

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 1 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

REGIONE PUGLIA

METANODOTTO:

INTERCONNESSIONE TAP DN 1400(56"), DP 75 bar

STUDIO SISMICO

1	Emissione per informazione	G.Canna	G.Vecchio	H.D. AIUDI F.FERRINI	04/08/2017
0	Emissione per commenti	G.Canna	G.Vecchio	H.D. AIUDI F.FERRINI	04/08/2015
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 2 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

INDICE

1.	PREMESSA	3
2.	SISMICITÀ STORICA	3
3.	CARATTERIZZAZIONE SIMOGENETICA E SISMOTETTONICA	7
4.	PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO	9
4.1	Pericolosità sismica di base	10
4.2	Pericolosità sismica di base del tracciato	10
5.	ANALISI DEI DATI DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE	46
6.	LIQUEFAZIONE	47
7.	VERIFICA STRUTTURALE ALLO SCUOTIMENTO SISMISCO	49
8.	CONCLUSIONI	51
9.	BIBLIOGRAFIA	53
10.	ELENCO DEI SIMBOLI	54
11.	ANNESSO	55

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56'') DP 75 bar	Pagina 3 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

1. PREMESSA

Lo studio sismico cui si riferisce la presente relazione rientra nell'ambito del progetto per la realizzazione del metanodotto "Interconnessione TAP DN 1400(56''), DP 75 bar. L'opera si sviluppa interamente nel territorio regionale della Regione Puglia su una superficie subpianeggiante, talvolta con leggere ondulazioni, ma con assenza di pendenze significative, ricadente nei territori comunali di Melendugno, Vernole, Castri di Lecce, Lizzanello, Lecce, Surbo, Torchiarolo, San Pietro Vernotico e Brindisi. In particolare il metanodotto in esame si colloca tra la fascia centrale e meridionale della Penisola salentina e la fascia meridionale della Piana di Brindisi percorrendo, per circa 55 Km con direzione Nord-Ovest l'area adriatica

Lo scopo del presente documento è la caratterizzazione della sismicità del territorio attraversato dai metanodotti in progetto, con riferimento alla massima intensità epicentrale dei terremoti e alla classificazione sismica dei vari comuni interessati dall'opera.

Per la definizione di dettaglio della sismicità dell'area, nonché per classificare il territorio sismico, per risalire alla classe di sismicità, al coefficiente sismico di progetto, alla sismicità storica, per caratterizzare la zona da un punto di vista sismotettonico, per individuare la pericolosità sismica lungo il tracciato, sono stati acquisiti ed analizzati tutti i dati bibliografici, cartografici o d'archivio disponibili.

Lo studio è redatto in conformità con quanto prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni - NTC del 14/01/2008.

2. SISMICITÀ STORICA

Il territorio della Regione Puglia è caratterizzato da una sismicità storica di un certo rilievo nell'area settentrionale (garganica e nel foggiano) dove si sono verificati alcuni terremoti di forte intensità, mentre l'area meridionale risulta essere considerata come area stabile. Nella seguente tabella vengono riportati i più gravi eventi sismici che hanno interessato la Puglia nell'ultimo millennio.

Data	Intensità (MCS)	Effetti
7-luglio-1361	X	Il terremoto interessò la parte più meridionale della provincia di Foggia ed alcune località delle provincie di Bari e Potenza. Ad Ascoli Satriano si verificarono i danni più gravi.
30-luglio-1627	XI	Tra luglio e settembre 1627 la Capitanata settentrionale fu interessata da molti terremoti. Il più forte si verificò il 30 luglio e produsse gravissimi danni e numerose vittime; i danni si estesero dall'Abruzzo alla Campania.
31-maggio-1646	IX-X	Il Gargano fu interessato da un violento terremoto, che causò numerosi crolli di abitazioni e decine di morti. I danni più gravi si ebbero a Ischiarella, Vico del Gargano e Vieste.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 4 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Data	Intensità (MCS)	Effetti
20-marzo-1731	X	Questo terremoto produsse danni gravi nel foggiano e nella parte settentrionale della provincia di Bari (Barletta, Canosa e Molfetta); nella città di Foggia, dove crollarono molte case e si contarono numerose vittime.
20-febbraio-1743	IX	Le maggiori distruzioni furono subite dalle città di Francavilla Fontana e di Nardò dove raggiunse il IX grado della scala Mercalli, e da Amaxichi, una località dell'isola di Lefkada in Grecia.

L'evento più forte è il terremoto del 1743, che ha colpito la Puglia e le coste occidentali della Grecia ma è stato avvertito anche nelle regioni dell'Italia meridionale e in alcune località dell'Italia centrale e settentrionale, fino a Trento e a Udine, e finanche nell'isola di Malta.

Fu un evento sismico complesso, percepito come una sequenza di tre violente scosse, prodotte probabilmente dall'attivazione di diversi segmenti di faglia. Sono state formulate due ipotesi di localizzazione di questo evento: secondo la prima l'epicentro è riportato a mare, a est di S. Maria di Leuca, avvalorata anche dalla distribuzione dei depositi da tsunami attribuiti a questo terremoto, lungo le coste adriatiche meridionali del Salento (Torre Sasso e Torre S. Emiliano) fino a Brindisi; per la seconda l'epicentro è riportato a terra, tra Nardò e Galatina.

In Italia i danni maggiori si sono registrati in Salento, nelle cittadine di Nardò, in provincia di Lecce, e Francavilla Fontana, in provincia di Brindisi; in Grecia a Levkas e nelle isole ioniche. I morti furono circa 180, 150 nella sola Nardò.

L'evento è descritto in alcune centinaia di documenti storici, da cui si evince che furono oltre 86 le località interessate.

Lo studio degli effetti prodotti ha permesso di attribuire all'evento una intensità massima di $I_{max}=9$ (per Nardò e Levkas) e $M_e=6.9$.

Nella figura si ha la mappa delle distribuzioni delle intensità M.C.S. risentite in occasione del terremoto de 1743 in Salento (da Del Gaudio, 2007).

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 5 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

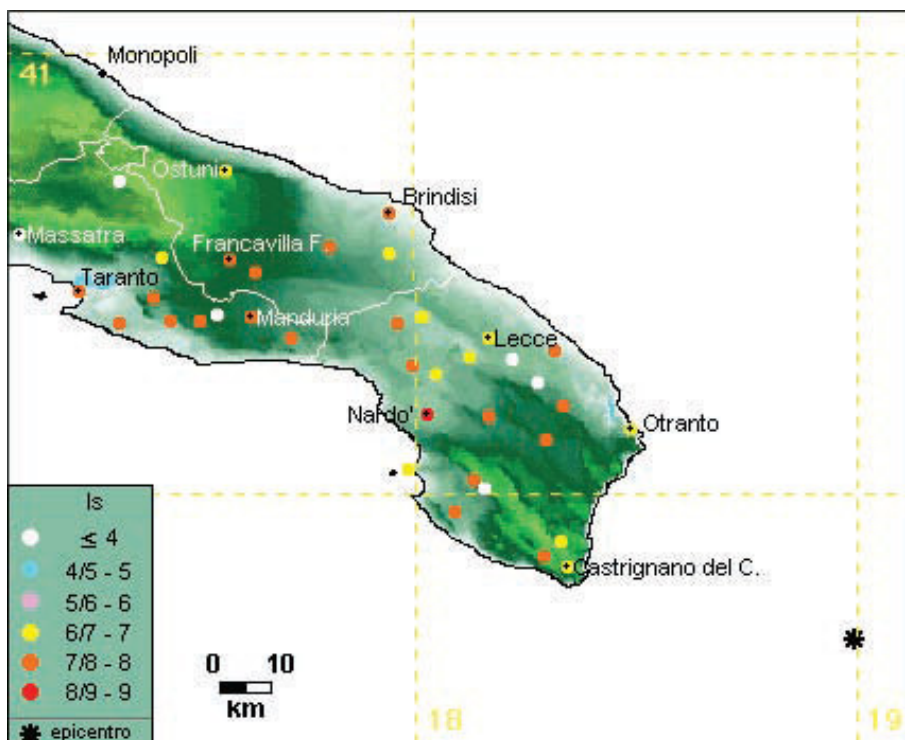


Fig. 2.A – Ubicazione presunta dell'epicentro del sisma del 1743 e mappatura delle relative intensità M.C.S. registrate nei centri abitati salentini (da Del Gaudio, 2007)

Analizzando la distribuzione delle intensità macrosismiche indicate in figura si evidenzia come gli effetti delle scosse telluriche del sisma del 1743 non siano risultati proporzionali alla distanza dall'epicentro. Invece, emerge una chiara influenza dei cosiddetti "effetti di sito", ovvero dai fattori di amplificazione sismica locale, strettamente connessi alle caratteristiche del substrato geologico su cui poggiano i vari centri urbani.

Allo stato attuale delle conoscenze, appare accertato che forti eventi sismici con epicentro sul Gargano, nell'Appennino meridionale, nel Canale d'Otranto, nei Balcani, nel Mar Jonio e nell'Arco Egeo, fanno risentire i loro effetti, con intensità variabile, anche nel Salento. Tuttavia, i dati e le osservazioni sismologiche finora disponibili segnalano una sostanziale assenza di aree epicentrali localizzabili con sicurezza nell'ambito del territorio salentino.

A tal proposito l'area del Salento è considerata come l'avanpaese stabile della catena appenninica, infatti la sismicità strumentale registrata dagli anni Settanta ad oggi è scarsa e di bassa energia, prevalentemente concentrata a ovest della penisola salentina e nel canale d'Otranto, dove il massimo evento registrato è quello dal 20 ottobre del 1974 di Mw=5.0. In figura viene indicata la distribuzione della sismicità storica e strumentale dal 1970 al 2010.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 6 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

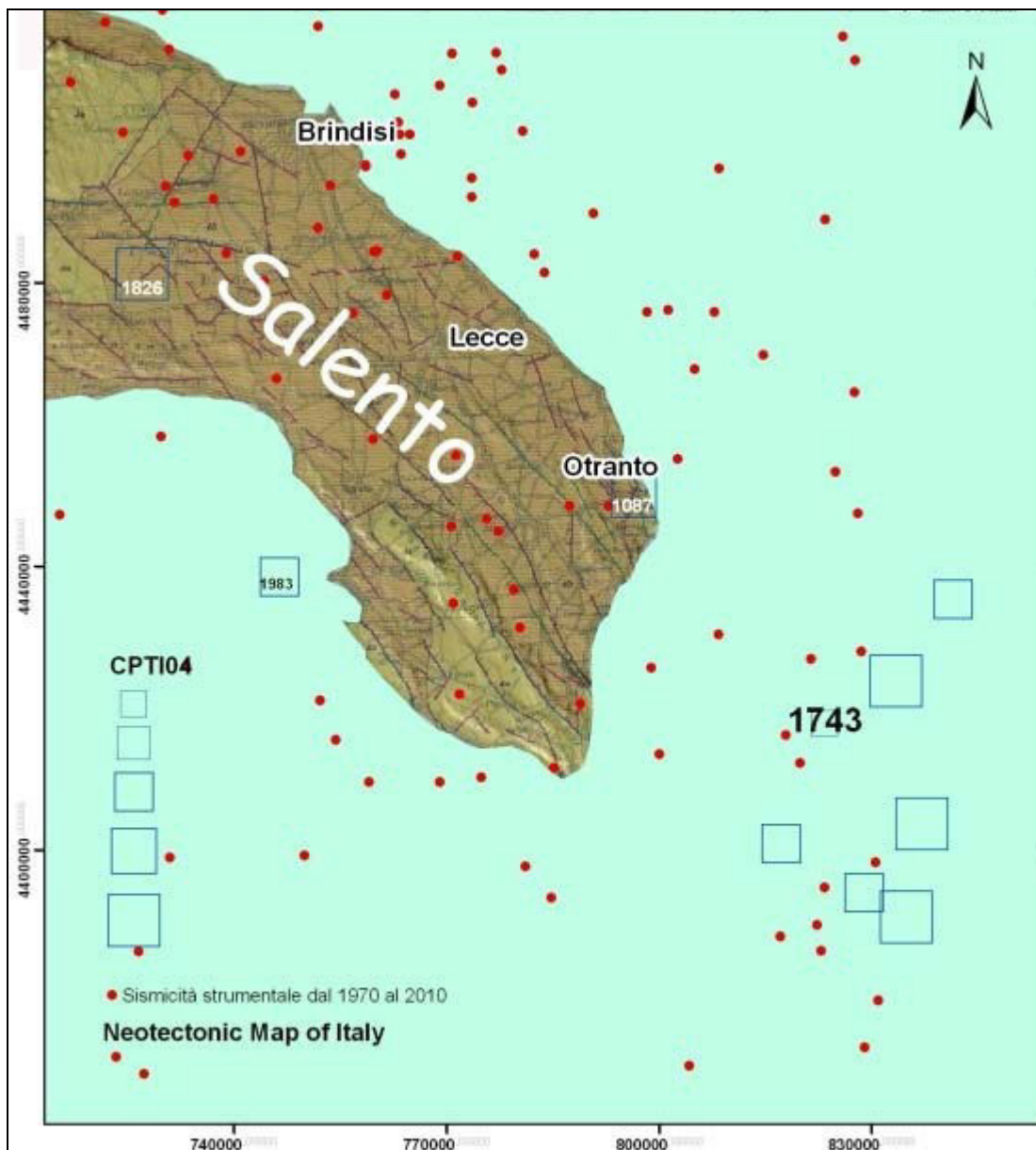


Fig. 2.B– Distribuzione della sismicità storica (CPTI04) e strumentale dal 1970 al 2010

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 7 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

3. CARATTERIZZAZIONE SISMOGENETICA E SISMOTETTONICA

La Puglia, per il suo assetto strutturale, collocato nel più ampio contesto geologico dell'Italia Meridionale, può essere suddivisa in 3 settori, allungati in senso appenninico (NW-SE), e ciascuno appartenente ad una ben precisa unità stratigrafica o morfologico-strutturale.



Procedendo dalla linea di costa adriatica verso l'interno, si riconoscono: il settore di avampaese, il settore di avanfossa e il settore di catena.

In particolare la tettonica della Penisola Salentina, interessata dal progetto, sia di tipo plicativo che disgiuntivo, ha dato luogo a dolci pieghe con strette anticlinali e ampie sinclinali orientate in direzione appenninica (NNO-SSE o NO-SE) caratterizzate da deboli pendenze degli strati che solo raramente superano i 15°. Le anticlinali presentano generalmente uno sviluppo asimmetrico, con fianchi sud occidentali più ampi e dolci di quelli opposti, e spesso interrotti da faglie, la cui presenza è evidenziata da liscioni, brecce di frizione e contatti giaciture anomali. L'origine delle faglie è invece legata a quell'intensa attività tettonica che ebbe inizio verso la fine del periodo cretacico. Durante questa prima fase tettonica si realizzarono due principali sistemi di fratturazione, il primo con direzione NO-SE che diede origine, tra l'altro, alla fossa tettonica (Graben) che separò il Salento dalle Murge; l'altro, con andamento NNO-SSE, che fu precedente al successivo sollevamento delle Serre salentine. Tra la fine del Miocene e l'inizio del Pliocene, una nuova fase tettonica, che riattivò le faglie tardo cretacicche, causò l'emersione di alcune dorsali asimmetriche.

Le dorsali, che corrispondono ad alti strutturali (Horst), costituiscono le Serre salentine, mentre le valli fra loro interposte, rappresentano aree depresse (Graben) nelle quali si depositarono i sedimenti che diedero origine alle formazioni geologiche più recenti.

Questi sistemi strutturali, non risultano attive, in quanto non si hanno evidenze di movimenti recenti o scarpate di faglia che indicano movimenti cinematici avvenuti di recente.

Il grado di pericolosità sismica del territorio salentino risulta in prevalenza legato alla presenza di numerose aree sismogenetiche situate in posizione geografica prossimale. L'incidenza di tale aspetto appare evidente consultando lo strumento cartografico DISS (Database of Individual Seismogenic Sources), infatti come si può osservare nello stralcio del DISS riportato in figura 3.1.A, il Salento risulta letteralmente circondato da aree sismogenetiche caratterizzate da elevata densità di faglie attive.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 8 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

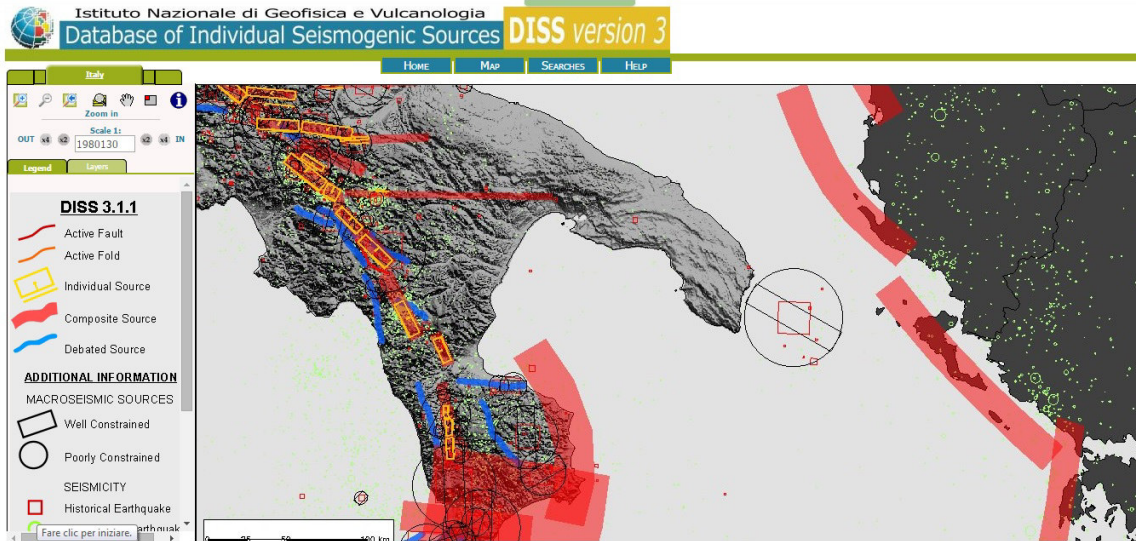


Figura 3.1.a – database of individual seismogenic sources

La zona che interessa l'area in esame non ricade all'interno di nessuna zona sismogenetica, come visibile in figura 3.1.b.

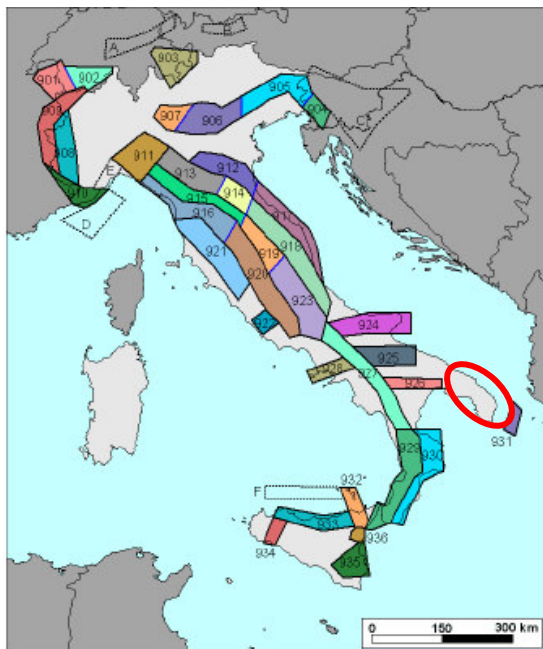


Figura 3.1.b – Zonizzazione sismogenetica. In rosso l'area di interesse

Ogni zonizzazione sismogenetica è caratterizzata da un definito modello cinematico il quale sfrutta una serie di relazioni di attenuazioni stimate sulla base di misurazioni accelerometriche effettuate sia sul territorio nazionale che europeo. Sulla base di tali zone, per tutto il territorio italiano, sono state sviluppate le carte della pericolosità sismica. Infatti, in seguito all'emanazione dell'O.P.C.M. 20/03/2003, n. 3274, dopo

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 9 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

l'elaborazione della ZS9, è stato redatto a cura di un gruppo di lavoro dell'INGV un documento denominato "Redazione della mappa di pericolosità sismica".

4. PERICOLOSITÀ SISMICA DEL TERRITORIO

Il metodo probabilistico, con cui è stata costruita la carta nazionale della pericolosità di base considera il processo sismico come un processo statistico ed utilizza l'intero database o catalogo dei terremoti al di sopra di una prefissata soglia di magnitudo.

Pertanto, la pericolosità viene definita come la probabilità di eccedenza di un parametro descrittivo del moto del terreno in un determinato intervallo di tempo. Tale parametro è espresso generalmente in termini di accelerazione al bedrock mediante metodi probabilistici che consentono di associare una probabilità, e quindi una incertezza, a un fenomeno tipicamente aleatorio quale il terremoto.

In base a questo approccio, e secondo quanto riportato nelle Norme Tecniche del 2008 l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate.

Il risultato, per ogni comune, è rappresentato da una stima del rischio sismico che tiene conto dell'intera storia sismica riportata nel catalogo sismico nazionale e che viene espresso in termini probabilistici. La pericolosità sismica di riferimento ipotizza un substrato omogeneo in roccia ed è espressa in PGA (Peak Ground Acceleration) con associato un periodo di ritorno di 50 anni.

Di seguito si riporta la pericolosità sismica relativa al territorio interessato dal tracciato del metanodotto in cui si evince che i valori di a_g è compreso tra 0,025 e 0,075. (Figura 4.1.A)

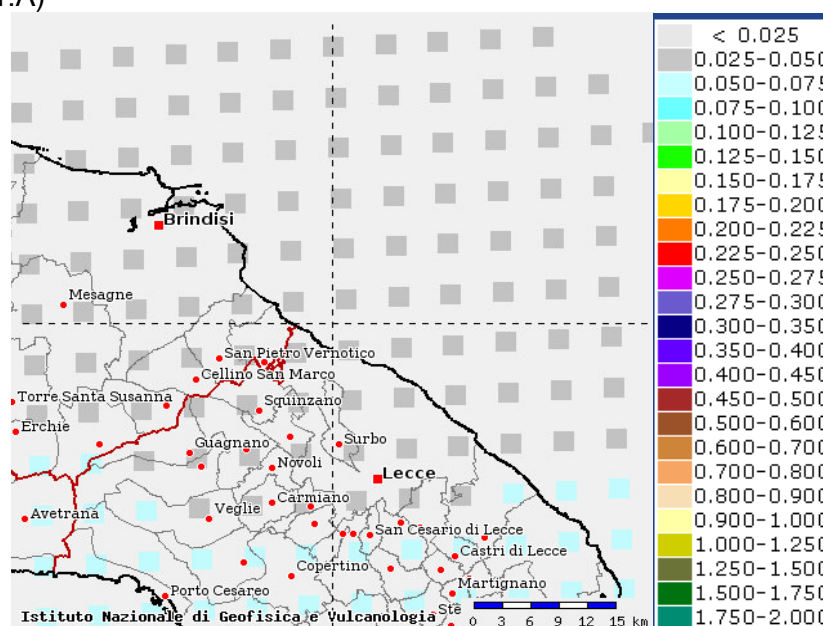


Figura 4.1.A – Mappa di Pericolosità Sismica per i comuni interessati dalla realizzazione del Metanodotto, espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (TR=475 anni)

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 10 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

4.1 Pericolosità sismica di base

La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC 2008 e da dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali.

In base alle Norme Tecniche del 2008 l'azione sismica di riferimento è definita per ogni sito sulla base delle sue coordinate.

Per la determinazione delle azioni sismiche (allegati A e B del D.M. 08) viene definitivamente abbandonato il concetto di "Zone Sismiche", il documento introduce un nuovo metodo di calcolo che considera la maglia elementare di riferimento come più preciso parametro per la classificazione sismica del territorio.

Il territorio nazionale è catalogato con 10751 punti disseminati in modo omogeneo con una maglia quadrata con lato di 5,5 km circa, quindi si è in grado di determinare dato un certo punto geografico, quale terremoto ha una certa probabilità di verificarsi.

La rappresentazione grafica dello studio di pericolosità sismica dell'INGV, da cui è stata tratta la tabella A1 delle NTC, è costituita da mappe di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato. Le Norme Tecniche utilizzano gli stessi nodi su cui sono state condotte le stime di pericolosità sismica da parte di INGV.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/> o dai vari software che consentono il calcolo dei parametri sismici e relativi spettri di risposta.

Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni a_g e dalle forme spettrali di sito. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- a_g – accelerazione orizzontale massima del terreno;
- 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.

Questi tre parametri sono definiti sempre in corrispondenza dei punti del reticolo di riferimento suddetto, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

Ai fini della valutazione delle azioni sismiche, noti i parametri di progetto, deve essere però valutata anche l'influenza delle condizioni litologiche e morfologiche locali sulle caratteristiche del moto del suolo in superficie (risposta sismica locale).

4.2 Pericolosità sismica di base del tracciato

Il tracciato del metanodotto in oggetto attraversa, per tutto il suo percorso, aree caratterizzate da morfologia pianeggiante, talvolta con leggere ondulazioni con assenza di pendenze significative.

Le caratteristiche geologiche variano a seconda che il tracciato si trovi nel territorio ricadente nel Salento leccese piuttosto che nella piana Brindisina. Nel Salento leccese, infatti, la condotta in progetto attraversa aree caratterizzate da litologie costituite prevalentemente da calcareniti marnose organogene e da calcari compatti. Abbondanti sono anche gli affioramenti di sabbie calcaree e calcareniti marnose.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 11 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Nella zona della piana Brindisina le litologie sono costituite prevalentemente da sabbie poco cementate argillose che passano a marne-siltose.

Con riferimento al contesto litostratigrafico e tettonico del corridoio interessato dal tracciato del metanodotto è possibile utilizzare, per la definizione della pericolosità sismica, l'approccio semplificato, in quanto non sono stati individuati tratti in cui si possono verificare amplificazioni sismiche significative dovute a zone di faglie attive, liquefazione o instabilità dei versanti.

Categorie di sottosuolo

Per lo studio della pericolosità sismica di base, è necessario valutare di quanto variano i valori dell'accelerazione massima su suolo rigido di riferimento, attraverso la propagazione dalla zona d'origine (sorgente sismica) alla superficie. La norma consente la stima della risposta sismica locale mediante la valutazione delle caratteristiche dei terreni sciolti disposti a ricoprimento della formazione rigida (effetti "locale").

Sulla base della natura litologica, dei rilievi in superficie e dalla campagna di indagini geofisiche effettuate lungo il tracciato del metanodotto in progetto, sono state attribuite le principali categorie di sottosuolo secondo le NTC 2008, riassunte in tabella 4.2.a.

SITO INDAGINE	CATEGORIE DI SOTTOSUOLO
SITO A	B
SITO B	B
SITO C	A
SITO D	A
SITO E	A
SITO F	B
SITO G	B
SITO H	B
SITO I	B

Tabella 4.2.a – Categorie di sottosuolo associate ai siti scelti per l'indagine sismica

Con riferimento alla carta geologica disponibile, alle osservazioni eseguite in campo e alla campagna di indagini geofisiche con metodologia MASW, le categorie di sottosuolo corrispondono al tipo "A" e "B".

Vita Nominale - VN

La normativa (NTC 2008) definisce la Vita Nominale V_N delle strutture (art. 2.4.1) a cui si associano tre tipi di costruzioni con diverso valore, espresso in anni, della loro durata come definito al variare della classe d'uso.

La struttura in oggetto sarà progettata, come grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica considerando una $V_N = 100$ anni.

Classe d'uso – CU

La normativa definisce in presenza di azione sismica 4 classi di costruzioni in base al loro utilizzo (Classe d'uso – art. 2.4.2) a cui si associa un coefficiente d'uso (Cu).

Nel caso in esame, l'opera in progetto rientra in:

Classe d'uso IV → Coefficiente $C_u = 2$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 12 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Periodo di riferimento per l'azione sismica – VR

La normativa NTC 2008 prevede, quindi, la definizione di un periodo di riferimento V_R per le azioni sismiche su ciascuna costruzione ottenibile dalla formula:

$$V_R = V_N \times C_U$$

Dove V_N è la vita nominale di un'opera strutturale intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta a manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata. Nel nostro caso, il periodo di riferimento:

$$V_R = 100 \times 2 = 200$$

Azione sismica

Stati limite e relative probabilità di superamento

La normativa (DM – NTC 2008) nei confronti delle azioni (cap. 3.2.1) definisce quattro stati limite, al fine di indicare il comportamento, in chiave sismica, che dovrà sopportare la struttura in progetto: stati limite di esercizio (Stato Limite di Operatività e Stato Limite di Danno) e stati limite ultimi (Stato Limite di salvaguardia della Vita Stato Limite di prevenzione del Collasso).

Ad ogni stato limite è associata una probabilità di superamento P_{VR} ovvero, la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di ag prefissata avente frequenza media annua di ricorrenza come indicato nella tabella seguente = $1/TR$.

Stati limite			P_{VR}
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	81%
	Stato limite di danno	SLD	63%
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	10%
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	5%

Tabella 4.2.b: Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R .

Tempo di ritorno

Noti P_{VR} e V_R si ottiene il tempo di ritorno (anni), attraverso la formula:

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

Poiché è $V_R = 200$ anni, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stati limite			T_R
Stati limite di esercizio	Stato limite di operatività	SLO	241
	Stato limite di danno	SLD	402
Stati limite ultimi	Stato limite di salvaguardia della vita	SLV	2475
	Stato limite di prevenzione del collasso	SLC	2475

Tabella 4.2.c: Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R .

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 13 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Condizioni topografiche

Le categorie topografiche definite dalla NTC 2008 si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica.

Nel caso del progetto in esame si considera la categoria topografica **T1** (Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$).

Amplificazione stratigrafica

In base alla stratigrafia ricostruita attraverso dati bibliografici e da rilievi diretti in campo i fattori di amplificazione stratigrafica S_s e C_c possono essere ricavati mediante le espressioni fornite nella Tabella seguente, nelle quali g è l'accelerazione di gravità ed il tempo è espresso in secondi.

Categoria sottosuolo	S_s	C_c
A	1,00	1,00
B	$1,00 \leq 1,40 - 0,40 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,20$	$1,10 \cdot (T_C)^{-0,20}$
C	$1,00 \leq 1,70 - 0,60 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,50$	$1,05 \cdot (T_C)^{-0,33}$
D	$0,90 \leq 2,40 - 1,50 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,80$	$1,25 \cdot (T_C)^{-0,50}$
E	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C)^{-0,40}$

Tabella 4.2.d: Espressioni di S_s e C_c



Amplificazione topografica

Per tenere conto delle condizioni topografiche e in assenza di specifiche analisi di risposta sismica locale, si utilizzano i valori del coefficiente topografico S_T , riportati nella tabella seguente.

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	S_T
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,2
T4	In corrispondenza della cresta del rilievo	1,4

Tabella 4.2.e: Categorie topografiche

Per l'area di intervento si indica un coefficiente di amplificazione topografico **$S_T = 1,0$**

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 14 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

4.2.1 Parametri sismici

Al fine di individuare gli spettri di risposta rappresentativi delle componenti orizzontali e verticali delle azioni sismiche di progetto del territorio indagato, è stato utilizzato un programma di calcolo (Geostru Parametri Sismici) i cui risultati, riferiti ad uno stato limite, sono riassunti e riportati di seguito. Il software permette di calcolare i parametri di pericolosità sismica sulla base delle coordinate del punto.

L'elaborazione sismica è stata effettuata sui punti del tracciato maggiormente significativi per quanto riguarda la rappresentatività delle categorie di sottosuolo, inoltre è stata effettuata più di un'elaborazione sulla medesima litologia, per avere un dato sismico distribuito lungo l'intero tracciato, variando pertanto le coordinate del punto.

Di seguito vengono riportate le elaborazioni dei siti presi in esame, sia nei terreni caratterizzati come sottosuolo di tipo A che sottosuolo di tipo B.

Inoltre sono stati considerati i seguenti parametri comuni a tutte le elaborazioni eseguite:

Vita nominale (Vn): 100 [anni]
 Classe d'uso: IV
 Coefficiente d'uso (Cu): 2
 Periodo di riferimento (Vr): 200 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLO: 120 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLD: 201 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLV: 1898 [anni]
 Periodo di ritorno (Tr) SLC: 2475 [anni]

Tipo di interpolazione: Media ponderata

Pericolosità sismica di sito

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{(1/2)}: 1.000$

Categoria sottosuolo **A**: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di Vs30 superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Categoria sottosuolo **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 Vs,30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu30 maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fina).

Categoria topografica **T1**: Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media minore o uguale a 15°

L'elaborazione sismica è stata effettuata sui punti del tracciato maggiormente significativi sia per quanto riguarda la rappresentatività delle categorie di sottosuolo, sia per quanto riguarda la variabilità litostratigrafica.

Lungo il tracciato sono stati scelti nove punti dove eseguire l'elaborazione sismica.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 15 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sito A affiorano i calcari marnosi e le sabbie di Uggiano, ricoperti da una sottile coltre pedogenetica con una elevata percentuale di rocciosità affiorante. L'area è interessata anche dalla costruzione dell'Impianto di Melendugno.

Sito B il substrato litologico è costituito da calcari marnosi appartenenti alla formazione della Pietra Leccese ricoperti da un suolo tendenzialmente sabbioso moderatamente profondo. A differenza del sito A nell'area diminuisce la rocciosità affiorante e il substrato calcareo presenta una maggiore durezza.

Sito C l'elaborazione sismica è stata finalizzata alla caratterizzazione di un'area interessata dalla realizzazione di un microtunnel per oltrepassare la SP n° 364, senza interferire con la viabilità esistente. Infatti l'attraversamento in sotterraneo non avrà nessuna incidenza sull'utilizzazione della strada anche durante l'esecuzione dei lavori. Il substrato litologico è costituito da calcari di Andrano

Sito D Il sito analizzato ricade in prossimità del bordo di una conca con substrato costituito da calcareniti marnose appartenenti alla medesima formazione del Sito B, ma con assenza di rocciosità affiorante. In corrispondenza del sito D è prevista la realizzazione del microtunnel "Masseria Grande".

Sito E e F ricadono entrambi sulla formazione "calcareniti del Salento costituita da Calcareniti, calcari, sabbie calcaree talvolta argillose.

Sito G ed H Considerata l'estensione e la continuità spaziale dei depositi sabbiosi argillosi appartenenti alla formazione di Gallipoli lungo il tracciato, si è optato di analizzare dal punto di vista sismico due siti. Il primo sito è stato scelto in prossimità dell'attraversamento della SS n°613, mentre il secondo sito è stato posizionato in prossimità del Canale Foggia.

Sito I l'ultima elaborazione sismica riguarda l'impianto in ampliamento di Brindisi Matagiola, posizionato alla fine del tracciato dove affiora la stessa formazione dei Siti G ed H, con assenza di intercalazioni arenacee e calcarenitiche, ma con una abbondante presenza di resti fossiliferi (foraminiferi e molluschi).

Ai siti C, D ed E in funzione delle indagini geofisiche svolte è stata attribuita la categoria di sottosuolo "A", mentre ai siti A, B, F, G, H ed I è stata attribuita la categoria di sottosuolo B.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 16 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sito in esame A (sottosuolo B) Progressiva Km 0+000

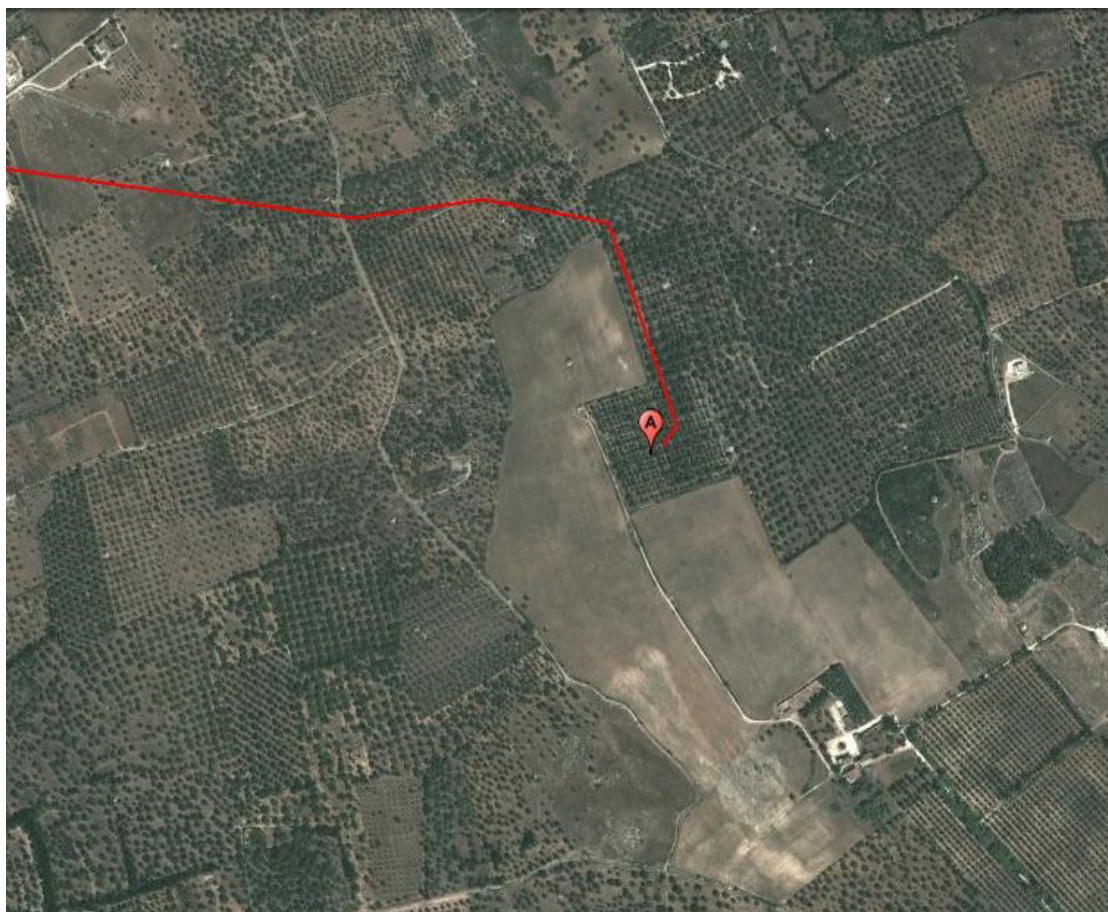



Figura 4.2.1.a – Ubicazione sito A

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	40.2755400	[°]
Longitudine (WGS84):	18.3145700	[°]
Latitudine (ED50):	40.2765200	[°]
Longitudine (ED50):	18.3153400	[°]

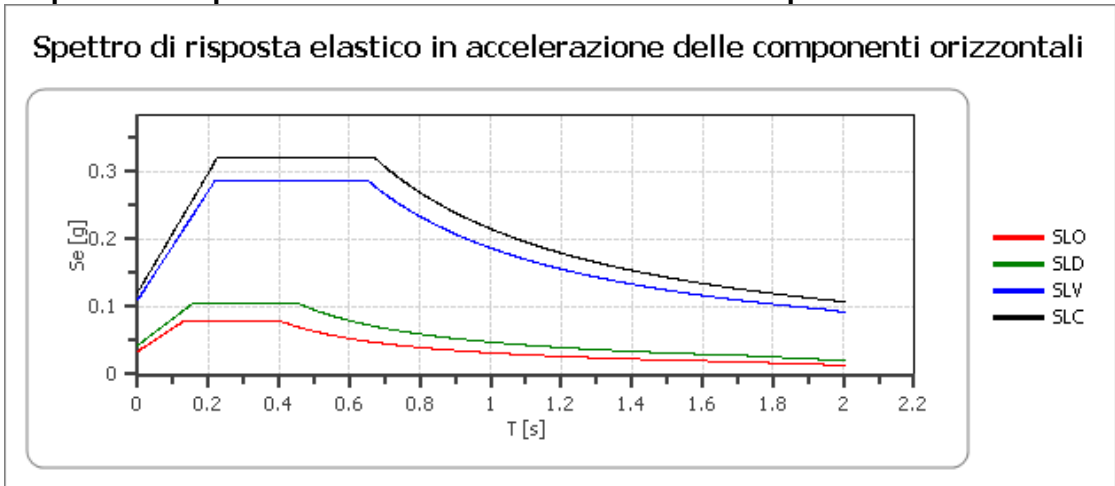
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.028	2.350	0.281
SLD	201	0.036	2.423	0.335
SLV	1898	0.092	2.596	0.523
SLC	2475	0.101	2.636	0.543

Tabella 4.2.1. a: Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limite

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 17 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

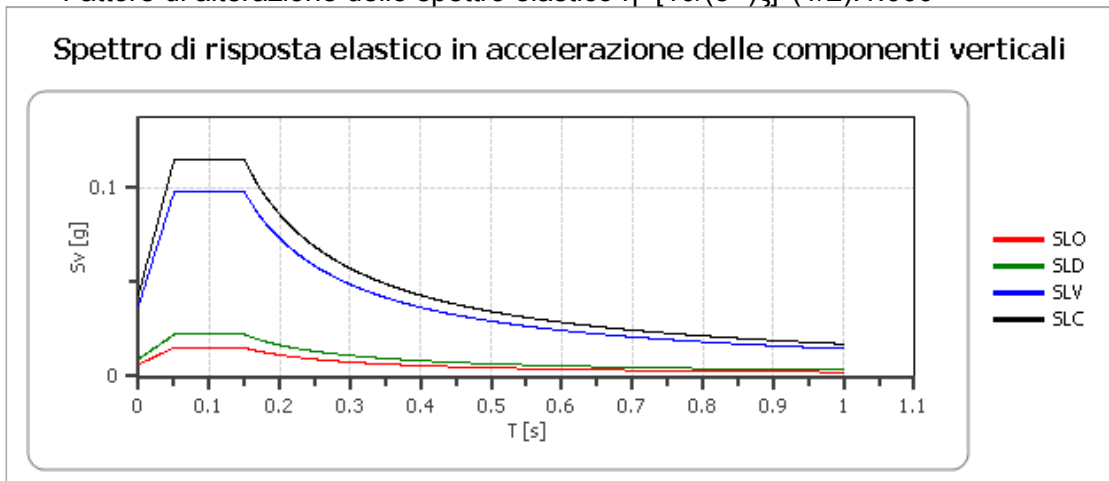


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.028	2.350	0.281	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.133	0.399	1.713	0.034	0.080
SLD	2.0	0.036	2.423	0.335	1.200	1.370	1.000	1.200	1.000	0.153	0.458	1.743	0.043	0.104
SLV	2.0	0.092	2.596	0.523	1.200	1.250	1.000	1.200	1.000	0.218	0.654	1.967	0.110	0.286
SLC	2.0	0.101	2.636	0.543	1.200	1.240	1.000	1.200	1.000	0.224	0.673	2.004	0.121	0.320



Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.028	2.350	0.281	1	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.006	0.015
SLD	2.0	0.036	2.423	0.335	1	1.370	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.009	0.022
SLV	2.0	0.092	2.596	0.523	1	1.250	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.038	0.097
SLC	2.0	0.101	2.636	0.543	1	1.240	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.043	0.114

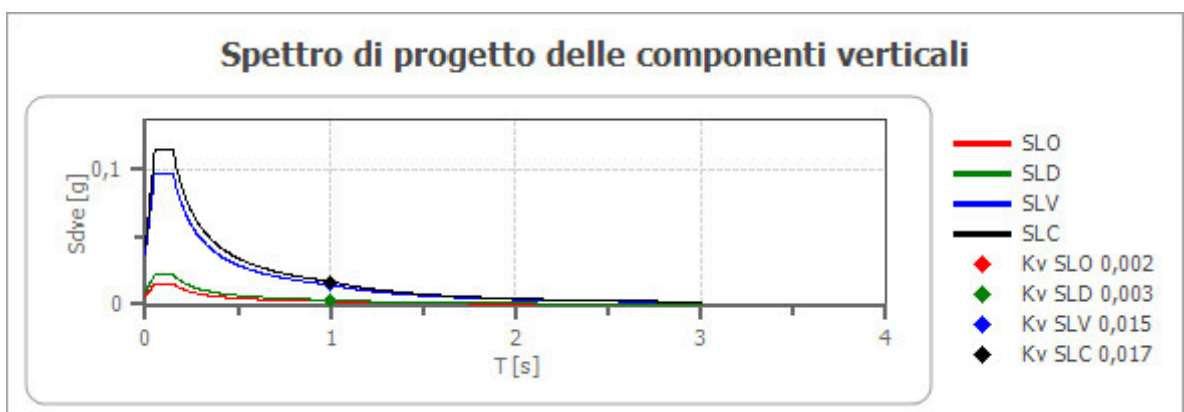
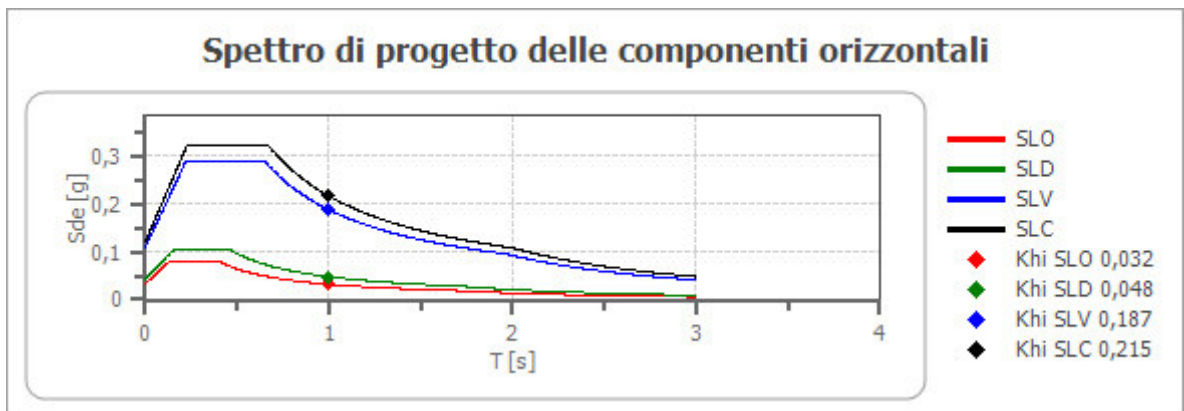
 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 18 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.00
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1.00
 Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
$k_{hi} = S_{de}(T)$ Orizzontale [g]	0.032	0.048	0.187	0.215
$k_{v} = S_{dve}(T)$ Verticale [g]	0.002	0.003	0.015	0.017



 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 19 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2.0	0.028	2.350	0.281	1.200	1.420	1.000	1.200	1.000	0.133	0.399	1.713	0.034	0.080
SLO verticale	2.0	0.028	2.350	0.281	1.200	1.420	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.006	0.015
SLD orizzontale	2.0	0.036	2.423	0.335	1.200	1.370	1.000	1.200	1.000	0.153	0.458	1.743	0.043	0.104
SLD verticale	2.0	0.036	2.423	0.335	1.200	1.370	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.009	0.022
SLV orizzontale	2.0	0.092	2.596	0.523	1.200	1.250	1.000	1.200	1.000	0.218	0.654	1.967	0.110	0.286
SLV verticale	2.0	0.092	2.596	0.523	1.200	1.250	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.038	0.097
SLC orizzontale	2.0	0.101	2.636	0.543	1.200	1.240	1.000	1.200	1.000	0.224	0.673	2.004	0.121	0.320
SLC verticale	2.0	0.101	2.636	0.543	1.200	1.240	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.043	0.114

Sito in esame B (sottosuolo B) Progressiva Km 6+525

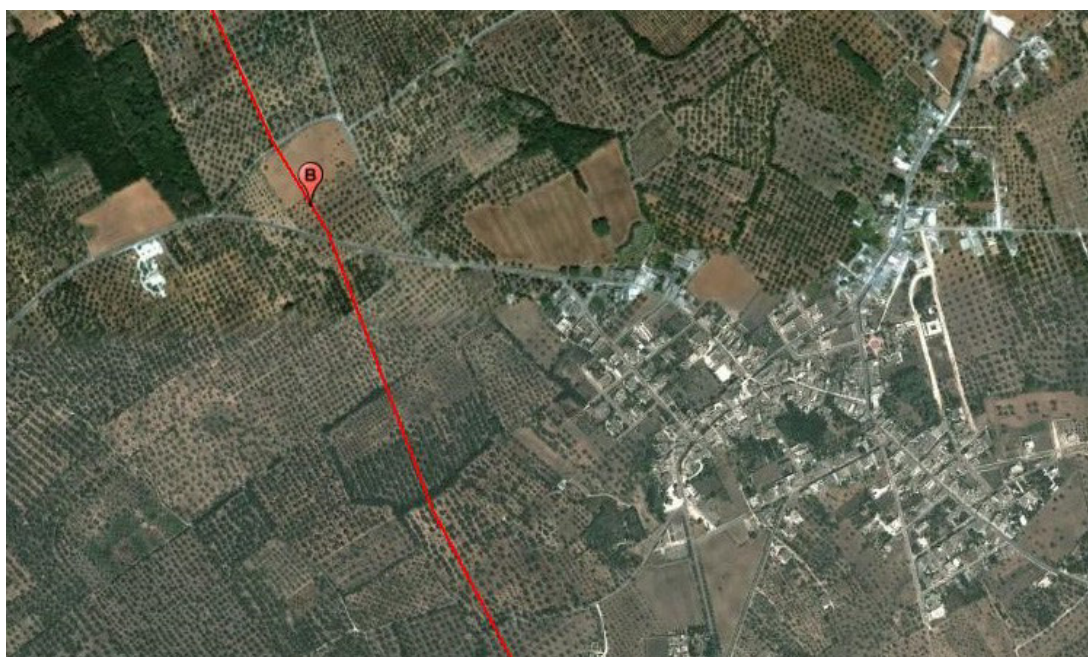


Figura 4.2.1.b – Ubicazione sito B

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	40.3096237	[°]
Longitudine (WGS84):	18.2608662	[°]
Latitudine (ED50):	40.3096237	[°]
Longitudine (ED50):	18.2616400	[°]

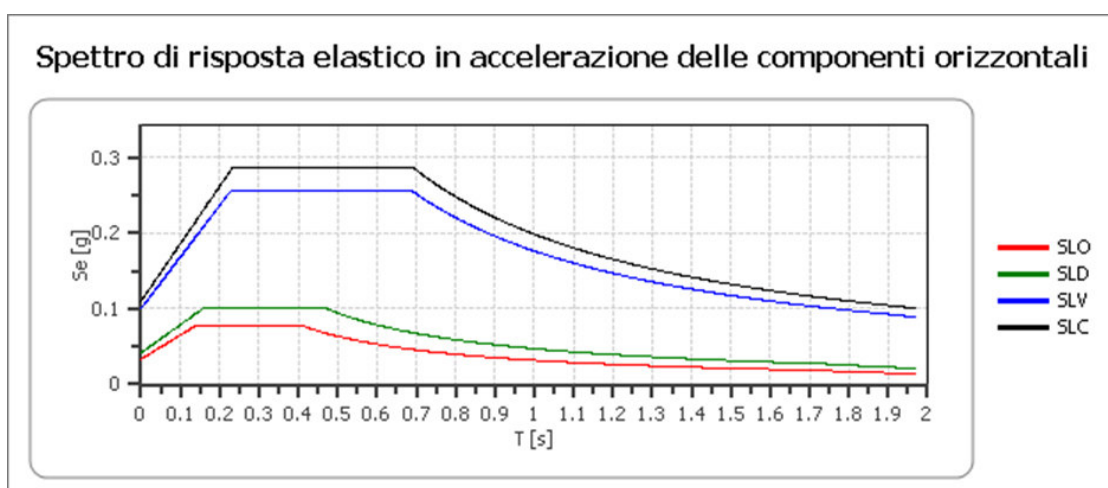
 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 20 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.028	2.315	0.295
SLD	201	0.035	2.392	0.347
SLV	1898	0.084	2.554	0.555
SLC	2475	0.092	2.598	0.565

Tabella 4..2.1.b: Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limiti



Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.028	2.315	0.295	1.200	1.400	1.000	1.200	1.000	0.138	0.413	1.711	0.033	0.077
SLD	2.0	0.035	2.392	0.347	1.200	1.360	1.000	1.200	1.000	0.157	0.471	1.740	0.042	0.100
SLV	2.0	0.084	2.554	0.555	1.200	1.240	1.000	1.200	1.000	0.229	0.688	1.935	0.100	0.256
SLC	2.0	0.092	2.598	0.565	1.200	1.230	1.000	1.200	1.000	0.231	0.694	1.967	0.110	0.286

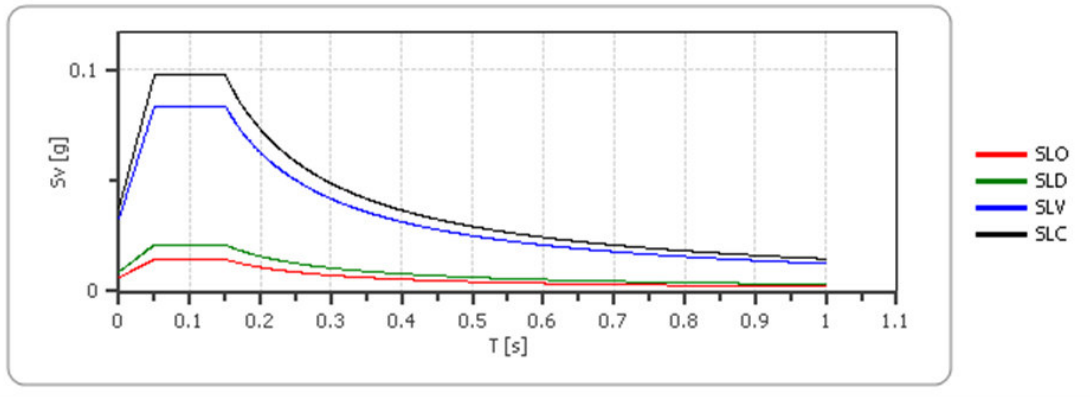
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%
 Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta=[10/(5+\xi)]^{(1/2)}$: 1.000

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 21 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali



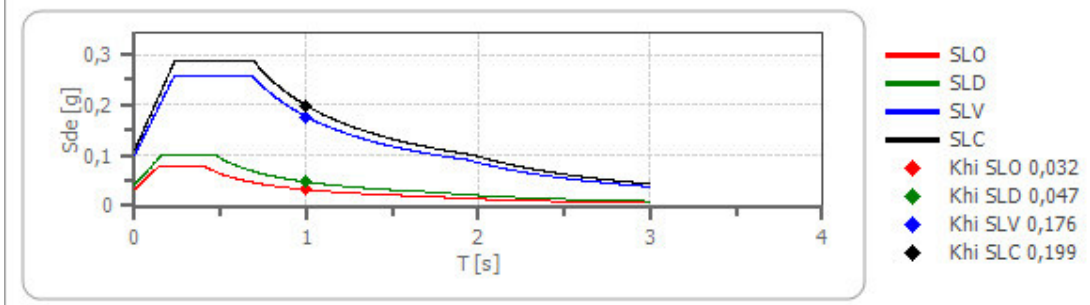
	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.028	2.315	0.295	1	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.006	0.014
SLD	2.0	0.035	2.392	0.347	1	1.360	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.009	0.021
SLV	2.0	0.084	2.554	0.555	1	1.240	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.033	0.083
SLC	2.0	0.092	2.598	0.565	1	1.230	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.037	0.097

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.00
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1.00
 Periodo fondamentale T : 1.00 [s]

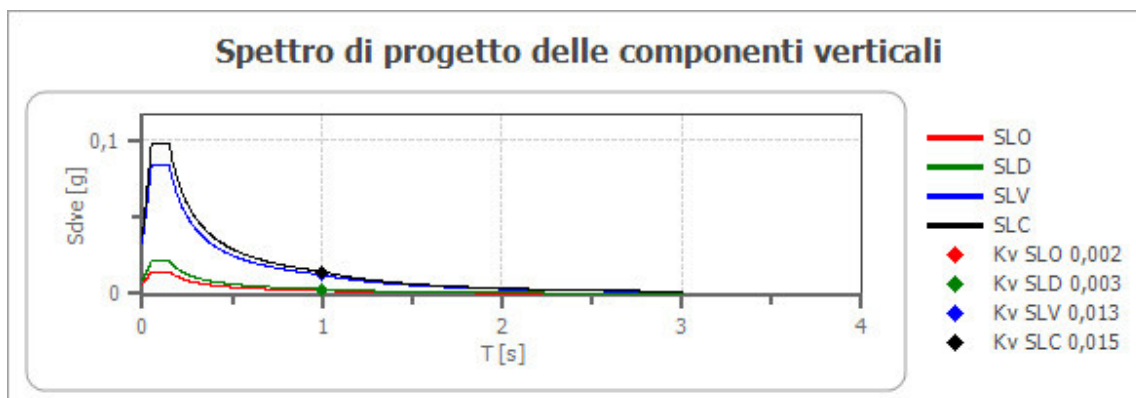
	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.032	0.047	0.176	0.198
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.002	0.003	0.013	0.015

Spettro di progetto delle componenti orizzontali



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 22 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2.0	0.028	2.315	0.295	1.200	1.400	1.000	1.200	1.000	0.138	0.413	1.711	0.033	0.077
SLO verticale	2.0	0.028	2.315	0.295	1.200	1.400	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.006	0.014
SLD orizzontale	2.0	0.035	2.392	0.347	1.200	1.360	1.000	1.200	1.000	0.157	0.471	1.740	0.042	0.100
SLD verticale	2.0	0.035	2.392	0.347	1.200	1.360	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.009	0.021
SLV orizzontale	2.0	0.084	2.554	0.555	1.200	1.240	1.000	1.200	1.000	0.229	0.688	1.935	0.100	0.256
SLV verticale	2.0	0.084	2.554	0.555	1.200	1.240	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.033	0.083
SLC orizzontale	2.0	0.092	2.598	0.565	1.200	1.230	1.000	1.200	1.000	0.231	0.694	1.967	0.110	0.286
SLC verticale	2.0	0.092	2.598	0.565	1.200	1.230	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.037	0.097

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 23 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sito in esame C (sottosuolo A) Progressiva Km 14+560



Figura 4.2.1.c – Ubicazione sito C

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	40.3730000	[°]
Longitudine (WGS84):	18.2435600	[°]
Latitudine (ED50):	40.3739800	[°]
Longitudine (ED50):	18.2443300	[°]

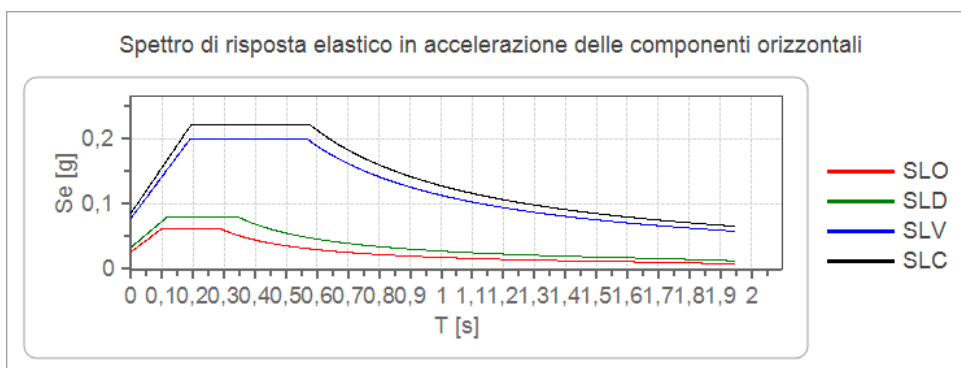
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0,027	2,301	0,291
SLD	201	0,034	2,370	0,346
SLV	1898	0,078	2,540	0,568
SLC	2475	0,086	2,571	0,578

Tabella 4.2.1.c: Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limiti

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 24 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

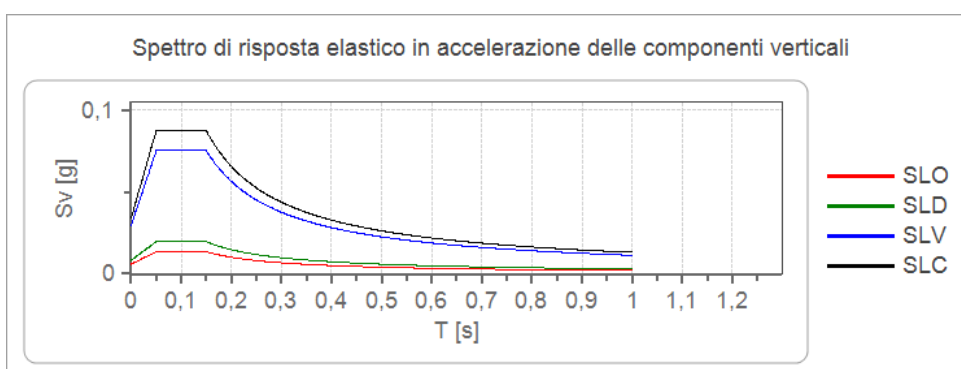


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,027	2,301	0,291	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,097	0,291	1,706	0,027	0,061
SLD	2,0	0,034	2,370	0,346	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,115	0,346	1,734	0,034	0,080
SLV	2,0	0,078	2,540	0,568	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,189	0,568	1,914	0,078	0,199
SLC	2,0	0,086	2,571	0,578	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,193	0,578	1,944	0,086	0,221

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,027	2,301	0,291	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,013
SLD	2,0	0,034	2,370	0,346	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,020
SLV	2,0	0,078	2,540	0,568	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,030	0,075
SLC	2,0	0,086	2,571	0,578	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,034	0,088

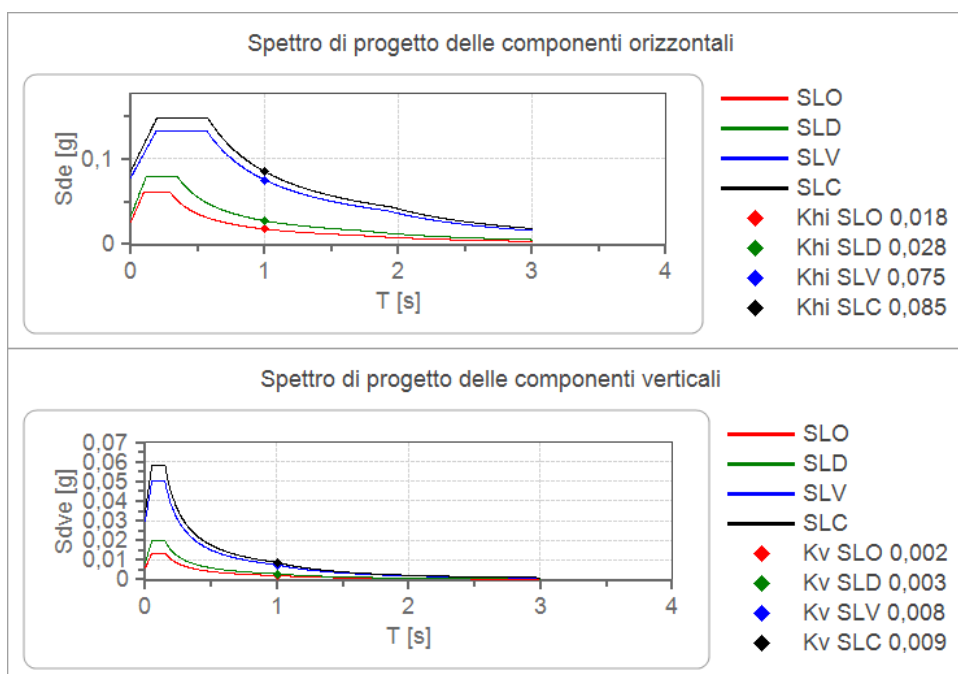
 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 25 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
 Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,018	0,028	0,075	0,085
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,002	0,003	0,008	0,009



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,027	2,301	0,291	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,097	0,291	1,706	0,027	0,061
SLO verticale	2,0	0,027	2,301	0,291	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,013
SLD orizzontale	2,0	0,034	2,370	0,346	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,115	0,346	1,734	0,034	0,080
SLD verticale	2,0	0,034	2,370	0,346	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,020
SLV orizzontale	2,0	0,078	2,540	0,568	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,189	0,568	1,914	0,078	0,133
SLV verticale	2,0	0,078	2,540	0,568	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,030	0,050
SLC orizzontale	2,0	0,086	2,571	0,578	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,193	0,578	1,944	0,086	0,147
SLC verticale	2,0	0,086	2,571	0,578	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,034	0,058

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 26 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sito in esame D (sottosuolo A) Progressiva Km 23+560

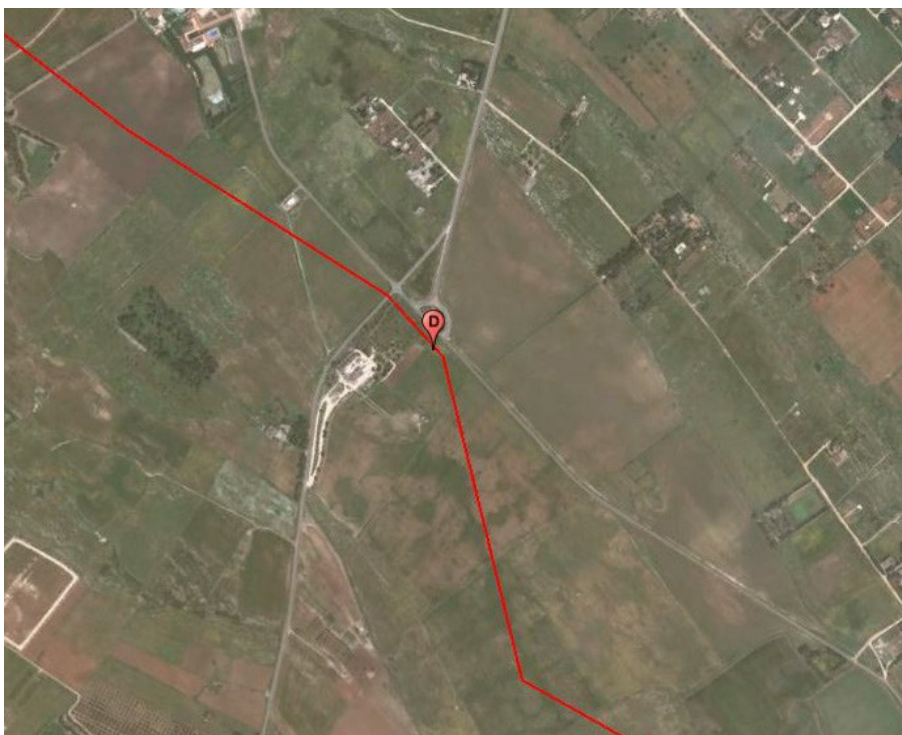


Figura 4.2.1.d– Ubicazione sito D

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	40.4319500	[°]
Longitudine (WGS84):	18.1802100	[°]
Latitudine (ED50):	40.4329300	[°]
Longitudine (ED50):	18.1809900	[°]

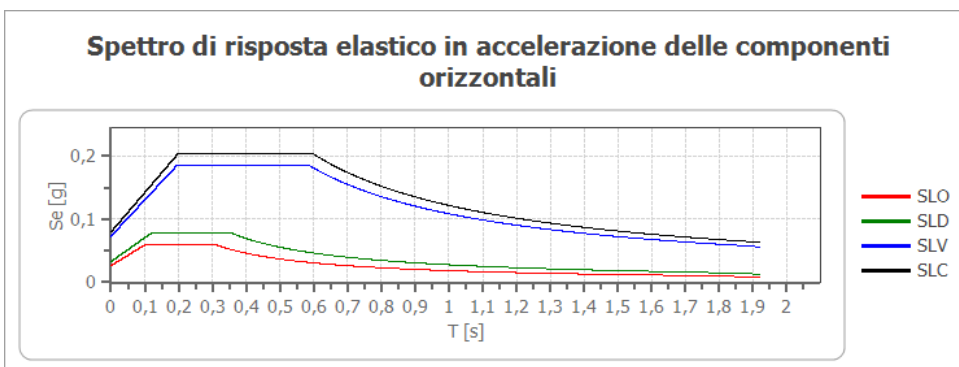
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0,026	2,289	0,307
SLD	201	0,033	2,373	0,358
SLV	1898	0,073	2,539	0,586
SLC	2475	0,080	2,564	0,597

Tabella 4..2.1.d: Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limiti

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 27 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

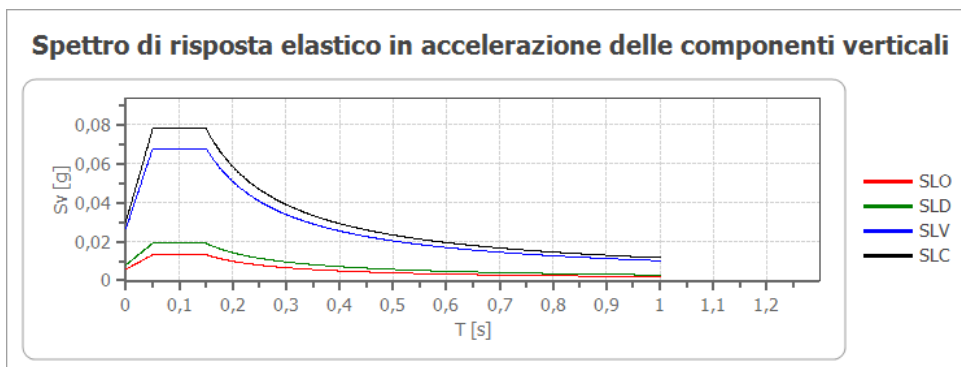


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,026	2,289	0,307	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,102	0,307	1,705	0,026	0,060
SLD	2,0	0,033	2,373	0,358	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,119	0,358	1,731	0,033	0,078
SLV	2,0	0,073	2,539	0,586	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,195	0,586	1,892	0,073	0,185
SLC	2,0	0,080	2,564	0,597	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,199	0,597	1,919	0,080	0,204

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,026	2,289	0,307	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,013
SLD	2,0	0,033	2,373	0,358	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,019
SLV	2,0	0,073	2,539	0,586	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,027	0,068
SLC	2,0	0,080	2,564	0,597	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,030	0,078

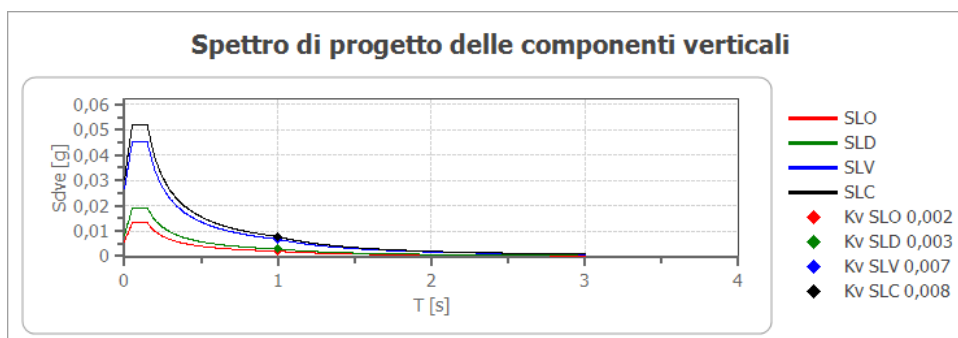
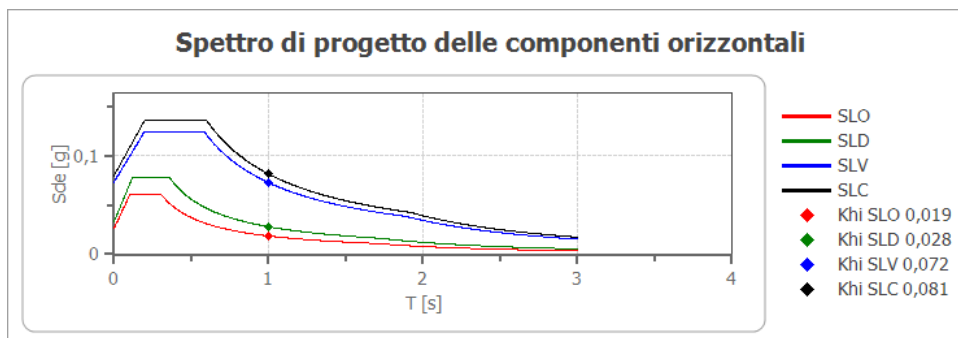
Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
 Periodo fondamentale T: 1.00[s]

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 28 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,019	0,028	0,072	0,081
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,002	0,003	0,007	0,008



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,026	2,289	0,307	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,102	0,307	1,705	0,026	0,060
SLO verticale	2,0	0,026	2,289	0,307	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,013
SLD orizzontale	2,0	0,033	2,373	0,358	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,119	0,358	1,731	0,033	0,078
SLD verticale	2,0	0,033	2,373	0,358	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,019
SLV orizzontale	2,0	0,073	2,539	0,586	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,195	0,586	1,892	0,073	0,124
SLV verticale	2,0	0,073	2,539	0,586	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,027	0,045
SLC orizzontale	2,0	0,080	2,564	0,597	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,199	0,597	1,919	0,080	0,136
SLC verticale	2,0	0,080	2,564	0,597	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,030	0,052

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 29 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sito in esame E (sottosuolo A) Progressiva Km 31+350





Figura 4.2.1.e – Ubicazione sito E

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	40.4724100	[°]
Longitudine (WGS84):	18.1081500	[°]
Latitudine (ED50):	40.4733900	[°]
Longitudine (ED50):	18.1089300	[°]

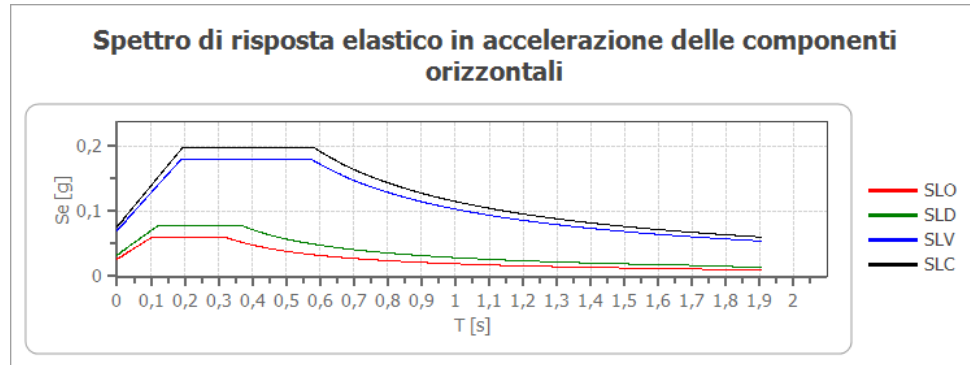
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0,026	2,290	0,317
SLD	201	0,033	2,388	0,366
SLV	1898	0,070	2,578	0,571
SLC	2475	0,076	2,608	0,580

Tabella 4.2.1.e: Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limiti

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 30 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

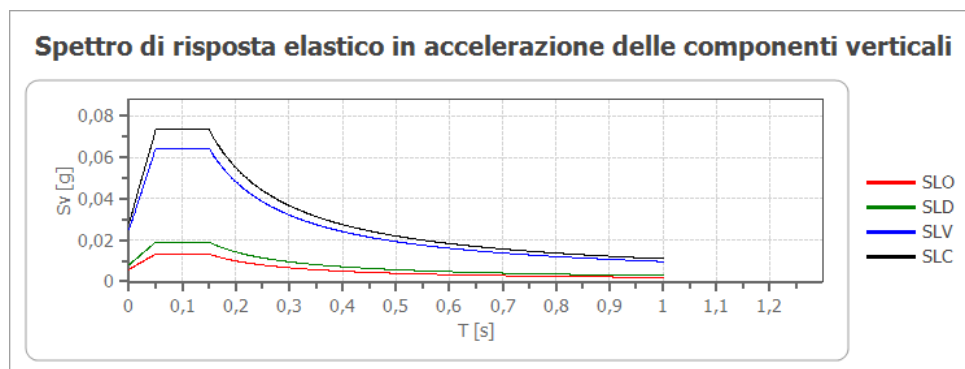
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,026	2,290	0,317	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,106	0,317	1,706	0,026	0,061
SLD	2,0	0,033	2,388	0,366	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,122	0,366	1,731	0,033	0,078
SLV	2,0	0,070	2,578	0,571	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,190	0,571	1,880	0,070	0,180
SLC	2,0	0,076	2,608	0,580	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,193	0,580	1,903	0,076	0,197

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%
 Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10 / (5 + \xi)]^{1/2}$: 1.000



 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 31 di 55	Rev. 1

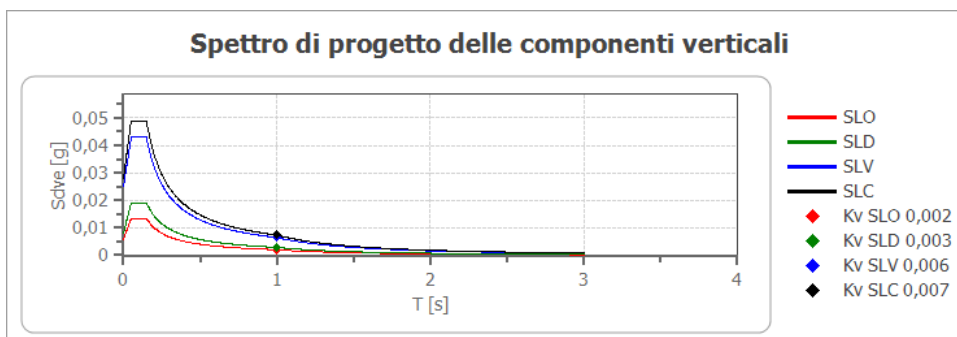
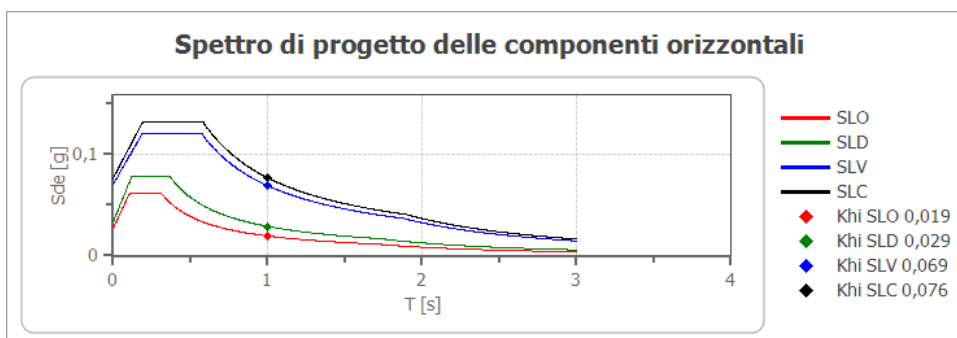
Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,026	2,290	0,317	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,013
SLD	2,0	0,033	2,388	0,366	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,019
SLV	2,0	0,070	2,578	0,571	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,064
SLC	2,0	0,076	2,608	0,580	1	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,028	0,073

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q : 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q : 1.50
 Periodo fondamentale T : 1.00[s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,019	0,029	0,069	0,076
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,002	0,003	0,006	0,007



 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 32 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,026	2,290	0,317	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,106	0,317	1,706	0,026	0,061
SLO verticale	2,0	0,026	2,290	0,317	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,013
SLD orizzontale	2,0	0,033	2,388	0,366	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,122	0,366	1,731	0,033	0,078
SLD verticale	2,0	0,033	2,388	0,366	1,000	1,000	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,019
SLV orizzontale	2,0	0,070	2,578	0,571	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,190	0,571	1,880	0,070	0,120
SLV verticale	2,0	0,070	2,578	0,571	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,025	0,043
SLC orizzontale	2,0	0,076	2,608	0,580	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,193	0,580	1,903	0,076	0,132
SLC verticale	2,0	0,076	2,608	0,580	1,000	1,000	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,028	0,049

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 33 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sito in esame F (sottosuolo B) Progressiva Km 38+050

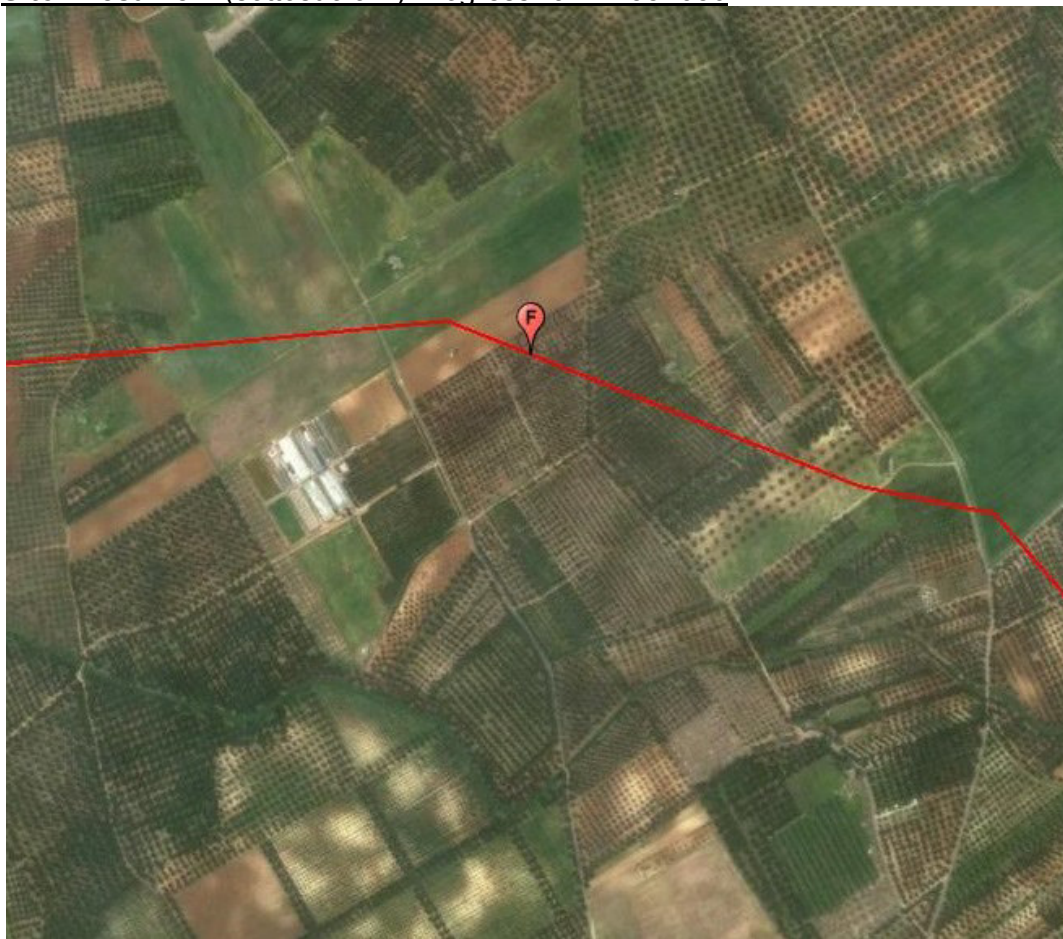


Figura 4.2.1.f – Ubicazione sito F

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	40.5123100	[°]
Longitudine (WGS84):	18.0514600	[°]
Latitudine (ED50):	40.5132900	[°]
Longitudine (ED50):	18.0522400	[°]

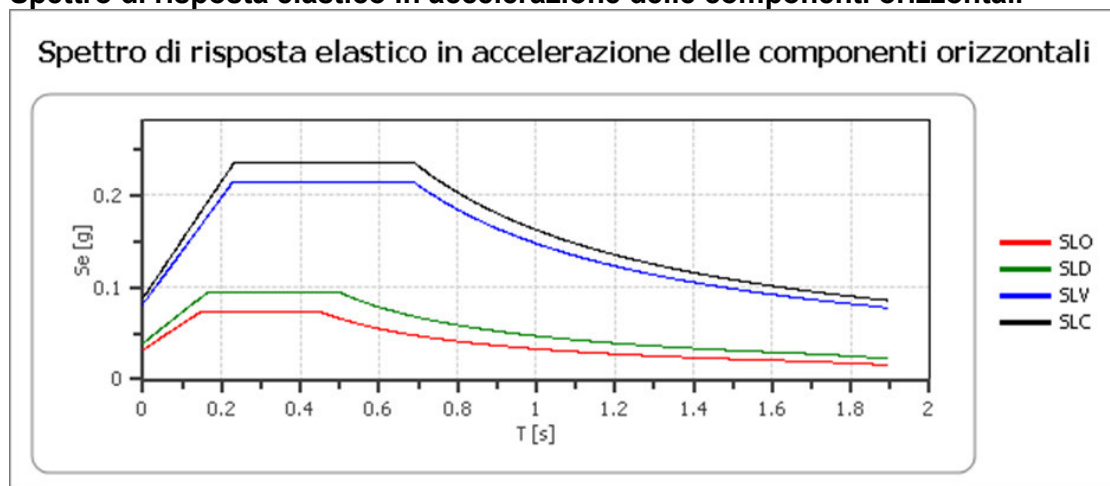
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0.027	2.306	0.323
SLD	201	0.033	2.401	0.370
SLV	1898	0.068	2.623	0.554
SLC	2475	0.073	2.660	0.562

Tabella 4..2.1.f: Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limiti

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 34 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.027	2.306	0.323	1.200	1.380	1.000	1.200	1.000	0.149	0.446	1.707	0.032	0.074
SLD	2.0	0.033	2.401	0.370	1.200	1.340	1.000	1.200	1.000	0.165	0.496	1.732	0.039	0.095
SLV	2.0	0.068	2.623	0.554	1.200	1.240	1.000	1.200	1.000	0.229	0.687	1.872	0.082	0.214
SLC	2.0	0.073	2.660	0.562	1.200	1.230	1.000	1.200	1.000	0.230	0.691	1.894	0.088	0.234

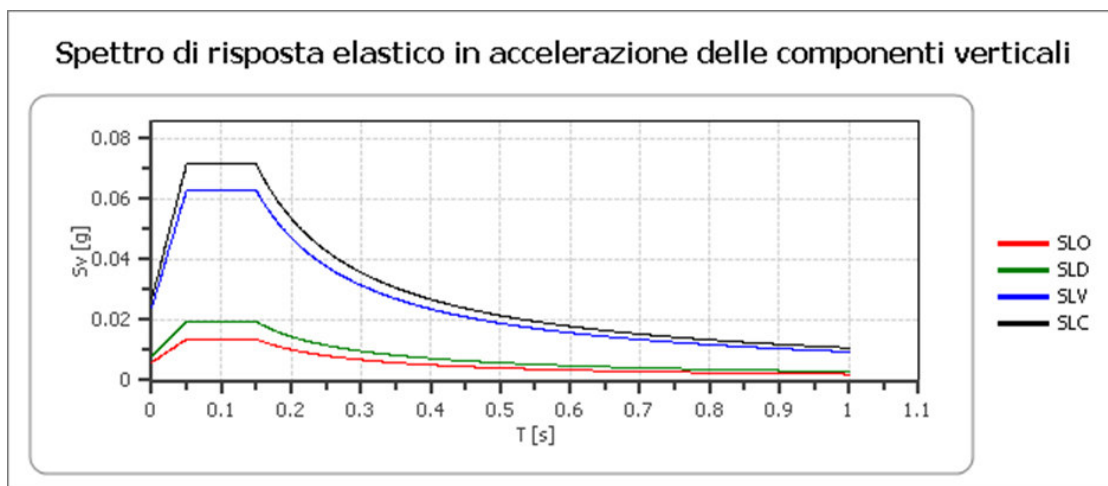
 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 35 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2.0	0.027	2.306	0.323	1	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.006	0.014
SLD	2.0	0.033	2.401	0.370	1	1.340	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.008	0.019
SLV	2.0	0.068	2.623	0.554	1	1.240	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.024	0.063
SLC	2.0	0.073	2.660	0.562	1	1.230	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.071

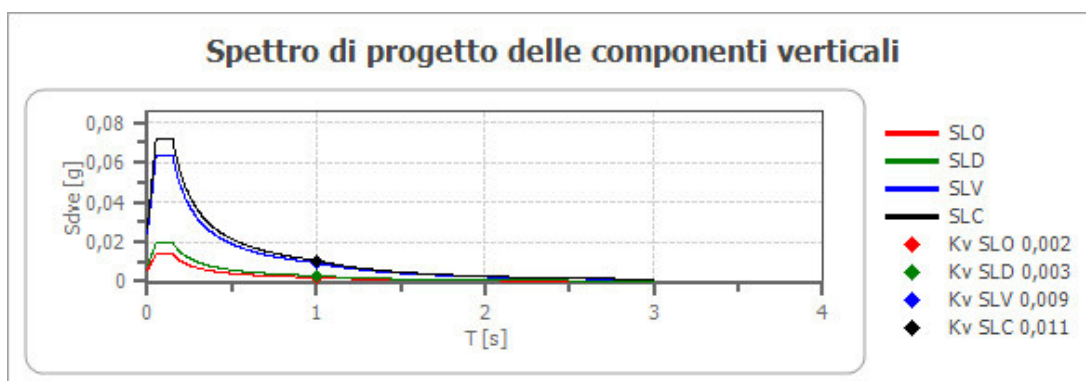
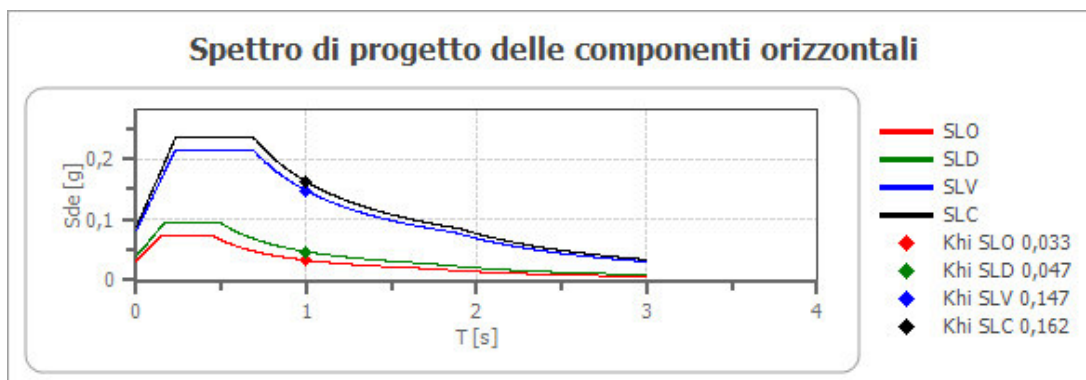
Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.00
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1.00
 Periodo fondamentale T: 1.00 [s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0.033	0.047	0.147	0.162
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0.002	0.003	0.009	0.011

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 36 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2.0	0.027	2.306	0.323	1.200	1.380	1.000	1.200	1.000	0.149	0.446	1.707	0.032	0.074
SLO verticale	2.0	0.027	2.306	0.323	1.200	1.380	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.006	0.014
SLD orizzontale	2.0	0.033	2.401	0.370	1.200	1.340	1.000	1.200	1.000	0.165	0.496	1.732	0.039	0.095
SLD verticale	2.0	0.033	2.401	0.370	1.200	1.340	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.008	0.019
SLV orizzontale	2.0	0.068	2.623	0.554	1.200	1.240	1.000	1.200	1.000	0.229	0.687	1.872	0.082	0.214
SLV verticale	2.0	0.068	2.623	0.554	1.200	1.240	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.024	0.063
SLC orizzontale	2.0	0.073	2.660	0.562	1.200	1.230	1.000	1.200	1.000	0.230	0.691	1.894	0.088	0.234
SLC verticale	2.0	0.073	2.660	0.562	1.200	1.230	1.000	1.000	1.000	0.050	0.150	1.000	0.027	0.071

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 37 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sito in esame G (sottosuolo B) Progressiva Km 41+650

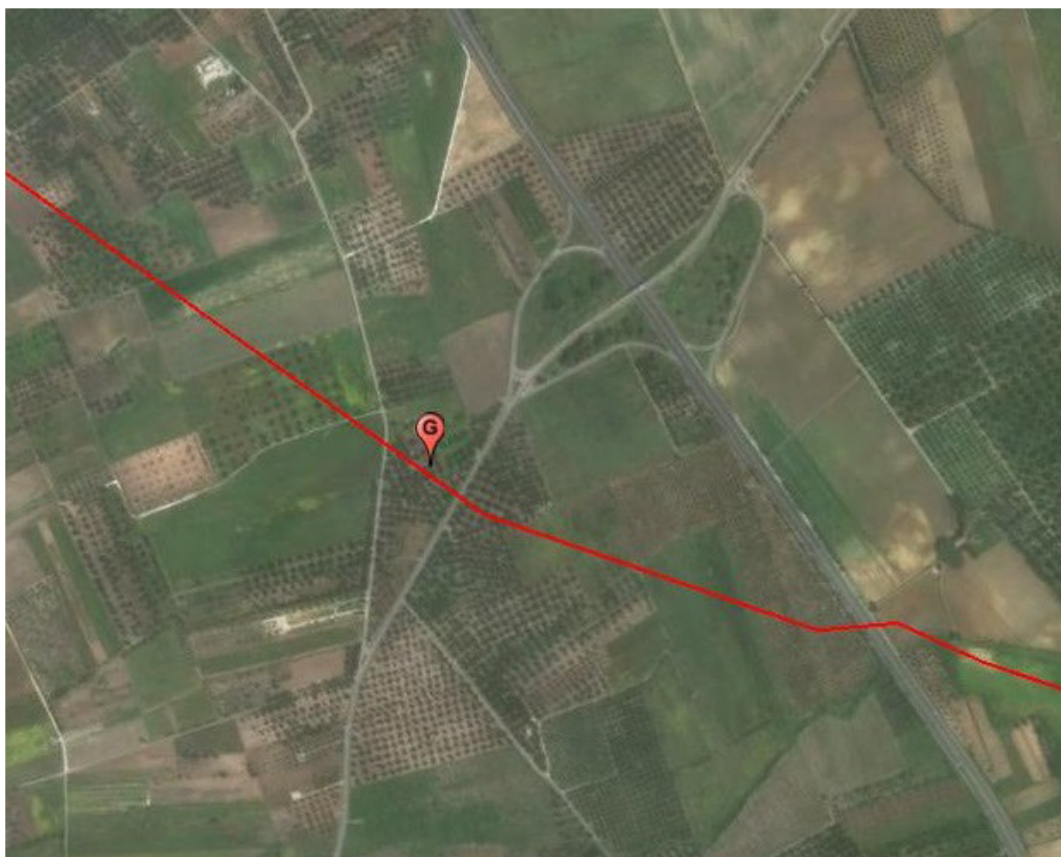


Figura 4.2.1.g – Ubicazione sito G

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	40.5186800	[°]
Longitudine (WGS84):	18.0130600	[°]
Latitudine (ED50):	40.5196600	[°]
Longitudine (ED50):	18.0138400	[°]

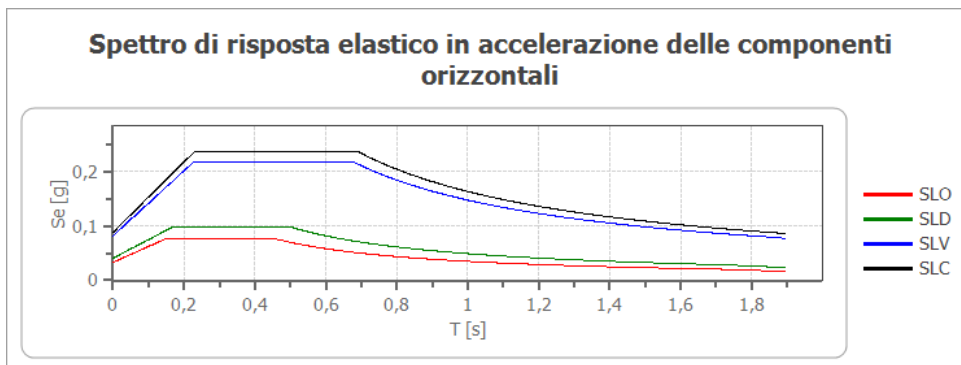
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0,028	2,326	0,331
SLD	201	0,034	2,415	0,374
SLV	1898	0,068	2,646	0,548
SLC	2475	0,073	2,687	0,556

Tabella 4..2.1.g: Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limiti

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 38 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

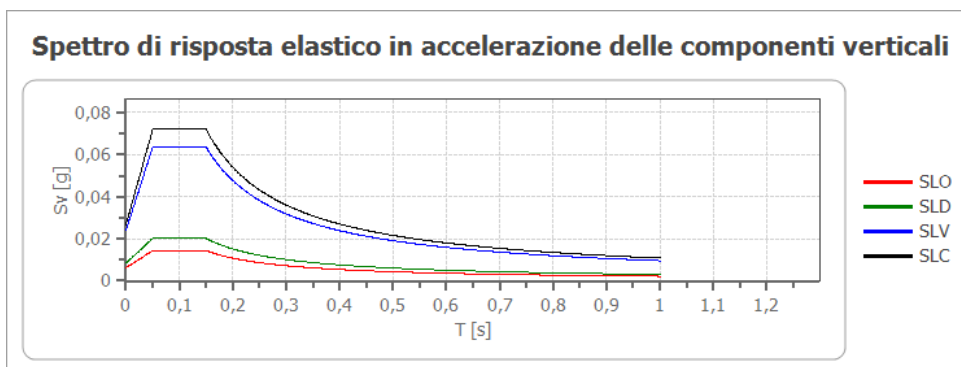
Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,028	2,326	0,331	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,151	0,453	1,710	0,033	0,077
SLD	2,0	0,034	2,415	0,374	1,200	1,340	1,000	1,200	1,000	0,167	0,501	1,735	0,040	0,098
SLV	2,0	0,068	2,646	0,548	1,200	1,240	1,000	1,200	1,000	0,226	0,679	1,873	0,082	0,217
SLC	2,0	0,073	2,687	0,556	1,200	1,240	1,000	1,200	1,000	0,230	0,689	1,893	0,088	0,236

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%
 Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,028	2,326	0,331	1	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,014
SLD	2,0	0,034	2,415	0,374	1	1,340	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,020
SLV	2,0	0,068	2,646	0,548	1	1,240	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,024	0,064
SLC	2,0	0,073	2,687	0,556	1	1,240	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,027	0,072

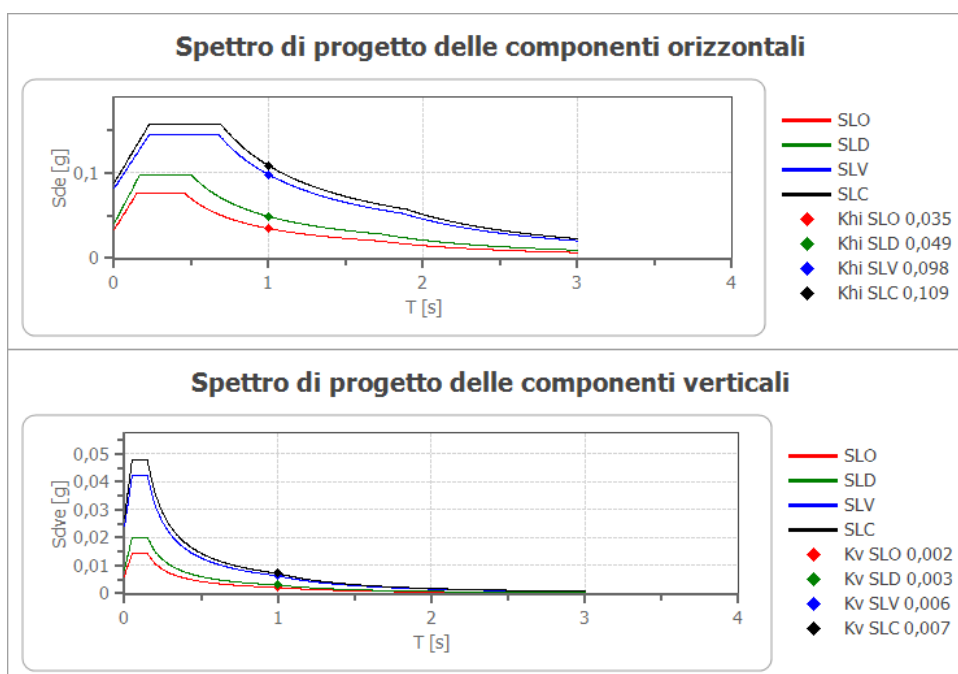
 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 39 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
 Periodo fondamentale T: 1.00[s]

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,035	0,049	0,098	0,109
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,002	0,003	0,006	0,007



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,028	2,326	0,331	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,151	0,453	1,710	0,033	0,077
SLO verticale	2,0	0,028	2,326	0,331	1,200	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,014
SLD orizzontale	2,0	0,034	2,415	0,374	1,200	1,340	1,000	1,200	1,000	0,167	0,501	1,735	0,040	0,098
SLD verticale	2,0	0,034	2,415	0,374	1,200	1,340	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,008	0,020
SLV orizzontale	2,0	0,068	2,646	0,548	1,200	1,240	1,000	1,200	1,500	0,226	0,679	1,873	0,082	0,144
SLV verticale	2,0	0,068	2,646	0,548	1,200	1,240	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,024	0,042
SLC orizzontale	2,0	0,073	2,687	0,556	1,200	1,240	1,000	1,200	1,500	0,230	0,689	1,893	0,088	0,158
SLC verticale	2,0	0,073	2,687	0,556	1,200	1,240	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,027	0,048

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 40 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sito in esame H (sottosuolo B) Progressiva Km 47+760

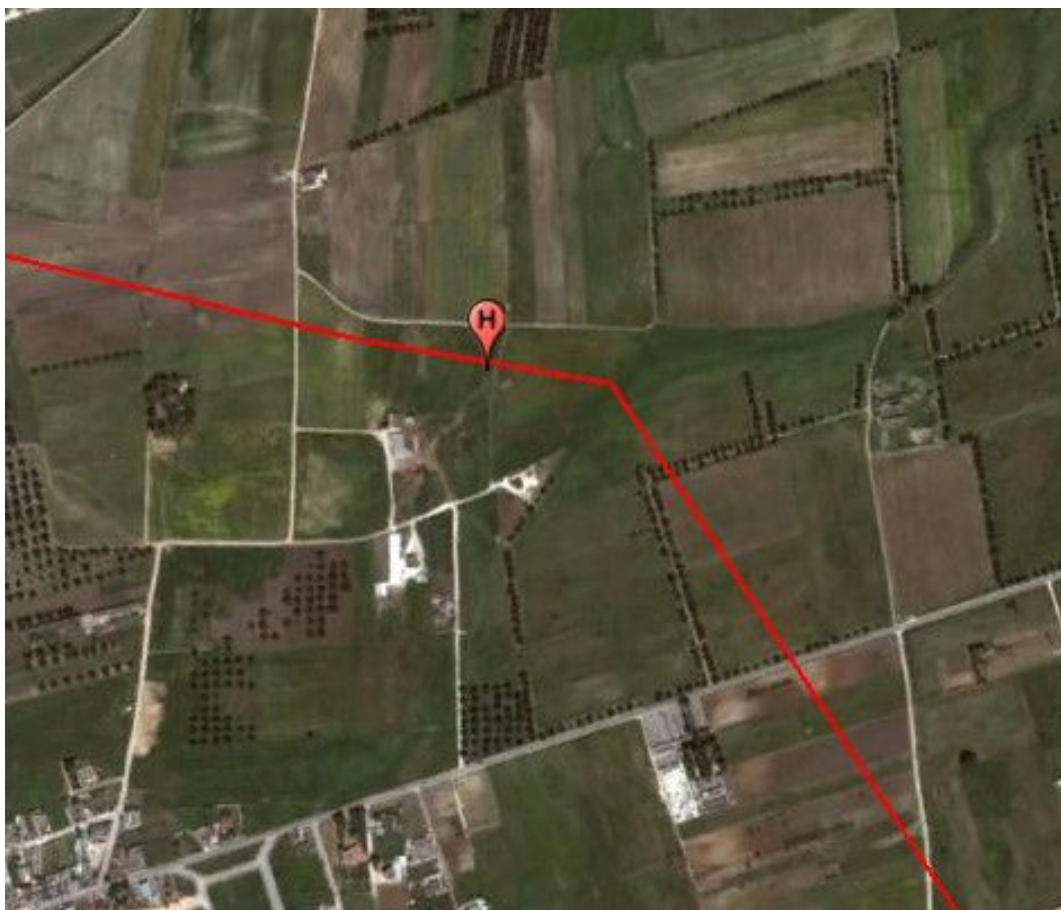


Figura 4.2.1.h– Ubicazione sito H

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	40.5509400	[°]
Longitudine (WGS84):	17.9590100	[°]
Latitudine (ED50):	40.5519200	[°]
Longitudine (ED50):	17.9597900	[°]

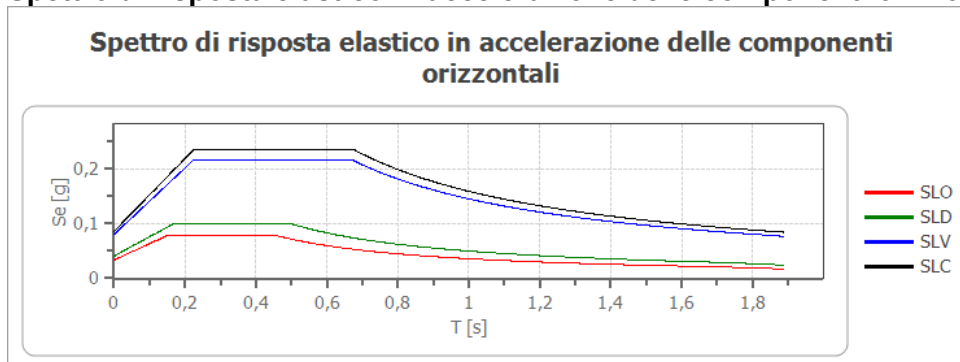
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0,028	2,345	0,332
SLD	201	0,034	2,433	0,374
SLV	1898	0,067	2,691	0,538
SLC	2475	0,072	2,738	0,545

Tabella 4..2.1.h: Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limiti

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 41 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

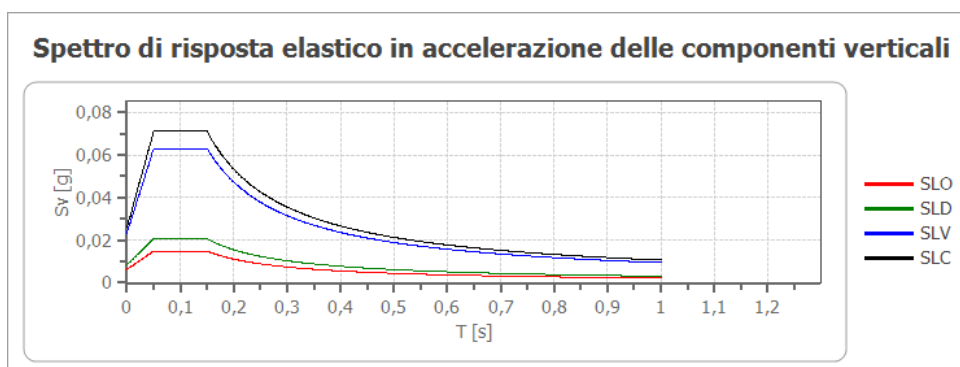


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,028	2,345	0,332	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,152	0,455	1,712	0,034	0,079
SLD	2,0	0,034	2,433	0,374	1,200	1,340	1,000	1,200	1,000	0,167	0,501	1,736	0,041	0,100
SLV	2,0	0,067	2,691	0,538	1,200	1,250	1,000	1,200	1,000	0,224	0,672	1,868	0,080	0,216
SLC	2,0	0,072	2,738	0,545	1,200	1,240	1,000	1,200	1,000	0,225	0,675	1,887	0,086	0,236

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,028	2,345	0,332	1	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,015
SLD	2,0	0,034	2,433	0,374	1	1,340	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,009	0,021
SLV	2,0	0,067	2,691	0,538	1	1,250	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,023	0,063
SLC	2,0	0,072	2,738	0,545	1	1,240	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,026	0,071

Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50

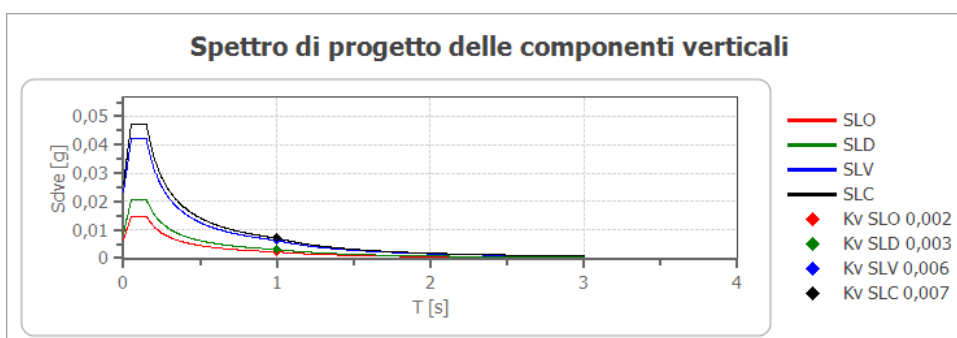
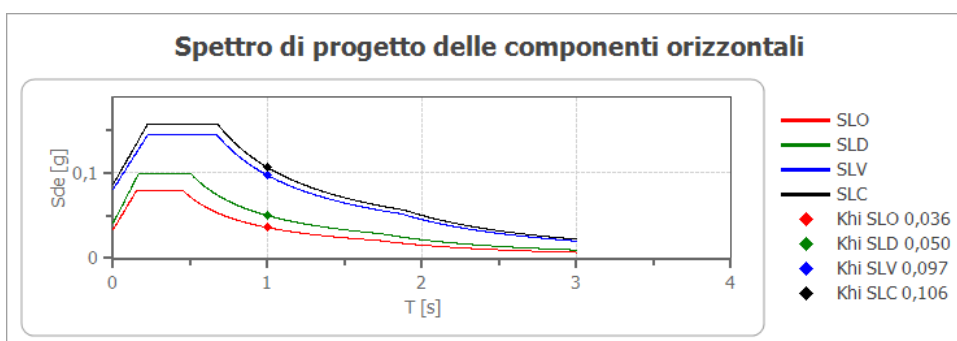
Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50

Periodo fondamentale T: 1.00[s]

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 42 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,036	0,050	0,097	0,106
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,002	0,003	0,006	0,007



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,028	2,345	0,332	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,152	0,455	1,712	0,034	0,079
SLO verticale	2,0	0,028	2,345	0,332	1,200	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,006	0,015
SLD orizzontale	2,0	0,034	2,433	0,374	1,200	1,340	1,000	1,200	1,000	0,167	0,501	1,736	0,041	0,100
SLD verticale	2,0	0,034	2,433	0,374	1,200	1,340	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,009	0,021
SLV orizzontale	2,0	0,067	2,691	0,538	1,200	1,250	1,000	1,200	1,500	0,224	0,672	1,868	0,080	0,144
SLV verticale	2,0	0,067	2,691	0,538	1,200	1,250	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,023	0,042
SLC orizzontale	2,0	0,072	2,738	0,545	1,200	1,240	1,000	1,200	1,500	0,225	0,675	1,887	0,086	0,157
SLC verticale	2,0	0,072	2,738	0,545	1,200	1,240	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,026	0,047

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 43 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sito in esame I (sottosuolo B) Progressiva Km 55+532



Figura 4.2.1.i– Ubicazione sito I

Coordinate geografiche del punto

Latitudine (WGS84):	40.5828300	[°]
Longitudine (WGS84):	17.8859900	[°]
Latitudine (ED50):	40.5838100	[°]
Longitudine (ED50):	17.8867800	[°]

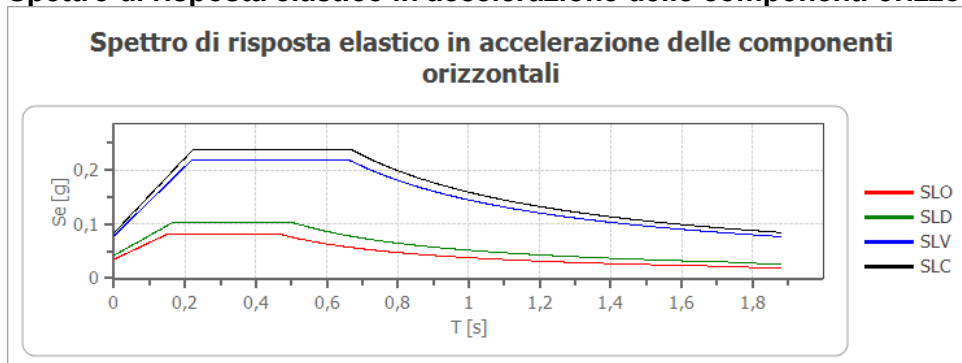
Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	120	0,029	2,362	0,336
SLD	201	0,035	2,443	0,374
SLV	1898	0,066	2,777	0,529
SLC	2475	0,070	2,835	0,535

Tabella 4..2.1.i: Parametri sismici del punto d'indagine della pericolosità sismica per i diversi stati limiti

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 44 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali

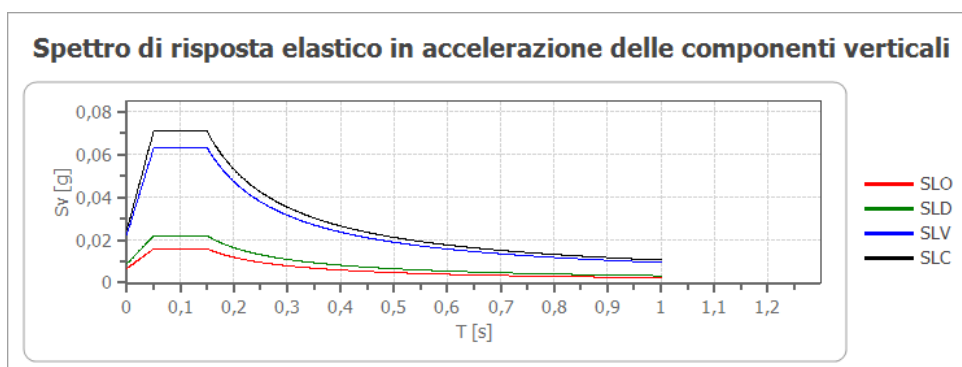


	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,029	2,362	0,336	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,153	0,460	1,717	0,035	0,083
SLD	2,0	0,035	2,443	0,374	1,200	1,340	1,000	1,200	1,000	0,167	0,501	1,741	0,042	0,104
SLV	2,0	0,066	2,777	0,529	1,200	1,250	1,000	1,200	1,000	0,220	0,661	1,863	0,079	0,219
SLC	2,0	0,070	2,835	0,535	1,200	1,250	1,000	1,200	1,000	0,223	0,668	1,880	0,084	0,238

Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti verticali

Coefficiente di smorzamento viscoso ξ : 5%

Fattore di alterazione dello spettro elastico $\eta = [10/(5+\xi)]^{1/2}$: 1.000



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	η [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Se(0) [g]	Se(TB) [g]
SLO	2,0	0,029	2,362	0,336	1	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,007	0,016
SLD	2,0	0,035	2,443	0,374	1	1,340	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,009	0,022
SLV	2,0	0,066	2,777	0,529	1	1,250	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,023	0,063
SLC	2,0	0,070	2,835	0,535	1	1,250	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,025	0,071

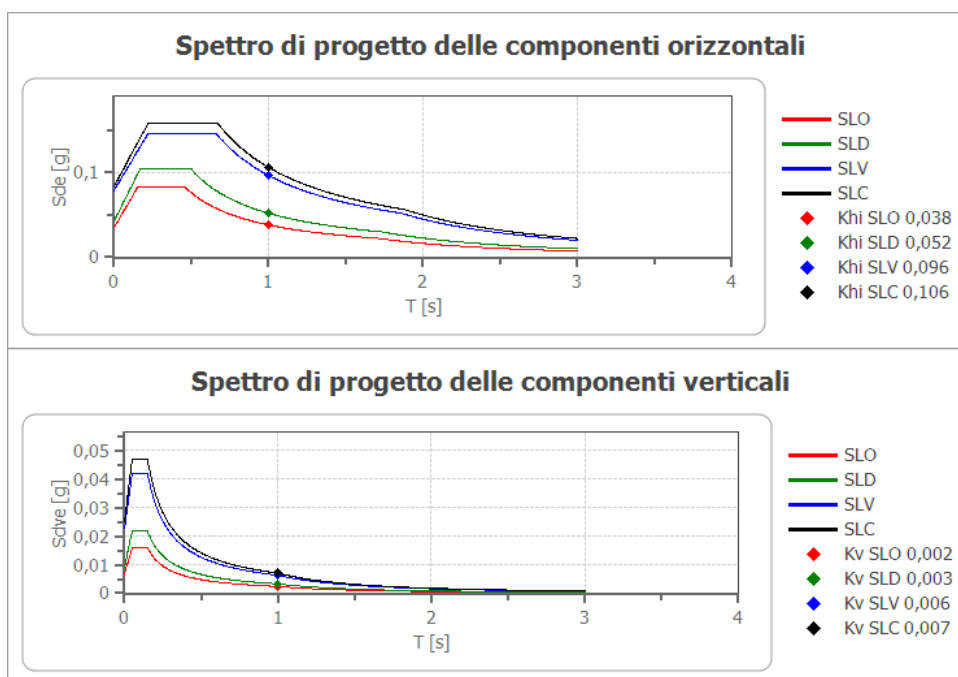
Spettro di progetto

Fattore di struttura spettro orizzontale q: 1.50
 Fattore di struttura spettro verticale q: 1.50
 Periodo fondamentale T: 1.00[s]

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 45 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

	SLO	SLD	SLV	SLC
khi = Sde(T) Orizzontale [g]	0,038	0,052	0,096	0,106
kv = Sdve(T) Verticale [g]	0,002	0,003	0,006	0,007



	cu	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	Ss [-]	Cc [-]	St [-]	S [-]	q [-]	TB [s]	TC [s]	TD [s]	Sd(0) [g]	Sd(TB) [g]
SLO orizzontale	2,0	0,029	2,362	0,336	1,200	1,370	1,000	1,200	1,000	0,153	0,460	1,717	0,035	0,083
SLO verticale	2,0	0,029	2,362	0,336	1,200	1,370	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,007	0,016
SLD orizzontale	2,0	0,035	2,443	0,374	1,200	1,340	1,000	1,200	1,000	0,167	0,501	1,741	0,042	0,104
SLD verticale	2,0	0,035	2,443	0,374	1,200	1,340	1,000	1,000	1,000	0,050	0,150	1,000	0,009	0,022
SLV orizzontale	2,0	0,066	2,777	0,529	1,200	1,250	1,000	1,200	1,500	0,220	0,661	1,863	0,079	0,146
SLV verticale	2,0	0,066	2,777	0,529	1,200	1,250	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,023	0,042
SLC orizzontale	2,0	0,070	2,835	0,535	1,200	1,250	1,000	1,200	1,500	0,223	0,668	1,880	0,084	0,159
SLC verticale	2,0	0,070	2,835	0,535	1,200	1,250	1,000	1,000	1,500	0,050	0,150	1,000	0,025	0,047

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 46 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

5. Analisi dei dati della pericolosità sismica di base


Dalle singole elaborazioni eseguite non si hanno differenze significative dei parametri all'interno delle singole categorie di sottosuolo sismico considerate. Infatti lungo il tracciato del metanodotto la differenza tra i valori massimi e minimi, dei singoli parametri sismici, sono ritenute non significative e pertanto si può assumere per le due categorie di suolo considerate i valori medi riportati nelle tabelle seguenti:

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	khi = Sde(T) Orizzontale [g]	kv = Sdve(T) Verticale [g]
SLO	120	0,026	2,289	0,307	120	0,026
SLD	201	0,033	2,373	0,358	201	0,033
SLV	1898	0,073	2,539	0,586	1898	0,073
SLC	2475	0,080	2,564	0,597	2475	0,080

Tabella 5.a: Valori medi dei Parametri sismici della pericolosità sismica per la categoria di suolo sismico A

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]	khi = Sde(T) Orizzontale [g]	kv = Sdve(T) Verticale [g]
SLO	120	0.027	2.306	0.323	120	0.027
SLD	201	0.033	2.401	0.370	201	0.033
SLV	1898	0.068	2.623	0.554	1898	0.068
SLC	2475	0.073	2.660	0.562	2475	0.073

Tabella 5.b: Valori medi dei Parametri sismici della pericolosità sismica per la categoria di suolo sismico B

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 47 di 55	Rev. 1

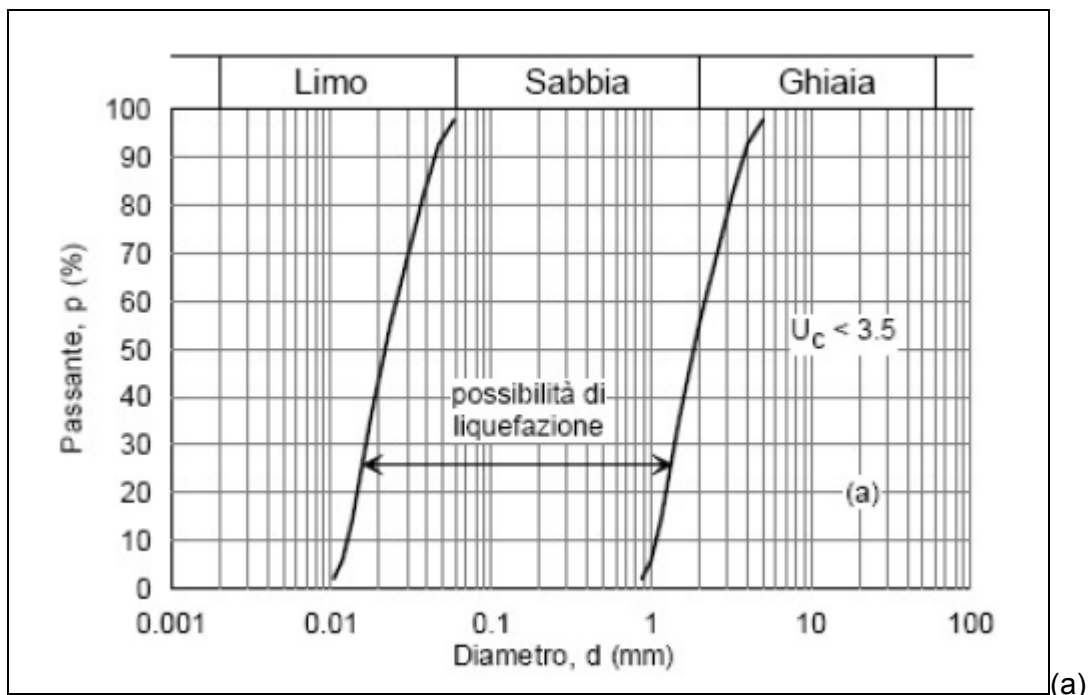
Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017



6. LIQUEFAZIONE

Con la liquefazione si verificano un insieme di fenomeni associati alla perdita di resistenza al taglio o ad accumulo di deformazioni plastiche in terreni saturi, prevalentemente sabbiosi, sollecitati da azioni cicliche e dinamiche che agiscono in condizioni non drenate.

In alcuni casi, come riportato nel par. 7.11.3.4.2 del D.M. 14/01/2008 la verifica alla liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- Eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;
- Accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1 g;
- Profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} < 180$ 180 dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 Kpa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 Kpa;
- Distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate in figura 6.a nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$ ed in figura 6.b nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$.



	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 48 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

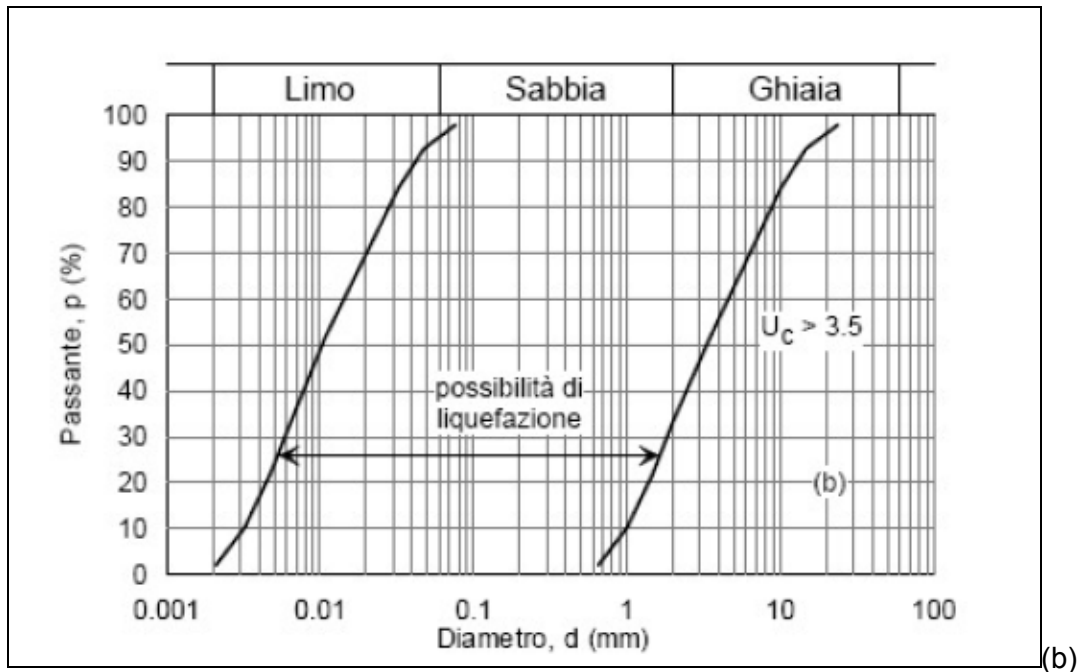


Figure 6.a, 6.b Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione.

In generale si può affermare che il tracciato del metanodotto intercetta un contesto geomorfologico ed idrogeologico tale da ritenere **nulla la pericolosità indotta dalla liquefazione**. Infatti, gran parte del tracciato interessa un substrato litologico costituito da rocce calcaree (categoria di suolo A) ricoperte da una sottile coltre con assenza di fenomeni di liquefazione. Nei comuni di Torchiarolo, San Pietro Vernotico e Brindisi si hanno sedimenti costituiti principalmente da sabbie argillose passanti inferiormente ad argille grigio azzurre (categorie di suolo B). Anche in questo caso, la natura dei sedimenti e l'elevato grado di addensamento e costipazione, inducono ad ipotizzare una scarsa o nulla propensione alla liquefazione. Anche i dati della campagna geognostica, in particolare le granulometrie dei campioni di terreno analizzato, hanno confermato la distanza dalle fasce critiche.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 49 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

7. VERIFICA STRUTTURALE ALLO SCUOTIMENTO SISMICO

I rischi sismici relativi alle condotte a pressione in acciaio interrate sono in genere limitati a quelli che producono deformazione permanente del terreno lungo il tracciato della condotta o grandi spostamenti di terra transitori che si traducono in significativi deformazioni permanenti a seguito di un terremoto.

Questi rischi includono principalmente fagliazione superficiale, liquefazione del terreno, movimento di diffusione laterale, liquefazione indotta, frane ed assestamenti in prossimità della superficie.

In generale è possibile affermare che il problema della rottura di condotte di gas durante o successivamente all'evento sismico è la conseguenza delle deformazioni permanenti del suolo che possono essere di tipo:

- brusco e repentino, come causato da una faglia geologica attiva o da un grande assestamento sismico;
- spazialmente distribuite come prodotto da frane del terreno o diffusione laterale a causa della liquefazione.

La deformazione del suolo in seguito ad un evento sismico può manifestarsi in senso longitudinale (parallelamente all'asse della condotta), o trasversale (perpendicolarmente all'asse condotta).

Durante il terremoto, generalmente, la condotta tenta di seguire il terreno e soltanto in presenza di eventi di elevata intensità si possono manifestare deformazioni significative, lungo la superficie di contatto tra il terreno circostante e la condotta stessa. Gli eventi sismici di elevata potenza inducono deformazioni e carichi sulle condotte interrate, quando le sollecitazioni e gli sforzi raggiungono livelli superiori all'ammissibile o addirittura alla tensione di snervamento, si può verificare la rottura della condotta.

Dalla consultazione della bibliografia tecnico-scientifica nazionale ed internazionale si evince che la rottura di una condotta durante o in seguito ad un terremoto è uno scenario piuttosto raro, in quanto i metanodotti sono progettati con coefficienti di sicurezza tali che le sollecitazioni tipiche dei terremoti non comportano conseguenze critiche e tantomeno rotture. Questo non significa che la progettazione di tali infrastrutture non debba seguire appropriate e più cautelative procedure, ma permette di confermare che la costruzione di condotte può essere presa in considerazione anche in suoli ad alto rischio sismico, se opportunamente accompagnata da adeguate misure preventive, da un'analisi completa dei suoli e da un'attenta e scrupolosa attività di controllo e manutenzione della condotta.

E' inoltre necessaria, in fase di progetto, un'attendibile valutazione delle azioni dinamiche indotte dal moto sismico sulle condotte, in modo da assicurarne un'adeguata resistenza e quindi l'affidabilità a fronte dei carichi sismici previsti dalla normativa: è evidente infatti, che nel caso di collassi del terreno causati dal terremoto (quali frane o liquefazioni), o di deformazioni permanenti del suolo (ad esempio per spostamenti di faglia), si possa verificare un danneggiamento della condotta e in casi estremi la rottura e l'interruzione del servizio.

In definitiva, relativamente alle tubazioni in alta pressione, né la letteratura tecnica italiana né quella internazionale riporta casi di rottura di tubazioni integre in acciaio, saldate e controllate con le attuali tecniche, per effetto dello scuotimento sismico del terreno. I casi conosciuti riguardano reti di distribuzione in ghisa o tubi affetti da gravi fenomeni corrosivi.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 50 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Sulla condotta in progetto è stata eseguita una verifica strutturale allo scuotimento sismico considerando il massimo terremoto di progetto previsto lungo il tracciato, calcolato in accordo a quanto previsto dalle nuove norme tecniche NTC 2008.

Le sollecitazioni calcolate attraverso il metodo di verifica descritto nelle "Guidelines For The Design Of Buried Steel Pipe" (ALA ASCE FEMA 2005) e alle "Guidelines for the Seismic Design and Assessment of Natural Gas and Liquid Hydrocarbon Pipelines" (PRCI (Pipeline Research Council International) 2004), vengono confrontate con gli stress ammissibili previsti dalla normativa internazionale di riferimento (ASME B31.8).

Il dettaglio dell'analisi eseguita ed i relativi risultati sono riportati nell'Annesso 1. Le verifiche hanno evidenziato l'idoneità dello spessore di progetto a sopportare le sollecitazioni trasmesse dal movimento transitorio del terreno durante l'evento sismico.

Dai risultati si evince inoltre che in nessun caso si avvicinano i valori di resistenza a rottura dell'acciaio utilizzato per le condotte in progetto. Lo spessore delle tubazioni sia nei tratti rettilinei che in quelli in curva è pertanto idoneo ad assorbire le sollecitazioni sismiche trasmesse.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 51 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

8. CONCLUSIONI

Il territorio interessato dal metanodotto in progetto è caratterizzato generalmente da una scarsa sismicità. L'assenza di strutture tettoniche importanti attive e la bassa variabilità litologica e morfologica dell'intera area studiata confermano questa caratteristica. Dalla consultazione dei cataloghi sismici i terremoti più elevati si sono verificati nella Puglia settentrionale dove si ha una variabilità geomorfologica del territorio molto più articolata. Invece l'area interessata dal progetto viene considerata stabile.

L'intero tracciato del metanodotto può essere suddiviso in due categorie di sottosuolo sismico differenti.

Ai tratti compresi tra il comune di Melendugno e quello di Lizzanello e tra il confine comunale di Lecce/Torchiarolo fino a Brindisi, dove affiorano prevalentemente calcareniti marnose nella prima parte e sabbie argillose nella seconda, viene attribuito una categoria di sottosuolo sismico B: ovvero 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 NSPT30 maggiore di 50 nei terreni a grana grossa e cu_{30} maggiore di 250 kPa nei terreni a grana fine).

Invece il tratto compreso tra il comune di Lizzanello e Lecce, dove si ha la presenza dei calcari, viene attribuita la categoria di sottosuolo di tipo A: Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.

Per le due categorie di suolo individuate sono stati ricavati i parametri della pericolosità sismica di base. I parametri ricavati risultano coerenti con quanto riportato in bibliografia, ovvero aree a bassa pericolosità sismica. Inoltre dal confronto eseguito dei singoli parametri sismici, riferiti ai diversi punti analizzati lungo il tracciato, non si hanno differenze significative e pertanto possono essere assunti dei valori medi per i due tratti considerati.

In generale si può affermare che il tracciato del metanodotto intercetta un contesto geomorfologico ed idrogeologico tale da ritenere nulla la pericolosità indotta dalla liquefazione. Gran parte della condotta è posata su un substrato litologico costituito da rocce calcaree (categoria di suolo A) ricoperte da una sottile coltre di suolo con assenza di fenomeni di liquefazione.

Nei comuni di Melendugno, Torchiarolo, San Pietro Vernotico e Brindisi si hanno sedimenti costituiti principalmente da sabbie argillose passanti inferiormente ad argille grigio azzurre (categorie di suolo B). Anche in questo caso, la natura dei sedimenti, l'elevato grado di addensamento e costipazione, confermano la scarsa o nulla propensione alla liquefacibilità.

Infine con i parametri sismici del territorio è stata eseguita la verifica strutturale della condotta di acciaio allo scuotimento sismico secondo i criteri e le linee guida per le condotte interrate (tra cui le NTC 2008). I risultati delle analisi riportate nell'Annesso 1 hanno evidenziato l'idoneità dello spessore di progetto a sopportare le sollecitazioni trasmesse dal movimento transitorio del terreno durante l'evento sismico.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 52 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

Dai risultati si evince inoltre che in nessun caso si avvicinano i valori di resistenza a rottura dell'acciaio utilizzato per le condotte in progetto. Lo spessore delle tubazioni sia nei tratti rettilinei che in quelli in curva è pertanto idoneo ad assorbire le sollecitazioni sismiche trasmesse.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 53 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

9. BIBLIOGRAFIA



- D.Rossi (1969) Note illustrative della Carta Geologica d'Italia – Fogli 203-204-213
- Del Gaudio V. (2007); Elementi per la stima della pericolosità sismica in Puglia. Geologi e Territorio, n°2, pp. 30-36.
- Mario Tozzi (1993); Assetto tettonico dell'avanpaese apulo meridionale (Murge Meridionali-Salento) sulla base dei dati strutturali.
- DISS (Database of Individual Seismogenic Sources)
- <http://esse1.mi.ingv.it/> : Dati online pericolosità sismica dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.
- Geostru PS Advanced – Pericolosità sismica di base e di sito.
- Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con DM 14 gennaio 2008, pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale n. 29 del 4 febbraio 2008 – Suppl. Ordinario n. 30.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 54 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

10. ELENCO DEI SIMBOLI

ag	Accelerazione massima al suolo
F_o	Fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima orizzontale
T_c	Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro
V_N	Vita Nominale
C_U	Classe d'uso
V_R	Periodo di riferimento per l'azione sismica
SLO	Stato limite di operatività
SLD	Stato limite di danno
SLV	Stato limite di salvaguardia della Vita
SLC	Stato limite di prevenzione del Collasso
T1	Categoria Topografica
S_s	Coefficiente di amplificazione stratigrafica
C_c	Coefficiente in funzione della categoria di sottosuolo
S_T	Coefficiente di amplificazione topografica
T_c	Periodo corrispondente all'inizio del tratto a velocità costante dello spettro
T_B	Periodo corrispondente all'inizio del tratto dello spettro di accelerazione costante
T_D	Periodo corrispondente all'inizio del tratto a spostamento costante dello spettro
η	Fattore che altera lo spettro elastico per coefficienti di smorzamento viscosi
q	Fattore di struttura
T_r	Tempo di ritorno
S	Coefficiente che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche
ξ	Coefficiente di smorzamento viscoso
$S_e(0)$	Valore dello spettro in accelerazione per $T=0$
$S_e(T_B)$	Valore dello spettro in accelerazione per $T=T_B$
K _{hi}	Spostamento delle componenti orizzontali
K _v	Spostamento delle componenti verticali

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-001	
	PROGETTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 55 di 55	Rev. 1

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5017

11. ANNESSO

- **Doc. RE-SIS-002 “Studio scuotimento sismico”**

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56'') DP 75 bar	Pagina 1 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

REGIONE PUGLIA

METANODOTTO:

INTERCONNESSIONE TAP DN 1400(56''), DP 75 bar

STUDIO SCUOTIMENTO SISMICO

2	Aggiornamento - Emissione per Informazione	M. Pigliapoco	M. Begini	H.D. AIUDI F.FERRINI	04/08/2017
1	Emissione per permessi	M. Pigliapoco	M. Begini	H.D. AIUDI F.FERRINI	31/08/2015
0	Emissione per commenti	M. Pigliapoco	M. Begini	H.D. AIUDI F.FERRINI	04/08/2015
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato Autorizzato	Data

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 2 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Scopo del documento	3
1.2	Normativa di riferimento	3
1.3	Abbreviazioni	3
2	DATI DI CALCOLO	4
2.1	Dati sismici	4
2.2	Condizioni di progetto	4
2.3	Parametri meccanici	4
3	VERIFICA ALLO SCUOTIMENTO SISMICO	5
3.1	Premessa	5
3.2	Criterio di verifica	6
3.3	Metodologia di calcolo tratto rettilineo	6
3.3.1	<i>Massima deformazione indotta dalle onde sismiche</i>	7
3.4	Metodologia di calcolo tratto in curva	10
3.4.1	<i>Applicazione del criterio di verifica</i>	12
3.4.2	<i>Parametri geotecnici</i>	13
4	RISULTATI DEL CALCOLO	14
4.1	Dati in ingresso	14
4.2	Verifica Tratto rettilineo	15
4.3	Verifica Tratto in curva	16
5	CONCLUSIONI	17

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 3 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

INTRODUZIONE

1.1 Scopo del documento

La presente relazione di analisi sismica si riferisce al:

- Metanodotto Interconnessione TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar

I calcoli e le verifiche effettuate prendono in considerazione il massimo terremoto di progetto previsto lungo il tracciato, calcolato in accordo a quanto previsto dalle nuove norme tecniche NTC (Rif.[2]). Le sollecitazioni calcolate attraverso il metodo di verifica descritto nelle "Guidelines For The Design Of Buried Steel Pipe" (Rif.[4]), e alle "Guidelines for the Seismic Design and Assessment of Natural Gas and Liquid Hydrocarbon Pipelines" (Rif.[5]), vengono confrontate con gli ammissibili previsti dalla normativa internazionale di riferimento (Rif.[1]).

1.2 Normativa di riferimento

[1] ASME B31.8 - 2010 Gas Transmission and Distribution Piping Systems

(solo per applicazioni specifiche es. trappole bidirezionali);

[2] NTC2008 Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

[3] ASCE 1984 – Guidelines for the Seismic Design Of Oil And Gas Pipeline System

[4] ALA ASCE FEMA 2005 - Guidelines For The Design Of Buried Steel Pipe

[5] PRCI (Pipeline Research Council International) 2004 - Guidelines for the Seismic Design and Assessment of Natural Gas and Liquid Hydrocarbon Pipelines

[6] UNI EN 1993-4-3:2007 "Eurocodice 3 - Progettazione delle strutture di acciaio - Parte 4-3: Condotte"

[7] UNI EN 1998-4:2006 "Eurocodice 8 - Progettazione delle strutture per la resistenza sismica - Parte 4: Silos, serbatoi e condotte"

[8] ASCE (4-98) Seismic Analysis of Safety-related Nuclear Structures and Commentary

1.3 Abbreviazioni

- DN Diametro Nominale
- I.N.G.V. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia
- NTC Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 4 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

2 DATI DI CALCOLO

2.1 Dati sismici

Per la caratterizzazione sismica di dettaglio si rimanda al doc. **RE-SIS-001 "Studio Sismico"**.

Tutti i parametri delle azioni sismiche in fase di progettazione sono riferiti allo SLV dello Spettro di risposta elastico in accelerazione delle componenti orizzontali riferite al **Sito in Esame H (sottosuolo C) Progressiva km 47+200**, risultando il caso più severo tra tutti quelli analizzati.

2.2 Condizioni di progetto

Di seguito si riportano la Pressione e la Temperatura di esercizio utilizzate per la verifica in concomitanza allo scuotimento sismico della condotta in oggetto:

- $\Delta T = 45 \text{ }^\circ\text{C}$
- $P = 75 \text{ bar}$

2.3 Parametri meccanici

Metanodotto Interconnessione TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar:

- Diametro nominale: 1400 (56")
- Materiale: EN L450 MB
- Spessore di linea minimo: 18.7 mm
- Spessore della curva: 21.8 mm
- Raggio curva prefabbricata (7DN): 9954 mm

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 5 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

3 VERIFICA ALLO SCUOTIMENTO SISMICO

3.1 Premessa

I calcoli e le verifiche degli stati tensionali, indotti dallo scuotimento sismico del terreno (shaking) sui tratti rettilinei e curvi della tubazione in occasione di un terremoto (di progetto) concomitante all'esercizio, sono stati condotti per il:

- Metanodotto Interconnessione TAP DN 1400 (56"), DP 75 bar

Lo shaking è provocato dalla propagazione delle onde sismiche nel terreno che impartisce movimenti alle particelle di suolo. La tubazione interrata pertanto tende a deformarsi così come il terreno circostante. Le tensioni indotte dalle onde sismiche sulla tubazione sono variabili sia nel tempo, che nello spazio, in funzione della direzione di propagazione del movimento sismico rispetto all'asse della condotta.

Secondo le indicazioni degli studi riportati dalla letteratura tecnica internazionale, l'azione di contenimento esercitata sulla tubazione dal terreno circostante, consente di trascurare gli effetti dinamici di amplificazione (Hindy, Novak 1979). Pertanto la condotta può considerarsi semplicemente investita dalle onde sinusoidali (Rif. [3], [4] e [5]), distinte come segue:

- onde di volume (di compressione, onde P o primae);
- onde di volume (di taglio, onde S o secundae);
- onde superficiali (onde R o di Rayleigh).
- onde superficiali (onde L o di Love).

Vista la limitata profondità delle condotte sotto la superficie del suolo, sono da ritenersi interessanti entrambe le tipologie di onde: di volume e di superficie.

Nei tratti di tubazione rettilinea tra le onde di volume si ritiene opportuno considerare solo le onde di tipo S, in quanto in grado di portare più energia e generare maggiori spostamenti di terreno rispetto alle onde P (Rif. [4] e [5]).

Nei tratti di tubazione rettilinea per le onde di superficie invece si ritiene opportuno considerare solo le onde R in quanto inducono tensioni longitudinali significativamente maggiori rispetto alle tensioni flessionali indotte dalle onde L (Rif. [4] e [5]).

Per valutare le deformazioni indotte dal sisma, secondo l'EN 1998-4 cap. 6.3.3 (2) Rif. [7] regola generale è quella di riferirsi alla velocità delle onde di volume per distanze del gasdotto prossime all'epicentro, mentre per distanze maggiori sono più significative le velocità delle onde di superficie. In accordo con ciò, secondo ASCE (1984) - cap. 6.1 Rif. [3], ci si può riferire alla velocità delle onde di volume per distanze dall'epicentro fino a 5 volte la profondità dell'ipocentro, mentre per distanze maggiori si considera appunto la velocità delle onde di superficie (figura 3.4.1).

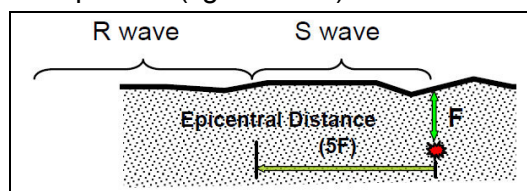


Figura 3.4.1 Indicazione per la valutazione delle onde sismiche secondo ASCE (1984)

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 6 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

Vista la convergenza a livello europeo e internazionale sulle metodologie finalizzate all'analisi sismica delle tubazioni interrato, la metodologia di verifica applicata è stata sviluppata secondo le indicazioni delle Linee Guida Americane Rif. [3], [4] e [5].

Quest'ultime sono ritenute sufficientemente conservative, considerando la continua ricerca riguardo la velocità apparente dell'onda sismica in funzione del suo angolo di incidenza delle onde P, S, R e L, trascurando (nei tratti rettilinei) l'interazione trasversale tra tubo e terreno. L'interazione tubo-terreno viene invece considerata nell'analisi dei tratti di tubazione curvi.

Il metodo di verifica esclude fenomeni di carattere localizzato (frane, faglie, liquefazione, ecc).

3.2 Criterio di verifica

La verifica allo scuotimento sismico è condotta operando una sostanziale distinzione fra tratto rettilineo di tubazione (cap.3.3) e tratto in curva (cap.3.4). Le tensioni indotte dal sisma sulla tubazione, in ciascuno dei suddetti scenari, sono calcolate secondo l'approccio proposto dalle ASCE 1984 (Rif.[3], [4] e [5]).

Le "tensioni sismiche" così determinate sono quindi combinate con i carichi operativi (tipicamente dovuti a salto termico e pressione) secondo le modalità previste dalla normativa ASME B31.8 (Rif. [1]) e confrontate con i valori ammissibili definiti nella medesima normativa.

In accordo alla "good engineering practice", una ulteriore analisi è condotta al fine di verificare l'insorgere di fenomeni di instabilità di parete, nel caso in cui risulti presente una deformazione negativa (ε) dovuta ad una tensione di compressione.

Per una tubazione a parete sottile, fenomeni di instabilità possono verificarsi per un accorciamento percentuale superiore a ε_{cr} , dato dalla seguente espressione (Rif.[3]):

$$\varepsilon_{cr} = 0.35 t/(D-t)$$

3.3 Metodologia di calcolo tratto rettilineo

I criteri di verifica proposti dalle ASCE 1984 (Rif.[3]) prevedono di trascurare l'interazione tubo-terreno nei tratti di tubazione rettilinei. Tale assunzione fornisce valori conservativi per quanto concerne lo stato tensionale indotto sulla tubazione. L'ipotesi che la tubazione rettilinea si deformi così come il suolo circostante si deforma a seguito del passaggio dell'onda sismica, rende le tensioni indotte pressoché indipendenti dallo spessore della tubazione.

A causa dell'effetto del terreno intorno al tubo, che attutisce sensibilmente le vibrazioni del tubo, e della rigidità torsionale elevata della sezione circolare, viene effettuata un'analisi statica degli effetti del sisma, trascurando l'amplificazione elastica.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 7 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

3.3.1 Massima deformazione indotta dalle onde sismiche

La formula generale per la massima deformazione assiale prodotta dalle differenti onde sismiche, nell'ipotesi di assenza di scorrimenti fra tubazione e terreno, secondo il modello rigido di Newmark (1967) (Rif.[3]) è di seguito riportata:

$$\varepsilon_g = v/\alpha_\varepsilon c$$

dove:

- v massima velocità del terreno;
- c velocità di propagazione dell'onda sismica;
- α_ε coefficiente di deformazione, dipendente dal tipo di onda e dall'angolo di incidenza formato da essa con l'asse longitudinale della condotta.

La massima curvatura della condotta è espressa dalla formula seguente (Rif.[3]):

$$k_g = a/(\alpha_k c)^2$$

dove:

- a massima accelerazione del terreno;
- c velocità di propagazione dell'onda;
- α_k coefficiente di curvatura, dipendente dal tipo di onda e dall'angolo di incidenza formato da essa con l'asse longitudinale della condotta.

Un gasdotto interrato soggetto al passaggio delle onde sismiche subisce sollecitazioni sia longitudinali che flessionali, tuttavia secondo Rif. [4] e [5] le sollecitazioni di tipo flessionale rappresentano tipicamente un effetto del secondo ordine, come evidenziato tra l'altro proprio dalle formule sopra descritte di massima deformazione assiale e massima curvatura, quindi il calcolo del tratto rettilineo verrà focalizzato sulle deformazioni assiali.

Nel caso delle onde S, la direzione di propagazione è ortogonale al moto delle particelle solide come mostrato in figura 3.4.2.

	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 8 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

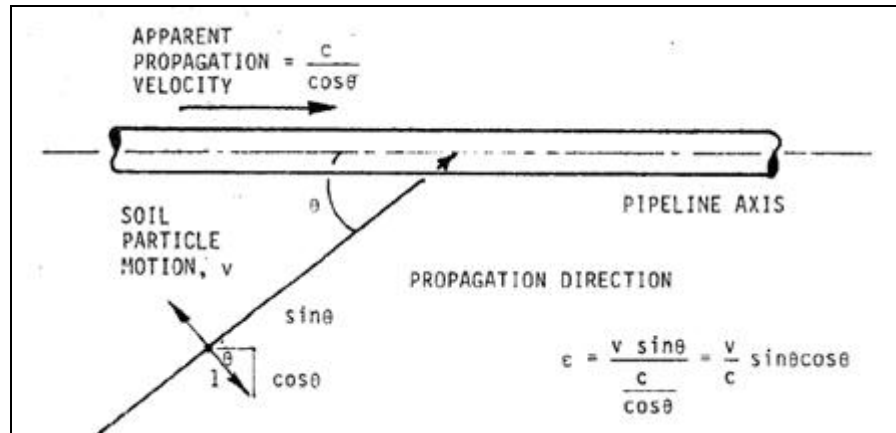


Figura 3.4.2 Effetto longitudinale delle onde di taglio sul tubo (ASCE, 1984 - Appendice B).

Essendo l'angolo di incidenza generalmente sconosciuto, si assume il valore per il quale si hanno le deformazioni ϵ massime del terreno, ovvero per valori di θ pari a 45° :

$$\epsilon = \frac{v}{c} \sin 45^\circ \cos 45^\circ = \frac{v}{c} \frac{1}{\sqrt{2}} \frac{1}{\sqrt{2}} = \frac{v}{2 \cdot c}$$

Le onde P invece inducono nel suolo movimenti nella medesima direzione di quella di propagazione come mostrato in figura 3.4.3

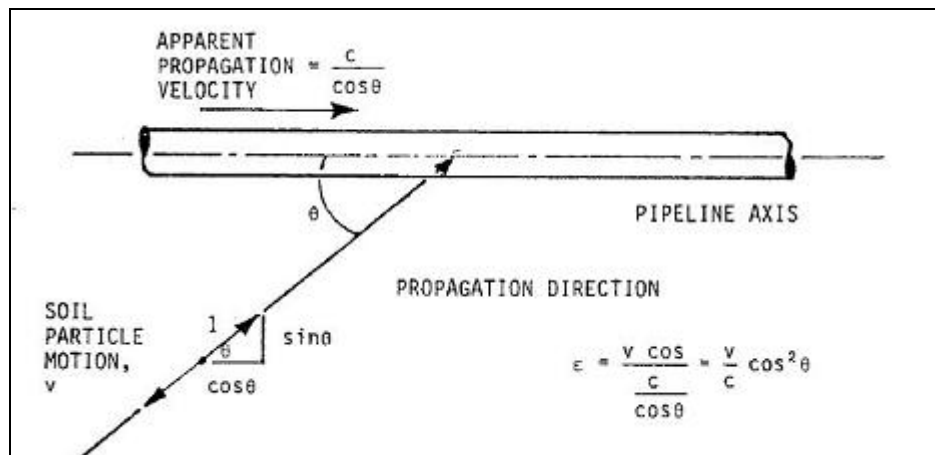


Figura 3.4.3 Effetto longitudinale delle onde di compressione sul tubo (ASCE, 1984 - Appendice B).

Il valore dell'angolo di incidenza per il quale si hanno le deformazioni ϵ maggiori del terreno risulta essere per valori di θ pari a 0° , ovvero:

$$\epsilon = \frac{v}{c} \cos 0^\circ = \frac{v}{c}$$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 9 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

Per le onde di superficie infine le componenti del moto sono per entrambe parallele e ortogonali alla direzione di propagazione dell'onda, quindi si considera il caso conservativo della deformazione massima delle onde P. Ovvero, nel caso specifico, per le onde Rayleigh la Velocità Apparente è la velocità di fase dell'onda stessa.

L'accelerazione massima orizzontale del terreno e la sua velocità massima dovute al sisma sono in realtà la conseguenza dell'insieme composto da tutti i tipi di onde; le corrispondenti velocità apparenti di propagazione d'onda sono una funzione del loro percorso attraverso i materiali più profondi e caratterizzati dalle più alte velocità. Secondo ASCE (4-98) (para C3.5.2.1) (Rif [8]) infatti la velocità apparente da considerare è eccessivamente conservativa se corrisponde a quella associata al terreno più superficiale. In particolare secondo l'ASCE (1984) (Rif [3]) le deformazioni indotte dal sisma in superficie sembrano essere maggiormente legate alle velocità dei materiali vicini alla profondità in cui l'energia sismica viene rilasciata (Hadjian e Hadley, 1981; Goodling, 1980).

M. O'Rourke et. al, (1982) hanno dimostrato che le onde di corpo possono portare in superficie la velocità apparente di propagazione per le onde S in un range da 2.1 km/s fino a 5.3 km/s, senza considerare l'effetto dell'angolo di incidenza.

Manolis et al. (1995) suggeriscono che C possa assumere valori compresi tra $1.2 \div 3 V_s$ che risultano piuttosto bassi anche in considerazione che sia secondo Rif. [4] e [5] valori di 2000 m/s per onde P e Rayleigh e 4000 m/s per onde S (vale a dire, considerando l'effetto dell'angolo di incidenza, 2×2000 m/s) vengono ritenuti ancora conservativi.

Inoltre secondo Rif [3] (elaborato dal Committee on Gas and Liquid Fuel Lifelines) e ASCE (4-98) (Rif [8]) usare valori sotto i 900 m/s circa (3000 fps) è "generalmente inappropriato" ed eccessivamente conservativo, proprio per i motivi sopracitati.

Lo stato tensionale può essere desunto dalla classica relazione

$$\sigma_{SISMA} = E \cdot \varepsilon$$

valutato in conseguenza dell'azione sismica e potrà essere poi sovrapposto allo stato tensionale di progetto preesistente, dovuto alle modalità di posa e di esercizio della tubazione.

Infine, ai sensi delle ASME B31.8 (para 833) vengono condotte le verifiche di controllo delle tensioni secondo due distinte ipotesi:

- "unrestrained pipeline"
- "restrained pipeline"

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 10 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

“Unrestrained Pipeline”

La normativa ASME B31.8 (para 833.6) prescrive di verificare che la tensione longitudinale sia compresa entro un valore ammissibile pari al 75% della tensione di snervamento:

$$\sigma_{LO} \leq 0.75\sigma_y$$

con: $\sigma_{LO} = 0.5\sigma_H + \sigma_{SISMA}$

dove:

$$\sigma_H = PD/2t$$

“Restrained Pipeline”

La normativa ASME B31.8 (para 833.3) prescrive di verificare che la tensione longitudinale sia compresa entro un valore ammissibile pari al 90% della tensione di snervamento:

$$\sigma_{LT} \leq 0.90\sigma_y$$

con: $\sigma_{LT} = -v \cdot \sigma_H + \sigma_{\Delta T} + \sigma_{SISMA}$

dove:

$$\sigma_H = PD/2t \quad e \quad \sigma_{\Delta T} = \alpha \Delta T E$$

La normativa ASME B31.8 (para 833.4) prescrive di verificare che la tensione equivalente calcolata secondo “Von Mises” sia compresa entro un valore ammissibile pari al 100% (carichi occasionali – di breve durata) della tensione di snervamento:

$$\sigma_{VM} \leq \sigma_y$$

con: $\sigma_{VM} = (\sigma_{LT}^2 + \sigma_H^2 - \sigma_{LT} \cdot \sigma_H)^{1/2}$

3.4 Metodologia di calcolo tratto in curva

Nell’analisi dello stato tensionale causato dal terremoto sugli elementi curvi della condotta, l’interazione tra tubo e terreno va tenuta in debita considerazione.

Assumendo il movimento dell’onda sismica parallelo ad uno dei tratti rettilinei della curva, si calcola la lunghezza di scorrimento (L') della tubazione nel terreno su cui agisce la forza di attrito t_u (Rif.[3]) secondo la formula seguente:

$$L' = \frac{4A_p E \lambda}{3k_w} \left[\sqrt{1 + \frac{3\varepsilon_{MAX} K_0}{2t_u \lambda}} - 1 \right]$$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 11 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

$$t_u = \frac{\pi D}{2} \gamma_i H (1 + K_o) \operatorname{tg} \delta + W_p \operatorname{tg} \delta$$

dove:

$$\lambda = \left(\frac{k_w}{4EI} \right)^{1/4}$$

con:

- ε_{MAX} massima deformazione del terreno
- k_w modulo di reazione del suolo (terreno alla Winkler)
- I momento d'inerzia della sezione
- K_o coefficiente di spinta a riposo

Per la tubazione in acciaio (flessibile) lo spostamento sulla curva dovuto allo scorrimento della stessa nel terreno è:

$$\Delta = \frac{\varepsilon_{MAX} L' - \frac{t_u L'^2}{2A_p E}}{1 + \frac{k_w L'}{2\lambda A_p E} + 2 \frac{\lambda^2 L' I}{\pi A_p r_0}}$$

La forza assiale sul tratto rettilineo longitudinale (parallelo alla direzione del movimento sismico) è:

$$S = \Delta \left(\frac{k_w}{2\lambda} + \frac{2\lambda^2 K^* EI}{r_0 \pi} \right)$$

con:

$$K^* = 1 - \frac{9}{10 + 12(tr_0 / R^2)^2}$$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA' 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 12 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

Il momento flettente sulla curva è:

$$M = \Delta \frac{2\lambda K^* EI}{r_0 \pi}$$

Il fattore di intensificazione dello stress:

$$K_1 = \frac{2}{3K^*} \left\{ 3 \left[\frac{6}{5 + 6(tr_0 / R^2)^2} \right] \right\}^{-1/2}$$

La tensione assiale sulla curva dovuta alla forza S , si calcola con la seguente:

$$\sigma_{SISMA}^S = S/A_p$$

La tensione di flessione sulla curva dovuta al momento flettente M , vale:

$$\sigma_{SISMA}^M = K_1 MD/2I$$

3.4.1 Applicazione del criterio di verifica

La tensione totale sulla curva per effetto del sima si ottiene per semplice somma:

$$\sigma_{SISMA}^{Curva} = \sigma_{SISMA}^S + \sigma_{SISMA}^M$$

Ai sensi delle ASME B31.8 (para 833) vengono condotte le verifiche di controllo delle tensioni secondo due distinte ipotesi:

- “unrestrained pipeline”
- “restrained pipeline”

“Unrestrained Pipeline”

La normativa ASME B31.8 (para 833.6) prescrive di verificare che la tensione longitudinale sia compresa entro un valore ammissibile pari al 75% della tensione di snervamento:

$$\sigma_{LO} \leq 0.75\sigma_y$$

$$\text{con: } \sigma_{LO} = 0.5\sigma_H + \sigma_{SISMA}^{Curva}$$

dove:

$$\sigma_H = PD/2t$$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITÀ 00
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 13 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

“Restrained Pipeline”

La normativa ASME B31.8 (para 833.3) prescrive di verificare che la tensione longitudinale sia compresa entro un valore ammissibile pari al 90% della tensione di snervamento:

$$\sigma_{LT} \leq 0.90\sigma_y$$

con: $\sigma_{LT} = -v \cdot \sigma_H + \sigma_{\Delta T} + \sigma_{Curva_{SISMA}}$

dove:

$$\sigma_H = PD/2t \quad \text{e} \quad \sigma_{\Delta T} = \alpha \Delta T E$$

La normativa ASME B31.8 (para 833.4) prescrive di verificare che la tensione equivalente calcolata secondo “Von Mises” sia compresa entro un valore ammissibile pari al 100% (carichi occasionali – di breve durata) della tensione di snervamento:

$$\sigma_{VM} \leq \sigma_y$$

con: $\sigma_{VM} = (\sigma_{LT}^2 + \sigma_H^2 - \sigma_{LT} \cdot \sigma_H)^{1/2}$

3.4.2 Parametri geotecnici

Per il calcolo dell’interazione tubo-terreno relativo ai tratti di tubazione in curva per il diametro in oggetto (DN 1400) si sono utilizzati i seguenti valori riferiti alla categoria di sottosuolo analizzata:

Categoria suolo: C

Angolo di attrito: 22°

Peso di volume: 18 kN/m³

Per la stima del modulo di reazione del suolo k_w è stato fatto riferimento alla tabella elaborata per le “Iowa Formula”.

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 14 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

4 RISULTATI DEL CALCOLO

4.1 Dati in ingresso

Vita Nominale $V_N \geq 100$ anni

Classe d'Uso IV

Coefficiente d'Uso $C_U = 2$


Periodo di riferimento $V_R = V_N \cdot C_U = 200$ anni

Stato Limite SLV $\rightarrow P_{VR} = 10\% \rightarrow T_R = 1898$ anni

Latitudine (WGS84): 40.55094°

Longitudine (WGS84): 17.95901°

$a_g =$	0.067	$g =$	0.658	m/s^2
$g =$	9.816		m/s^2	
$T_C^* =$	0.538		s	
$F_O =$	2.691		-	
sottosuolo =	C		-	
topografia =	T1		-	
$D_e =$	1415.80		mm	
$t =$	18.70		mm	
$E =$	210000		N/mm^2	
$\nu =$	0.3		-	
$\sigma_y =$	450		N/mm^2	
$\alpha =$	0.000012		$1/^\circ C$	
$\gamma_p =$	78.5		kN/m^3	
$C =$	2000		m/s	
$\Delta T =$	45		$^\circ C$	
$P =$	75	bar =	7.5	N/mm^2
$t_c =$	21.80		mm	
$k_W =$	10		N/mm^2	
$\varphi =$	22	deg =	0.383972	rad
rivestimento =	polyethylene		-	
$H =$	1.5		m	
$r_0 =$	9954		mm	
$\gamma_t =$	18		kN/m^3	

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 15 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

4.2 Verifica Tratto rettilineo

CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE SECONDO LE NTC 2008

$$\begin{aligned}
 S_T &= 1.00 & - \\
 S_S &= 1.5 & - \\
 C_C &= 1.29 & - \\
 S &= 1.5 & - \\
 T_C &= 0.693 & \text{ s} \\
 a_{\max} &= 0.99 & \text{ m/s}^2 \\
 v_g &= 0.109 & \text{ m/s}
 \end{aligned}$$

CALCOLO DELLE DEFORMAZIONI INDOTTE DAL SISMA SUL TRATTO RETTILINEO

$$\epsilon_{\text{SISMA}} = v_g / C = 0.109 / 2000 = 0.00005469 \quad -$$

CALCOLO DELLE TENSIONI INDOTTE DAL SISMA SUL TRATTO RETTILINEO

$$\sigma_{\text{SISMA}} = 11.49 \quad \text{N/mm}^2$$

CALCOLO DELLE TENSIONI TOTALI SUL TRATTO RETTILINEO SECONDO LA B31.8

$$\begin{aligned}
 \sigma_{\Delta T} &= 113.40 \quad \text{N/mm}^2 \\
 \sigma_H &= 283.92 \quad \text{N/mm}^2 \\
 \sigma_{LO} &= 153.44 \quad \text{N/mm}^2 \text{ "UNRESTRAINED PIPELINE"} \\
 \sigma_{LT} &= 39.71 \quad \text{N/mm}^2 \text{ "RESTRAINED PIPELINE"} \\
 \sigma_{\text{COMB}} &= 266.29 \quad \text{N/mm}^2 \text{ "RESTRAINED PIPELINE"}
 \end{aligned}$$

VERIFICA DELLE TENSIONI E DELLA DEFORMAZIONE SUL TRATTO RETTILINEO SECONDO LA B31.8

$$\begin{aligned}
 F_{LO} &= 0.34 < 0.75 \quad \text{VERIFICATO} \\
 F_{LT} &= 0.09 < 0.90 \quad \text{VERIFICATO} \\
 F_{\text{COMBO}} &= 0.59 < 1.00 \quad \text{VERIFICATO} \\
 \epsilon / \epsilon_{cr} &= 0.27 < 1.00 \quad \text{VERIFICATO}
 \end{aligned}$$

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 16 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

4.3 Verifica Tratto in curva

CALCOLO DELLE AZIONI SISMICHE SULLE CURVE SECONDO ASCE 1984

$\delta = 0.6 \times \varphi =$	13.2	deg =	0.230383	rad
$K_0 = 1 - \sin\varphi =$	0.625393407	-		
Ht =	2189.2	mm		
$\epsilon_{MAX} =$	0.0000547	-		
I =	21378830000	mm ⁴		
$A_p =$	92900	mm ²		
$\lambda =$	0.000153615	mm ⁻¹		
$W_p =$	7.817	kN/m		
$t_u =$	34.36039238	kN/m = N/mm		
$K^* =$	0.280254923	-		
$L' =$	1937.325042	mm		
$K_1 =$	1.401961682	-		
$\Delta =$	0.102251683	mm		
S =	3522.343995	N		
M =	1263989.962	N*mm		

CALCOLO DELLE TENSIONI INDOTTE DAL SISMA SUL TRATTO CURVILINEO

$\sigma_{SISMA}^S =$	0.037915436	N/mm ²
$\sigma_{SISMA}^M =$	0.057126959	N/mm ²
$\sigma_{SISMA}^{Curva} =$	0.095042395	N/mm ²

CALCOLO DELLE TENSIONI TOTALI SUL TRATTO CURVILINEO SECONDO LA B31.8

$\sigma_{\Delta T} =$	113.40	N/mm ²
$\sigma_H =$	237.11	N/mm ²
$\sigma_{LO} =$	118.65	N/mm ² "UNRESTRAINED PIPELINE"
$\sigma_{LT} =$	42.36	N/mm ² "RESTRAINED PIPELINE"

VERIFICA DELLE TENSIONI SUL TRATTO CURVILINEO SECONDO LA B31.8

$F_{LO} =$	0.26	< 0.75	VERIFICATO
$F_{LT} =$	0.09	< 0.90	VERIFICATO

 SNAM RETE GAS	PROGETTISTA 	COMMESSA NR/13167	UNITA 00
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RE-SIS-002	
	PROGETTO/IMPIANTO METANODOTTO: INTERCONNESSIONE TAP DN 1400 (56") DP 75 bar	Pagina 17 di 17	Rev. 2

Rif. TFM: 011014-00-RT-E-5049

5 CONCLUSIONI

Le verifiche eseguite consentono di garantire la conformità della progettazione del gasdotto ai criteri delle linee guida sismiche per condotte interrato (Rif. [3], [4] e [5]) ed alle NTC 2008.

I risultati delle analisi presentate nei paragrafi precedenti hanno evidenziato l'idoneità dello spessore utilizzato per la tubazione di linea a sopportare le sollecitazioni trasmesse dal movimento transitorio del terreno durante l'evento sismico.

Dai risultati si evince inoltre che in nessun caso si avvicinano i valori di resistenza a rottura dell'acciaio utilizzato per le condotte in progetto. Lo spessore delle tubazioni sia nei tratti rettilinei che in quelli in curva è pertanto idoneo ad assorbire le sollecitazioni sismiche trasmesse.