

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 1 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

METANODOTTO CELLINO ATTANASIO – PINETO

RELAZIONE DI CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA'



0	Emissione per Enti	Stroppa	Pedini	Banci	28-06-21
Rev.	Descrizione	Preparato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 2 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

INDICE

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO	3
2. INTERVENTI IN PROGETTO E LOCALIZZAZIONE DELLE OPERE	4
3. SISMICITÀ	5
3.1. Sismicità storica	6
3.2. Sismicità recente	12
3.3. Fagliazione attiva e capace	13
3.3.1. Sorgenti sismogenetiche – progetto/database DISS 13	
3.3.2. Caratteristiche delle faglie attive – progetto ITHACA15	
4. CLASSIFICAZIONE SISMICA A LIVELLO NAZIONALE	16
4.1. Vita nominale e Classi d'uso	24
4.1.1. Vita nominale	24
4.1.2. Classi d'uso	25
4.2. Stati limite e relative probabilità di superamento	26
4.3. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche	27
4.3.1. Categorie di sottosuolo	27
4.3.2. Categorie topografiche	29
4.3.3. Calcolo dei coefficienti sismici	30
4.4. Calcolo dell'azione sismica	31
4.4.1. Macroarea 1	31
4.4.2. Macroarea 2	33
4.4.3. Macroarea 3	34
4.4.4. Macroarea 4	36
5. ZONAZIONE SISMOGENETICA	38
6. MICROZONAZIONE SISMICA	42
7. LIQUEFAZIONE	46
8. CONCLUSIONI	49

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 3 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

1. PREMESSA E SCOPO DEL LAVORO

La presente relazione, facendo riferimento a tutti i dati bibliografici, cartografici e d'archivio, nonché alle conoscenze scientifiche e tecniche maturate in proposito, espone le principali caratteristiche della sismicità del territorio interessato dal passaggio del Met. Cellino Attanasio - Pineto DN 200 (8"), DP 75 bar, MOP 60 bar (e relative opere in rimozione), con particolare riguardo alla massima intensità epicentrale dei terremoti della regione interessata, alla classificazione sismica dei comuni attraversati e ai parametri sismici di sito lungo lo sviluppo della condotta.

Il rifacimento del metanodotto esistente, l'adeguamento di alcuni impianti esistenti e la realizzazione di nuovi impianti ad esso connessi si rendono necessari in quanto il metanodotto esistente ha raggiunto la sua vita tecnica utile.

L'opera in progetto prevede sostanzialmente la realizzazione di una nuova condotta DN 200 (8"), avente una pressione di progetto di 75 bar, nel tratto che va dallo Skid esistente di Cellino Attanasio (Nodo 5960) alla Cameretta N. 8 di Pineto (Nodo 6140) e la dismissione della condotta esistente nello stesso tratto.

Inoltre, sono previste alcune opere connesse al metanodotto in progetto, consistenti nella realizzazione di tratti di ricollegamento ad utenze private.

Le opere in progetto ricadono interamente nella Regione Abruzzo, in provincia di Teramo, interessando i comuni di Cellino Attanasio, Atri e Pineto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 4 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

2. INTERVENTI IN PROGETTO E LOCALIZZAZIONE DELLE OPERE

Le opere in progetto e quelle in dismissione sono localizzate nel settore nord-orientale della regione Abruzzo ed interessano la provincia di Teramo (Fig. 2-1).

In particolare, gli interventi previsti si suddividono come segue:

- Metanodotto “Cellino Attanasio - Pineto” DN 200 (8”), DP 75 bar, il quale percorre per un totale di 20+158 km i territori comunali di Cellino Attanasio, Atri e Pineto.
- Metanodotto in dismissione “Cellino Attanasio - Pineto” DN 200 (8”), MOP 60 bar, il quale percorre per un totale di 19+811 km i territori comunali di Cellino Attanasio, Atri e Pineto.
- Ricollegamento 5990 - 6000 / 6010, il quale percorre per un totale di circa 0+033 km il territorio comunale di Atri e contestuale dismissione di circa 0+020 km;
- Ricollegamento 6050 - Utenza FIA, il quale percorre per un totale di circa 0+034 km il territorio comunale di Atri e contestuale dismissione di circa 0+010 km;
- Ricollegamento 6090, il quale percorre per un totale di circa 0+030 km il territorio comunale di Pineto e contestuale dismissione;
- Ricollegamento 6140 - Utenza Cardinali, il quale percorre per un totale di circa 0+017 km il territorio comunale di Pineto e contestuale dismissione di circa 0+006 km.

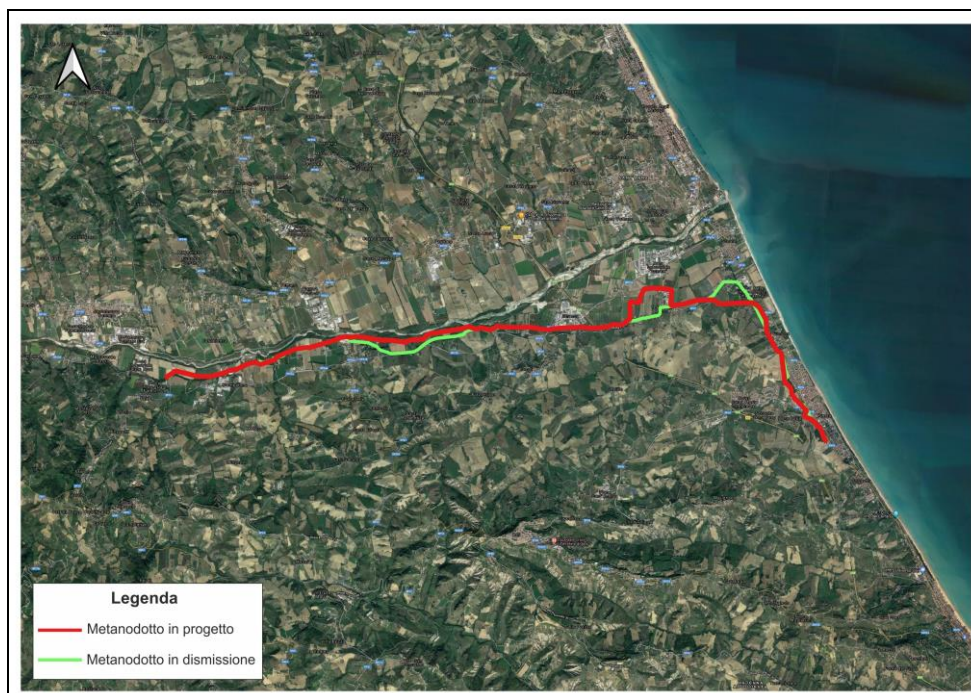


Fig. 2-1 – Foto aerea dell’area di studio con indicate le opere in progetto e in dismissione. Immagine estratta da google earth

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 5 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

3. SISMICITÀ

Con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 23 marzo 2003, n. 3274, il legislatore ha dato inizio ad un progressivo aggiornamento della normativa antisismica, proseguito con il D.M. 14 settembre 2005, a sua volta oggetto di revisione da parte del D.M. 14 gennaio 2008 (NTC 2008), e successivamente da parte del D.M. 17 Gennaio 2018 recante "Approvazione delle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018)". Le NTC 2018 definiscono i principi per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle costruzioni, con implicazioni notevoli sulla progettazione delle opere in zona sismica, nei riguardi delle prestazioni loro richieste in termini di requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità. Esse forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni da utilizzare nel progetto, definiscono le caratteristiche di materiali e prodotti e, in generale, trattano gli aspetti attinenti la sicurezza strutturale delle opere.

Le NTC 2018 si applicano alle costruzioni in calcestruzzo, in acciaio, in legno ed in muratura, ai ponti ed alle opere e sistemi geotecnici. Nelle NTC 2018 non vi sono prescrizioni di dettaglio per le tubazioni ed i sistemi di tubazioni per il trasporto e la distribuzione del gas.

Le NTC 2018 si applicano agli edifici ed alle opere infrastrutturali e strategiche importanti e tra queste rientrano le opere infrastrutturali di interesse strategico di competenza statale, le strutture connesse con la produzione il trasporto e la distribuzione di materiali combustibili (quali oleodotti, gasdotti, ecc).

Le linee guida "Per l'applicazione della normativa sismica nazionale alle attività di progettazione, costruzione e verifica dei sistemi di trasporto e distribuzione per gas combustibile" prevedono, per gli impianti di nuova realizzazione, l'applicazione delle normative di seguito specificate:

- Per la progettazione, la costruzione, il collaudo, l'esercizio e la sorveglianza delle opere e impianti di trasporto e dei sistemi di distribuzione si deve fare riferimento ai decreti del Ministero dello Sviluppo Economico 16 e 17 aprile 2008, fermo restando il rispetto delle prestazioni richieste dal citato paragrafo 7.2.4 delle NTC 2018.
- Per la progettazione, la realizzazione ed il collaudo delle opere accessorie quali i fabbricati e le opere di sostegno dei terreni si applicano le regole di progettazione, esecuzione e collaudo previste dalle NTC 2018.

Si riportano di seguito gli approfondimenti relativi alla sismicità del territorio attraversato, che dimostrano come il progetto dell'opera nel suo insieme rispetti i criteri contenuti nelle NTC 2018.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 6 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

3.1. Sismicità storica

Il territorio della provincia di Teramo, nel panorama italiano, non presenta una storia sismica molto importante, infatti, a prescindere dai danni che comunque in alcune occorrenze si sono rilevati ingenti fino all'attribuzione dell'ottavo grado della scala Mercalli in molte frazioni e comuni, non ha avuto mai un numero rilevante di vittime, in base alle fonti informative reperite nelle diverse pubblicazioni scientifiche prodotte.

Le sorgenti sismogenetiche note, a ridosso del territorio provinciale di Teramo, si trovano all'interno della catena appenninica; esse sono riferibili alle sorgenti sismogenetiche/faglie attive di Norcia, del M. Vettore, dei Monti della Laga, dell'Alta Valle dell'Aterno e di Assergi-Campo Imperatore (Fig. 3.1).

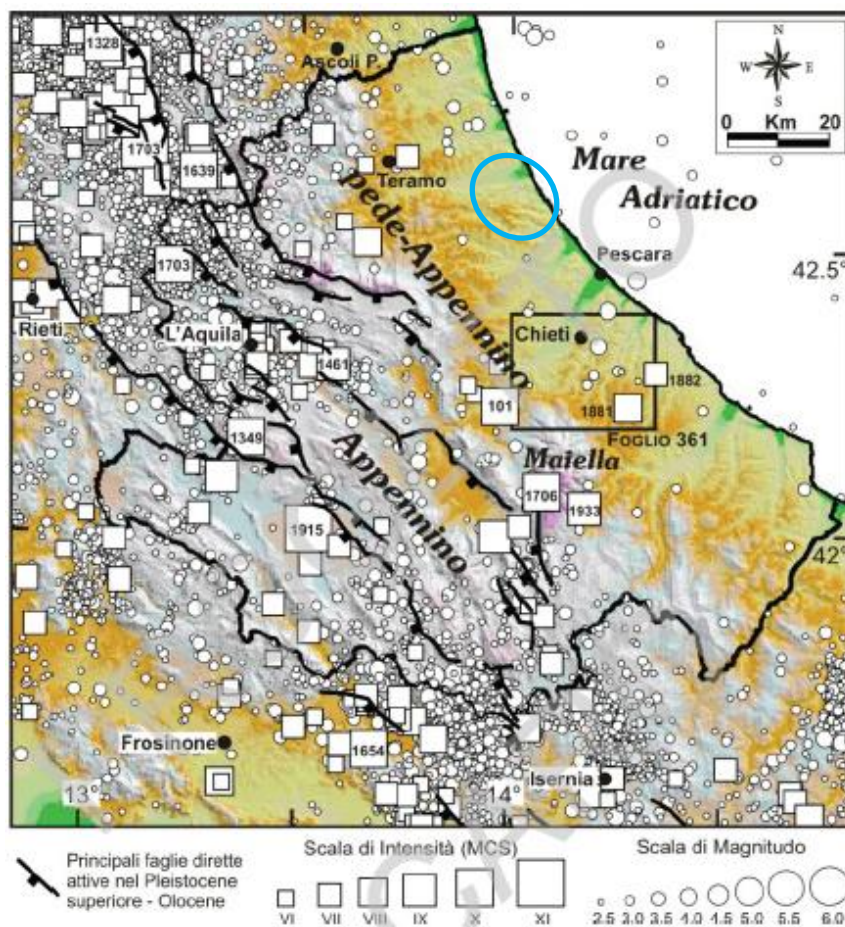
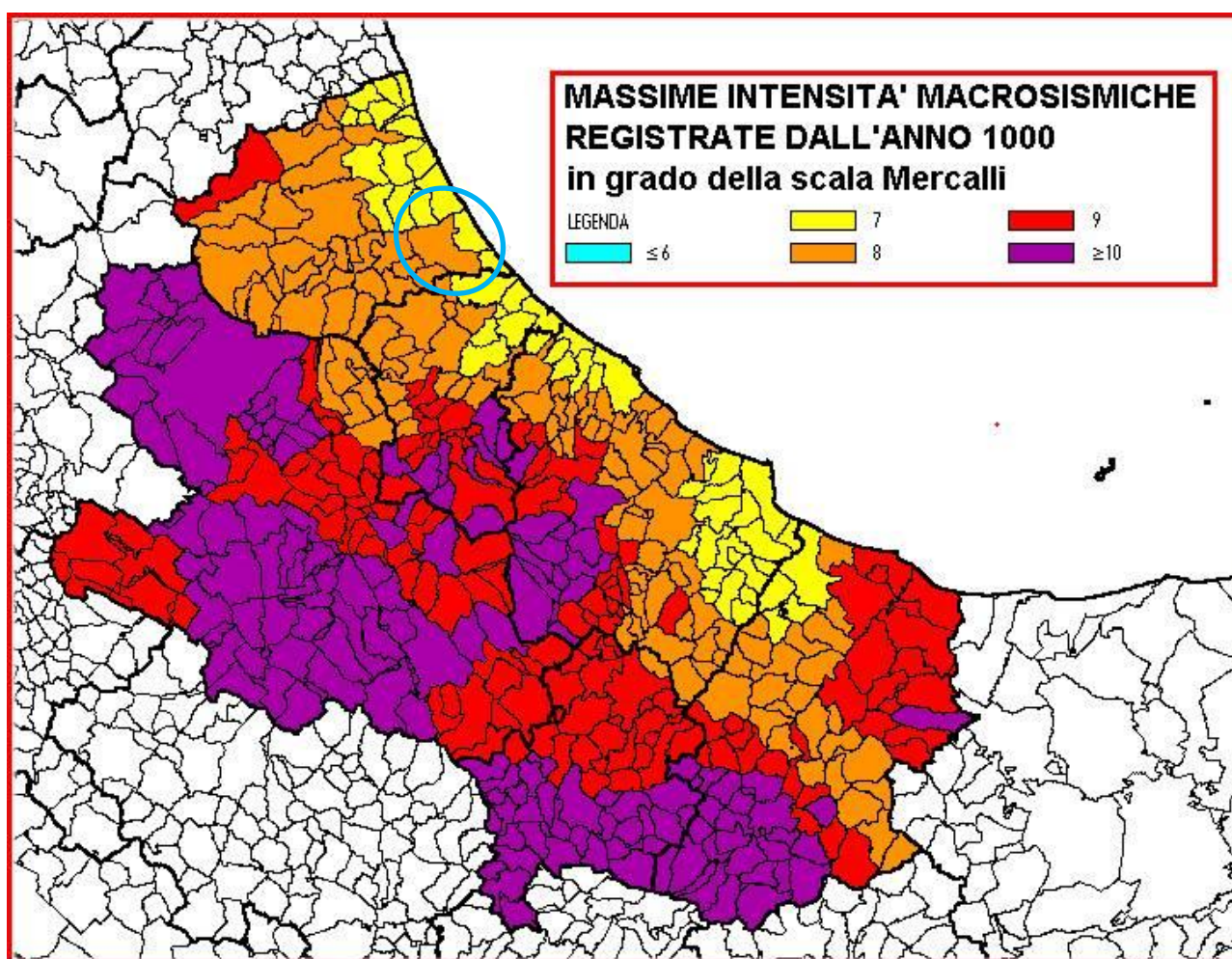


Fig. 3.1: Epicentri dei terremoti storici relativi al periodo 216 a.c. – 1992 (quadrati) e dei terremoti strumentali (cerchi) dal 1983 al 2003, con riportate le faglie attive nell'area appenninica.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 7 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Una rappresentazione complessiva delle informazioni sugli effetti dei terremoti che nel passato hanno colpito il territorio interessato dal passaggio della condotta è la carta delle massime intensità osservate (espressa secondo i gradi della scala MCS), che fornisce anche una prima immagine semplificata della pericolosità sismica (Fig. 3.2).




 Area di studio interessata dalle opere

Fig. 3.2: Massime intensità sismiche (MCS) riscontrate nel territorio abruzzese e molisano.

Per evidenziare il risentimento, nell'area in studio, dei terremoti avvenuti in passato, è stata, inoltre, ricostruita la storia sismica dei comuni interessati dalle opere in progetto dei quali si hanno informazioni, ossia Cellino Attanasio, Atri e Pineto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 8 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

I dati sono stati tratti dal database disponibile sul web “DBMI15”, un database di osservazioni macrosismiche di terremoti di area italiana (a cura di M. Locati et al., 2015), che contiene i dati macrosismici provenienti da studi INGV e di altri enti, che sono stati utilizzati per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. Sono stati selezionati gli eventi risentiti al sito con intensità ≥ 5 (MCS).

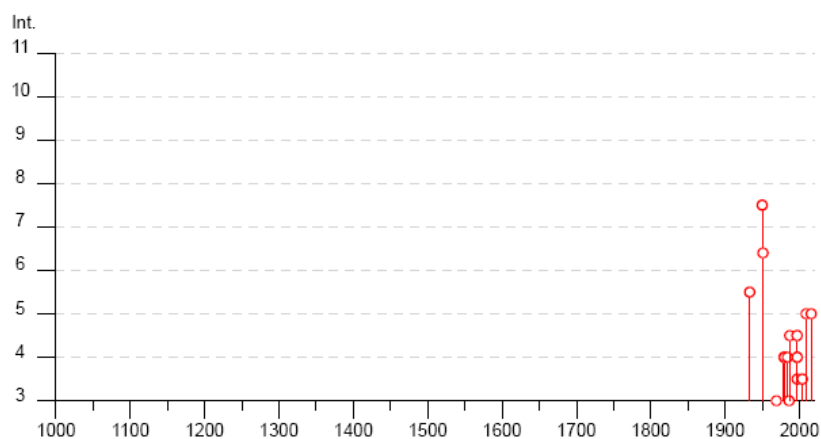
	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 9 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Cellino Attanasio

PlaceID IT_56612
 Coordinate (lat, lon) 42.586, 13.859
 Comune (ISTAT 2015) Cellino Attanasio
 Provincia Teramo
 Regione Abruzzo
 Numero di eventi riportati 20

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5-6	1933	09	26	03	33	29	Maiella	325	9	5.90
7-8	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
D	1951	08	08	19	56		Gran Sasso	94	7	5.25
3	1969	09	26	23	40	39	Teramano	97	5	4.39
4	1979	09	19	21	35	37	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
3	1986	10	13	05	10	0	Monti Sibillini	322	5-6	4.46
4-5	1987	07	03	10	21	5	Costa Marchigiana	359	7	5.06
NF	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1996	07	09	10	23	0	Costa abruzzese-marchigiana	45		4.20
4	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4-5	1997	09	26	09	40	0	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3-4	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4-5	1997	10	06	23	24	5	Appennino umbro-marchigiano	437		5.47
4	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
NF	2003	03	29	17	42	1	Adriatico centrale	68		5.43
3-4	2004	12	09	02	44	2	Teramano	213	5	4.09
5	2009	04	06	01	32	0	Aquilano	316	9-10	6.29
5	2016	10	30	06	40	1	Valnerina	379		6.61



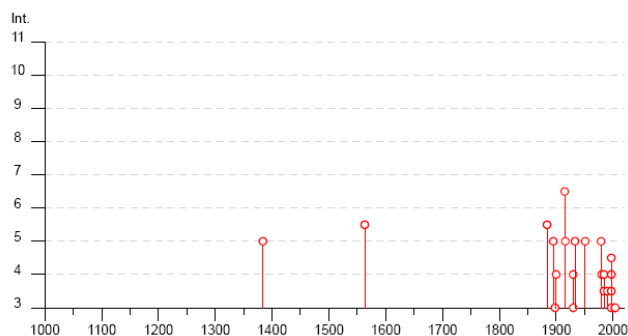
	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 10 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Atri

PlaceID IT_56454
 Coordinate (lat, lon) 42.580, 13.978
 Comune (ISTAT 2015) Atri
 Provincia Teramo
 Regione Abruzzo
 Numero di eventi riportati 33

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1384	10	22				Teramo	2	7	5.10
5-6	1563	09	17	09	30		Teramano	1	5-6	4.40
5-6	1884	01	10				Atri	12	5-6	4.63
5	1895	08	09	17	38	20	Adriatico centrale	103	6	5.11
NF	1897	04	27	02	17	50	Maiella	27	5	4.21
3	1898	06	27	23	38		Reatino	186	8	5.50
NF	1898	08	25	16	37	46	Valnerina	67	7	5.03
4	1900	08	10	04	28	13	Teramano	15	5	4.28
NF	1904	09	02	11	21		Maceratese	59	5-6	4.63
6-7	1915	01	13	06	52	43	Marsica	1041	11	7.08
5	1916	11	16	06	35		Alto Reatino	40	8	5.50
4	1930	07	23	00	08		Irpinia	547	10	6.67
3	1930	10	30	07	13		Senigallia	268	8	5.83
5	1933	09	26	03	33	29	Maiella	325	9	5.90
NF	1938	08	12	02	28	33	Appennino laziale-abruzzese	55	5-6	4.56
5	1951	08	08	19	56		Gran Sasso	94	7	5.25
NF	1959	01	01	23	58	14	Teramano	46	5	4.33
NF	1960	03	16	01	52	48	Monti della Laga	81	5	4.44
2	1967	12	03	21	29	59	Aquilano	32	5	4.37
2	1969	09	26	23	40	39	Teramano	97	5	4.39
5	1979	09	19	21	35	37	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
3-4	1984	05	11	10	41	4	Monti della Meta	342	7	5.47
3-4	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1992	07	16	05	38	5	Chietino	107	5-6	4.22
NF	1996	07	09	10	23	0	Costa abruzzese-marchigiana	45		4.20
3-4	1997	09	26	00	33	1	Appennino umbro-marchigiano	760	7-8	5.66
4	1997	09	26	09	40	0	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4-5	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62
3	2003	03	29	17	42	1	Adriatico centrale	68		5.43
3	2004	12	09	02	44	2	Teramano	213	5	4.09



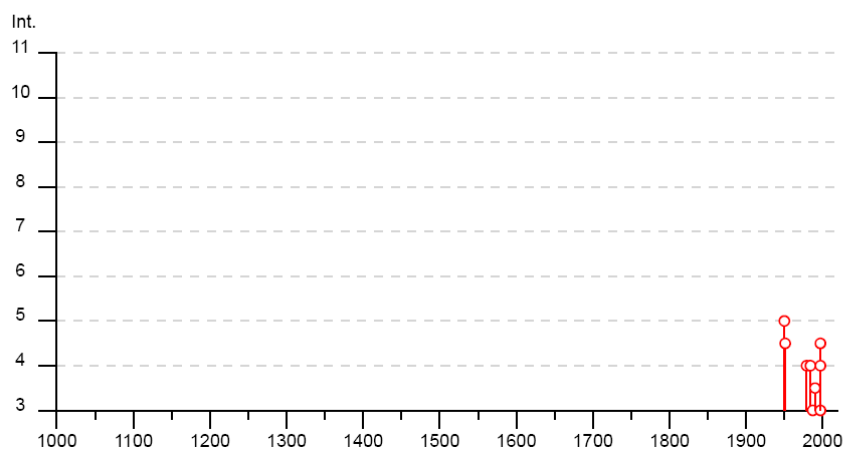
	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 11 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Pineto

PlaceID IT_56863
 Coordinate (lat, lon) 42.608, 14.067
 Comune (ISTAT 2015) Pineto
 Provincia Teramo
 Regione Abruzzo
 Numero di eventi riportati 12

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
5	1950	09	05	04	08		Gran Sasso	386	8	5.69
4-5	1951	08	08	19	56		Gran Sasso	94	7	5.29
NF	1962	01	23	17	31		Costa pesarese	49	5	4.35
NF	1963	01	25	05	27		Monti Sibillini	30	5	4.31
4	1979	09	19	21	35	37	Valnerina	694	8-9	5.83
4	1984	05	07	17	50		Monti della Meta	911	8	5.86
3	1987	09	04	16	42	0	Costa Marchigiana	75	6	4.66
3-4	1990	05	05	07	21	2	Potentino	1375		5.77
NF	1996	07	09	10	23	0	Costa abruzzese-marchigiana	45		4.20
4-5	1997	09	26	09	40	0	Appennino umbro-marchigiano	869	8-9	5.97
3	1997	10	03	08	55	2	Appennino umbro-marchigiano	490		5.22
4	1997	10	14	15	23	1	Valnerina	786		5.62



	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			5718	001
	LOCALITÀ	REGIONE ABRUZZO		SPC. P-RT-D-0010
	PROGETTO	METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO		Pagina 12 di 50
			Rev.	0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

3.2. Sismicità recente

Il quadro della sismicità recente (periodo 2005 – 2021) nelle aree in cui è prevista la realizzazione delle opere è stato definito attraverso la consultazione di un database messo a disposizione dal Centro Nazionale Terremoti (INGV). I dati acquisiti suggeriscono che i settori di interesse risultano caratterizzati da una sismicità strumentale compresa tra 8 e 60 km di profondità, con magnitudo che si attestano mediamente intorno a 1 grado e con valori massimi pari a 3,5 gradi (Fig. 3.3).

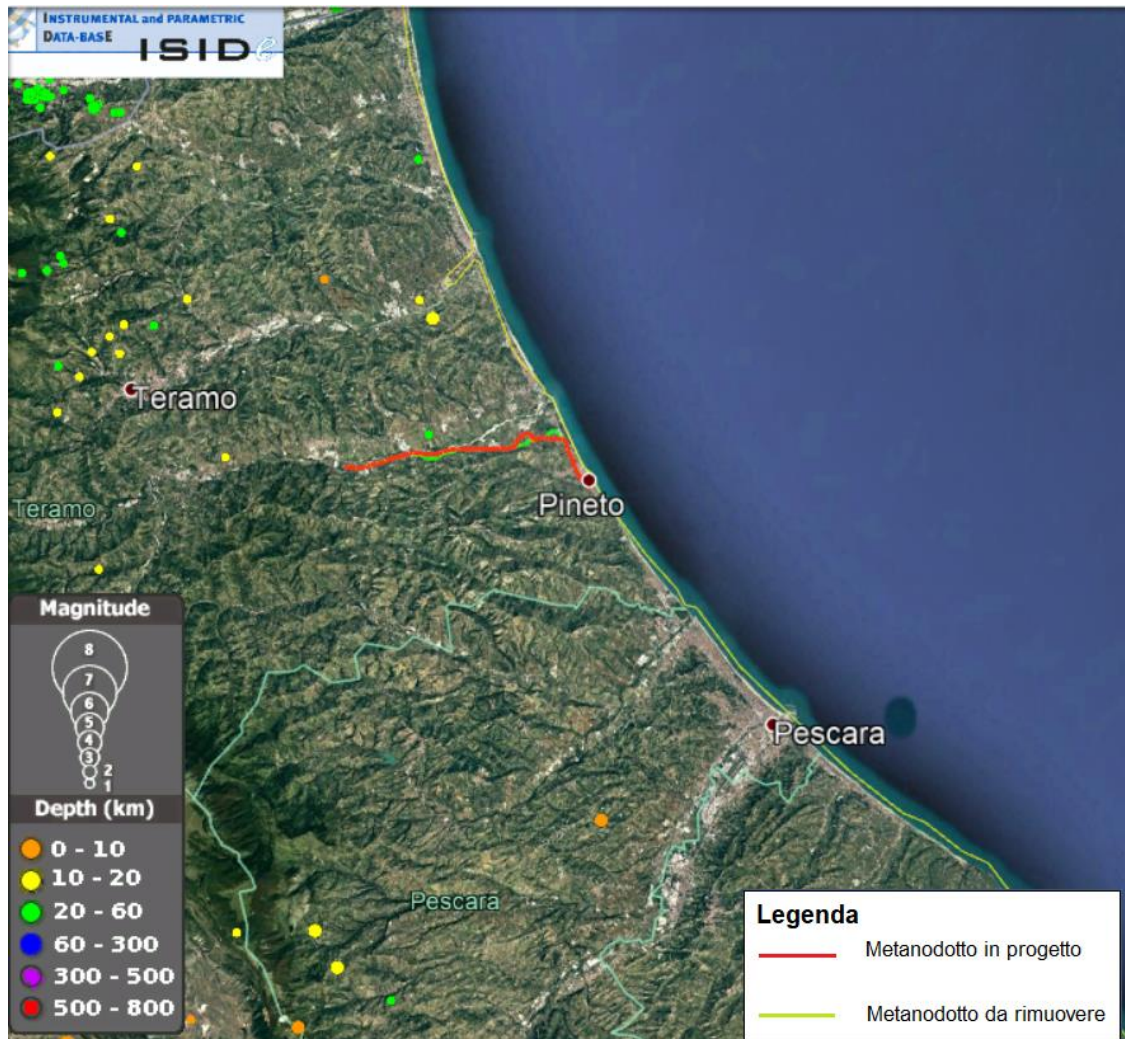


Fig. 3.3: Sismicità recente (periodo 2005 – 2021) dell'area oggetto di intervento (Fonte: Database Centro Nazionale Terremoti, INGV)

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			5718	001
	LOCALITÀ	REGIONE ABRUZZO		SPC. P-RT-D-0010
	PROGETTO		Pagina 13 di 50	Rev. 0
	METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO			

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

3.3. Fagliazione attiva e capace

Per quanto concerne lo stato della deformazione attiva, relativamente ai settori interessati dalla realizzazione del metanodotto in progetto, le conoscenze di cui dispone la comunità scientifica risultano sintetizzate all'interno di due database principali che riguardano l'intero territorio nazionale:

- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, INGV);
- Database ITalyHAzard from CAPable faults (ITHACA, ISPRA).

3.3.1. Sorgenti sismogenetiche – progetto/database DISS

Il database DISS dell'INGV raggruppa tutte le informazioni relative a faglie attive, pieghe attive, sorgenti sismogenetiche individuali, sorgenti sismogenetiche composite e sorgenti sismogenetiche dibattute in letteratura.

La consultazione del database D.I.S.S. ha permesso di definire che l'area in progetto risulta caratterizzata dalla presenza di una struttura sismogenetica composta, denominata "ITCS020 – Southern Marche" (Fig. 3.4).

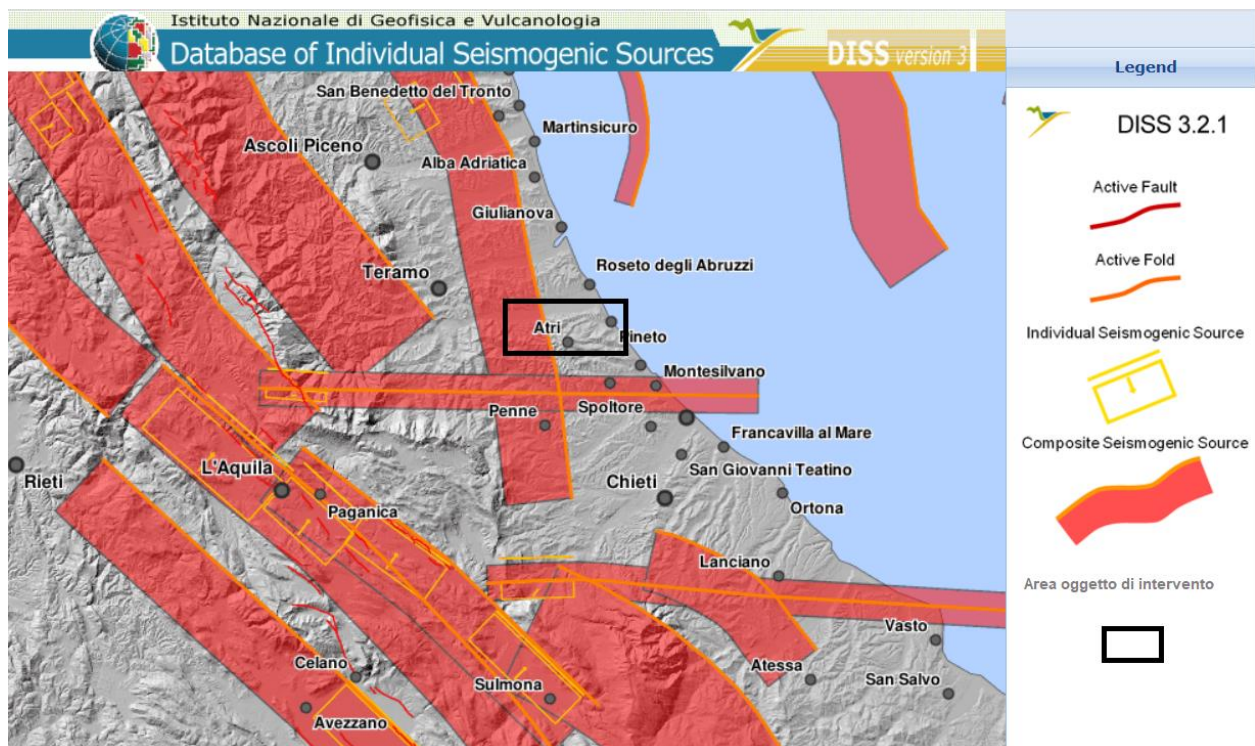


Fig. 3.4: Sismicità recente (periodo 2005 – 2021) dell'area oggetto di intervento (Fonte: Database Centro Nazionale Terremoti, INGV)

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 14 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Di seguito si riporta una scheda sulle informazioni relative ai parametri della suddetta sorgente.

Min depth [km]	3.5	LD	Based on geological data from Bigi et al. (2013).
Max depth [km]	13.0	LD	Based on geological data from Bigi et al. (2013).
Strike [deg] min... max	140...175	LD	Based on geological data from Bigi et al. (2013).
Dip [deg] min... max	35...50	LD	Based on geological data from Bigi et al. (2013).
Rake [deg] min... max	80...100	EJ	Inferred from regional tectonic considerations.
Slip Rate [mm/y] min... max	0.15...0.4	OD	Derived from restoration of base of Pleistocene horizon.
Max Magnitude [Mw]	5.9	EJ	Derived from maximum magnitude of associated individual source(s).

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

Fig. 3.5: Informazioni sui parametri della sorgente sismogenetica composta "ITCS020 (Fonte: DISS, INGV)

Questa sorgente composta si trova a cavallo della regione dalle città di Macerata (a nord-ovest) verso Teramo (a sud-est) ed è la parte più meridionale della spinta onshore esterna dell'Appennino Umbro-Marchigiano. Questo fronte è il sistema di faglie limite E-NE al confine orientale della catena appenninica settentrionale, parallela alla costa marchigiana. Cataloghi storici e strumentali (Boschi et al., 2000; Gruppo di Lavoro CPTI, 2004; Pondrelli et al., 2006; Guidoboni et al., 2007, CPTI15) mostrano alcuni terremoti chiave in questa regione, tra cui (da nord a sud) gli eventi del 100 a.C. (Mw 5.8, Picenum, CPTI99) e del 3 ottobre 1943 (Mw 5.7, Ascolano, CPTI15). L'area mostra anche una sismicità intermedia sparsa ($4,5 < Mw < 5,0$).

L'attività tettonica di questa regione non è ancora chiaramente documentata ma un'interpretazione plausibile è che si tratti del settore meridionale del thrust delle Marche settentrionali. I dati del sottosuolo (Bally et al., 1986; Calamita et al., 1991; Scisciani et al., 2002; Bigi et al., 2013) hanno ben immaginato il piano del thrust che interessa l'intera successione meso-cenozoica, in particolare a sud dell'area. Altre evidenze suggeriscono che la regione sta subendo una compressione NE-SW, inclusi i meccanismi focali del terremoto lungo tutto il fronte onshore esterno (Frepoli e Amato, 1997; Pondrelli et al., 2002), mentre altri dati (Montone et al., 2004) dimostrano un asse di tensione minima in direzione opposta NW-SE.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 15 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

3.3.2. Caratteristiche delle faglie attive – progetto ITHACA

Il database ITHACA dell'ISPRA, tiene conto, invece, delle faglie attive e capaci, cioè di quelle faglie che potenzialmente possono creare deformazione permanente in superficie, al di là della natura strutturale.

Dalla consultazione del database del progetto ITHACA (ITalyHAzard from CApablefaults) del Servizio Geologico d'Italia-ISPRA, risulta che nel territorio attraversato dal metanodotto e nelle aree limitrofe ad esso non sono presenti attualmente faglie attive e capaci (Fig. 3.6).

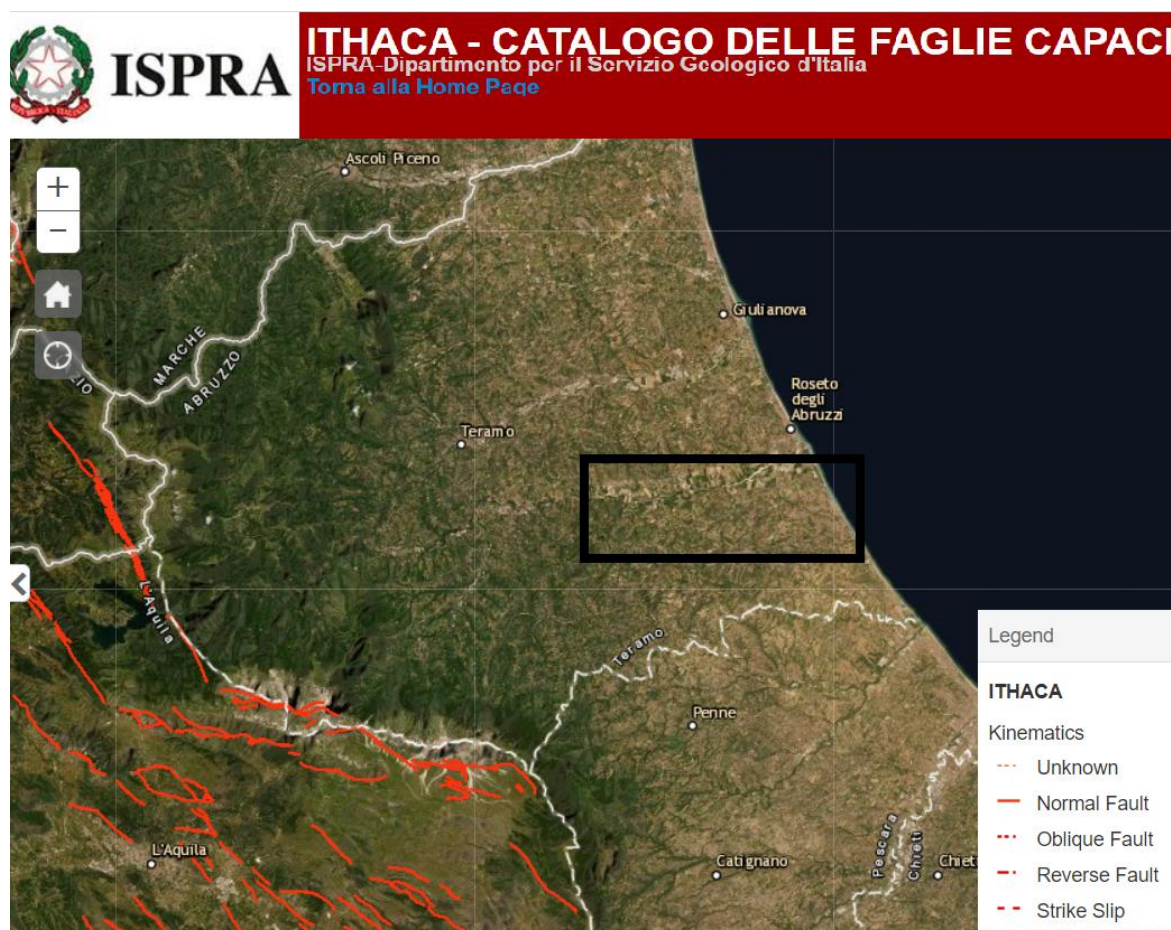


Fig. 3.6: Stralcio dalla cartografia del progetto ITHACA. Le linee rosse indicano le possibili faglie attive e capaci, il rettangolo designa l'area in esame (Fonte: <http://sgi2.isprambiente.it/mapviewer/>).

Si specifica che il catalogo ITHACA è in continuo aggiornamento, poiché si aggiorna sulla base di una revisione critica dei dati di letteratura esistenti.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			5718	001
	LOCALITÀ'	REGIONE ABRUZZO		SPC. P-RT-D-0010
	PROGETTO	METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO		Pagina 16 di 50
			Rev.	0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

4. CLASSIFICAZIONE SISMICA A LIVELLO NAZIONALE

L'OPCM del 20 marzo 2003, n. 3274 e il successivo OPCM del 28 aprile 2006, n. 3519 "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone" hanno introdotto la nuova mappa di pericolosità sismica di riferimento a scala regionale. Il valore di pericolosità sismica della zona in cui ricade l'opera in esame, individuato dall'INGV, è compreso tra **0,150 e 0,200 g** (Fig. 4.1).

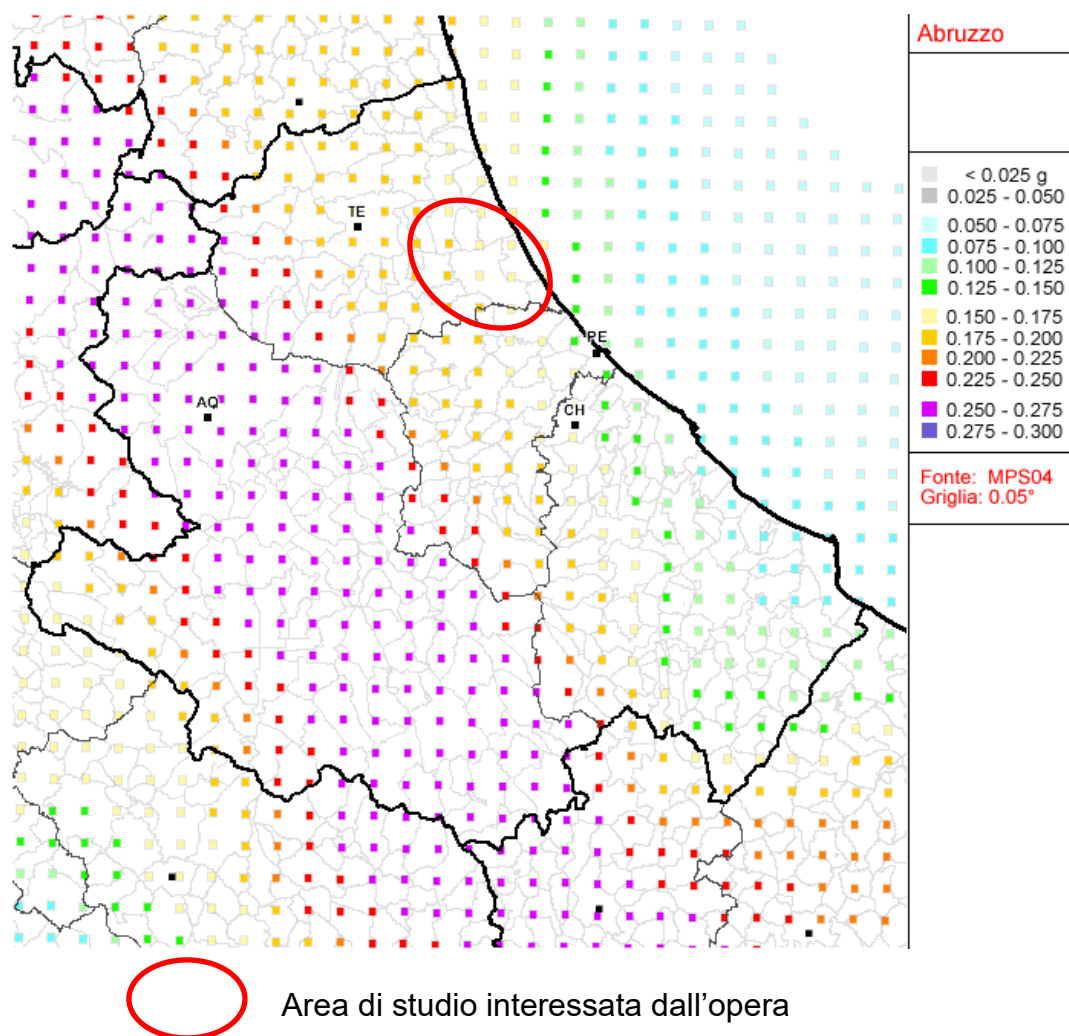


Fig. 4.1: Mappa di pericolosità sismica della Regione Abruzzo espressa in termini di accelerazione massima del suolo (a_{max}) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli molto rigidi $VS_{30} > 800$ m/s (tratto da INGV).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 17 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

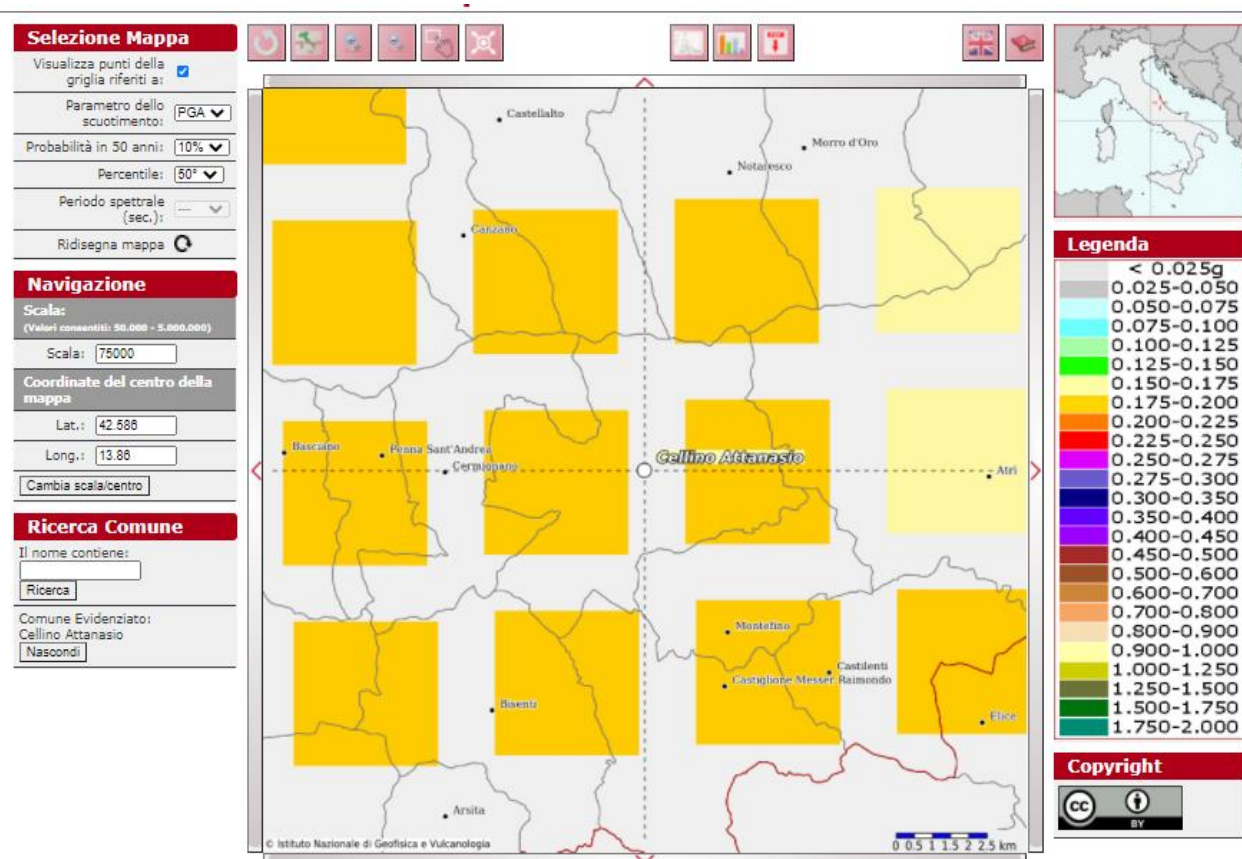


Fig. 4.2: Mappa di pericolosità sismica del comune di Cellino Attanasio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 18 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

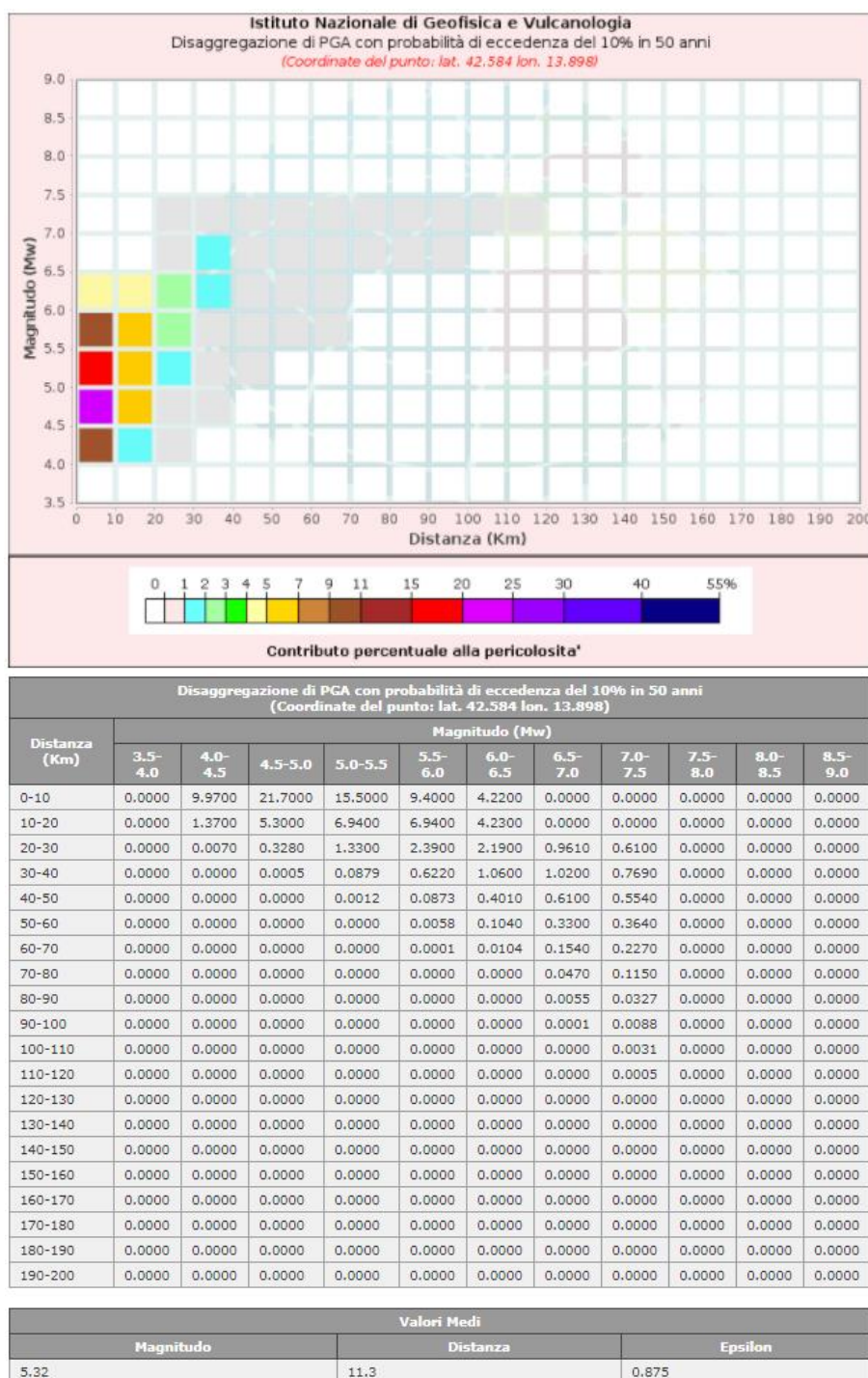


Fig. 4.3: Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il valore massimo di pericolosità atteso nel comune di Cellino Attanasio.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 19 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

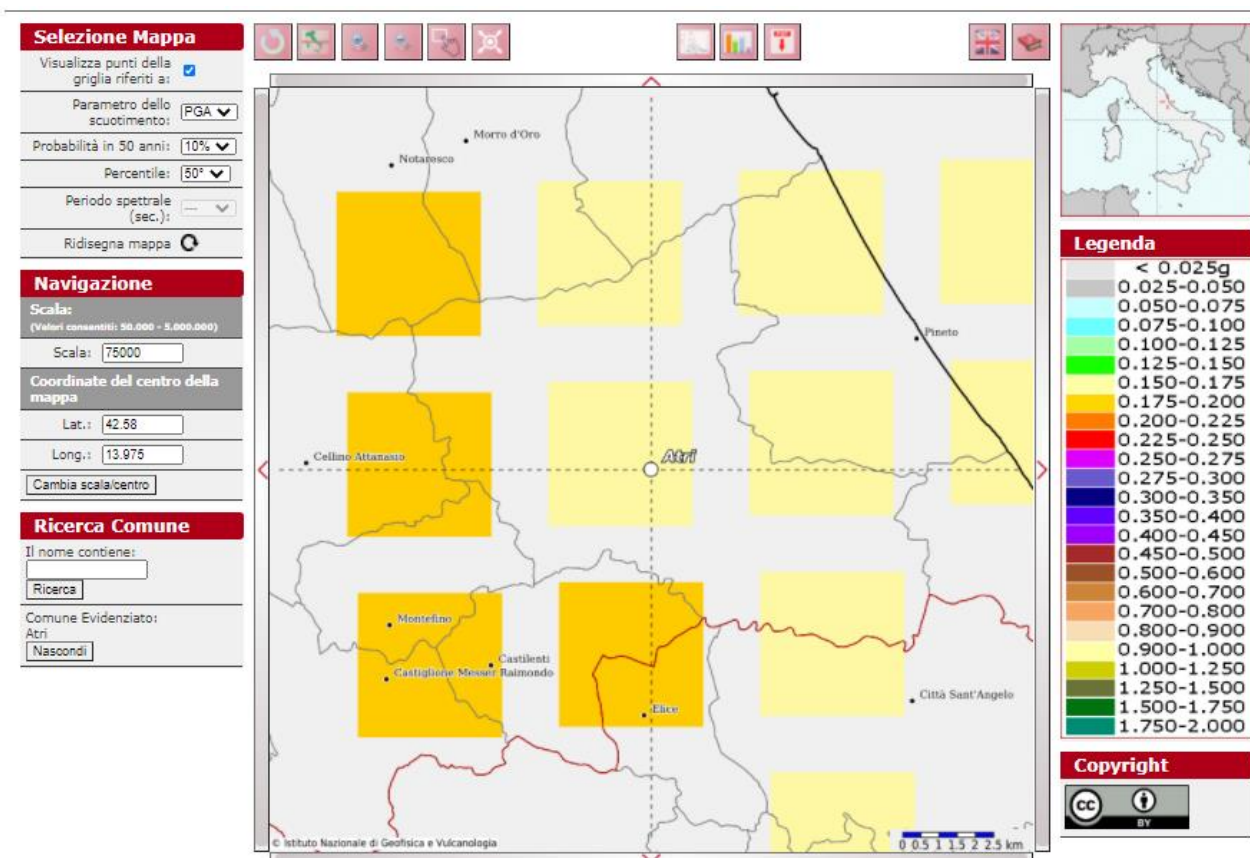


Fig. 4.4: Mappa di pericolosità sismica del comune di Atri.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 20 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

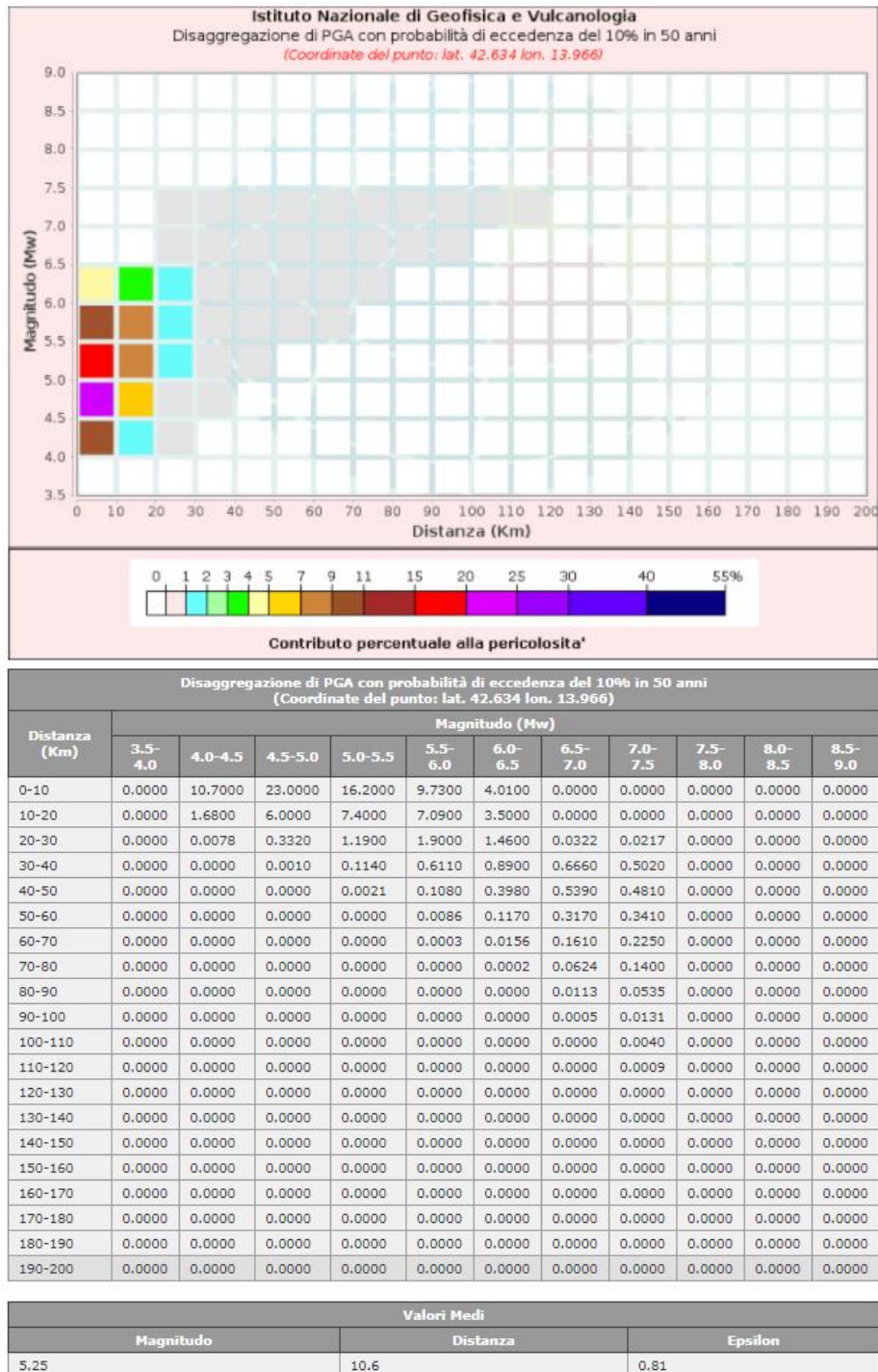


Fig. 4.5: Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il valore massimo di pericolosità atteso nel comune di Atri.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 21 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

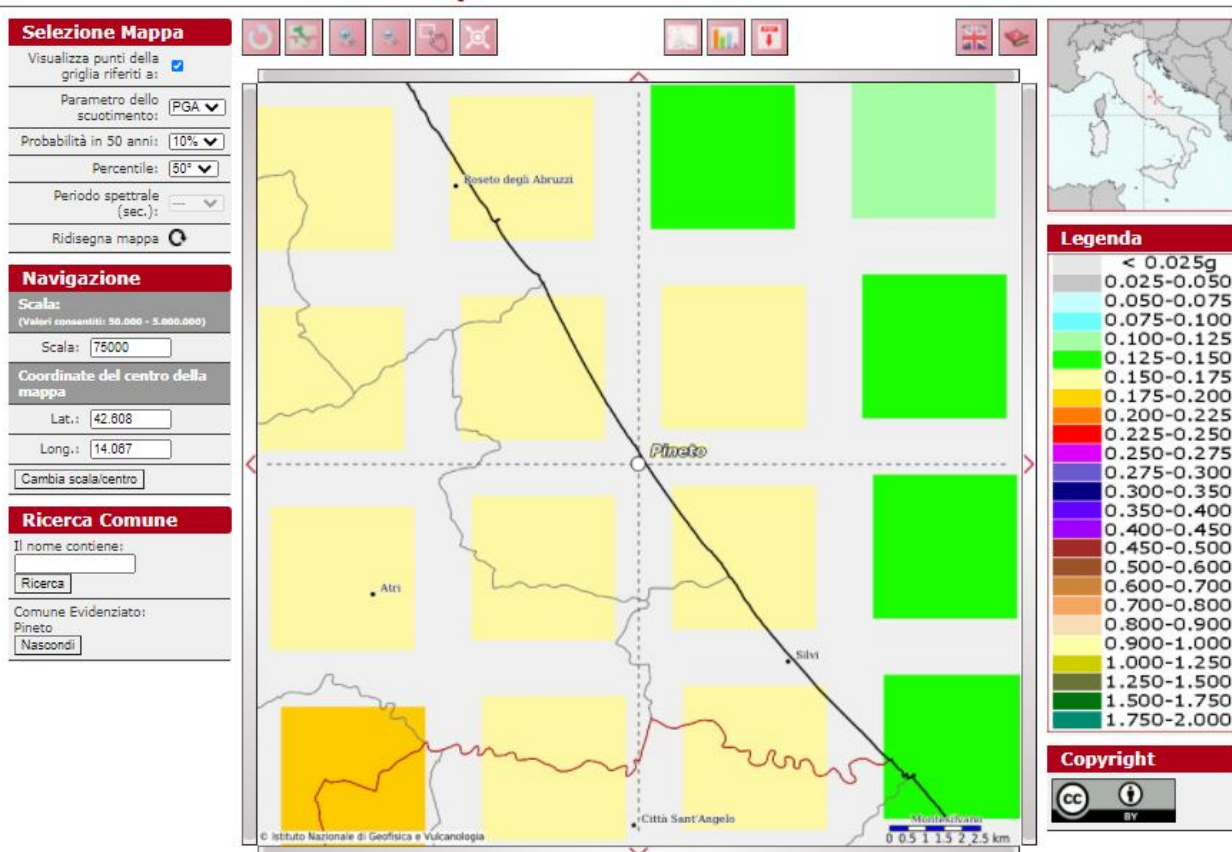


Fig. 4.6: Mappa di pericolosità sismica del comune di Pineto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 22 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

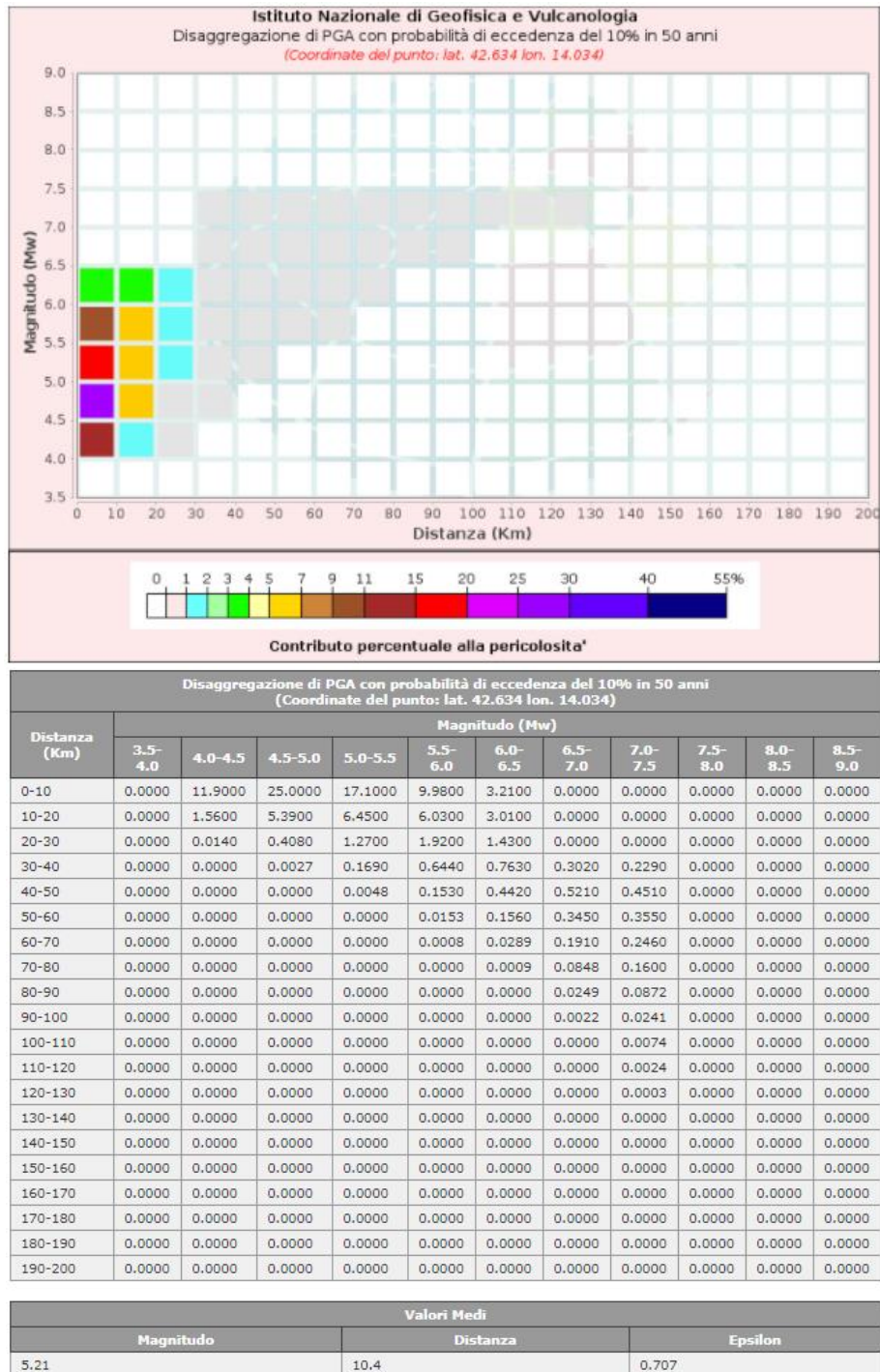


Fig. 4.7: Disaggregazione del valore di a(g) con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, per il valore massimo di pericolosità atteso nel comune di Pineto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 23 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Le zone sismiche vengono individuate in base ai valori di accelerazione di picco orizzontale del suolo (a_g) con probabilità di superamento del 10% in 50 anni, secondo lo schema riportato nella seguente tabella:

Tab. 4.1: Valori di accelerazione orizzontale.

ZONA	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE CON PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI (a_g/g)	ACCELERAZIONE ORIZZONTALE DI ANCORAGGIO DELLO SPETTRO DI RISPOSTA ELASTICO (NORME TECNICHE) (a_g/g)
1	> 0,25	0,35
2	0,15-0,25	0,25
3	0,05-0,15	0,15
4	< 0,05	0,05

In particolare i comuni interessati mostrano i seguenti valori di $a(g)$:

PROVINCIA	COMUNE	ZONA SISMICA	VALORE DI ACCELERAZIONE ORIZZONTALE CON LA PROBABILITÀ DI SUPERAMENTO PARI AL 10% IN 50 ANNI [AG/G]
TERAMO	CELLINO ATTANASIO	2	0,15 – 0,25
TERAMO	ATRI	3	0,05 – 0,15
TERAMO	PINETO	3	0,05 – 0,15

Quest'ultima classificazione ha rappresentato il punto di partenza per la definizione dapprima delle NTC 2008 e quindi delle attuali NTC 2018.

Le azioni di progetto si ricavano, ai sensi delle NTC, dalle accelerazioni a_g e dalle relative forme spettrali.

Le forme spettrali previste dalle NTC 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.

Per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno TR considerati dalla pericolosità sismica, i tre parametri si ricavano riferendosi ai valori corrispondenti al 50esimo percentile ed attribuendo a:

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 24 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

- a_g il valore previsto dalla pericolosità sismica,
- F_0 e T^*_c i valori ottenuti imponendo che le forme spettrali in accelerazione, velocità e spostamento previste dalle NTC scartino al minimo dalle corrispondenti forme spettrali previste dalla pericolosità sismica (la condizione di minimo è imposta operando ai minimi quadrati, su spettri di risposta normalizzati ad uno, per ciascun sito e ciascun periodo di ritorno).

4.1. Vita nominale e Classi d'uso

4.1.1. Vita nominale

La vita nominale di un'opera strutturale V_N è intesa come il numero di anni nel quale la struttura, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, deve poter essere usata per lo scopo al quale è destinata.

La vita nominale dei diversi tipi di opere è quella riportata nella sottostante tabella e deve essere precisata nei documenti di progetto.

TIPI DI COSTRUZIONE		Vita Nominale V_N (in anni)
1	Opere provvisorie – Opere provvisionali – Strutture in fase costruttiva ¹	≥ 10
2	Opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale	≥ 50
3	Grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di grandi dimensioni o di importanza strategica	≥ 100

Nella fattispecie, per le opere in progetto si adotta V_N pari a 50 anni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 25 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

4.1.2. Classi d'uso

In presenza di azioni sismiche, con riferimento alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso, le costruzioni sono suddivise in classi d'uso così definite:

Classe I: Costruzioni con presenza solo occasionale di persone, edifici agricoli.

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

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

Classe IV: Costruzioni con funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità. Industrie con attività particolarmente pericolose per l'ambiente. Reti viarie di tipo A o B, di cui al D.M. 5 novembre 2001, n. 6792, "Norme funzionali e geometriche per la costruzione delle strade", e di tipo C quando appartenenti ad itinerari di collegamento tra capoluoghi di provincia non altresì serviti da strade di tipo A o B. Ponti e reti ferroviarie di importanza critica per il mantenimento delle vie di comunicazione, particolarmente dopo un evento sismico. Dighe connesse al funzionamento di acquedotti e ad impianti di produzione di energia elettrica.

Nella fattispecie, per le opere in progetto ricadono in Classe d'uso IV.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, moltiplicandone la vita nominale di progetto V_N per il coefficiente d'uso C_U :

Il valore del coefficiente d'uso C_U è definito, al variare della classe d'uso, come mostrato nella sottostante tabella:

CLASSE D'USO	I	II	III	IV
COEFFICIENTE	0,7	1,0	1,5	2,0

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 26 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Per le assunzioni di cui sopra, il periodo di riferimento V_R delle opere in progetto è pari a 100 anni.

4.2. Stati limite e relative probabilità di superamento

Nei confronti delle azioni sismiche gli stati limite, sia di esercizio che ultimi, sono individuati riferendosi alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti.

Gli stati limite di esercizio sono:

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

Gli stati limite ultimi sono:

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

Data l'importanza dell'opera e in accordo al paragrafo 3.2.1 delle NTC 2018, è stato considerato lo Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 27 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Le probabilità di superamento nel periodo di riferimento P_{VR}, cui riferirsi per individuare l'azione sismica agente in ciascuno degli stati limite considerati, sono riportate nella successiva tabella:

Stati Limite	P _{VR} : Probabilità di superamento nel periodo di riferimento V _R	
Stati limite di esercizio	SLO	81%
	SLD	63%
Stati limite ultimi	SLV	10%
	SLC	5%

Qualora la protezione nei confronti degli stati limite di esercizio sia di prioritaria importanza, i valori di P_{VR} forniti in tabella devono essere ridotti in funzione del grado di protezione che si vuole raggiungere.

Da tali assunzioni sono stati calcolati i valori dei periodi di ritorno (TR) per i due stati limite considerati mediante la formula:

$$T_R = - V_R / \ln (1 - P_{V_R}) = - C_U V_N / \ln (1 - P_{V_R})$$

da cui si ottiene il seguente corrispettivo periodo di ritorno (TR):

- TR pari a 949 anni per uno Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

4.3. Categorie di sottosuolo e condizioni topografiche

4.3.1. Categorie di sottosuolo

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi, da eseguire con le modalità indicate nel § 7.11.3 delle NTC. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella tabella sottostante, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, VS.

I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità VS per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

I valori di VS sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 28 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ (in m/s), definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

con:

- h_i spessore dell' i -esimo strato;
- $V_{S,i}$ velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;
- N numero di strati;
- H profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

Per depositi con profondità H del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio $V_{S,eq}$ è definita dal parametro $V_{S,30}$, ottenuto ponendo $H=30$ m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella:

Categoria	SUOLO DI FONDAZIONE
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.</i>
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.</i>

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 29 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Categoria	SUOLO DI FONDAZIONE
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.</i>
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s</i>
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Per queste cinque categorie di sottosuolo, le azioni sismiche sono definite al § 3.2.3 delle NTC.

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

4.3.2. Categorie topografiche

In riferimento alle condizioni topografiche si può affermare che per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base ed inclinazione media $i > 30^\circ$

Le sopraesposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 30 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

4.3.3. Calcolo dei coefficienti sismici

La verifica dei parametri sismici di riferimento è stata eseguita in corrispondenza dell'opera in progetto tenendo conto dei coefficienti di amplificazione stratigrafica S_s e amplificazione topografica S_T secondo quanto riportato nelle seguenti tabelle:

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	$1,00 \leq 2,00 - 1,10 \cdot F_0 \cdot \frac{a_g}{g} \leq 1,60$	$1,15 \cdot (T_C^*)^{-0,40}$

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

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 31 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

4.4. Calcolo dell'azione sismica

Calcolato il periodo di ritorno per lo stato limite SLV è stato determinato l'andamento dei valori di accelerazione orizzontale massima attesi al bedrock (a_g , espressi in $g/10$) e in superficie (PGA), lungo la fascia di territorio interessata dal tracciato di progetto. Quest'ultimo è stato suddiviso in 4 macro aree, sulla base delle condizioni stratigrafiche e topografiche dedotte anche grazie alla campagna di indagini eseguita lungo le aree in cui il tracciato in progetto insiste.

Per l'elaborazione dell'azione sismica è stato utilizzato il software "Geostru – Parametri sismici".

4.4.1. Macroarea 1

Le coordinate utilizzate per l'individuazione della macroarea 1 sono le seguenti espresse in WGS84:

- Latitudine: 42.624445
- Longitudine: 13.888459

Per il sito in esame sono stati considerati i seguenti valori di input:

- Vita nominale: 50
- Classe d'uso: 4
- Coefficiente c_u : 2
- Periodo di riferimento: 100 anni

Per lo stato limite ultimo SLV:

- Probabilità di superamento: 10 %
- T_r : 949 [anni]
- a_g : 0,226 g
- F_o : 2,492
- T_c^* : 0,353 [s]

Parametri sismici

- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Coefficiente stratigrafico S_s : 1,362
- Coefficiente topografico S_T : 1
- C_c : 1,481

La stima dell'accelerazione di picco in superficie (PGA) lungo la fascia di territorio di interesse si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale (S) e l'accelerazione

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 32 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

massima attesa al suolo rigido (a_g). Il coefficiente S , che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_T$$

in cui S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (cfr. Tabella 3.2.IV del DM 17/01/2018) ed S_T è il coefficiente di amplificazione topografica (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

Ai fini progettuali si assume come valore medio dell'accelerazione sismica di picco attesa in superficie (PGA):

- **3.018 (m/s²)** per lo stato limite ultimo SLV (TR = 950 anni).

Al fine di caratterizzare la pericolosità sismica dell'area di studio è necessario stimare anche le massime velocità del terreno attese in superficie per il terremoto di progetto (PGV). Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 riportano nel paragrafo 3.2.3.3 la relazione per il calcolo di tali velocità:

$$PVG = 0.16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c$$

in cui:

a_g : accelerazione di picco attesa al bedrock (espressa in g/10);

S : fattore di risposta sismica locale;

T_c : periodo del tratto iniziale a velocità costante dello spettro.

Quest'ultimo si ottiene dalla formula:

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

dove T_c^* è definito, insieme al valore di a_g , per ciascun nodo della discretizzazione e C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

Pertanto ai fini progettuali si assume come valore medio della velocità massima attesa al suolo (PGV):

- **0,251 (m/s)** per lo stato limite ultimo SLV (TR = 950 anni).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 33 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

4.4.2. Macroarea 2

Le coordinate utilizzate per l'individuazione della macroarea 1 sono le seguenti espresse in WGS84:

- Latitudine: 42.629988
- Longitudine: 14.041095

Per il sito in esame sono stati considerati i seguenti valori di input:

- Vita nominale: 50
- Classe d'uso: 4
- Coefficiente c_u : 2
- Periodo di riferimento: 100 anni

Per lo stato limite ultimo SLV:

- Probabilità di superamento: 10 %
- T_r : 949 [anni]
- a_g : 0,215 g
- F_o : 2,442
- T_c^* : 0,351 [s]

Parametri sismici

- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T2
- Coefficiente stratigrafico S_s : 1,39
- Coefficiente topografico S_T : 1,2
- C_c : 1,48

La stima dell'accelerazione di picco in superficie (PGA) lungo la fascia di territorio di interesse si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale (S) e l'accelerazione massima attesa al suolo rigido (a_g). Il coefficiente S, che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_T$$

in cui S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (cfr. Tabella 3.2.IV del DM 17/01/2018) ed S_T è il coefficiente di amplificazione topografica (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

Ai fini progettuali si assume come valore medio dell'accelerazione sismica di picco attesa in superficie (PGA):

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 34 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

- **3,509 (m/s²)** per lo stato limite ultimo SLV (TR = 950 anni).

Al fine di caratterizzare la pericolosità sismica dell'area di studio è necessario stimare anche le massime velocità del terreno attese in superficie per il terremoto di progetto (PGV). Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 riportano nel paragrafo 3.2.3.3 la relazione per il calcolo di tali velocità:

$$PVG = 0.16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c$$

in cui:

- a_g : accelerazione di picco attesa al bedrock (espressa in g/10);
- S : fattore di risposta sismica locale;
- T_c : periodo del tratto iniziale a velocità costante dello spettro.

Quest'ultimo si ottiene dalla formula:

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

dove T_c^* è definito, insieme al valore di a_g , per ciascun nodo della discretizzazione e C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

Pertanto ai fini progettuali si assume come valore medio della velocità massima attesa al suolo (PGV):

- **0,291 (m/s)** per lo stato limite ultimo SLV (TR = 950 anni).

4.4.3. Macroarea 3

Le coordinate utilizzate per l'individuazione della macroarea 1 sono le seguenti espresse in WGS84:

- Latitudine: 42.624039
- Longitudine: 14.052229

Per il sito in esame sono stati considerati i seguenti valori di input:

- Vita nominale: 50
- Classe d'uso: 4
- Coefficiente c_u : 2
- Periodo di riferimento: 100 anni

Per lo stato limite ultimo SLV:

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 35 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

- Probabilità di superamento: 10 %
- Tr: 949 [anni]
- ag: 0,212 g
- Fo: 2,444
- Tc*: 0,352 [s]

Parametri sismici:

- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T1
- Coefficiente stratigrafico S_s : 1,39
- Coefficiente topografico S_T : 1
- C_c : 1,48

La stima dell'accelerazione di picco in superficie (PGA) lungo la fascia di territorio di interesse si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale (S) e l'accelerazione massima attesa al suolo rigido (a_g). Il coefficiente S, che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_T$$

in cui S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (cfr. Tabella 3.2.IV del DM 17/01/2018) ed S_T è il coefficiente di amplificazione topografica (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

Ai fini progettuali si assume come valore medio dell'accelerazione sismica di picco attesa in superficie (PGA):

- **2,89 (m/s²)** per lo stato limite ultimo SLV (TR = 950 anni).

Al fine di caratterizzare la pericolosità sismica dell'area di studio è necessario stimare anche le massime velocità del terreno attese in superficie per il terremoto di progetto (PGV). Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 riportano nel paragrafo 3.2.3.3 la relazione per il calcolo di tali velocità:

$$PVG = 0.16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c$$

in cui:

- a_g : accelerazione di picco attesa al bedrock (espressa in g/10);
- S: fattore di risposta sismica locale;
- T_c : periodo del tratto iniziale a velocità costante dello spettro.

Quest'ultimo si ottiene dalla formula:

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 36 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

dove T_c^* è definito, insieme al valore di a_g , per ciascun nodo della discretizzazione e C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

Pertanto ai fini progettuali si assume come valore medio della velocità massima attesa al suolo (PGV):

- **0,240 (m/s)** per lo stato limite ultimo SLV (TR = 950 anni).

4.4.4. Macroarea 4

Le coordinate utilizzate per l'individuazione della macroarea 1 sono le seguenti espresse in WGS84:

- Latitudine: 42.601987
- Longitudine: 14.068315

Per il sito in esame sono stati considerati i seguenti valori di input:

- Vita nominale: 50
- Classe d'uso: 4
- Coefficiente c_u : 2
- Periodo di riferimento: 100 anni

Per lo stato limite ultimo SLV:

- Probabilità di superamento: 10 %
- T_r : 949 [anni]
- a_g : 0,210 g
- F_o : 2,449
- T_c^* : 0,353 [s]

Parametri sismici:

- Categoria di sottosuolo: C
- Categoria topografica: T2
- Coefficiente stratigrafico S_s : 1,392
- Coefficiente topografico S_T : 1,2
- C_c : 1,481

La stima dell'accelerazione di picco in superficie (PGA) lungo la fascia di territorio di interesse si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale (S) e l'accelerazione

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 37 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

massima attesa al suolo rigido (a_g). Il coefficiente S , che tiene conto della categoria di sottosuolo e delle condizioni topografiche, può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_T$$

in cui S_s è il coefficiente di amplificazione stratigrafica (cfr. Tabella 3.2.IV del DM 17/01/2018) ed S_T è il coefficiente di amplificazione topografica (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

Ai fini progettuali si assume come valore medio dell'accelerazione sismica di picco attesa in superficie (PGA):

- **3,43 (m/s²)** per lo stato limite ultimo SLV (TR = 950 anni).

Al fine di caratterizzare la pericolosità sismica dell'area di studio è necessario stimare anche le massime velocità del terreno attese in superficie per il terremoto di progetto (PGV). Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC 2018 riportano nel paragrafo 3.2.3.3 la relazione per il calcolo di tali velocità:

$$PVG = 0.16 \cdot a_g \cdot S \cdot T_c$$

in cui:

a_g : accelerazione di picco attesa al bedrock (espressa in g/10);

S : fattore di risposta sismica locale;

T_c : periodo del tratto iniziale a velocità costante dello spettro.

Quest'ultimo si ottiene dalla formula:

$$T_c = C_c \cdot T_c^*$$

dove T_c^* è definito, insieme al valore di a_g , per ciascun nodo della discretizzazione e C_c è un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

Pertanto ai fini progettuali si assume come valore medio della velocità massima attesa al suolo (PGV):

- **0,286 (m/s)** per lo stato limite ultimo SLV (TR = 950 anni).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 38 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

5. ZONAZIONE SIMOGENETICA

Sotto il profilo sismico, gli studi sulla pericolosità sismica, promossi dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV), hanno portato alla definizione di una nuova zonazione sismogenetica del territorio italiano, denominata ZS9, che prevede una suddivisione in 36 zone i cui limiti sono stati tracciati sulla base di informazioni tettoniche o geologico-strutturali e di differenti caratteristiche della sismicità, quali distribuzione spaziale e frequenza degli eventi, massima magnitudo rilasciata, ecc..

La nuova zonazione sismogenetica ZS9, è stata sviluppata a partire da un sostanziale ripensamento della zonazione ZS4, alla luce delle evidenze di tettonica attiva e delle valutazioni sul potenziale sismogenetico acquisite negli ultimi anni. Nella ZS9, le informazioni sulle sorgenti sismogenetiche si innestano sul quadro di evoluzione cinematica Plio-Quaternaria su cui si basava la ZS4. L'elemento di novità rispetto alla ZS4, oltre naturalmente al catalogo sismico, è rappresentato dall'introduzione delle conoscenze più recenti sulla geometria delle sorgenti sismogenetiche. Negli ultimi anni, infatti, la quantità di informazioni sulla sismogenesi del territorio italiano (sia per quanto riguarda gli aspetti geometrici delle sorgenti che per quanto attiene il loro comportamento atteso) è notevolmente aumentata rispetto a quella disponibile nel periodo in cui i ricercatori procedevano alla realizzazione di ZS4. La figura 3.1.1 mostra la zonazione che è stata realizzata seguendo i criteri appena esposti ed è costituita da 42 zone-sorgente. La ZS9 è corredata, per ogni zona sismogenetica (ZS), da una stima della profondità media dei terremoti (*Gruppo di lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, 2004*).

Le zone sismogenetiche sono porzioni della crosta o del mantello terrestre da cui possono originarsi i terremoti. Le sorgenti sismogenetiche sono le strutture geologiche attive a livello regionale da cui si originano i sismi più violenti. La maggior parte dei terremoti avviene nella crosta terrestre. La strumentazione sismologica e i metodi di analisi dei dati, sempre più avanzati, consentono di localizzare con precisione gli ipocentri dei terremoti e di osservare che essi, fatta eccezione per le zone di subduzione, raramente sono più profondi di 15-20 km. Questa distribuzione degli ipocentri, osservata per grandi e piccoli terremoti e per la microsismicità (terremoti con magnitudo inferiore a 2,5), permette di identificare uno strato sismogenetico definibile come una zona preferenziale, entro la litosfera, per la nucleazione di terremoti. Il livello inferiore di questo strato è definito dalla profondità massima dei terremoti che vi si verificano e corrisponde, dal punto di vista geologico, alla transizione tra un regime deformativo fragile, in cui la roccia si rompe quando è soggetta a sforzi superiori alla sua resistenza, e un regime duttile, in cui il rilascio di deformazione è pressoché continuo e asismico. Per la maggior parte dei materiali che si ritiene costituiscano una porzione significativa della crosta terrestre, considerando profili realistici di temperatura, la resistenza aumenta fino a una profondità di circa 15 km, per poi decrescere rapidamente. Lo spessore dello strato sismogenetico ha importanti conseguenze sulla dimensione dei terremoti poiché corrisponde alla larghezza

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 39 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

massima della faglia che si rende disponibile per la rottura; infatti, mentre la lunghezza di una faglia può superare i 1000 km, la sua larghezza ha un limite massimo dato dallo spessore litosferico che ha caratteristiche reologiche tali da rompersi in maniera fragile. I terremoti che rompono l'intera zona sismogenetica vengono classificati come grandi; quelli che rompono una parte della zona sismogenetica come piccoli. Sulla superficie terrestre le principali strutture sismogenetica si trovano in corrispondenza dei margini di placca; tuttavia in alcune regioni la sismicità è concentrata lontano da essi ed è per questo definita intraplacca.

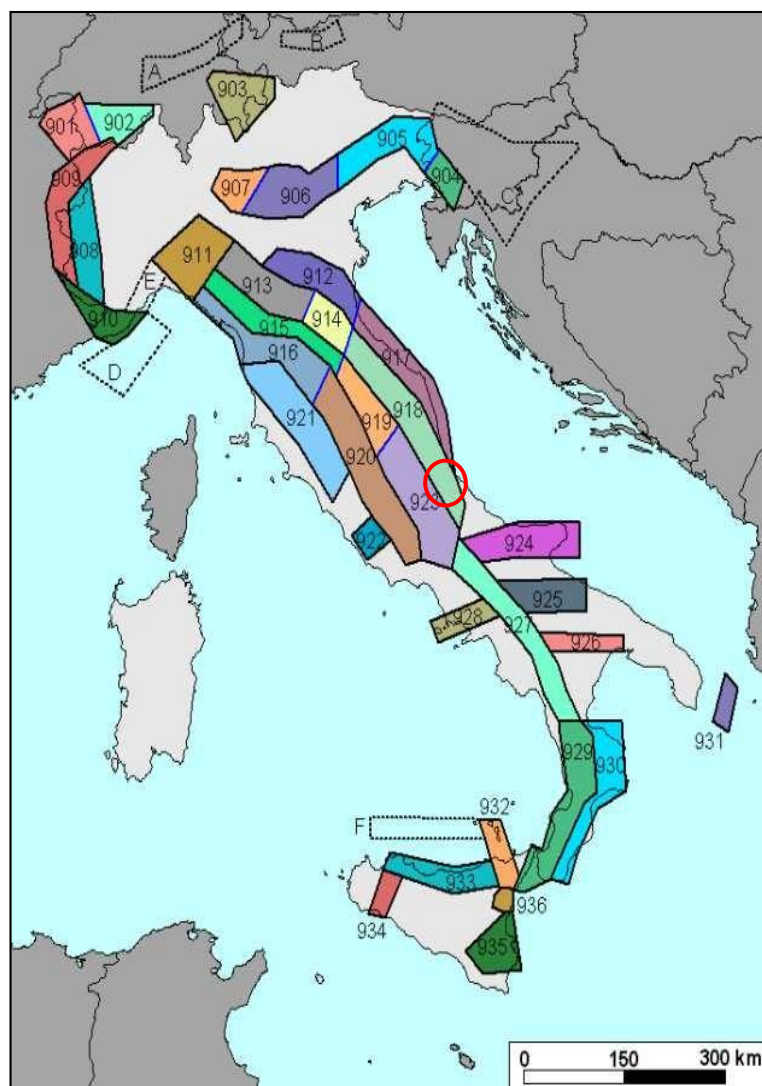


Fig. 5.1: Zonazione sismogenetica ZS9.

Come emerge dalla consultazione della carta delle zone sismogenetiche, l'area in esame ricade all'interno delle seguenti zone sismogenetiche:

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 40 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Tab. 5.1: Zone sismogenetiche dell'area in esame.

ZONA	DENOMINAZIONE
918	Medio Marchigiana Abruzzese

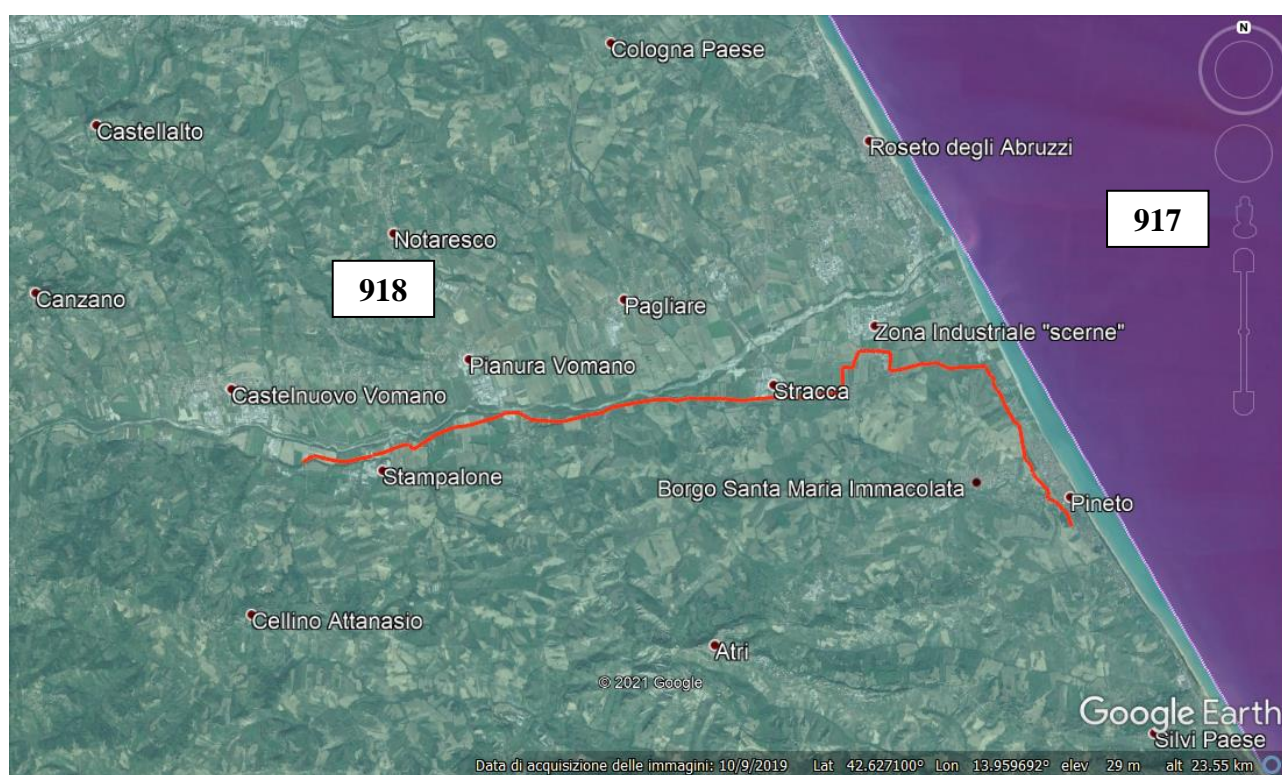


Fig. 5.2: Zonazione sismogenetica ZS9. In rosso il tracciato in progetto.

Nella fascia 918 si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nord-occidentale e probabilmente distensivi nella porzione più sud-orientale; si possono altresì avere dei meccanismi trascorrenti nelle zone di svinolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna; lo testimoniano anche quegli eventi che hanno avuto risentimenti su aree piuttosto vaste (es. eventi del 1799 di Camerino, del 1873 delle Marche meridionali e del 1950 del gran Sasso). Alla zona 918 sono inoltre riferibili alcune sorgenti "silenti" (es. Monti della Laga, Camo Imperatore) legate a fagliazione normale. Studi paleosismologici lungo le espressioni superficiali delle sorgenti suggeriscono una ripetuta attivazione nel corso

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 41 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

dell'Olocene con magnitudo attese che, sulla base della rottura di superficie, vengono stimate tra 6.5 e 7.0 (Galadini e Galli, 2000).

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
918	455	179	26	4.2	12-20	13

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 42 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

6. MICROZONAZIONE SISMICA

In accordo con quanto riportato all'interno del documento "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica (MS)" pubblicato nel 2008 dal Dipartimento della Protezione Civile, la MS ha lo scopo di riconoscere ad una scala sufficientemente grande (scala comunale o sub comunale) le condizioni locali che possono modificare sensibilmente le caratteristiche del moto sismico atteso o possono produrre deformazioni permanenti rilevanti per le costruzioni e le infrastrutture.

Pertanto, la microzonazione sismica ha come scopo l'individuazione e la caratterizzazione di tre tipologie di zone:

- *Stabili*, in quanto il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- *Stabili suscettibili di amplificazione sismica*, in quanto il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
- *suscettibili di instabilità*, in quanto sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, faglie attive e capaci, cedimenti differenziali, ecc.).

Tra i comuni interessati dal passaggio della condotta in progetto, l'unico che attualmente dispone di uno studio di microzonazione sismica di livello 1 è il comune di Pineto (TE), dal km 11+690 circa fino al termine del tracciato al km 20+169 (Fig. 6.1).

Tale studio ha avuto lo scopo di individuare le Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica (MOPS), facendo seguito alle sovra citate linee guida della Protezione Civile, in corrispondenza dei principali centri abitati e nella frazione di Mutignano.

	PROGETTISTA		COMMESSA	UNITÀ
			5718	001
	LOCALITÀ'	REGIONE ABRUZZO		SPC. P-RT-D-0010
	PROGETTO	METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO		Pagina 43 di 50
				Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

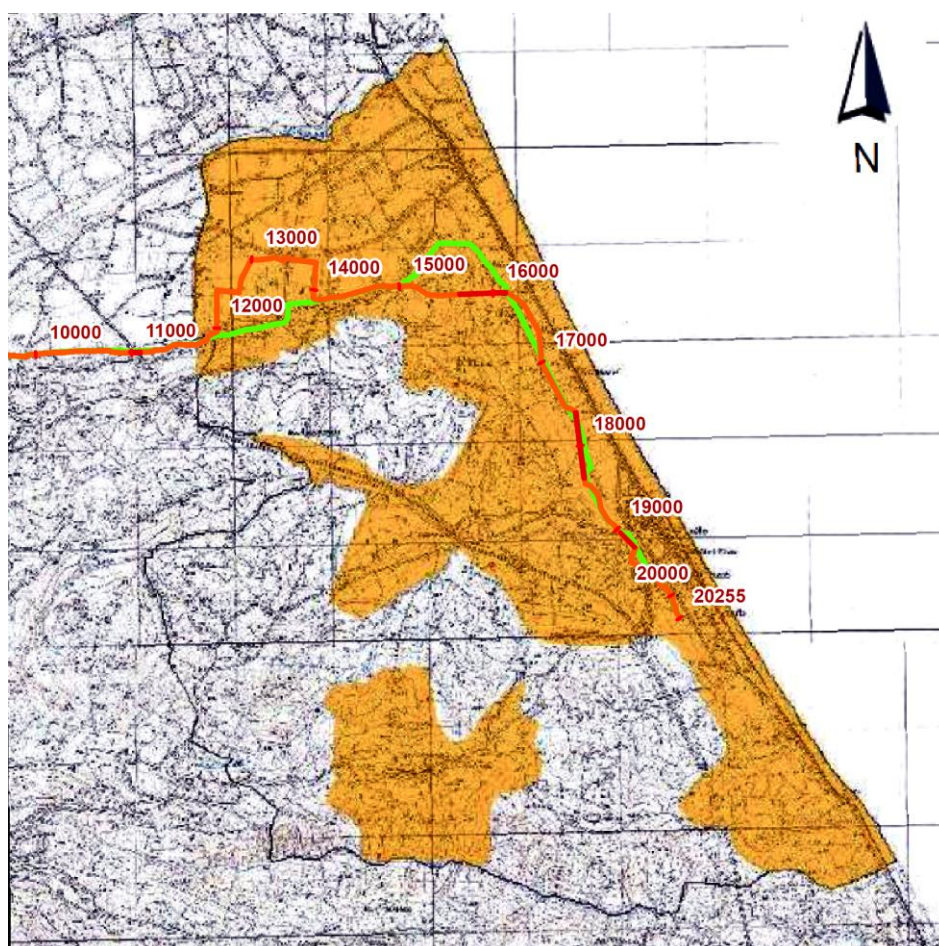


Fig. 6.1: Ambiti urbani oggetto di studio di MS (fonte: Relazione di Mirozonazione sismica del comune di Pineto, 2015). La linea rossa e quella verde rappresentano rispettivamente i tracciati in progetto ed in dismissione.

Dalla consultazione delle cartografie prodotte per lo studio di MS del comune di Pineto si evince che il metanodotto in progetto e quello in dismissione attraversano le seguenti aree (Fig. 6.2):

- *zone stabili suscettibili di amplificazioni locali*, le quali comprendono “terreni di copertura con spessori variabili sempre >3m. Per una medesima litologia affiorante in superficie sono state distinte microaree differenti in base al tipo di substrato sepolto; in tal modo accade che un medesimo corpo sedimentario, spazialmente omogeneo dal punto di vista litologico e granulometrico, possa dar vita a 2 o più microaree MOPS a causa di un cambio litologico in profondità”. Tali microaree sono:

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 44 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

- Zona 4 - Argille-limose e limi-argillosi da poco consistenti a mediamente consistenti, che caratterizzano le coltri di copertura a carattere coesivo, alla base dei versanti, sovrastanti un substrato anch'esso coesivo, l'associazione pelitico-sabbiosa (FMTa), per spessori che possono variare da 3 a 20 m; la stessa zona è stata utilizzata anche per i terrazzi con la stessa litologia.
 - Zona 6 - Limi sabbiosi e limi, localmente argillosi, generalmente poco addensati, si rinvengono in poche aree, alla base dei versanti, prospicienti verso la costa, sovrastanti un substrato coesivo, l'associazione pelitico-sabbiosa (FMTa), per spessori che possono variare da 3 a 20 m.
 - Zona 7 – Sabbie ghiaiose, si rinvengono solo in corrispondenza dei depositi alluvionali terrazzati riconducibili alla sedimentazione del torrente Calvano; presentano spessori di 3-15 m e sono sovrastanti il substrato coesivo, l'associazione pelitico-sabbiosa (FMTa);
 - Zona 9 – Riporto antropico, costituito da materiali estremamente eterogenei, caratterizza le zone dove lo spessore dei riporti è elevato, può variare tra i 7 e 15 m, prima di intercettare litotipi come in zona 6.
 - Zona 11 – Ghiaie e ghiaie sabbiose, caratterizzano le alluvioni attuali dei principali corsi d'acqua.
- *Zone di attenzione per le instabilità ed altri elementi*, le quali comprendono quelle:
- per instabilità di versante suddivise a loro volta in attiva, quiescente e inattiva;
 - per liquefazione tipo 1, rappresentate dalle alluvioni attuali e terrazzate della valle del Fiume Vomano e del torrente Calvano, caratterizzate dalla compresenza di eventuali lenti ed orizzonti sabbiosi, di falda a profondità inferiore ai 15 m dal p.c., di Mw attesa al sito > 5 e di accelerazioni massime in superficie (PGA)>0.1 g

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 45 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

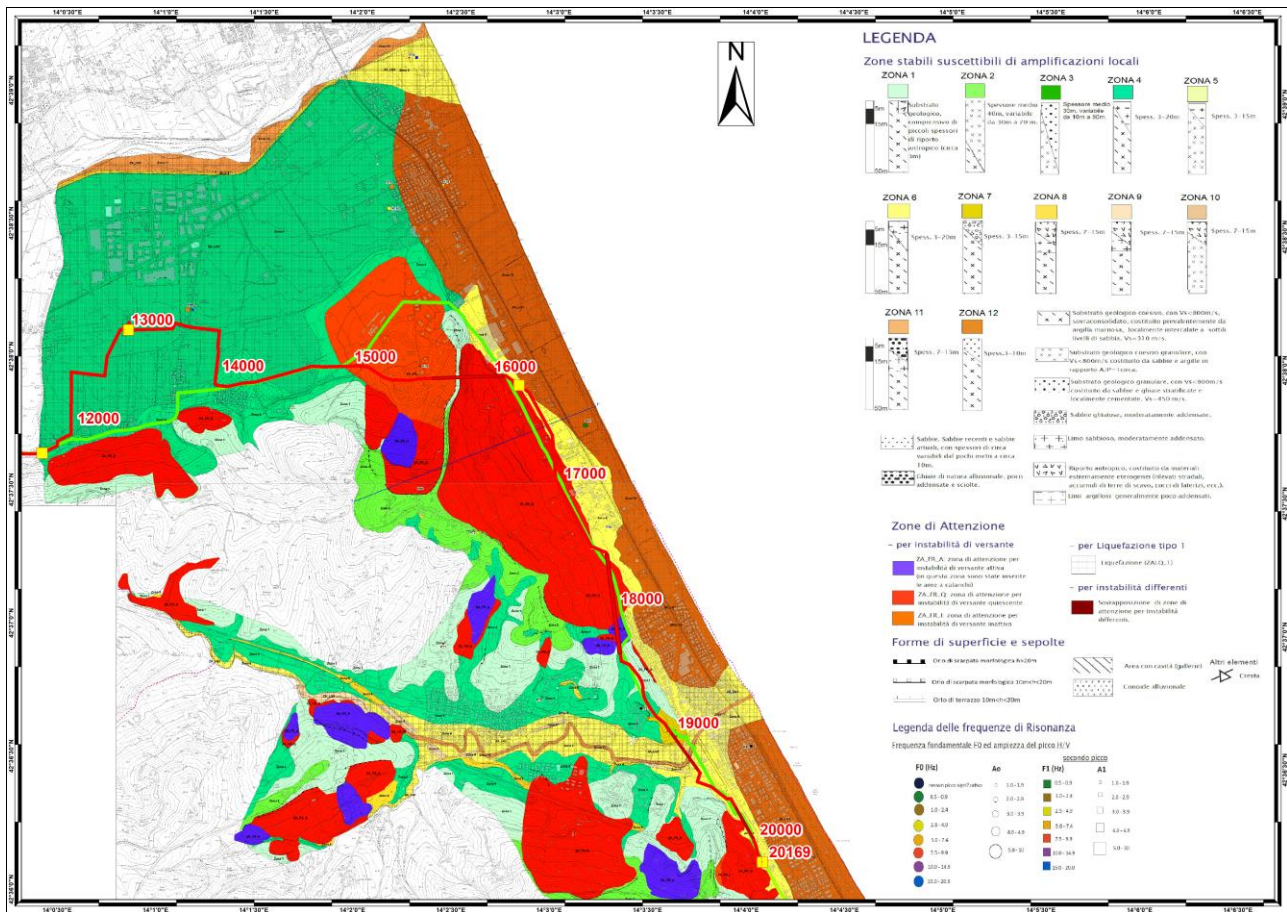


Fig. 6.2: Carta delle MOPS del comune di Pineto (fonte: Studio MS del comune di Pineto, 2015). La linea rossa e la linea verde rappresentano rispettivamente il tracciato in progetto e da rimuovere

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 46 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

7. LIQUEFAZIONE

In accordo con le Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018) si definisce liquefazione quel fenomeno che si manifesta in depositi sabbiosi sciolti, saturi, posti al di sotto del livello di falda in concomitanza di eventi sismici con una certa energia.

Al suddetto fenomeno vengono associati una perdita di resistenza al taglio (temporanea o definitiva) e/o un accumulo di deformazioni plastiche a causa di azioni cicliche e dinamiche che si verificano in condizioni non drenate. Tali eventi sono da attribuire ad un significativo aumento della pressione interstiziale (u) a seguito della quale nel terreno si genera una diminuzione della tensione media efficace.

La liquefazione è anche strettamente influenzata dal numero di cicli N del terremoto, oltre che dalla densità relativa (D_r), dalla granulometria e dalla proprietà geotecniche dei terreni.

Gli effetti della liquefazione durante lo stesso sisma, nel medesimo sito, possono presentare diversi gradi di severità tali per cui in condizioni di *free-field* questi dipendono dalla natura del terreno, mentre in presenza di opere, sono subordinate alle caratteristiche sia geometriche sia strutturali della costruzione, nonché, ovviamente, alla natura del terreno su cui insiste l'opera.

Al di sotto di edifici, rilevati o in un pendio naturale gli sforzi di taglio indotti dal terremoto si sommano a quelli preesistenti in condizioni statiche, in queste condizioni si può verificare una liquefazione completa (flow liquefaction) o parziale (cyclic mobility).

In particolare, la flow liquefaction si verifica quando in un deposito che ha subito liquefazione lo sforzo di taglio statico applicato supera la resistenza residua del terreno provocando effetti come ribaltamento o affondamento di edifici, galleggiamento di strutture interrato, frane, ecc.; mentre la cyclic mobility si innesca quando l'aumento delle sovrappressioni interstiziali non è in grado di annullare lo sforzo efficace agente inducendo nel terreno elevati sforzi di taglio che causano cedimenti di edifici esistenti o grossi spostamenti di pendii.

L'instaurarsi di una liquefazione completa o parziale dipende, quindi, dall'entità degli sforzi di taglio indotti dal sisma, dall'entità degli sforzi di taglio preesistenti e dalla resistenza al taglio della sabbia nello stato liquefatto.

Nel caso di terreno pianeggiante, i danni in superficie sono trascurabili se lo spessore dello strato più superficiale che non liquefa (H_1) è maggiore dello spessore dello strato sottostante che liquefa (H_2) ovvero se $H_1 > H_2$.

Il pericolo di liquefazione deve essere accertato in base alla possibilità di concomitanza di fattori scatenanti (caratteristiche dei terremoti attesi) e predisponenti (susceptibilità dei terreni).

Secondo le NTC 2018 il sito presso il quale è ubicato il manufatto o l'opera deve essere stabile nei confronti della liquefazione, così la verifica a tale fenomeno può essere omessa quando si manifesta almeno una delle seguenti condizioni:

1. accelerazioni massime attese al p.c. in assenza di manufatti (condizioni di free-field) $< 0,1$ g;

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 47 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)60 > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N1)60$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (SPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (CPT) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 ka;
- distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella seguente Figura, nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ o $U_c > 3,5$.

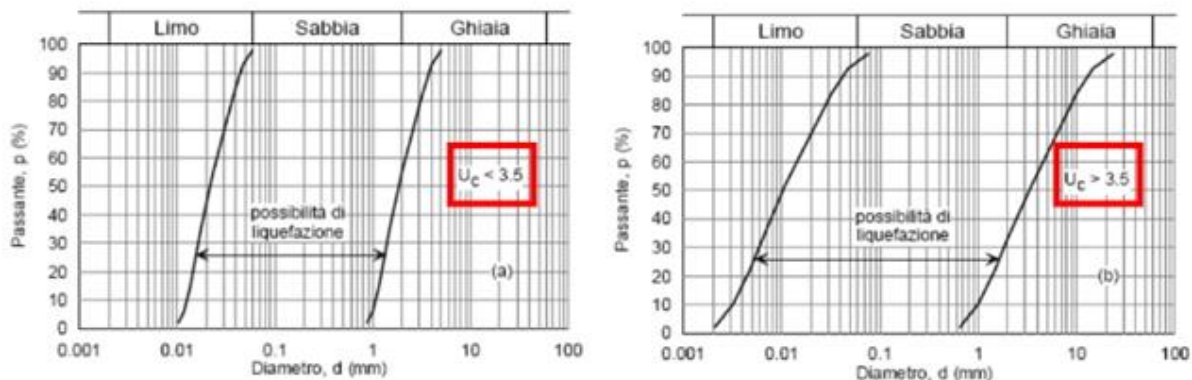


Fig. 7-1 - Fasce granulometriche per la valutazione preliminare della suscettibilità alla liquefazione per i terreni a granulometria uniforme ed estesa.

Lungo il tracciato in progetto sono state individuate alcune aree che potrebbero risultare suscettibili alla liquefazione, come indicato dalle cartografie MOPS prodotte in uno dei comuni interessati dal passaggio della condotta (comune di Pineto). Come precedentemente accennato, tali aree sono situate in corrispondenza delle zone di pianura alluvionale dei due corsi d'acqua principali, il fiume Vomano e il torrente Calvano. Dalle risultanze ottenute dalla campagna di indagini geognostiche eseguita a supporto del progetto, per i cui dettagli si rimanda alla relazione specifica (5718-001-P-RT-D-0013), si evince che i terreni interessati dal tracciato in progetto sono caratterizzati prevalentemente da argille limose e limi argillosi. In corrispondenza del sondaggio SH13 è stato prelevato un campione caratterizzato da circa il 87% di sabbia a profondità dal p.c. compresa tra 6 m e 9,30 m con presenza di falda alla profondità di 5.20 m dal p.c.

Pertanto, la progettazione esecutiva degli interventi in progetto sarà verificata mediante analisi puntuali, supportate dalla determinazione dei parametri di resistenza ciclica, oggetto di ulteriori indagini integrative, finalizzate alla determinazione del potenziale di liquefazione dei terreni sul quale le opere in progetto insistono. Dunque la corretta definizione di quest'ultime sarà determinata dai risultati ottenuti in ordine alla verifica di liquefazione condotta; qualora si rendesse necessario la compatibilità degli interventi sarà

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 48 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

garantita dai necessari accorgimenti tecnico-realizzative (miglioramento delle caratteristiche dei terreni, fondazioni profonde ecc.).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 49 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

8. CONCLUSIONI

Il territorio interessato dal passaggio delle condotte in progetto e in dismissione, ricadente in Provincia di Teramo, è storicamente caratterizzato da una sismicità non particolarmente importante.

Dalla consultazione del Catalogo Multiparametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15, INGV) e del database messo a disposizione dal Centro Nazionale Terremoti (INGV) relativo alla sismicità recente emerge una concentrazione maggiore di eventi sismici all'interno della catena appenninica. Inoltre il tracciato in progetto e quello in dismissione sono localizzati all'interno di sorgenti sismogenetiche note a ridosso del territorio provinciale di Teramo, riferibili alle sorgenti sismogenetiche/faglie attive di Norcia, del M. Vettore, dei Monti della Laga, dell'Alta Valle dell'Aterno e di Assergi-Campo Imperatore.

La consultazione del database ITHACA ha permesso di escludere ad oggi interferenze delle condotte in progetto ed in dismissione con faglie attive e capaci.

Dall'analisi della pericolosità sismica di base si evince che i comuni interessati dal passaggio delle condotte sono caratterizzati da un valore di accelerazione massima al suolo variabile e compresa tra 0,150-0,175 g e 0,175-0,200 g.

Sulla base delle risultanze ottenute dalla campagna di indagini eseguita a supporto del progetto, in accordo con le Norme Tecniche delle Costruzioni 2018, è stato possibile classificare i depositi interessati dal passaggio delle opere all'interno della categoria di sottosuolo di tipo C, ovvero "Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s". Per ulteriori dettagli sulle risultanze ottenute dalla campagna geognostica e geofisica effettuata si rimanda alla relazione "5718-001-P-RT-D-0013".

Inoltre, le aree su cui le opere di nuova progettazione insistono sono state suddivise all'interno delle categorie topografiche: T1 (superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$) e T2 (Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$).

Pertanto, sono state individuate n.4 macroaree e per ognuna, con l'ausilio del programma "Geostru", si è proceduto nel calcolare l'accelerazione sismica di picco attesa in superficie (PGA) e la massima velocità del terreno attesa in superficie per il terremoto di progetto (PGV). Dalla media dei valori calcolati, si è ottenuta una PGA pari a 3,212 (g/10) ed una PGV pari a 0,267 (m/s) per lo stato limite ultimo SLV (TR= 949 anni).

In regioni sismicamente attive, come può essere considerato l'Abruzzo, il ground motion (o shaking: vibrazioni del suolo prodotte dalla propagazione delle onde sismiche) investe ampie aree geografiche e difficilmente può essere eluso.

Tale fenomeno non costituisce un problema apprezzabile per le condotte interrato in acciaio poiché l'azione vincolante e smorzante del terreno circostante il tubo, impedisce il realizzarsi d'elevate forze d'inerzia come accade per le strutture superficiali, e il modulo elastico è di gran lunga in grado di sopportare la massima ampiezza di vibrazione prevedibile.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5718	UNITÀ 001
	LOCALITÀ REGIONE ABRUZZO	SPC. P-RT-D-0010	
	PROGETTO METANODOTTO CELLINO ATTANASIO - PINETO	Pagina 50 di 50	Rev. 0

Rif. EN: P20IT04025-PPL-RE-110-209

Inoltre dalla ricerca bibliografica sull'esistenza di studi di Microzonazione sismica, è emerso che solo il comune di Pineto ha provveduto ad oggi all'elaborazione di tali studi, concentrati esclusivamente nelle aree urbanizzate. Dalla consultazione delle cartografie delle MOPS dei suddetti studi, si evince che gli interventi in progetto ricadono all'interno di aree stabili suscettibili di amplificazioni locali e di aree di attenzione per versanti con stato di attività attivo, quiescente e inattivo e per fenomeni di liquefazione di tipo 1, localizzati principalmente nei terreni alluvionali afferibili ai corsi d'acqua principali delle aree su cui insistono i metanodotti, il fiume Vomano ed il torrente Calvano. Difatti, per quanto concerne la liquefazione, dalle risultanze delle prove geotecniche eseguite sui target prelevati all'interno dei sondaggi, è possibile escludere la probabilità che si verifichino fenomeni di liquefazione, ad eccezione dell'area in corrispondenza del sondaggio SH13, nel quale è stato prelevato un campione caratterizzato dall'87% di sabbia e con presenza di falda a profondità di 5.20 m dal p.c..

Il progetto dell'opera nel suo insieme risulta dunque conforme ai requisiti essenziali di resistenza meccanica e stabilità contenuti nelle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC 2018 - DM 17/01/2018), anche attraverso gli opportuni accorgimenti tecnico-realizzativi da adottare nelle singolarità evidenziate per il rischio alla liquefazione.