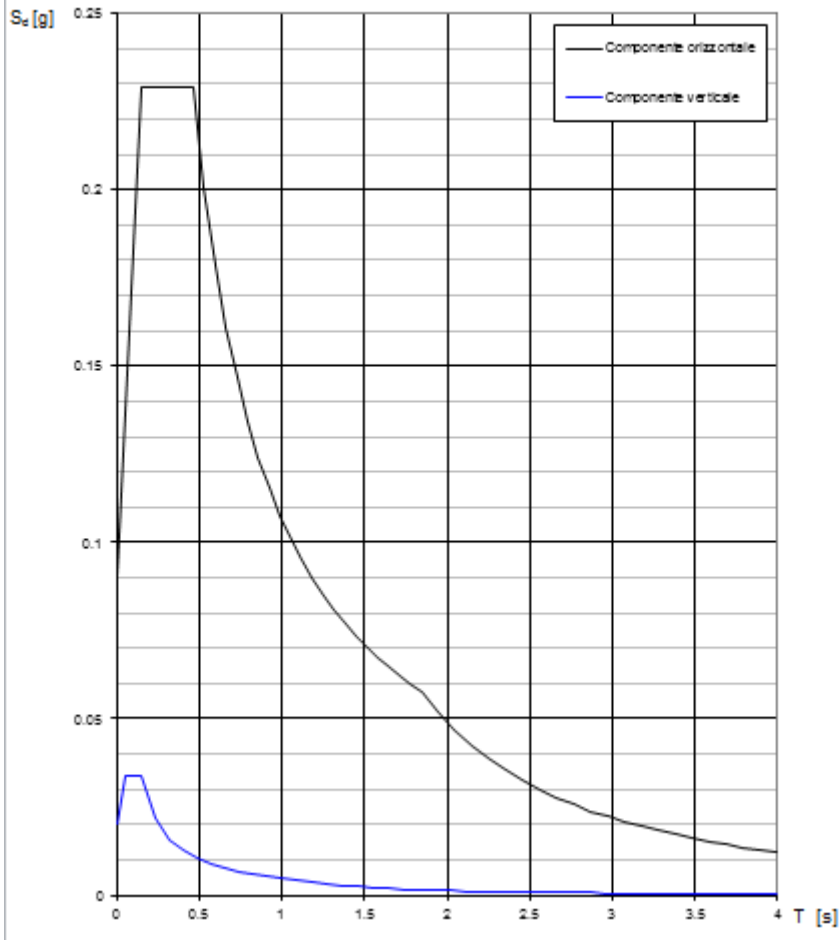
APPENDICE 2

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

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

SALGAREDA

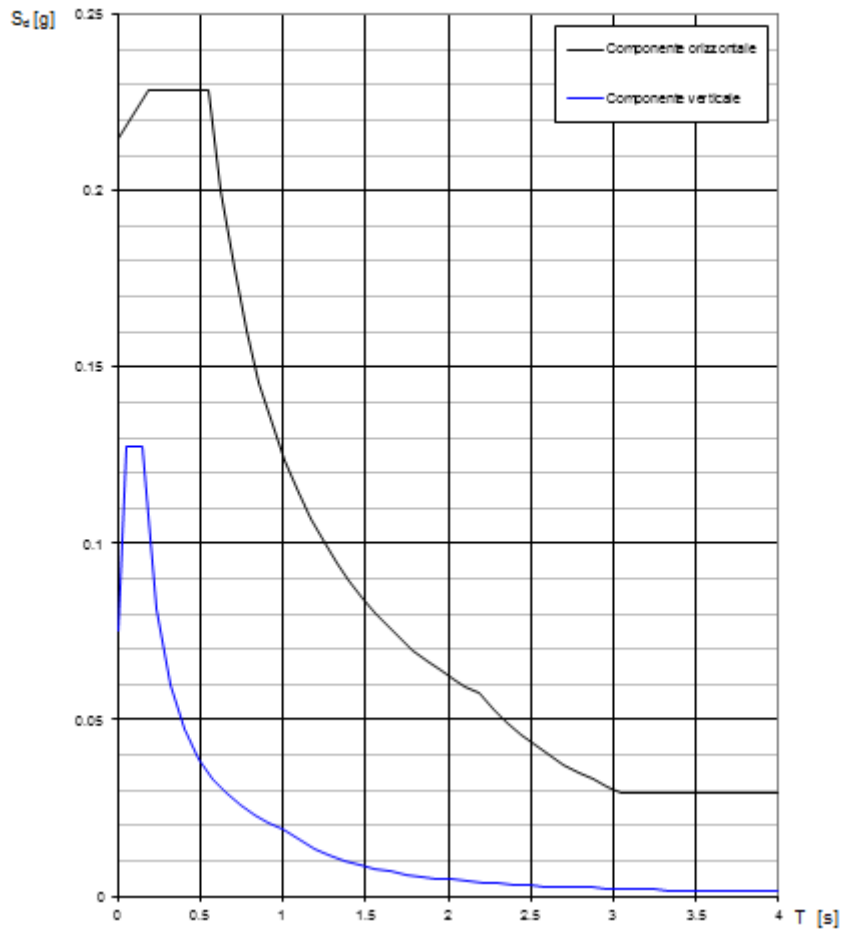
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

SALGAREDA

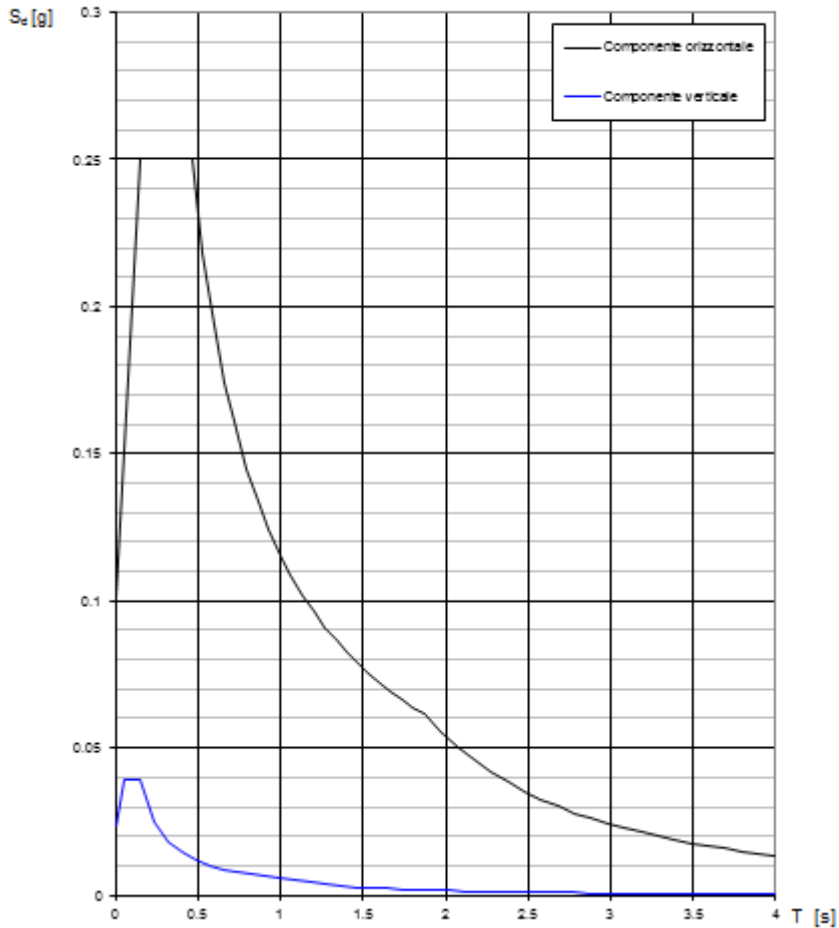
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

PONTE DI PIAVE

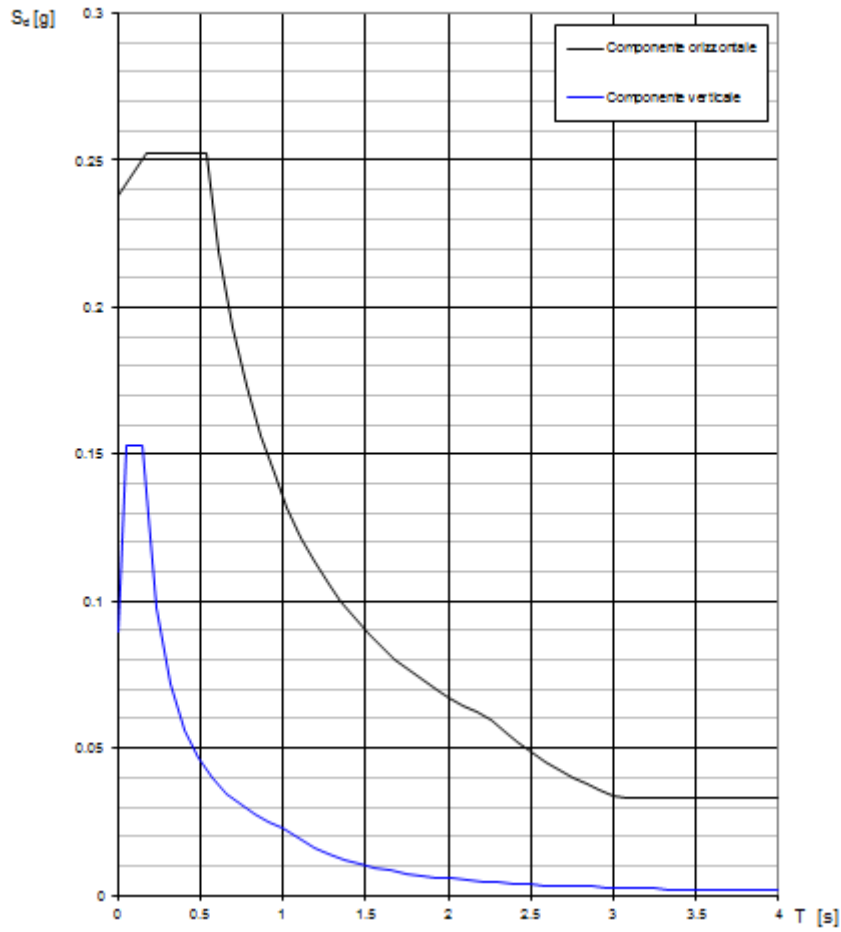
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

PONTE DI PIAVE

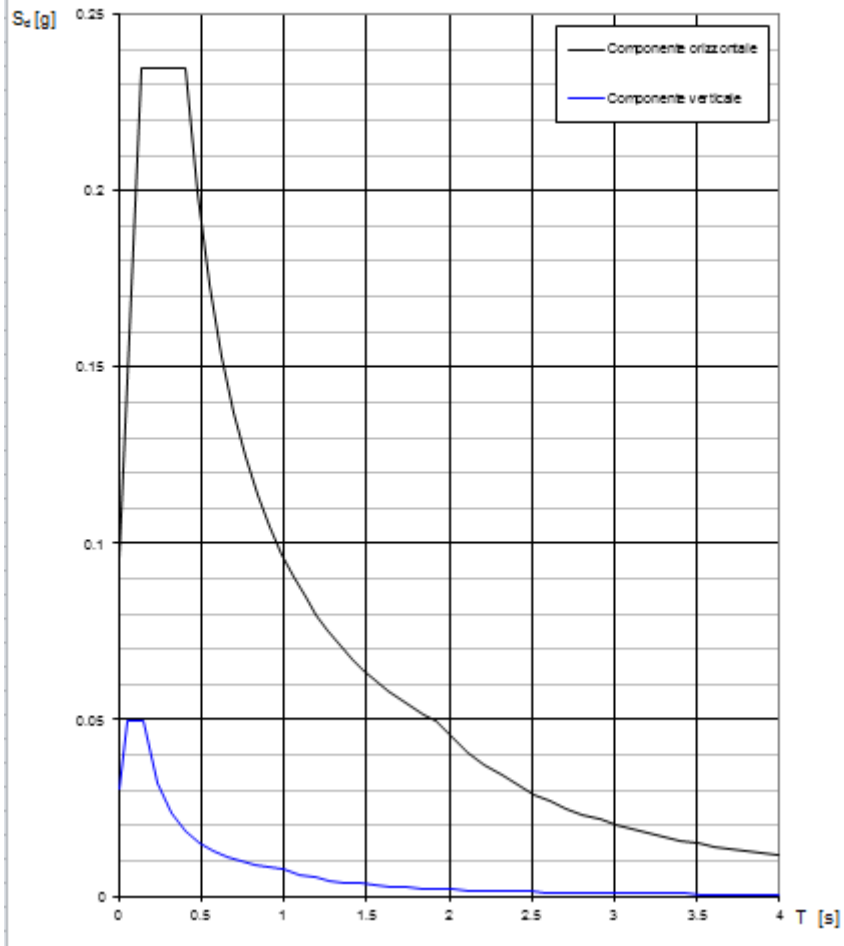
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

ORMELLE

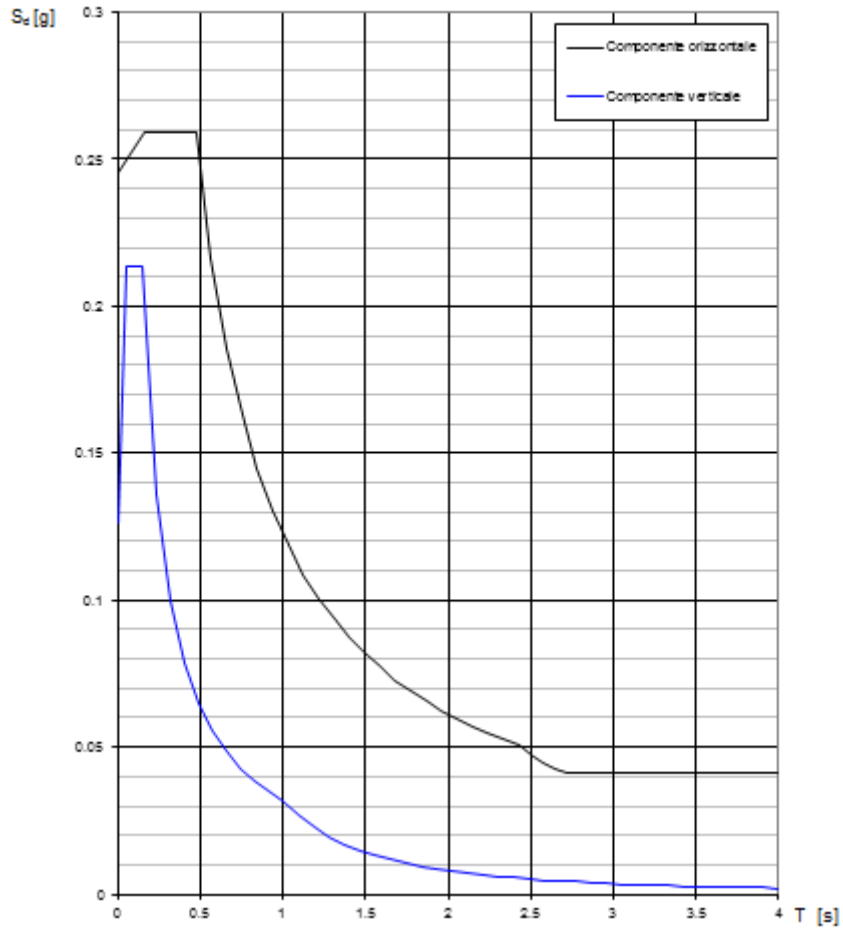
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

ORMELLE

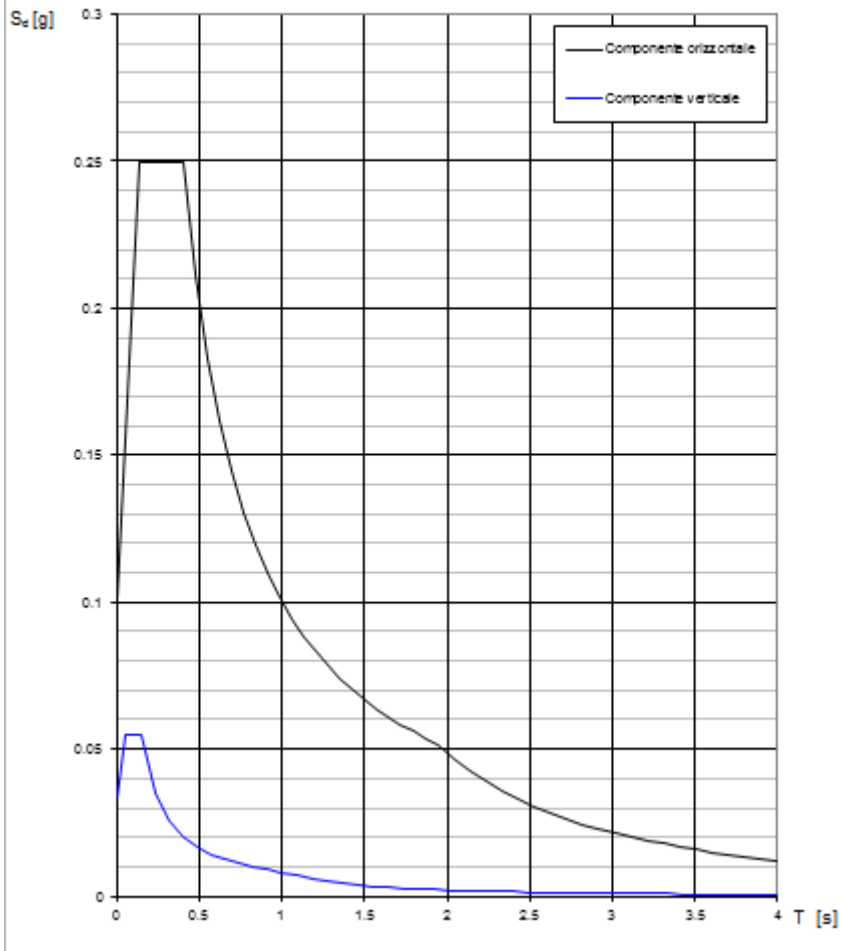
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

SAN POLO DI PIAVE

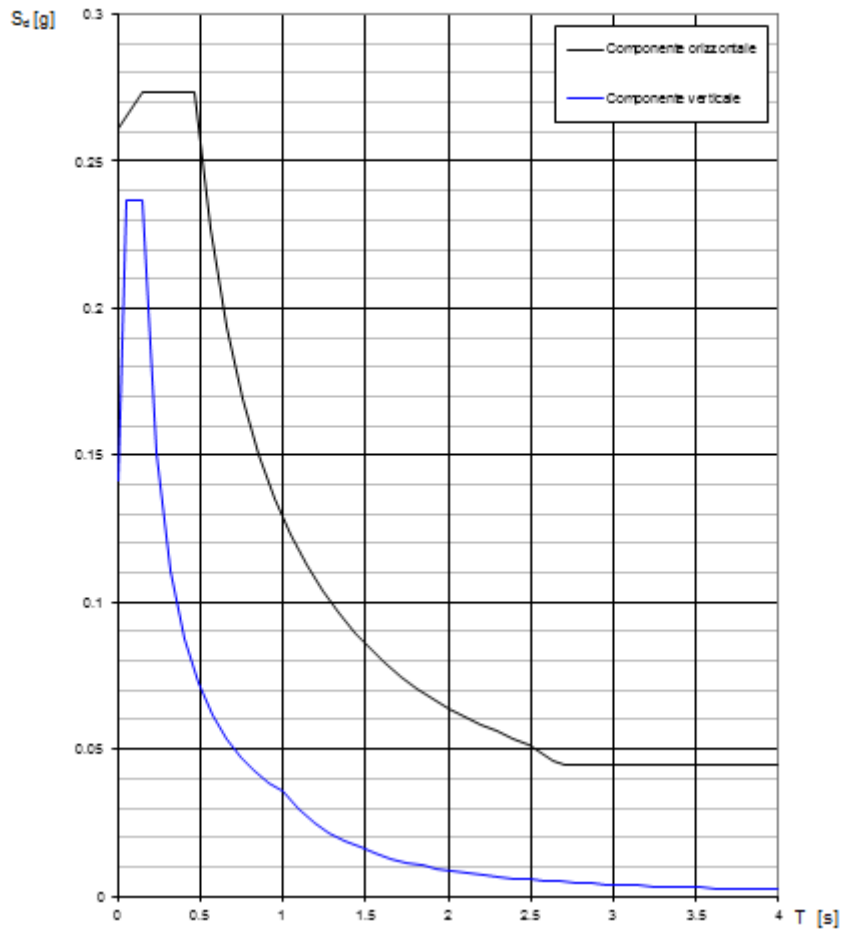
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

SAN POLO DI PIAVE

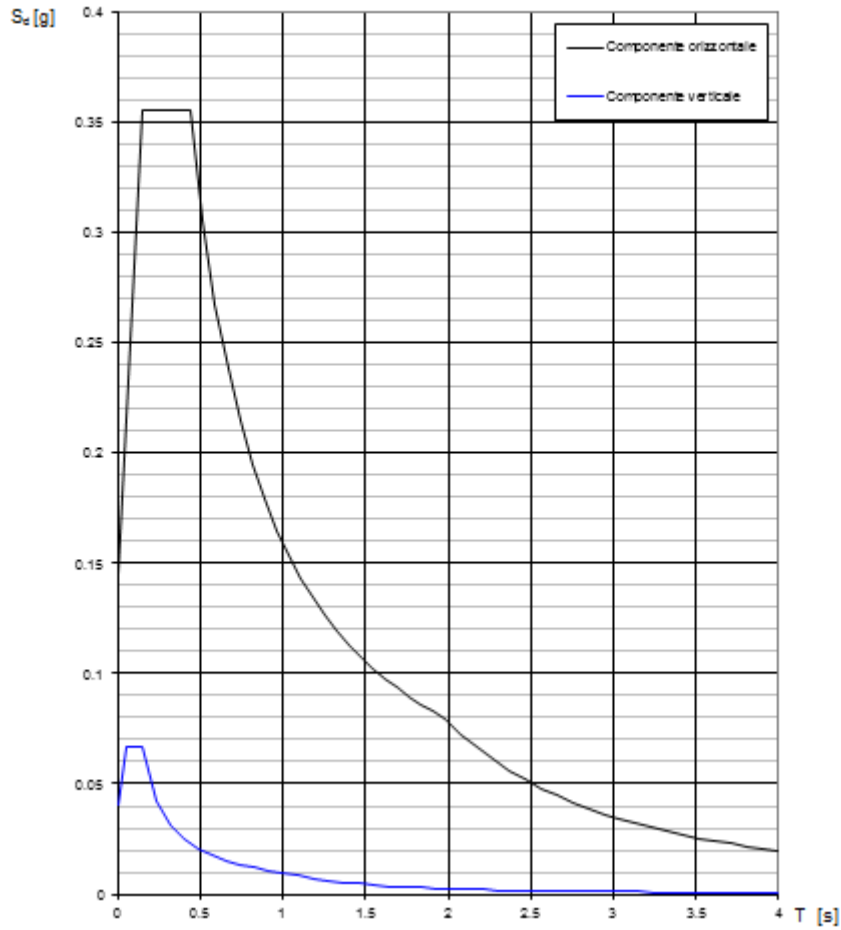
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

VAZZOLA

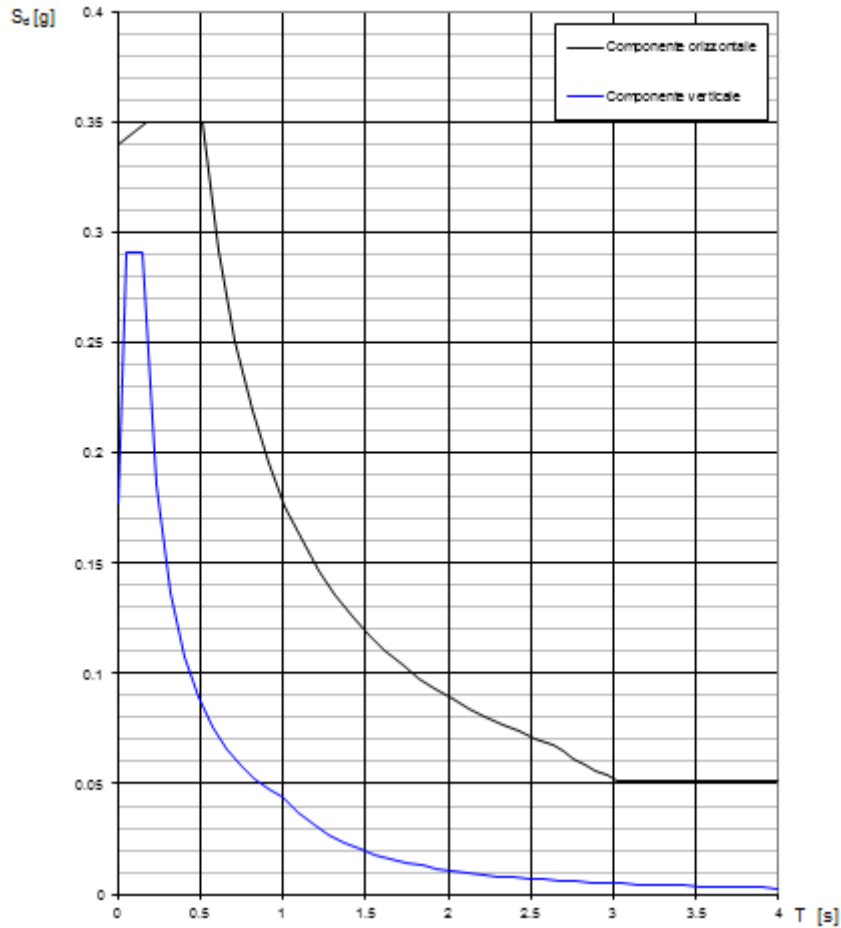
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

VAZZOLA

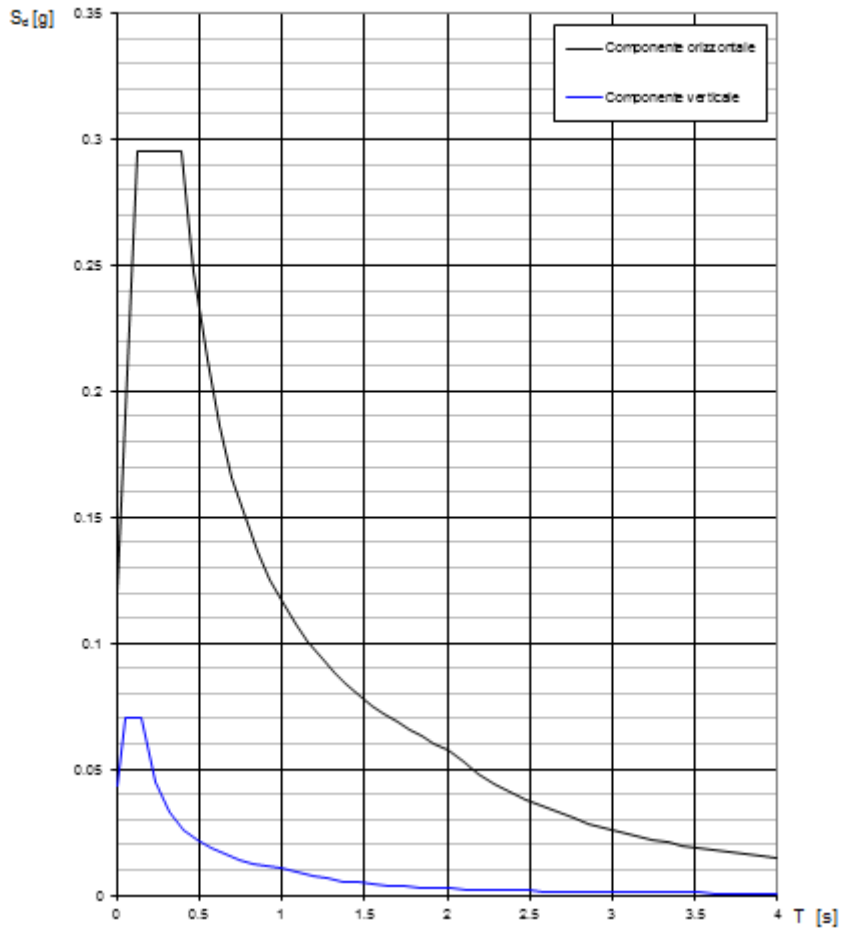
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

MARENO DI PIAVE

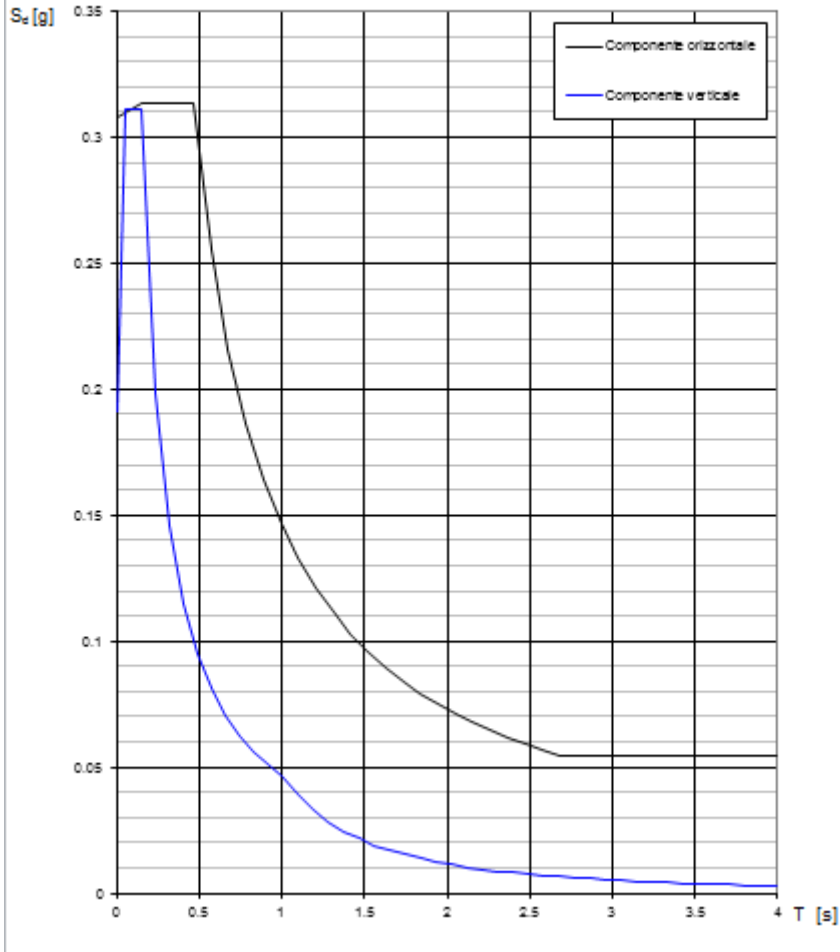
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

MARENO DI PIAVE

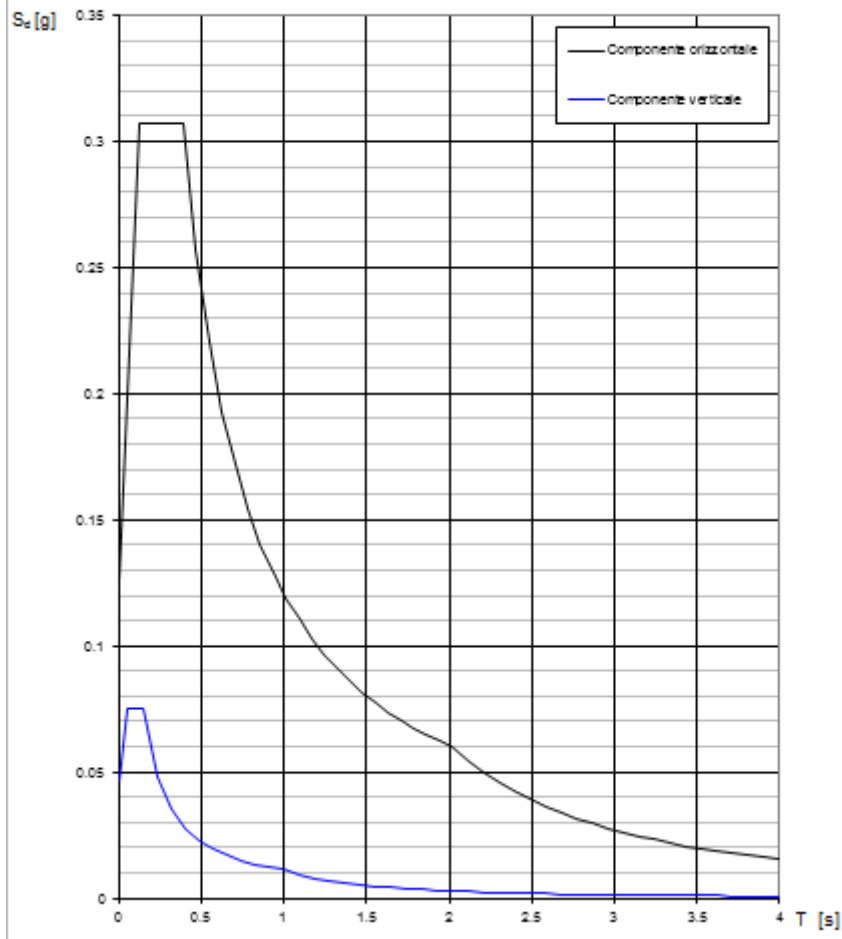
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 <small>consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori</small>	NR/16091	
		LSC-201	

SANTA LUCIA DI PIAVE

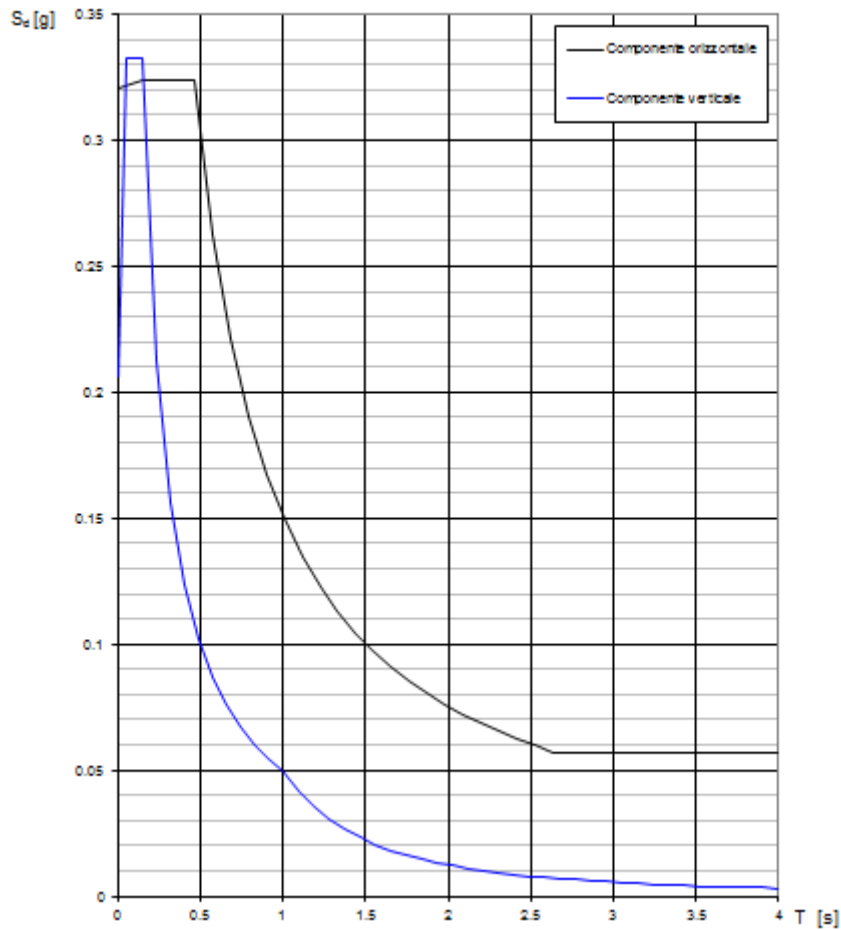
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

SANTA LUCIA DI PIAVE

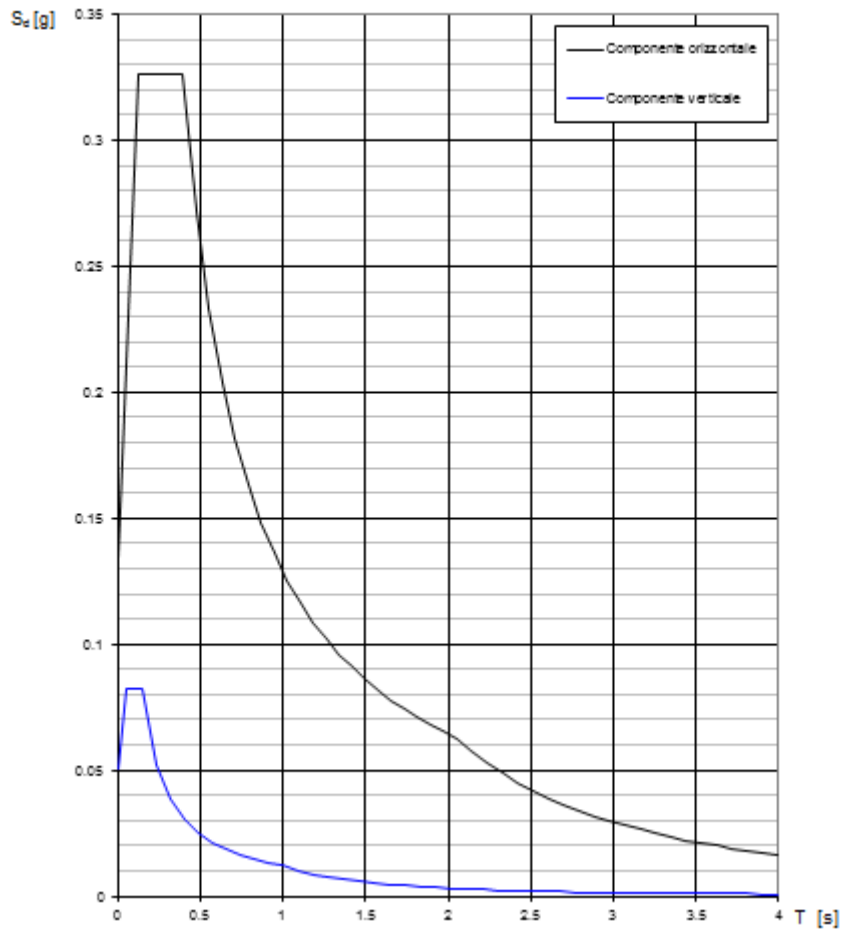
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

CONEGLIANO

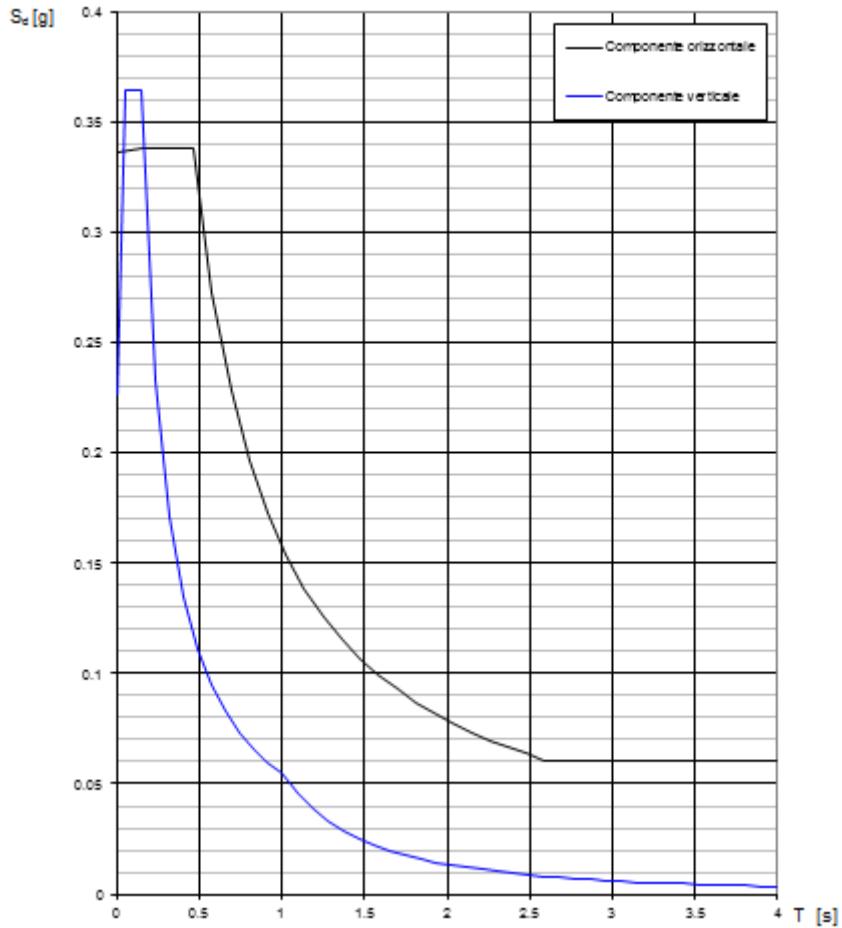
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

CONEGLIANO

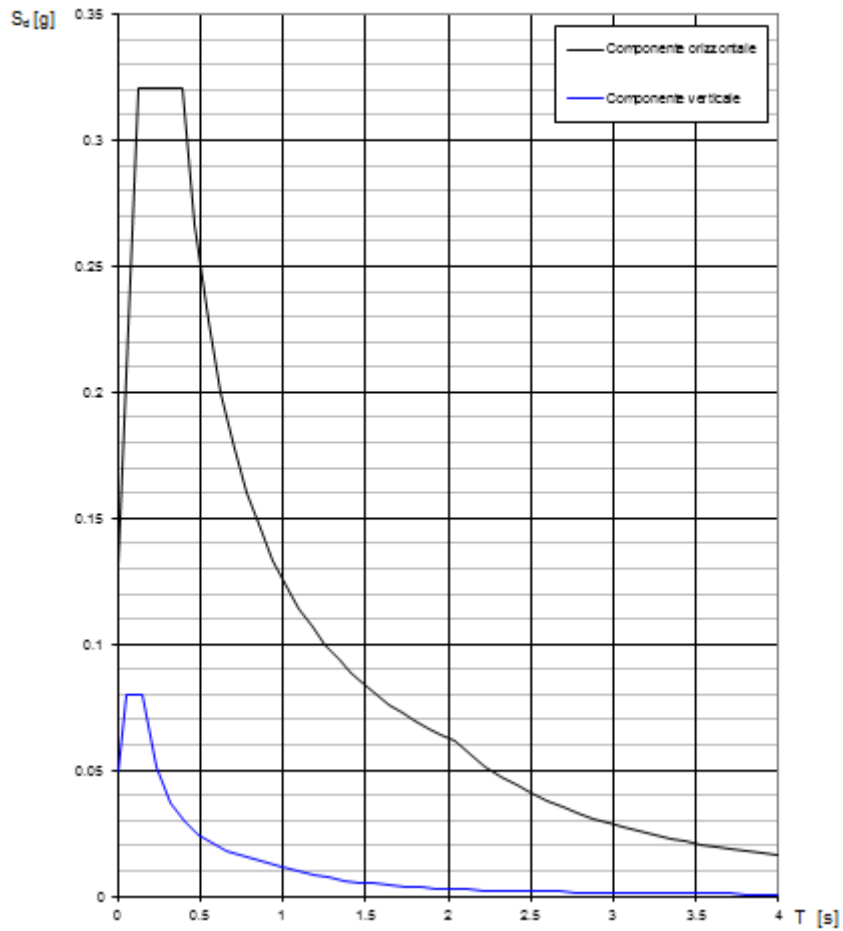
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

SUSEGANA

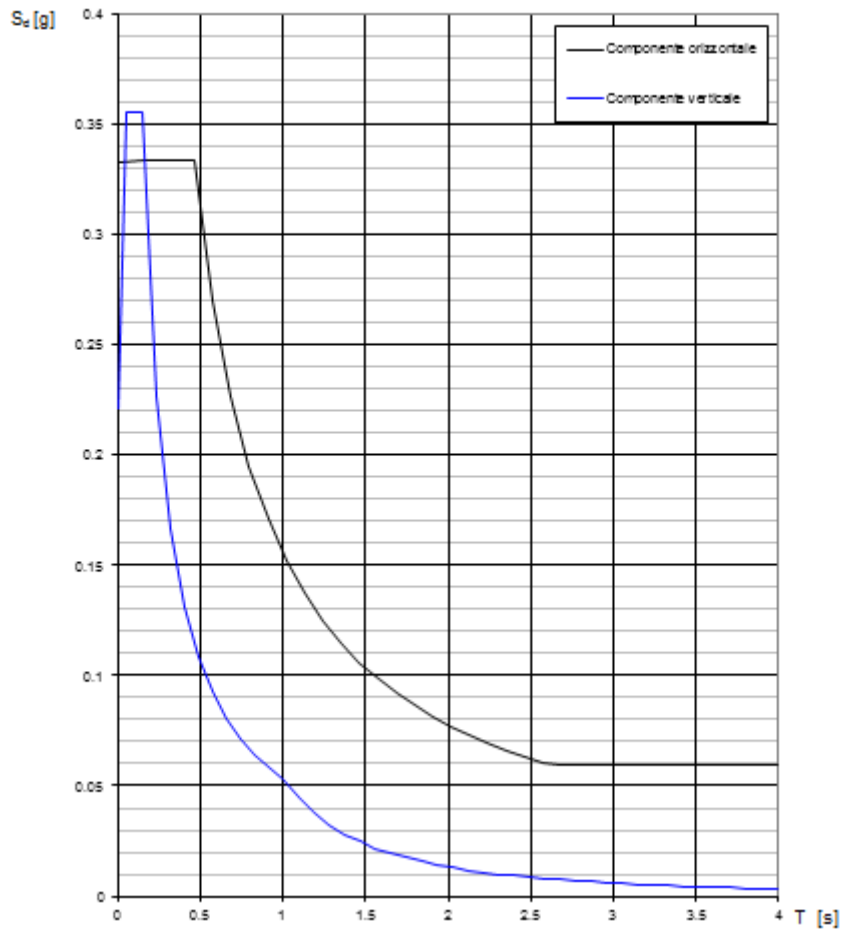
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

SUSEGANA

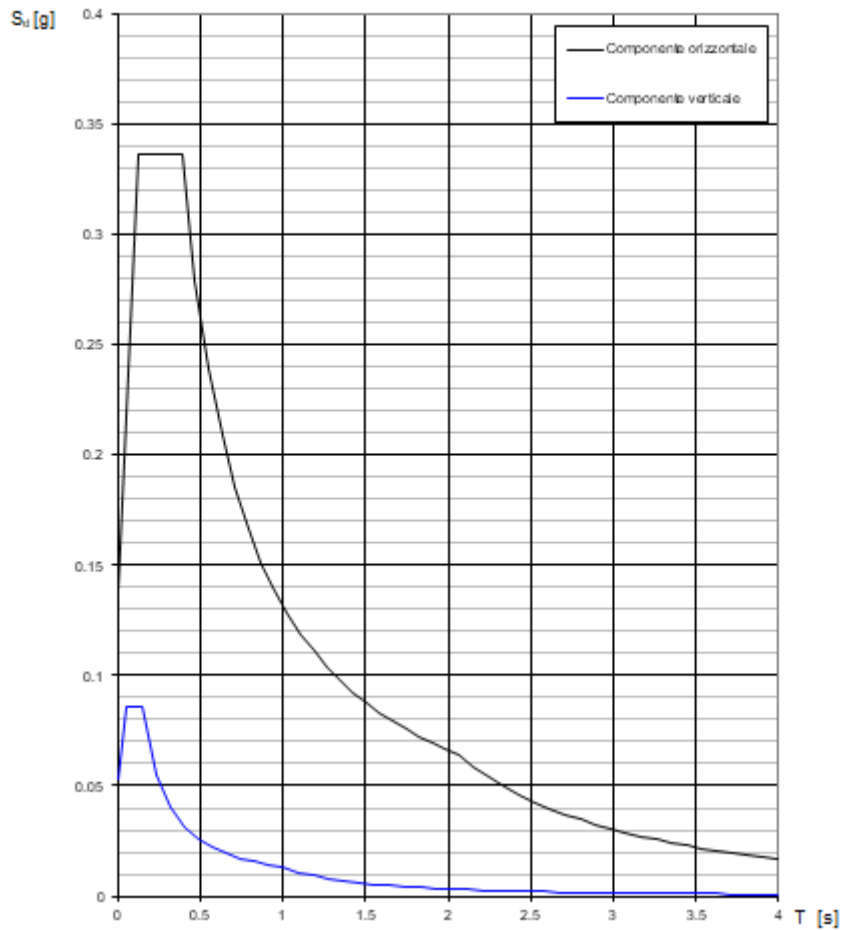
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

SAN PIETRO DI FELLETTO

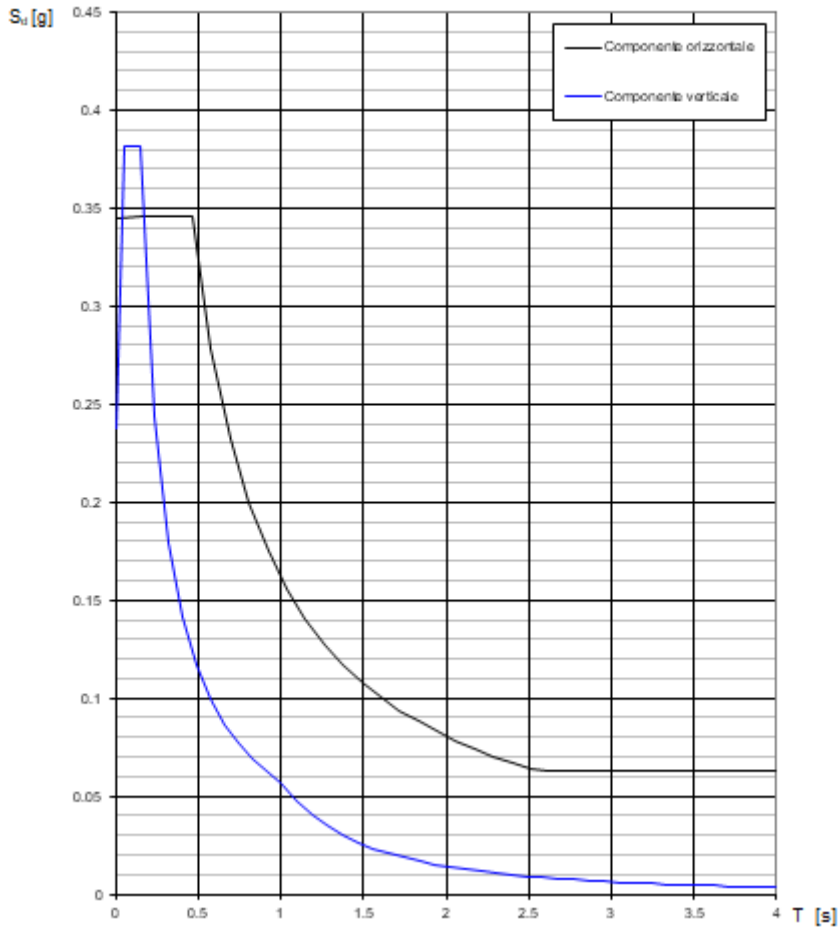
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

SAN PIETRO DI FELETTO

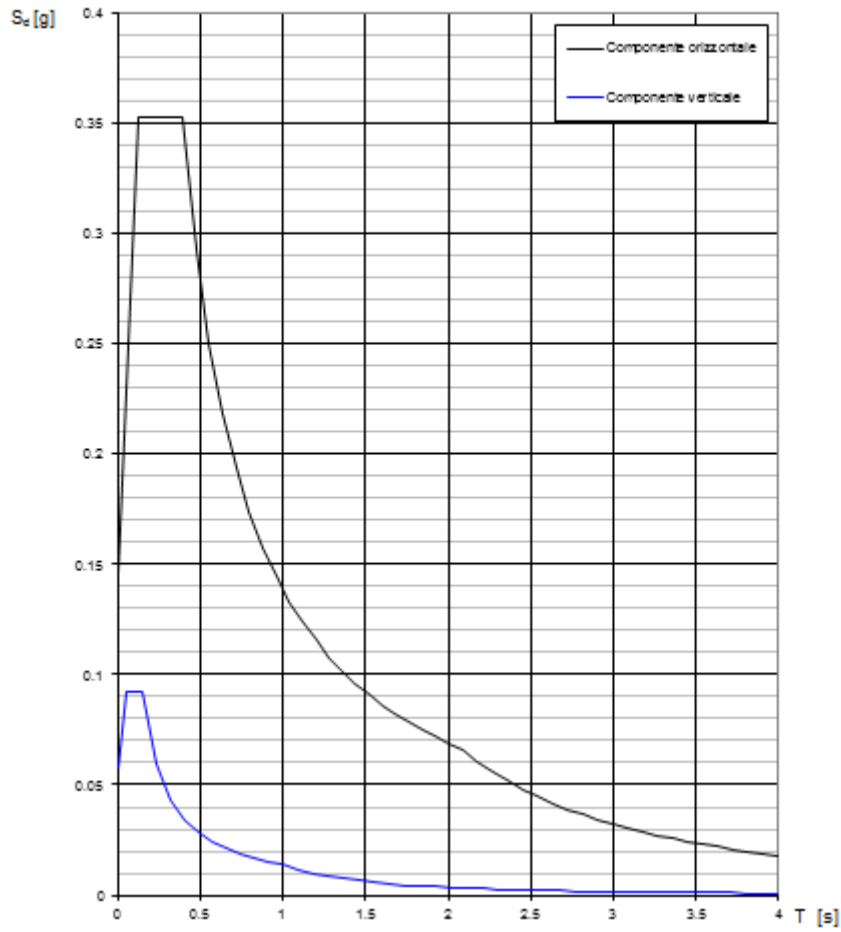
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

REFRONTOLO

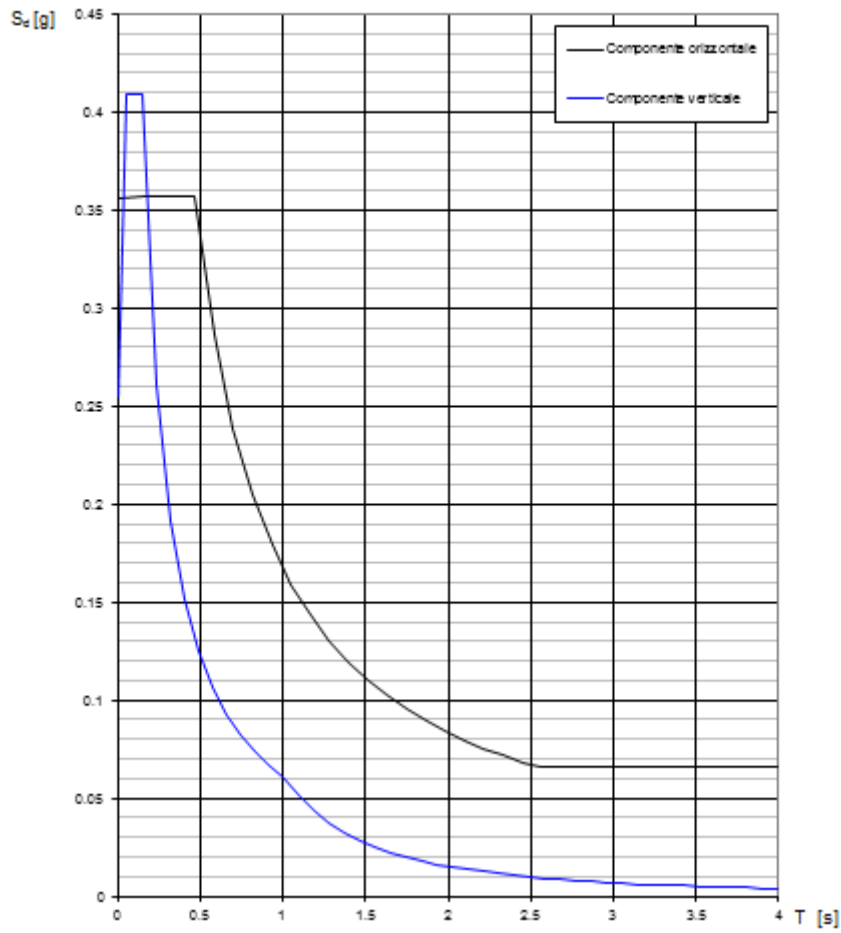
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

REFRONTOLO

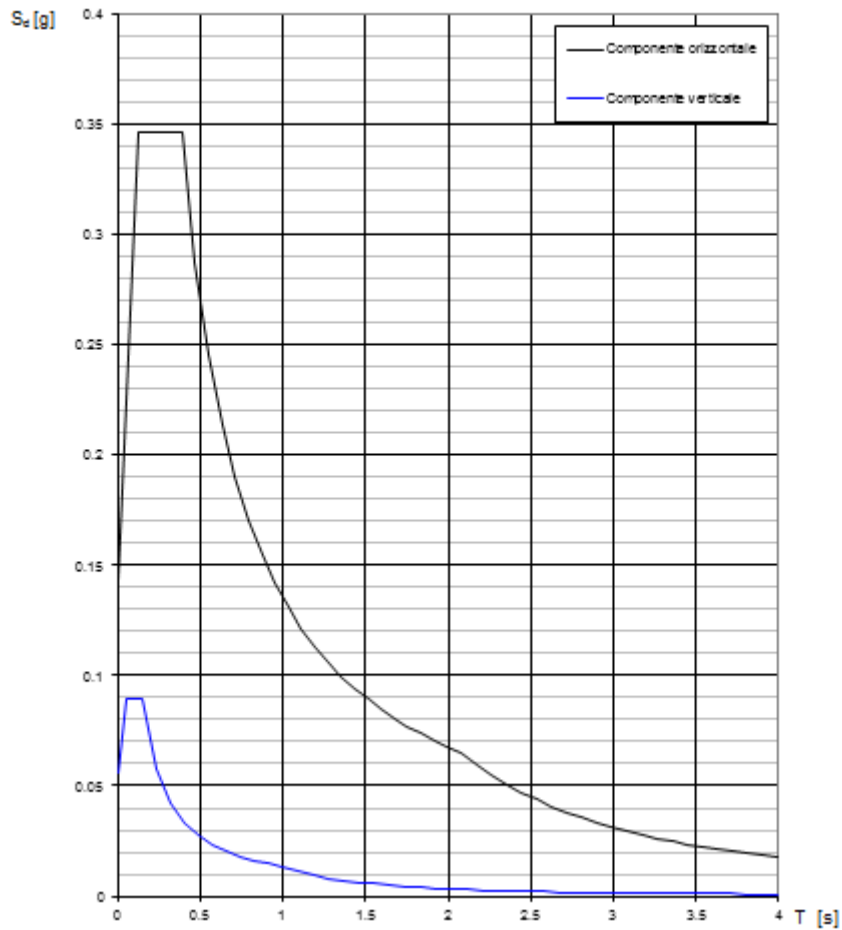
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

PIEVE DI SOLIGO

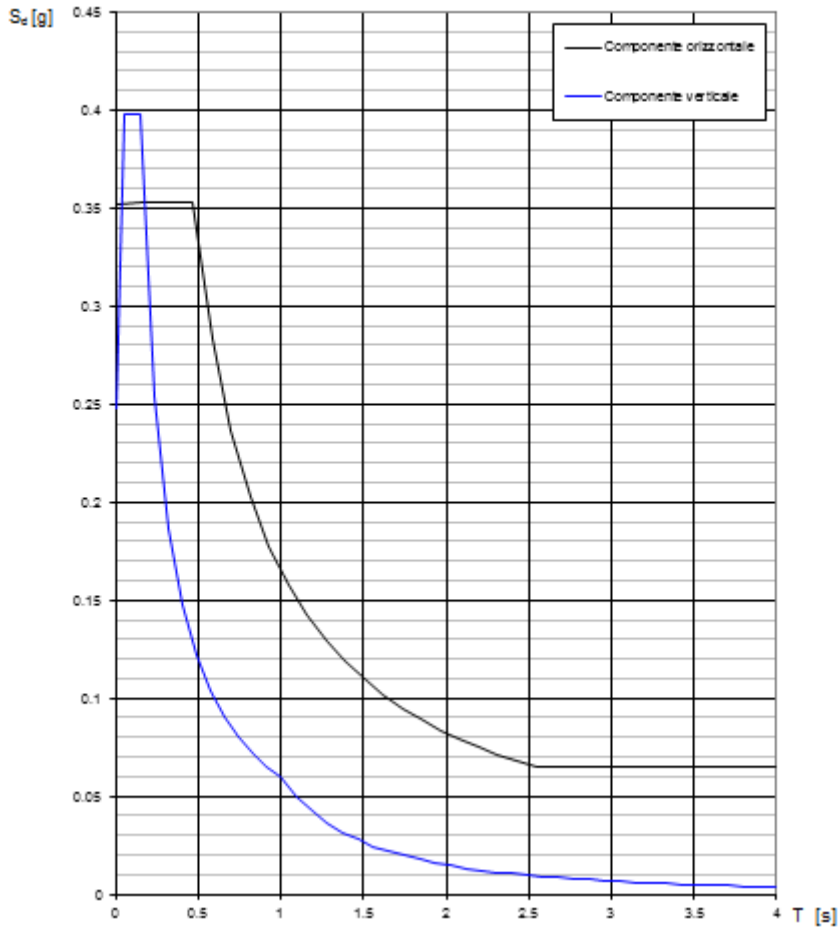
Spettri di risposta (componenti orizz. e vert.) per lo stato lim SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

PIEVE DI SOLIGO

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




















COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

APPENDICE 3

RISULTATI DELLE ANALISI ALLA LIQUEFAZIONE

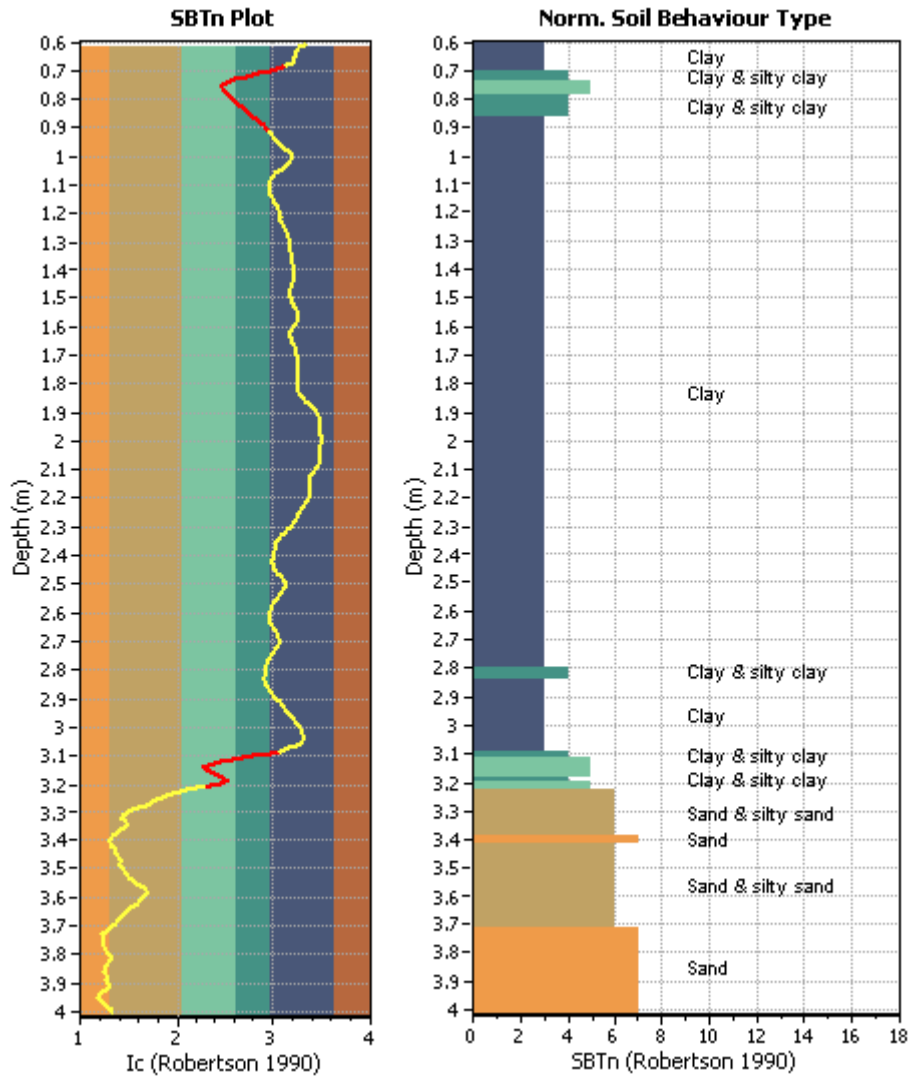
Legenda

SBTn legend		
 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
F.S. color scheme		LPI color scheme
 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	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

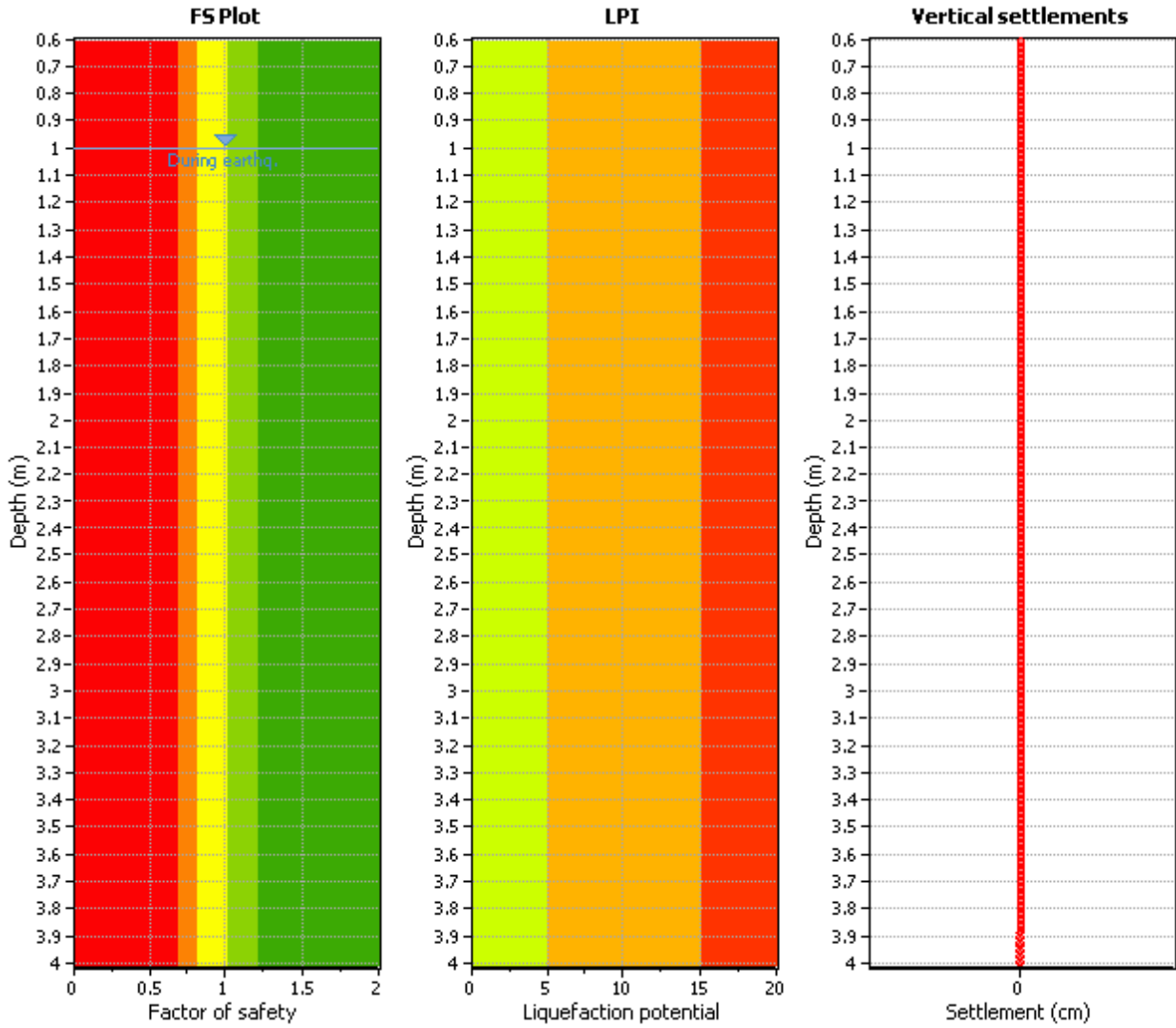
1^ tratto CPTU 3

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



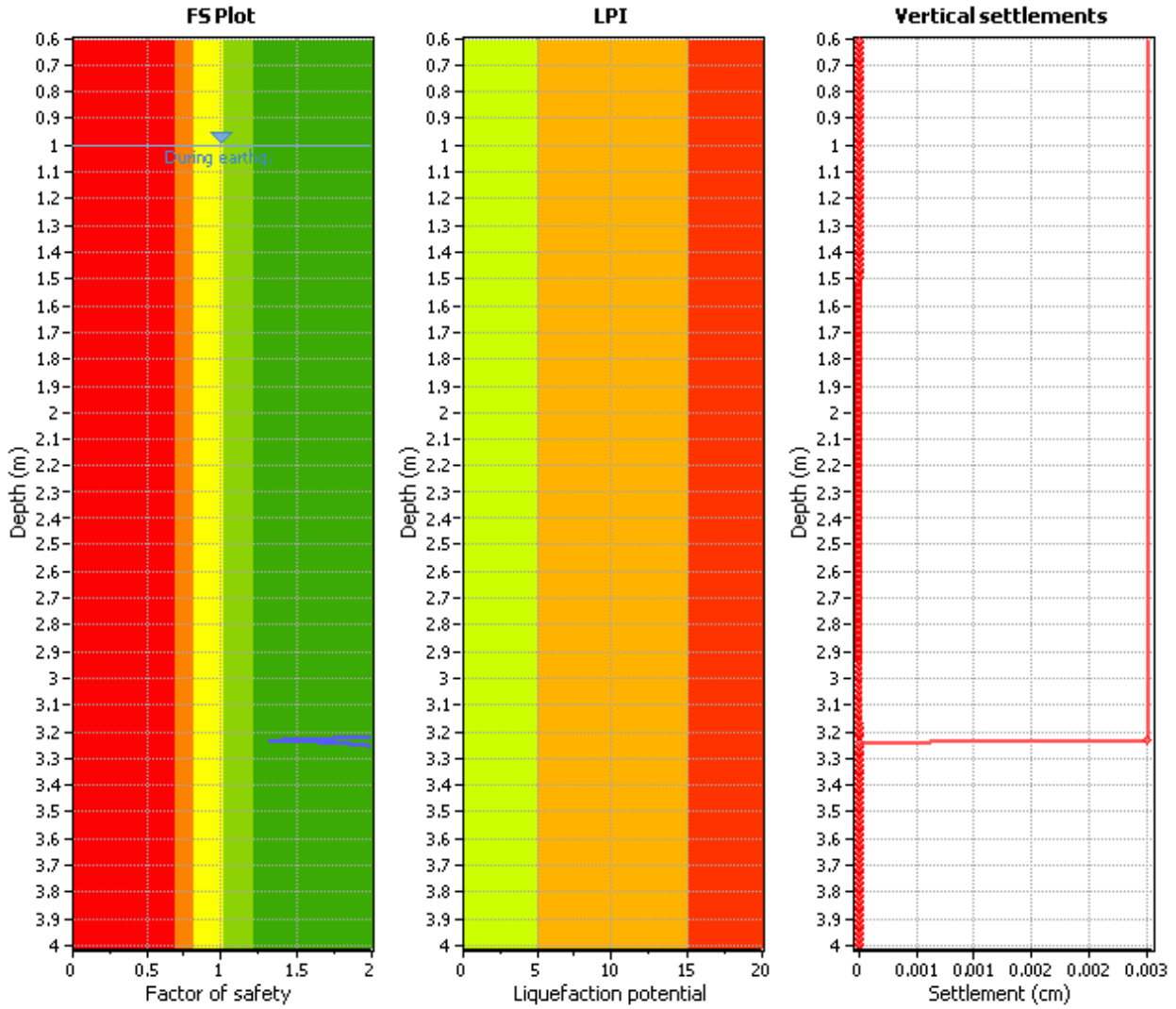
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

1^ tratto CPTU 3 SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

1^ tratto CPTU 3 SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

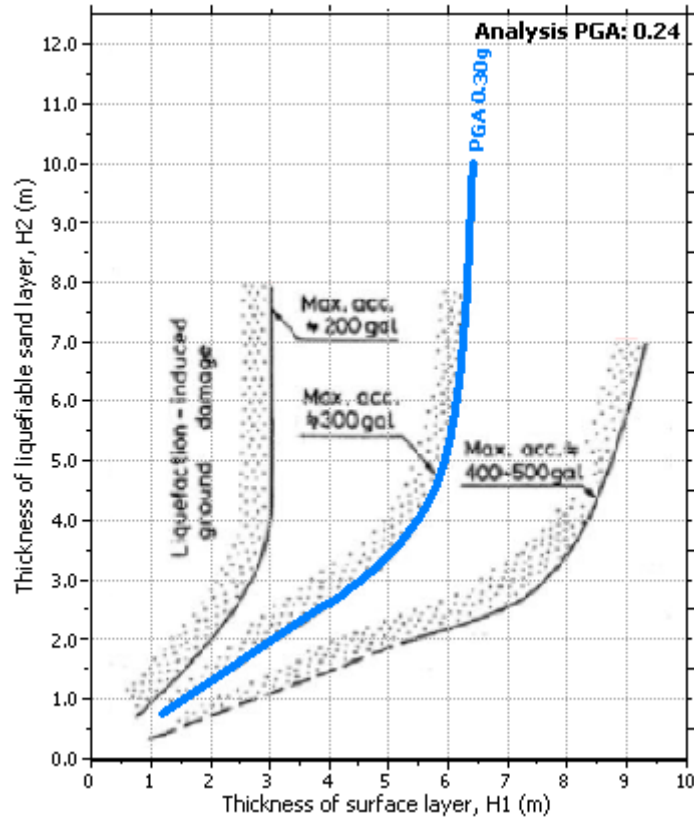
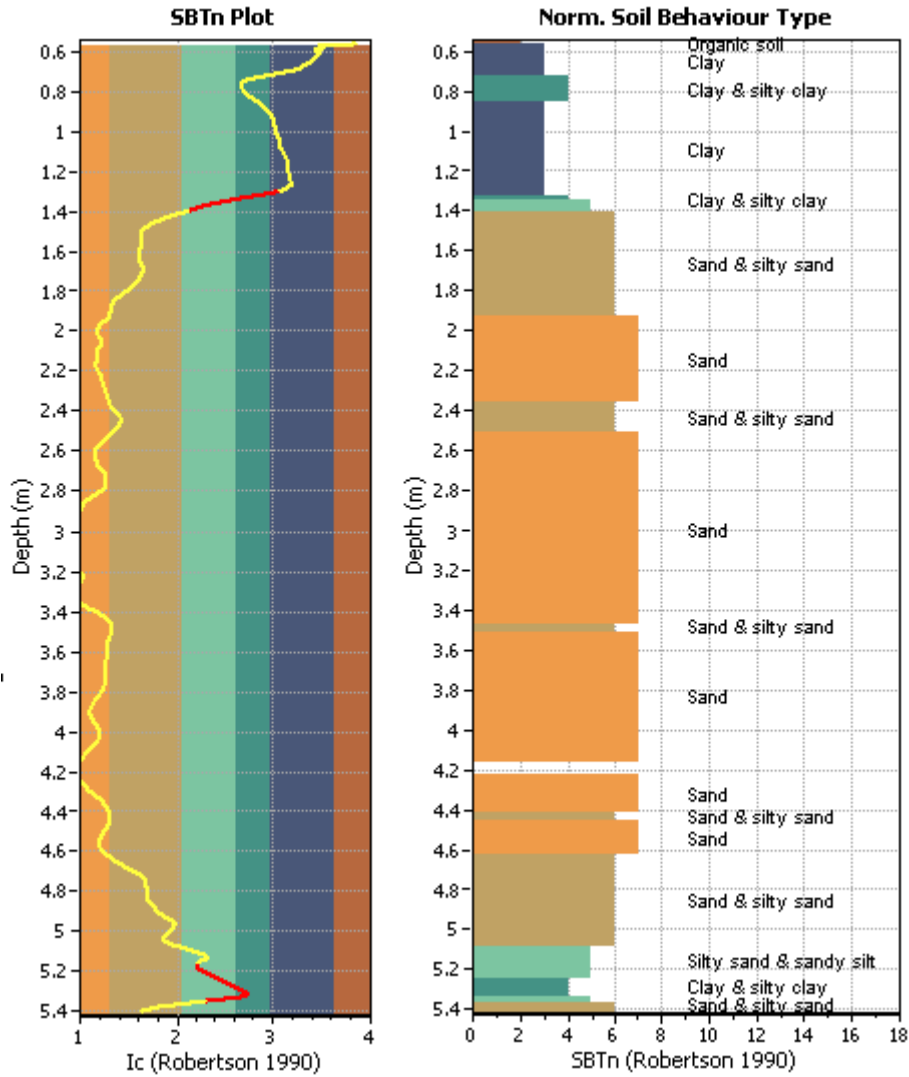


Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 0 (da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

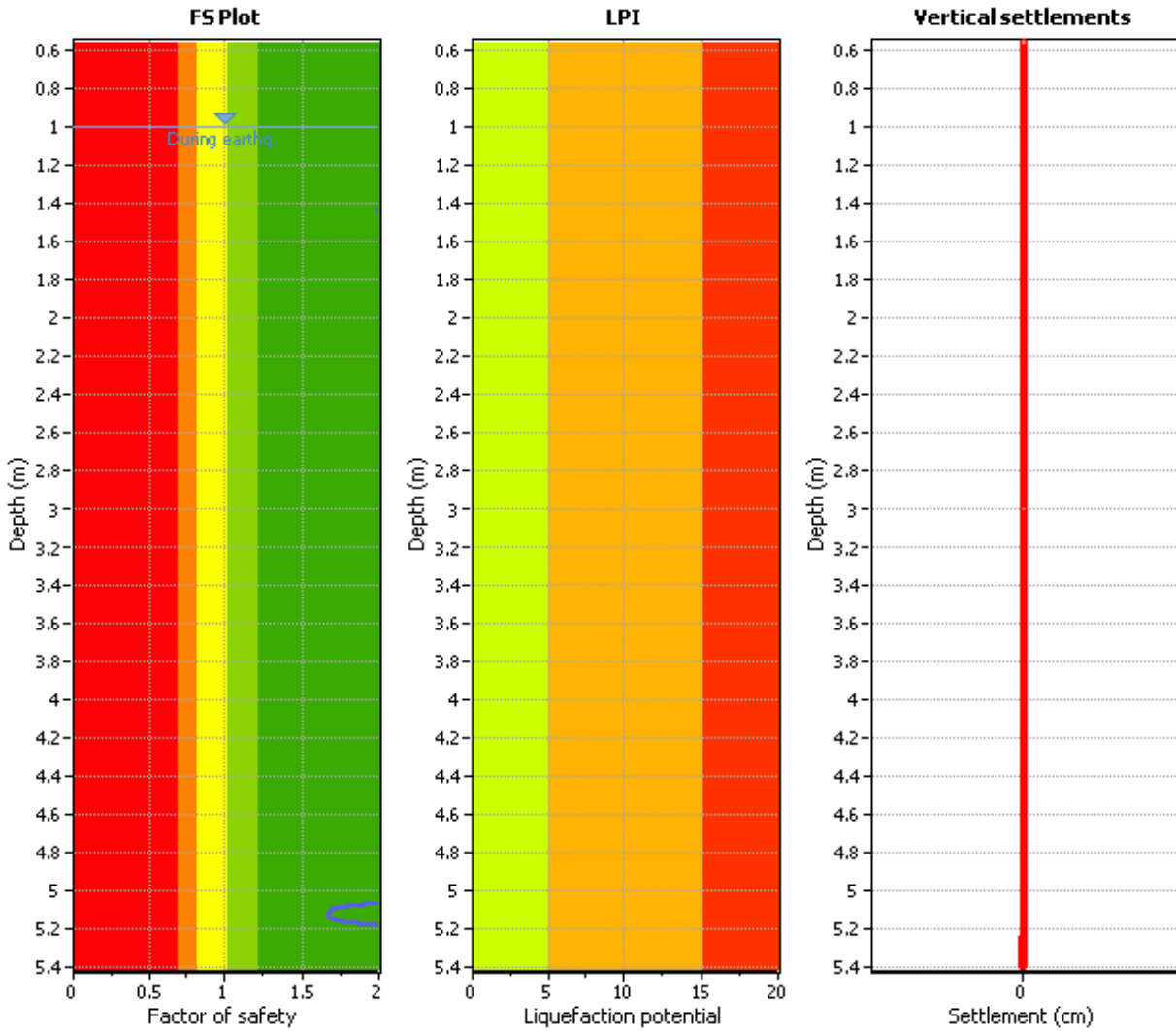
1^ tratto CPTU 4

Stima della stratigrafia
(Soil type behavior STB)



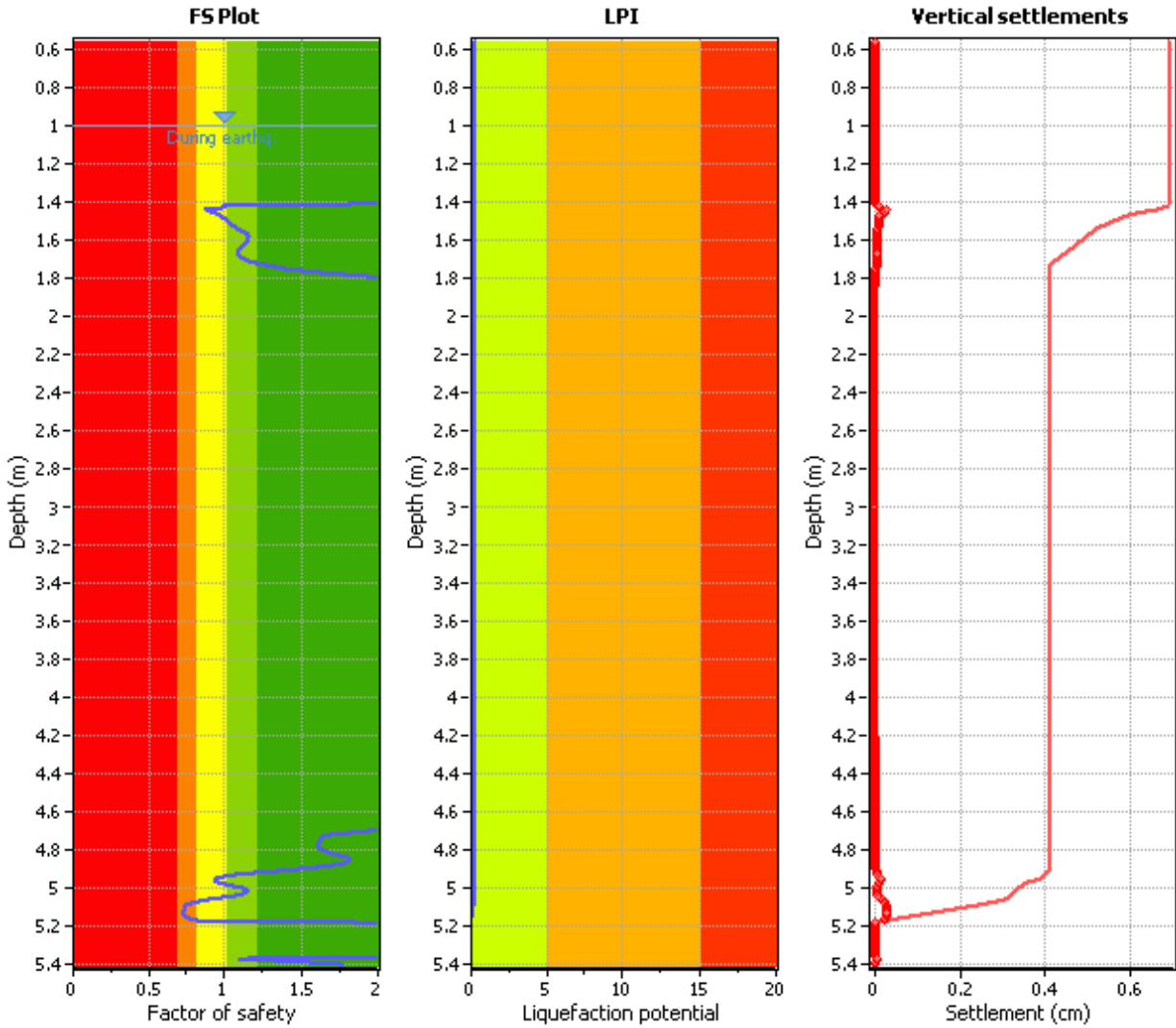
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

1^ tratto CPTU 4 SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

1^ tratto CPTU 4 SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

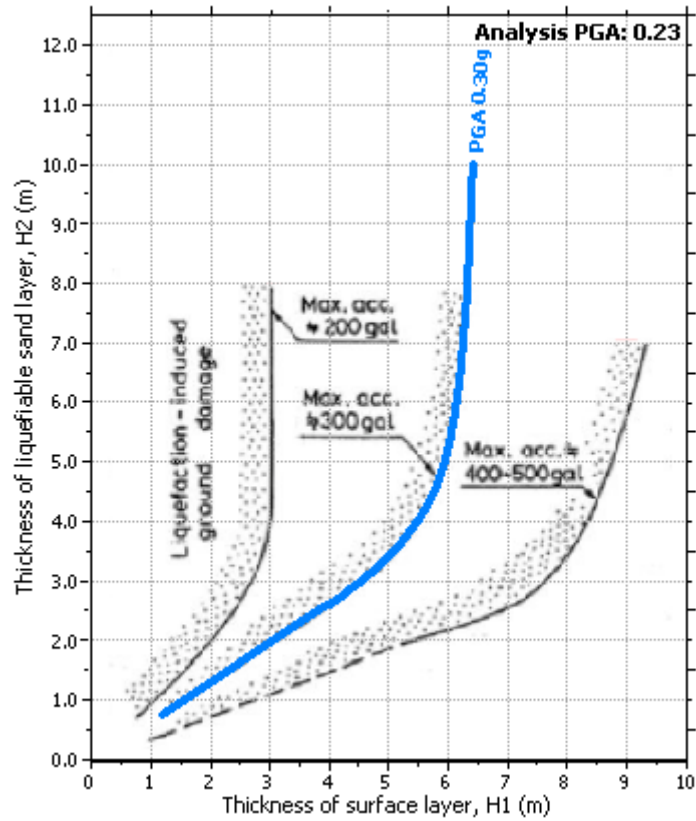
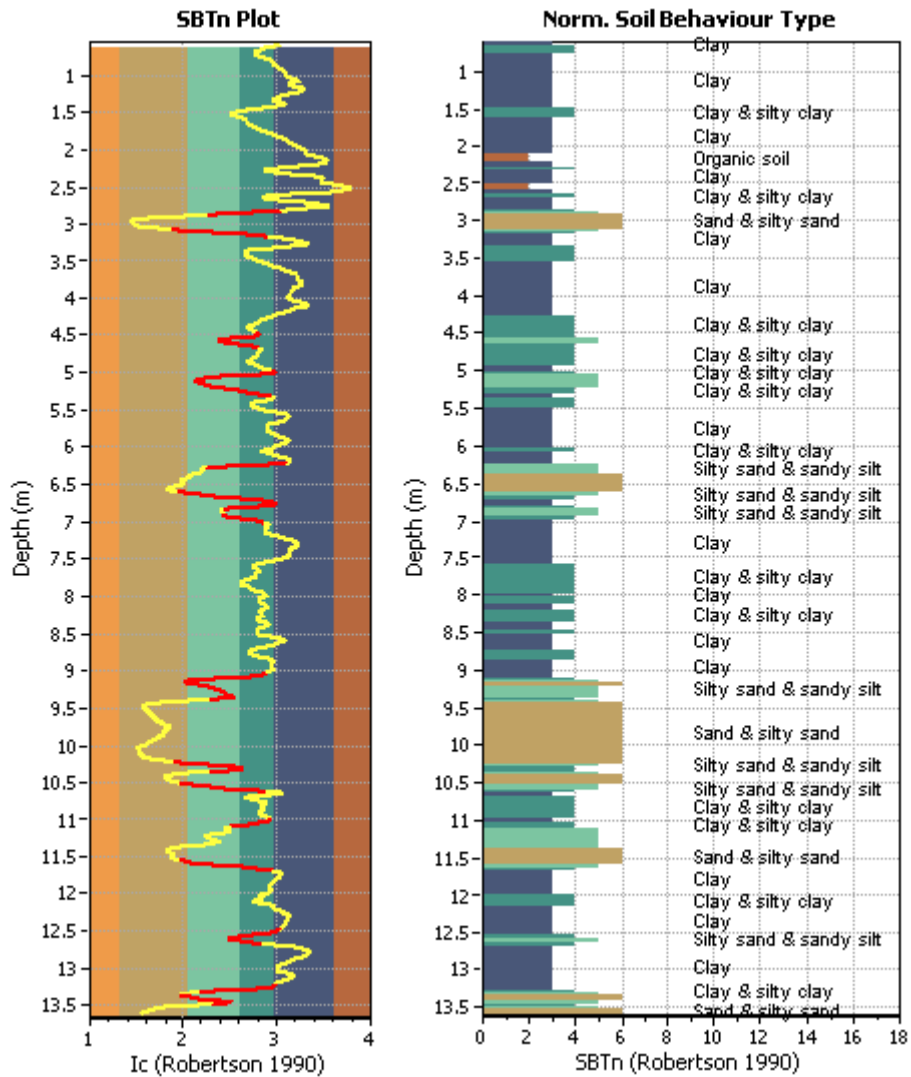


Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 0
 (da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

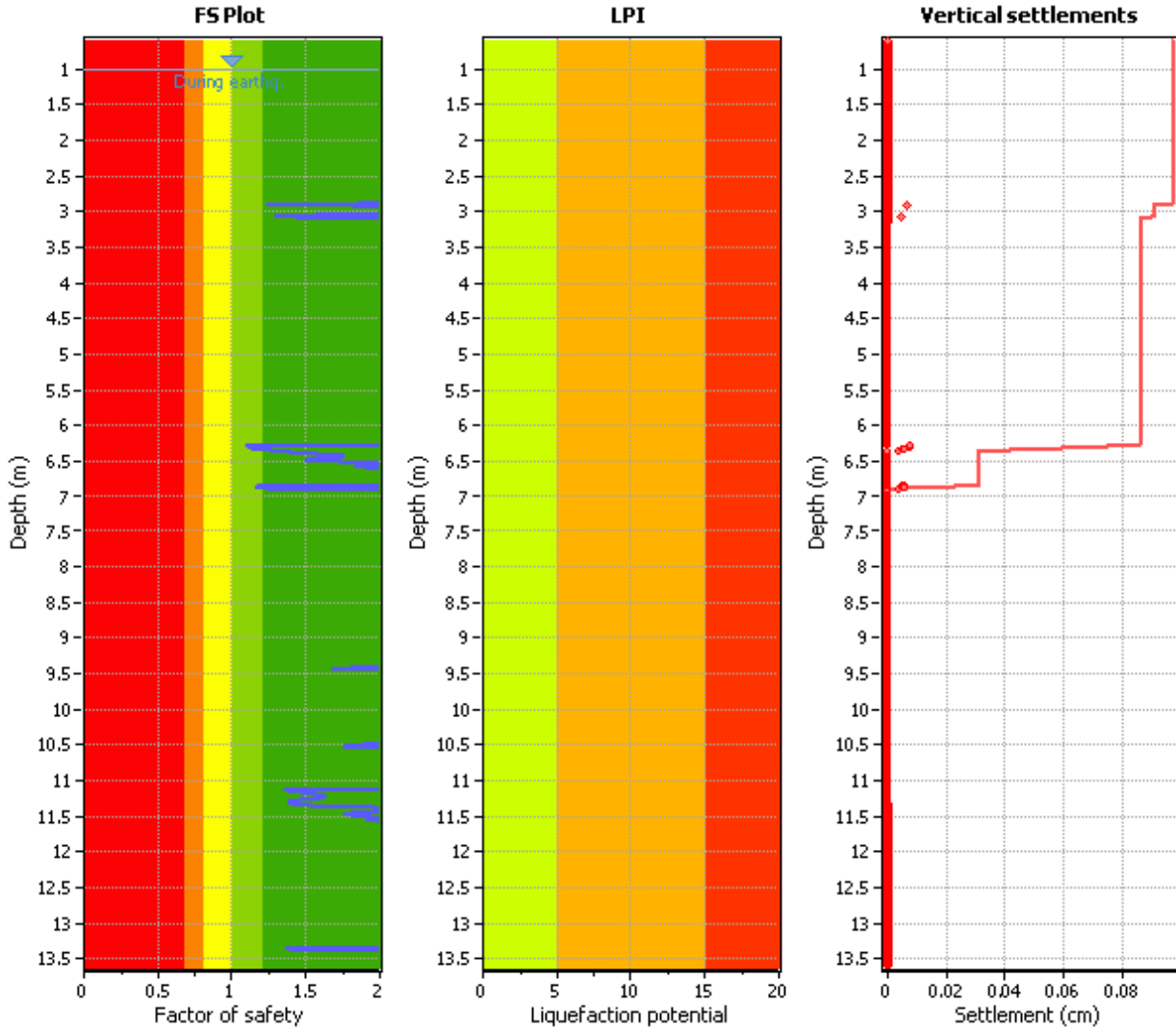
1^ tratto CPTU 5

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



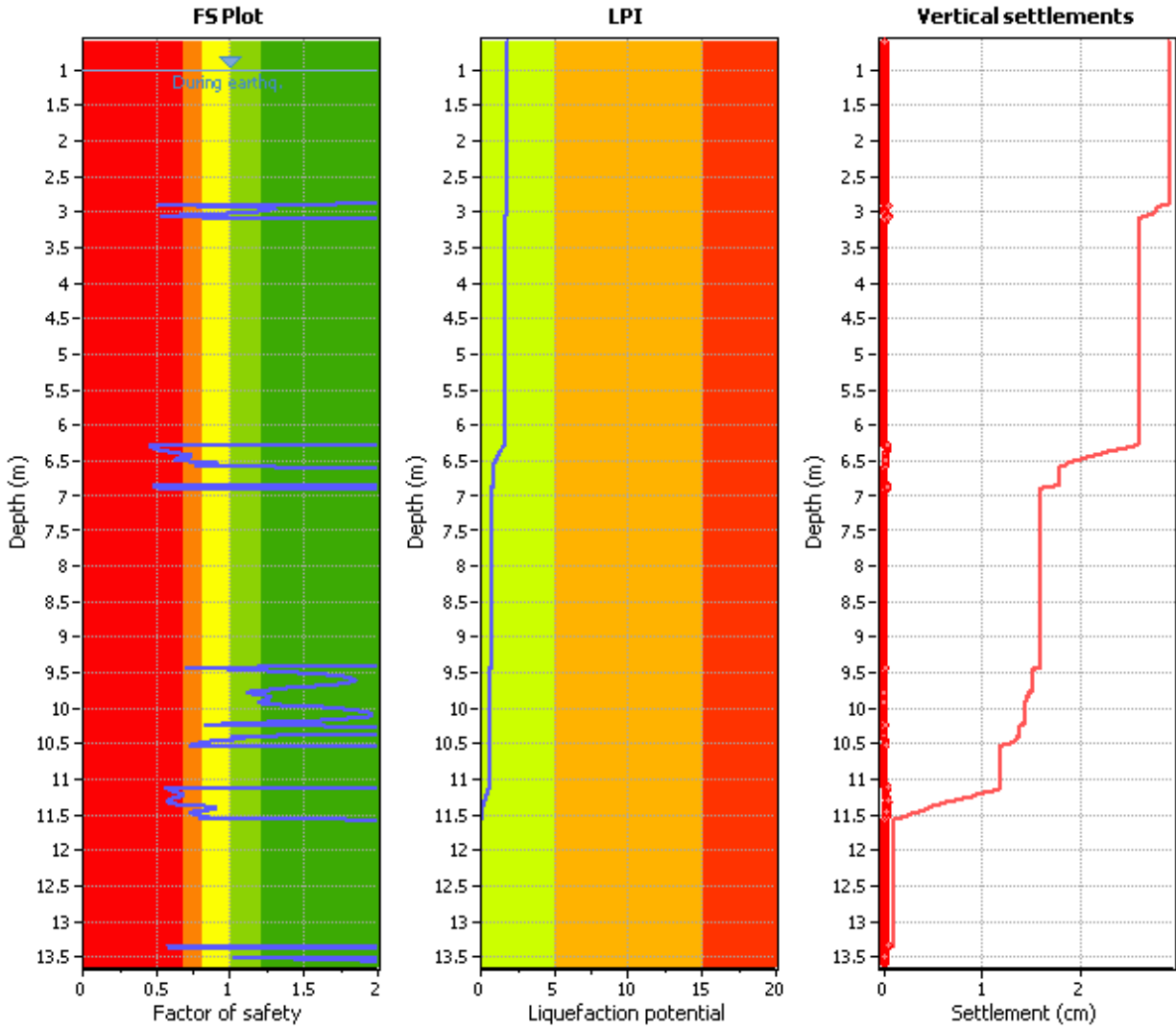
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

1^ tratto CPTU 5 SLD

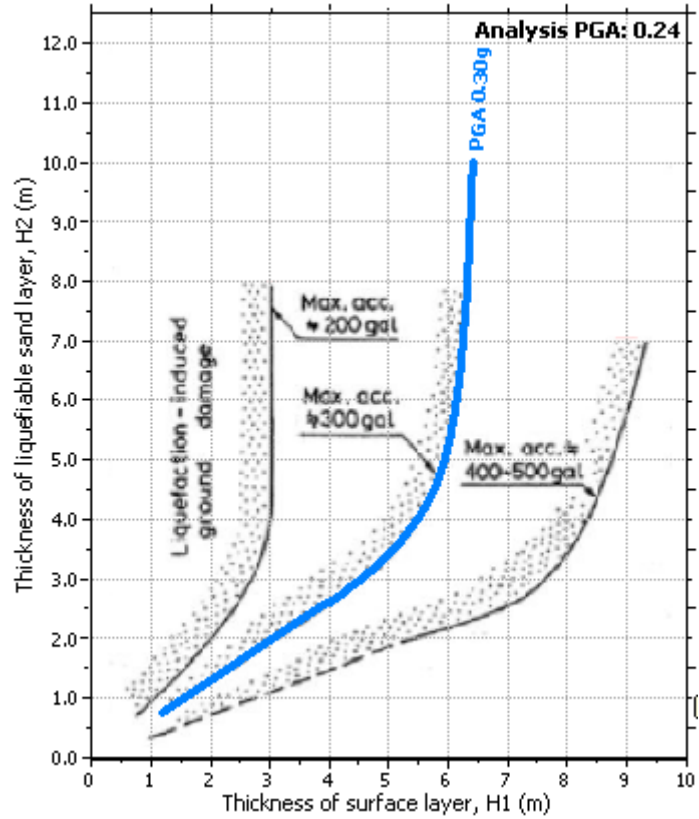


COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

1^ tratto CPTU 5 SLV



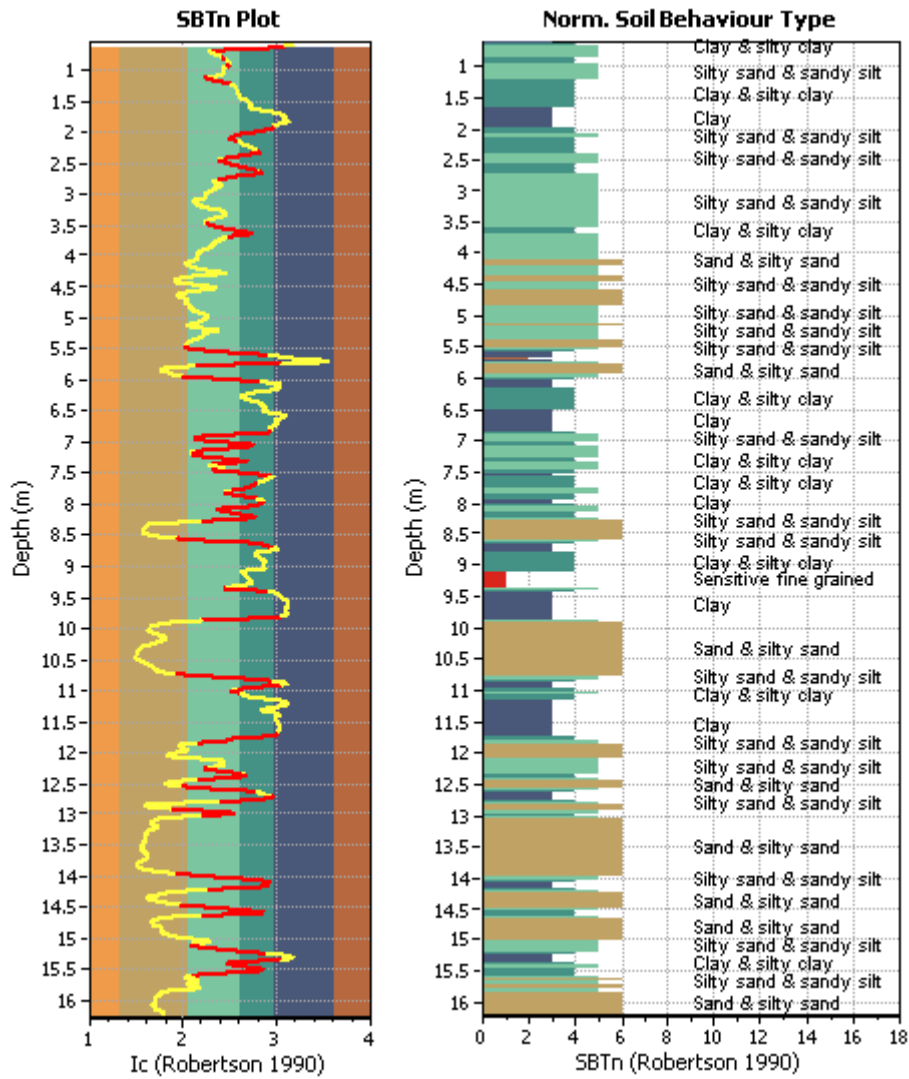
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	



**Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 1.8
(da Ishihara, 1985)**

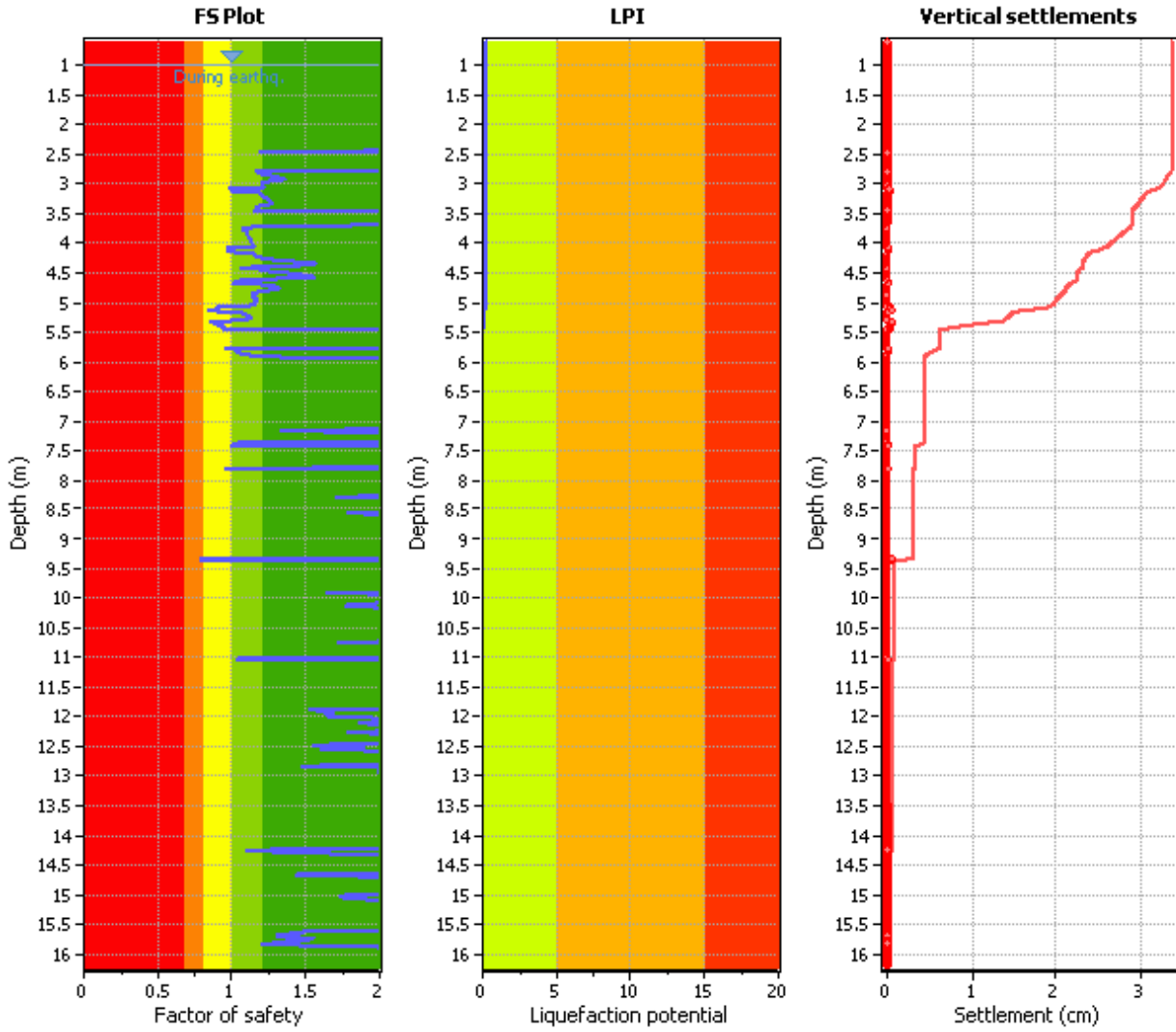
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

1^ tratto CPTU 6
Stima della stratigrafia
(Soil type behavior STB)



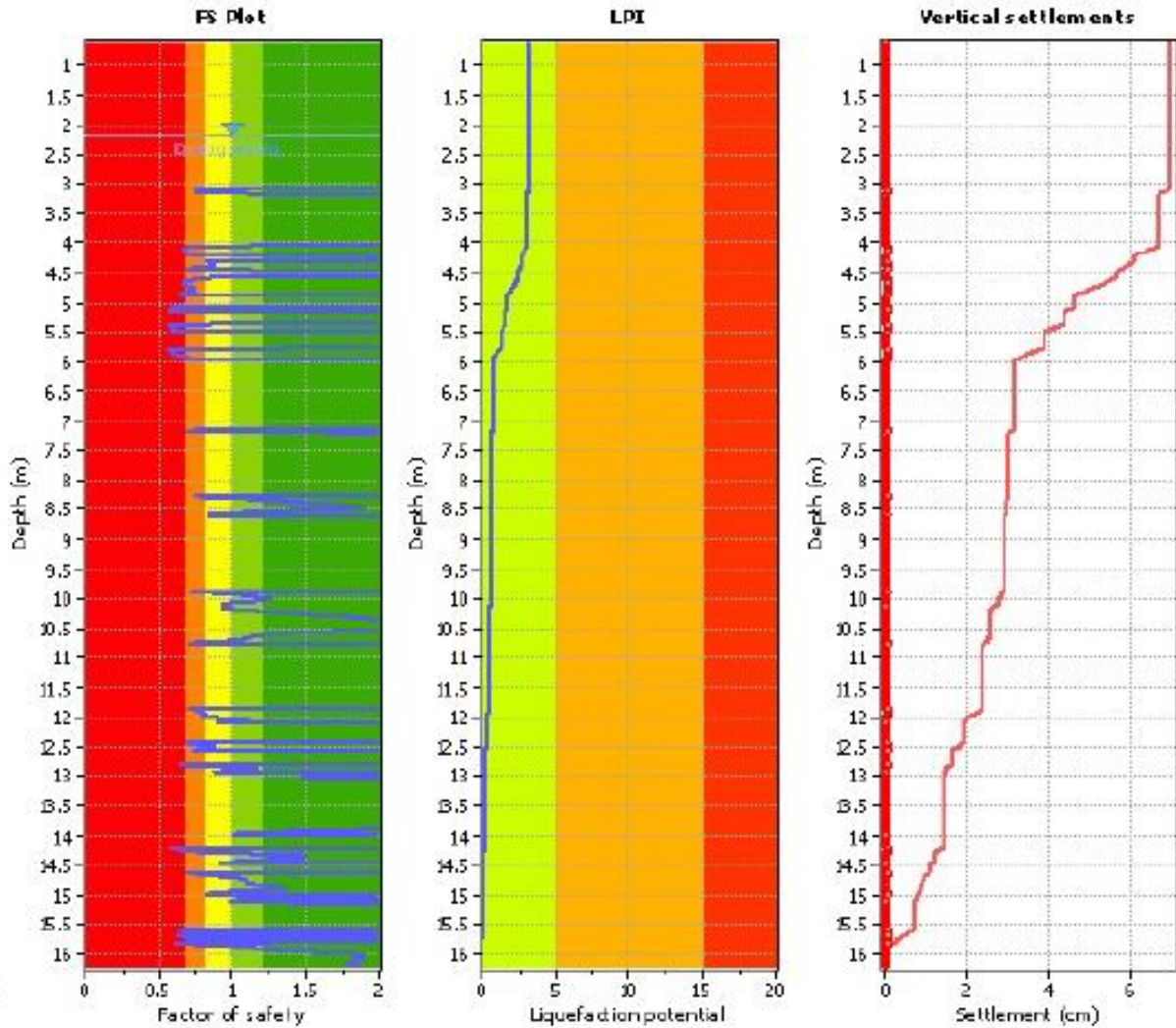
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

1^ tratto CPTU 6 SLD



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

1^ tratto CPTU 6 SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

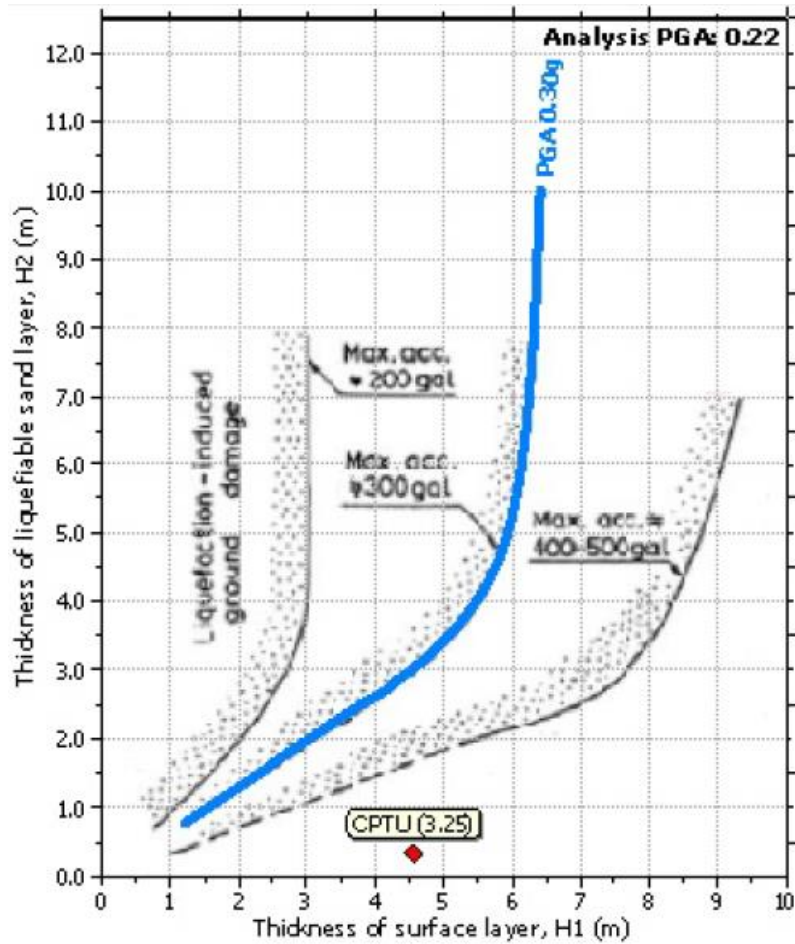
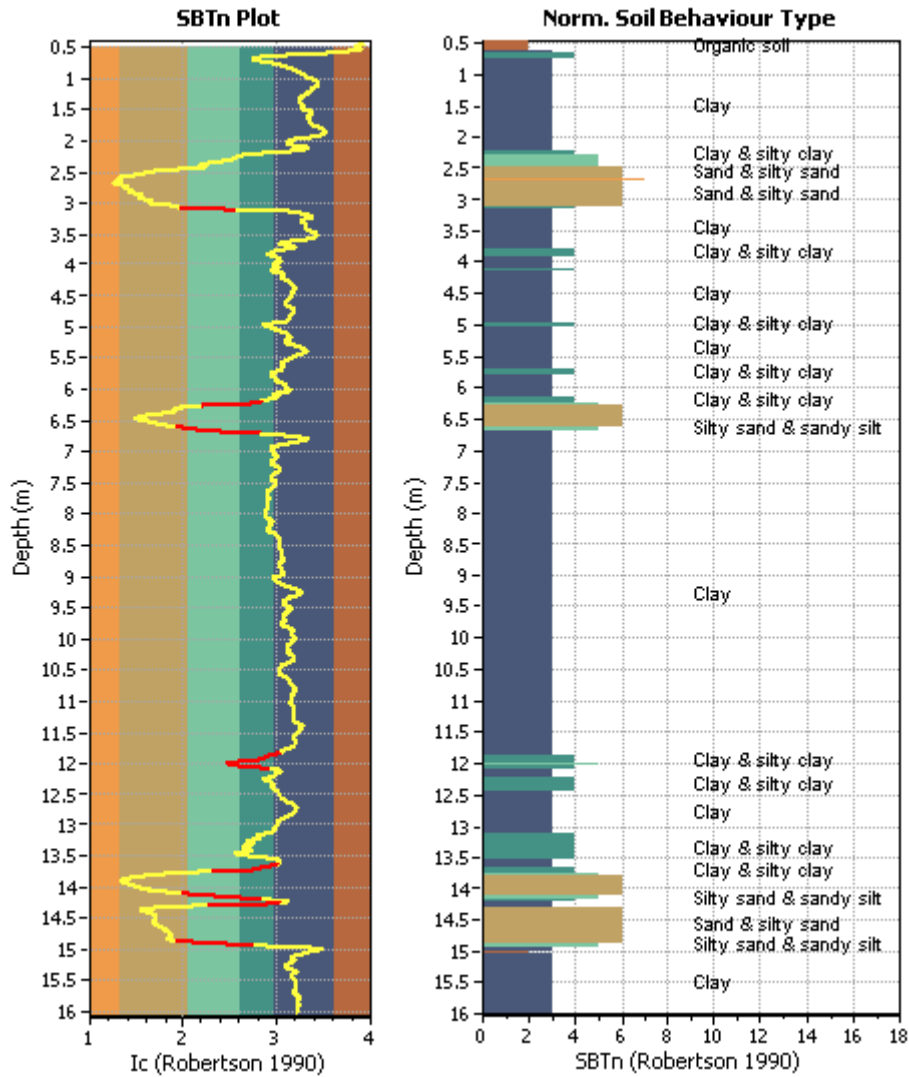


Grafico della stima del risentimento in superficie $LPI= 3.25$
(da Ishihara, 1985)

COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

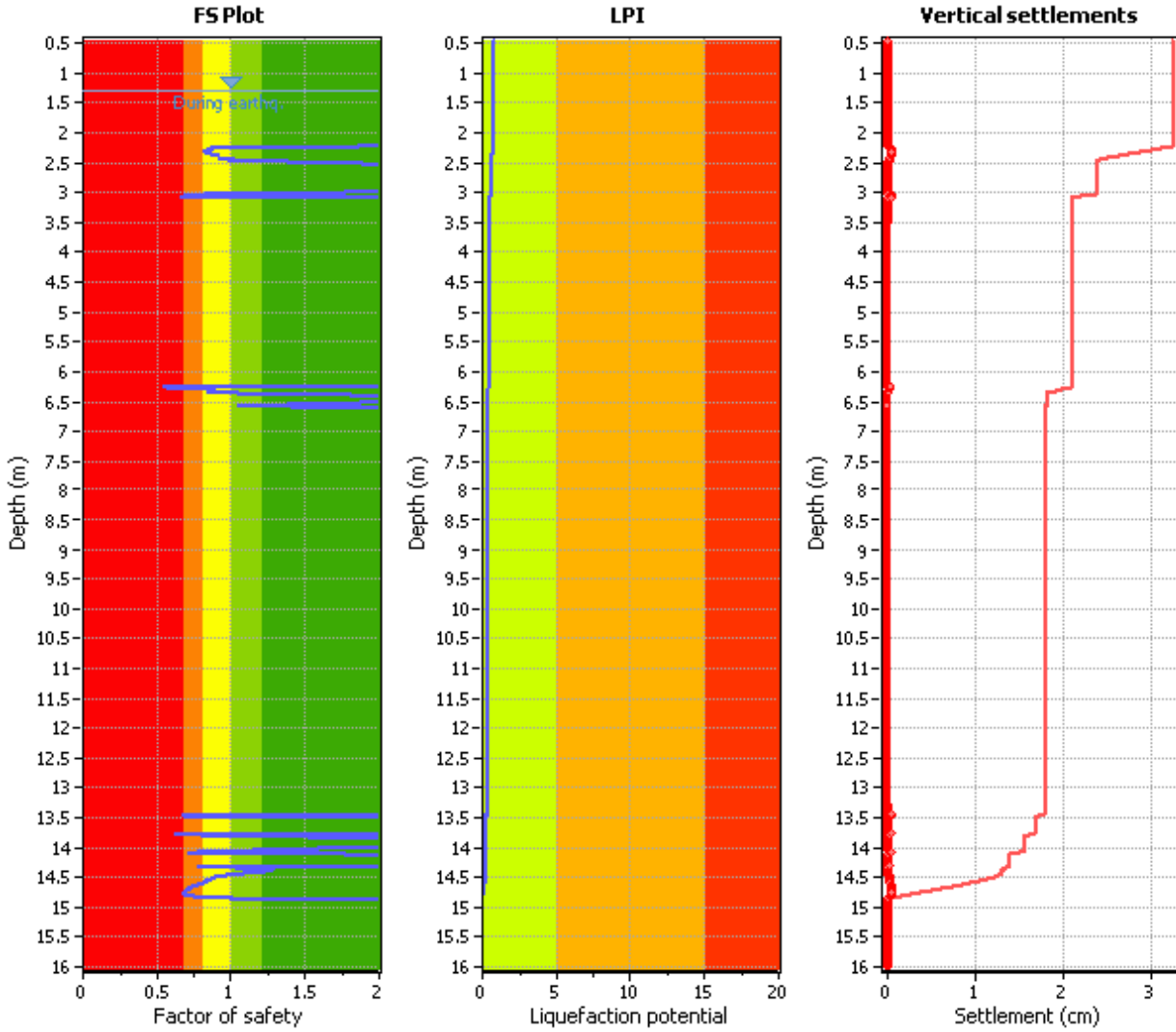
2^ tratto CPTU 4

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



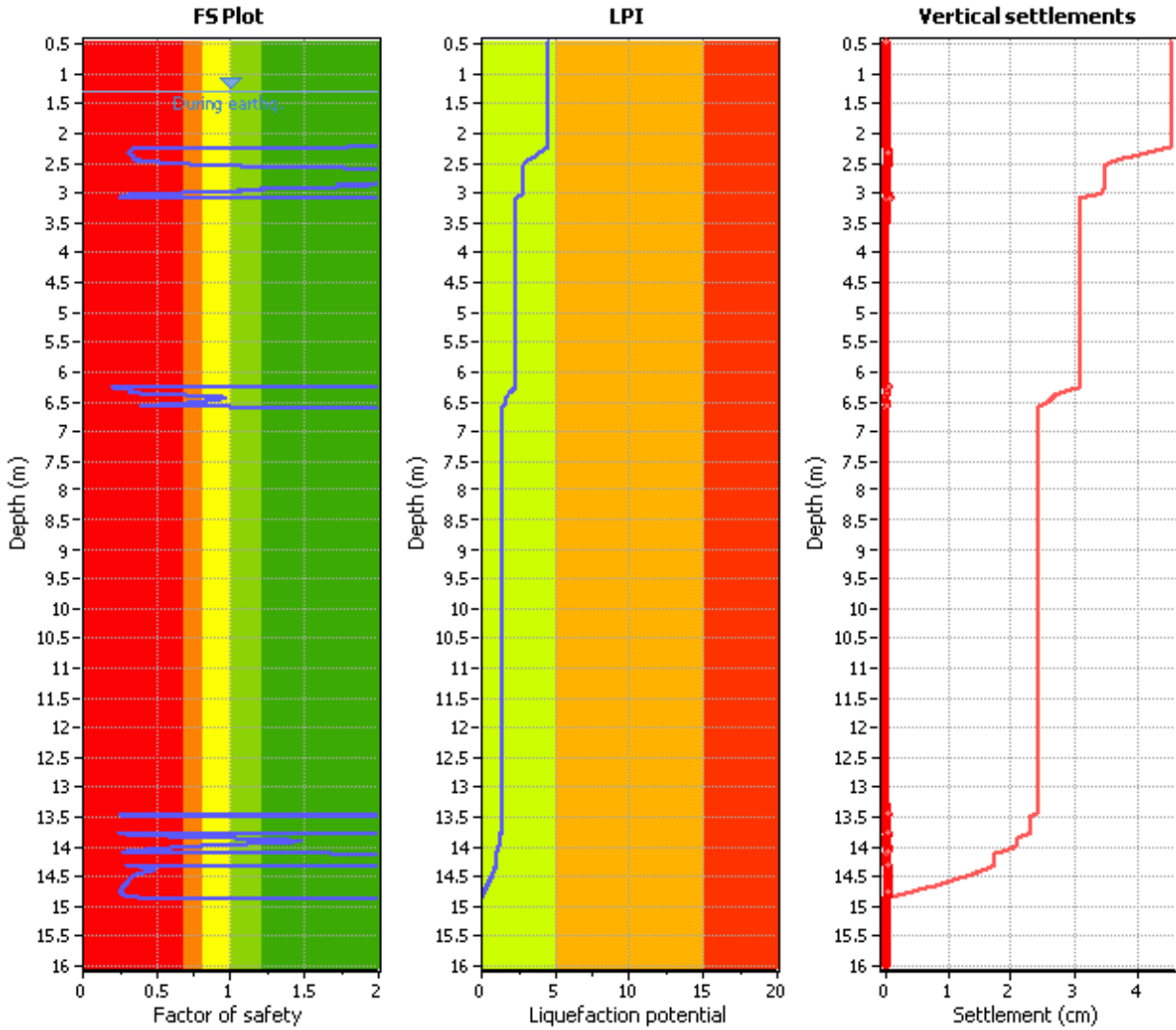
COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

2^a tratto CPTU 4 SLD

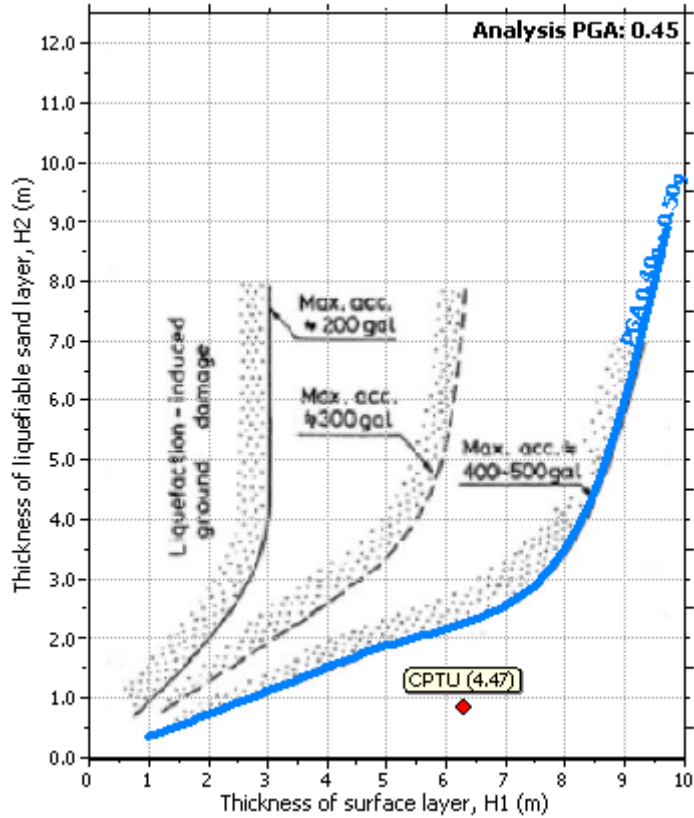


COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 COMIS consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	

2^ tratto CPTU 4 SLV



COMMITTENTE	PROGETTISTA	COMMESSA	C.T.
 SNAM RETE GAS	 consulenza materiali - ispezioni - saldatura progettazione - direzione lavori	NR/16091	
		LSC-201	



**Grafico della stima del risentimento in superficie LPI= 4.47
(da Ishihara, 1985)**