

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 1 di 59	Rev. 0

Rifacimento metanodotto Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto
DN 650 (26"), DP 75 bar
ed opere connesse

ADEGUAMENTO ALLA NORMATIVA VIGENTE NTC 2018
DELLO STUDIO DI CARATTERIZZAZIONE DELLA SISMICITA' DEL TERRITORIO
INTERESSATO DALL'OPERA

0	Emissione	Tamburini	Nisii	Sciosci	Ott. '18
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 2 di 59	Rev. 0

INDICE

PREMESSA	4
1 INTRODUZIONE	5
2 ADEGUAMENTO DELLA SISMICITA' ALLE NORMATIVE VIGENTI (NTC 2018)	6
2.1 Pericolosità sismica di base lungo il tracciato	6
2.2 Caratterizzazione della risposta sismica locale lungo il tracciato	9
3 INTERFERENZA DEL TRACCIATO CON LE FAGLIE ATTIVE E CAPACI	16
3.1 Valutazione della pericolosità di faglie attive e capaci lungo il tracciato in progetto	16
3.1.1 Catalogo DISS (Database of Individual Seismogenic Sources)	16
3.1.2 Catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CAPable faults)	19
4 INTERFERENZA DEL TRACCIATO CON AREE SOGGETTE A LIQUEFAZIONE	23
4.1 Valutazione della pericolosità a liquefazione dei terreni	23
4.2 Individuazione dei depositi granulari presenti lungo il tracciato	24
4.3 Caratterizzazione del livello piezometrico e della stratigrafia dai dati disponibili	26
4.4 Schede monografiche delle interferenze con le aree individuate	29
4.4.1 ID_01 Fondovalle Fiume Potenza	29
4.4.2 ID_02 Fondovalle Fiume Chienti	31
4.4.3 ID_03 Fondovalle Fiume Ete Morto	33
4.4.4 ID_04 Zona Elpidiense	35
4.4.5 ID_05 Fondovalle Fiume Tenna – Fosso delle Paludi	37
4.4.6 ID_06 Fondovalle Fiume Ete Vivo	39
4.4.7 ID_07 Fondovalle Fiume Aso	41
4.4.8 ID_08 Fondovalle Torrente Menocchia	43
4.4.9 ID_09 Fondovalle Torrente Sant'Egidio	45
4.4.10 ID_10 Fondovalle Torrente Tesino	47
4.4.11 ID_11 Fondovalle Torrente Albula	49

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 3 di 59	Rev. 0

4.4.12	ID_12 Fondovalle Torrente Ragnola	51
4.4.13	ID_13 Fondovalle Fiume Tronto	53
5	CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	55
5.1	Considerazioni conclusive sull'adeguamento alle NTC 2018	55
5.2	Considerazioni conclusive sulla interferenza con le faglie attive e capaci	56
5.3	Considerazioni conclusive sull'interferenza con terreni liquefacibili	57
6	BIBLIOGRAFIA	59

ALLEGATI DELL'INTEGRAZIONE

ALLEGATO 1 – CARTA DELLE CATEGRIE TOPOGRAFICHE

ALLEGATO 2 – CARTA DELLE CATEGORIE DI SOTTOSUOLO

ALLEGATO 3 – CARTA DEI VALORI DI PGA

ALLEGATO 4 – SCHEDE DELLE FAGLIE ATTIVE E CAPACI

ALLEGATO 5 – INDAGINI GEOGNOSTICHE

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 4 di 59	Rev. 0

PREMESSA

La presente documentazione, relativa al progetto denominato “Rifacimento metanodotto Ravenna – Chieti, tratto Recanati – San Benedetto del Tronto DN 650 (26”), DP 75 bar ed opere connesse” nell’ambito della Regione Marche, è stata redatta ad integrazione dello Studio di Impatto Ambientale (vedi SPC. LA-E-83010, novembre 2017) per quanto attiene la richiesta di documentazione integrativa formulata dalla Direzione Generale per le Valutazioni e le Autorizzazioni Ambientali del Ministero dell’Ambiente e della Tutela del Territorio e del Mare (MATTM), trasmessa con comunicazione prot. DVA Registro Ufficiale U. n. 0012315 del 28.05.2018.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 5 di 59	Rev. 0

1 INTRODUZIONE

La presente relazione è redatta in ottemperanza ad una specifica richiesta di chiarimenti e approfondimenti riportata nella comunicazione ministeriale citata in premessa, rispettivamente al punto 17 in relazione al Quadro di riferimento progettuale – definizione tracciato di progetto.

Di seguito è riportato il testo integrale della richiesta del MATTM:

Punto 17)

“Relativamente alla componente “suolo e sottosuolo”

c) integrare le analisi effettuate sulla sismicità, tenendo conto delle normative oggi vigenti, NTC 2018, prendendo in considerazione le condizioni al limite, quali quelle che potrebbero verificarsi in caso di sisma, in condizione drenate, in presenza di determinati terreni più predisposti a liquefazione, compattazione, fratturazioni, dislocazioni, etc.”

La risposta è stata sviluppata in dettaglio in questo documento.

In generale è stato eseguito un aggiornamento della caratterizzazione sismica del territorio già presentata nello Studio di Impatto Ambientale (SIA), per verificare la conformità dell'opera con le norme attualmente in vigore (NTC 2018).

L'azione sismica attesa in superficie riportata nel SIA è stata revisionata sulla base delle indagini aggiuntive svolte lungo il tracciato.

Inoltre, in questa relazione è stata eseguita anche una analisi di tipo areale, su una fascia di territorio interessata dal tracciato in progetto, finalizzata all'identificazione di zone potenzialmente critiche in termini di fagliazione superficiale e di possibilità di liquefazione dei terreni nei quali sarà posata la condotta in progetto.

La caratterizzazione dell'area è stata realizzata sulla base di informazioni disponibili da fonti ufficiali o da dati acquisiti in precedenti fasi di progettazione. Le indagini indirette svolte in alcune aree sono state utilizzate per una parametrizzazione più approfondita delle caratteristiche litotecniche.

I risultati dello studio sono riportati su mappe che identificano le eventuali zone lungo il tracciato che a valle di questa prima analisi risultano potenzialmente suscettibili, che quindi necessitano di una più accurata verifica.

In questo documento non sono riportate le caratteristiche generali dell'infrastruttura, pertanto, per eventuali approfondimenti si rimanda alla consultazione dello Studio di Impatto Ambientale (vedi SPC. LA-E-83010).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 6 di 59	Rev. 0

2 ADEGUAMENTO DELLA SISMICITA' ALLE NORMATIVE VIGENTI (NTC 2018)

La sismicità del territorio interessato dal metanodotto in progetto è stata caratterizzata nello Studio di Impatto Ambientale (SIA) in accordo alle norme tecniche per le costruzioni vigenti al tempo dell'elaborato (NTC08, D.M 14/01/2008). Attualmente il testo di queste norme è stato aggiornato e sostituito dal Decreto Ministeriale del 17 Gennaio 2018 (NTC2018).

In generale, nell'ambito della caratterizzazione della sismicità di un territorio, le NTC2018 non hanno apportato rilevanti modifiche rispetto alle precedenti norme.

Tuttavia, di seguito sono stati sviluppati gli aggiornamenti minori all'analisi sismica presentata nel SIA, per ottemperare ai recenti requisiti introdotti dalle nuove normative (NTC2018).

In particolare, come richiesto nelle NTC2018, i parametri del moto del suolo atteso sono stati ridefiniti in accordo ai nuovi dati acquisiti con indagini indirette lungo il tracciato, in modo da caratterizzare con maggior dettaglio la risposta sismica locale dei terreni affioranti lungo la linea in progetto.

Inoltre, nei capitoli successivi, sarà eseguita una analisi preliminare per integrare potenziali effetti cosismici relativi alla sismicità del territorio, non inclusi nel precedente elaborato SIA, quali:

- valutazione della pericolosità relativa all'attraversamento di faglie attive e capaci;
- valutazione dell'interferenza con aree suscettibili a liquefazione dei terreni.

2.1 Pericolosità sismica di base lungo il tracciato

Le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) DM 14.01.2018 introducono il concetto di pericolosità sismica di base in condizioni ideali di sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale. La "pericolosità sismica di base", costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche da applicare alle costruzioni e alle strutture connesse con il funzionamento di opere come i metanodotti.

Allo stato attuale, la pericolosità sismica su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento è fornita dai dati pubblicati sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV, <http://esse1.mi.ingv.it/>).

Le NTC introducono il concetto di nodo di riferimento di un reticolo composto da 10751 punti in cui è stato suddiviso l'intero territorio italiano. Le stesse NTC forniscono, per ciascun nodo del reticolo di riferimento e per ciascuno dei periodi di ritorno T_R considerati dalla pericolosità sismica, tre parametri:

- **ag**: accelerazione orizzontale massima al bedrock con superficie topografica orizzontale;
- **F₀**: valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale;
- **Tc***: periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro elastico di risposta in accelerazione orizzontale.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 7 di 59	Rev. 0

Dal punto di vista normativo, pertanto, la pericolosità sismica di un sito dipende dalla posizione rispetto ai nodi della maglia elementare del reticolo di riferimento contenente il punto in esame (Tabella A1 delle NTC), dalla Vita Nominale (V_N) e dalla Classe d'Uso (C_U) dell'opera. I nodi del reticolo di riferimento riportati nella Tabella A1 delle NTC hanno un passo di circa 10 km e sono definiti in termini di Latitudine e Longitudine.

La rappresentazione grafica dello studio pericolosità sismica di base dell'INGV, da cui è stata tratta la Tabella A1 delle NTC, è caratterizzata da una mappa di pericolosità Sismica del Territorio Nazionale, espressa in termini di accelerazione massima del suolo rigido (in g) in funzione della probabilità di eccedenza nel periodo di riferimento considerato.

Per un qualunque punto del territorio, non ricadente nei nodi del reticolo di riferimento, i valori dei parametri di interesse per la definizione dell'azione sismica di progetto (a_g , F_0 , T^*c) possono essere calcolati come media pesata dei valori assunta da tali parametri nei quattro vertici del reticolo di riferimento contenente il punto in esame, utilizzando come pesi gli inversi delle distanze tra il punto in questione ed i quattro vertici.

Le azioni sismiche sulle costruzioni vengono valutate in relazione ad un periodo di riferimento V_R dell'opera che si ricava, per ciascun tipo di costruzione, dal prodotto della Vita Nominale di progetto (V_N) per il coefficiente d'uso (C_U) (cfr. § 2.4.3 delle NTC 2018).

In Tabella 2.1/A sono riportati i valori minimi di Vita nominale (V_N) di progetto da assegnare ai diversi tipi di costruzioni.

Tab. 2.1/A: Valori minimi della Vita nominale V_N di progetto per i diversi tipi di costruzioni (Tab. 2.4.I delle NTC 2018).

TIPI DI COSTRUZIONI		Valori minimi di V_N (anni)
1	Costruzioni temporanee e provvisorie	10
2	Costruzioni con livelli di prestazioni ordinari	50
3	Costruzioni con livelli di prestazioni elevati	100

Il coefficiente d'uso (C_U) è assegnato sulla base della classe d'uso a cui può essere riferita la costruzione in progetto. La definizione delle classi d'uso è riferita alle conseguenze di una interruzione di operatività o di un eventuale collasso dell'infrastruttura. In accordo alle NTC2018 (cfr. § 2.4.2 delle NTC 2018), 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.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 8 di 59	Rev. 0

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

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 DM 5/11/2001, 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 a impianti di produzione di energia elettrica.

Il valore di ciascun coefficiente d'uso (C_U) associato alle classi d'uso è riportato in Tabella 2.1/B (cfr. § 2.4.3 delle NTC 2018).

Tab. 2.1/B: Valori del coefficiente d'uso C_U (rif. Tab. 2.4.II delle NTC 2018).

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

Le NTC 2018 definiscono l'azione sismica considerando un periodo di ritorno (T_R) che è funzione della probabilità di superamento (P_{VR}) di un valore di accelerazione orizzontale nella vita di riferimento dell'opera (V_R).

In accordo con il Decreto del capo dipartimento della Protezione Civile nr. 3685 del 21/10/2003 il metanodotto Recanati-San Benedetto DN650 (26", P75 bar) viene considerato opera strategica (Classe d'uso IV e quindi Coefficiente d'uso 2 per le NTC 2018).

L'infrastruttura in progetto rientra nelle costruzioni con livelli di prestazioni ordinari, quindi con valore minimo di vita nominale pari a 50 anni.

Di conseguenza, con $V_N=50$ anni e $C_U=2$ si ottiene una Vita di Riferimento $V_R = V_N \cdot C_U = 100$ anni.

Le probabilità di superamento di un valore di accelerazione orizzontale (P_{VR}) nella vita di riferimento dell'opera (V_R) sono funzione dell'importanza dell'opera e dello stato limite considerato (cfr. § 7.1 delle NTC 2018).

Data l'importanza dell'opera ed in accordo al paragrafo 7.1 delle NTC 2018, sono stati considerati due stati limite:

- Stato Limite di Danno SLD (in esercizio);
- Stato Limite di salvaguardia della Vita (a rottura).

I rispettivi valori di probabilità di superamento (P_{VR}) sono forniti nella Tabella 2.1/C (rif. Tabella 3.2.I delle NTC 2018).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 9 di 59	Rev. 0

Tab. 2.1/C: Probabilità di superamento PVR in funzione dello stato limite considerato (Tab. 3.2.I delle NTC 2018).

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%

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

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

Per i due stati limite considerati si ottengono i seguenti Tempi di Ritorno (T_R):

- 101 anni per lo Stato Limite di Danno (SLD);
- 949 anni per uno Stato Limite di salvaguardia della Vita (SLV).

2.2 Caratterizzazione della risposta sismica locale lungo il tracciato

In accordo alla normativa tecnica per le costruzioni vigente (NTC2018), una volta definita l'azione sismica massima attesa al substrato rigido (suolo rigido $V_s > 800$ m/s), va stimata l'eventuale risposta sismica del sito di interesse.

Per risposta sismica locale si intendono tutte le modifiche al moto sismico atteso in un sito (in termini di amplificazione, frequenza e durata del moto) introdotte dalle condizioni geologiche e morfologiche locali.

Gli effetti amplificativi dell'azione sismica in un sito sono causati da fenomeni fisici che alterano la propagazione delle onde sismiche (riflessioni, risonanze, diffrazioni, etc.), che si innescano in corrispondenza di irregolarità morfologiche e/o di eterogeneità lito-stratigrafiche degli strati più superficiali del terreno.

L'opera in progetto non è localizzata in un sito specifico, ma è costituita da una infrastruttura lineare con sviluppo dell'ordine di centinaia di chilometri.

Pertanto, una valutazione preliminare dell'effetto di amplificazione del moto può essere realizzata solo con un metodo areale, che consenta di caratterizzare in generale la risposta sismica dei terreni presenti lungo un tracciato.

L'approccio proposto si basa sul metodo semplificato delle NTC2018 definito per la valutazione della risposta sismica di un sito.

Questo metodo è stato esteso per caratterizzare dal punto di vista litotecnico e morfologico, mediante l'attribuzione di categorie alle quali sono associati dei coefficienti di amplificazione, il corridoio di territorio nel quale si sviluppa il tracciato in progetto.

L'azione sismica attesa al suolo, riferita come accelerazione orizzontale massima (PGA), in accordo alle NTC2018 è stimata mediante la seguente relazione:

$$PGA = S_S \cdot S_T \cdot a_g$$

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 10 di 59	Rev. 0

In cui:

- S_S = coefficiente dell'effetto dell'amplificazione stratigrafica
 S_T = coefficiente dell'effetto dell'amplificazione topografica
 a_g = accelerazione orizzontale massima su substrato rigido (categoria A).

Il valore di PGA è espresso in multipli della accelerazione di gravità (g) o in m/s^2 .

La morfologia del tracciato è stata caratterizzata sulla base delle categorie topografiche definite nella normativa NTC2018 (cfr. Tab. 3.2.III delle NTC2018). In Tabella 2.2/A sono descritte le caratteristiche per l'assegnazione delle categorie topografiche.

Tab. 2.2/A: Descrizione delle categorie topografiche previste dalle NTC2018 (cfr, Tab. 3.2.III delle NTC 2018).

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 e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Sulla base dei dati DTM disponibili per il corridoio di progetto è stata definita una carta delle pendenze, attraverso la quale sono stati attribuite le categorie topografiche lungo il tracciato.

Le NTC2018 assegnano dei coefficienti di amplificazione (S_T) (cfr. Tab. 3.2.V delle NTC 2018), per ciascuna delle categorie topografiche definite in Tabella 2.2/A.

In Tabella 2.2/B sono riportati i valori dei coefficienti di amplificazione topografica corrispondenti a ciascuna categoria.

Tab. 2.2/B: Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica S_T (Tab. 3.2.V delle NTC 2018).

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 di un rilievo con pendenza media minore o uguale a 30°	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di 30°	1,4

In generale, la variazione spaziale del coefficiente di amplificazione topografica è definita da un decremento lineare del pendio o del rilievo, dalla sommità o dalla cresta, dove S_T assume il valore massimo riportato nella Tabella 2.2/B, fino al livello di base, dove S_T assume valore unitario (cfr. § 3.2.3.1 delle NTC2018).

L'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto è stata analizzata per assegnare le categorie topografiche presenti. L'analisi topografica ha identificato N. 1691 categorie lungo l'area interessata dal tracciato di progetto, di cui:

- N. 666 – Categoria topografica T1 (39,4%)
- N. 1025 – Categoria topografica T2 (60,6%)

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 11 di 59	Rev. 0

In diretta correlazione con la Tab. 3.2.V delle NTC 2018 (Tabella 2.2/B), sono stati i seguenti coefficienti di amplificazione topografica (S_T):

- Coefficiente di amplificazione topografica per categorie T1: $S_T=1,0$
- Coefficiente di amplificazione topografica per categorie T2: $S_T=1,2$

Per una rappresentazione grafica della distribuzione delle categorie topografiche lungo l'area attraversata dal tracciato di progetto si rimanda all'Allegato 1 "Carta delle Categorie Topografiche".

La caratterizzazione geologico-tecnica dei terreni affioranti nell'area d'interesse è stata realizzata sulla base delle mappe geologiche, geomorfologiche disponibili (cartografia di base), integrate con le informazioni definite da sopralluoghi e con risultati di prove in sito e/o di laboratorio.

Sulla base di questi dati sono stati determinati i valori della resistenza meccanica per ogni unità litotecnica. Questa caratterizzazione geotecnica dei terreni affioranti lungo il tracciato ha avuto lo scopo di individuare zone omogenee, a ciascuna delle quali sono state associate parametri di resistenza al taglio (ϕ' , c') e del peso di volume (γ). Queste unità litotecniche sono state caratterizzate dal punto di vista dei valori di velocità delle onde sismiche di taglio (V_s).

L'assegnazione delle categorie di sottosuolo è stata eseguita in accordo all'approccio semplificato delle NTC2018 (cfr Tab. 3.2.II delle NTC2018), come descritto in Tabella 2.2/C.

Tab. 2.2/C: Descrizione delle categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II delle NTC2018).

Categoria	Descrizione
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>
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>

La definizione della velocità equivalente ($V_{s,eq}$) nelle NTC2018 rappresenta la velocità media di propagazione delle onde di taglio (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;

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 12 di 59	Rev. 0

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

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 $H=30$ nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

In accordo alle nuove norme NTC2018, la caratterizzazione dell'azione sismica attesa in superficie deve essere eseguita attraverso la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_S).

Pertanto, sono state eseguite una serie di prove indirette (N. 22 indagini tipo MASW, Tabella 2.2/D).

La localizzazione delle prove sismiche è stata opportunamente riferita ad aree identificate come rappresentative dei contesti geologici-geomorfologici e litologici presenti lungo il tracciato di progetto.

In relazione a tali contesti e ai profili di velocità equivalente ($V_{S,eq}$) ricavati dalle prove MASW, è stata attribuita all'unità litotecnica coinvolta la categoria di sottosuolo corrispondente.

In Tabella 2.2/D si riportano la localizzazione delle prove sismiche eseguite, i dati relativi alle velocità equivalenti e la categoria di sottosuolo assegnata, e il corrispondente contesto geomorfologico e litotecnico di riferimento.

Tab. 2.2/D: Indagini indirette (MASW) per la definizione delle V_S .

Nr	km	ID MASW	Contesto geomorfologico	Litologia	$V_{S,eq}$ (m/s)	Cat. sottosuolo
Rif. Met. Ravenna-Chieti, Tratto Recanati-San Benedetto del Tronto DN 650 (26"), DP 75 bar ed opere connesse						
Indagini integrative SIA – Prove MASW						
01	3,1	MW1	Terrazzo alluvionale	Dep. all. terrazzati Pleistocene	300	C
02	6,2	MW2_P1	pianura	Dep. all. terrazzati Pleistocene	283	C
03	8,9	MW3	Impluvio lungo il versante	Dep. eluvio-colluviale	261	C
04	13,5	MW4_P2	fondovalle	Dep. eluvio-colluviale	226	C
05	14,0	MW5	Area sub-pianeggiante	Deposito di frana	223	C
06	18,4	MW6_P3	pianura	Dep. all. terrazzati Pleistocene	286	C
07	18,8	MW7_P4	pianura	Dep. all. terrazzati Pleistocene	318	C
08	24,4	MW8_P5	sommità collina	Argille limose	373	B
09	27,0	MW9	Versante	Dep. eluvio-colluviale	300	C
10	32,3	MW10_P6	pianura	Dep. all. terrazzati Olocene	356	C
11	35,7	MW11	Versante	Deposito di frana	311	C
12	40,7	MW12_P7	pianura	Dep. all. terrazzati Olocene	241	C
13	45,7	MW13	Crinale	Conglomerati e sabbie	476	B
14	49,9	MW14_P8	pianura	Dep. all. terrazzati Olocene	296	C
15	52,2	MW15	Versante	Deposito di frana	317	C
16	53,4	MW16	Versante	Dep. di frana/Dep. eluvio-colluviale	348	C
17	57,3	MW17_P9	pianura	Dep. all. terrazzati Pleistocene	358	C

	PROGETTISTA		UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ	Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO	Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 13 di 59	Rev. 0

18	64,1	MW18	Crinale	Argille	364	B
19	66,2	MW19_P10	fondovalle	Dep. eluvio-colluviale	310	C
20	69,5	MW20_P11	versante a debole pendenza	Argille	268	C
21	73,0	MW21	Versante	Deposito di frana	284	C
22	75,3	MW22_P12	pianura	Dep. all. terrazzati Olocene	262	C

Come si può osservare dalla Tabella 2.2/D, la velocità equivalente osservata nei risultati delle prove MASW varia da un minimo di 223 m/s ad un massimo di 476 m/s. Dai dati ottenuti si può affermare che, in accordo con le NTC2018, le categorie di sottosuolo dei siti indagati ricadano tra la categoria C e la categoria B.

I risultati delle prove sismiche eseguite sono state estese alle altre unità litotecniche presenti nell'area interessata dal tracciato di progetto. Pertanto, al termine dell'analisi, alle N.351 unità litotecniche presenti lungo il tracciato sono state assegnate le seguenti categorie:

- N. 162 – Categoria di sottosuolo B (46,2%)
- N. 189 – Categoria di sottosuolo C (53,8%).

Caratterizzate le categorie di sottosuolo presenti lungo il tracciato, i valori dei coefficienti di amplificazione stratigrafica (S_s) sono stati definiti in accordo alla Tabella 3.2.IV delle NTC2018 (rif. Tabella 2.2/E).

Tab. 2.2/E: Espressioni per il calcolo del coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s) in funzione della categoria di sottosuolo (Tab. 3.2.IV delle NTC 2018).

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

Per una visualizzazione grafica della distribuzione delle classi di sottosuolo lungo l'area attraversata dal tracciato di progetto si rimanda all'Allegato 2 "Carta delle Categorie di Sottosuolo".

Il coefficiente di amplificazione topografica (S_T) e il coefficiente di amplificazione stratigrafica (S_s) sono necessari per il calcolo del valore di accelerazione orizzontale massima attesa al suolo (PGA).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 14 di 59	Rev. 0

La stima dell'accelerazione orizzontale di picco in superficie (PGA) attesa nel periodo di ritorno lungo il territorio di interesse si ottiene dal prodotto tra il fattore di risposta sismica locale S e l'accelerazione massima orizzontale attesa al suolo rigido a_g :

$$PGA = a_g \cdot S$$

Il coefficiente S , che tiene conto del coefficiente di amplificazione topografico (S_T) e di quello di amplificazione stratigrafico (S_S), può essere calcolato mediante la relazione:

$$S = S_s \cdot S_T$$

I valori di accelerazione attesi al substrato rigido (a_g) sono stati determinati attraverso l'interpolazione della griglia nazionale dell'INGV per ogni punto del tracciato in progetto, come richiesto dalle NTC2018.

L'intervallo minimo e massimo dei valori di a_g definito per l'intero tracciato risulta:

- $a_g = 0.212 \div 0.240$ g per lo stato limite ultimo SLV ($T_R=949$ anni)

Questi valori, moltiplicati per i differenti coefficienti di amplificazione S individuati lungo il tracciato, hanno permesso la stima dei seguenti valori di accelerazione massima attesa al suolo (PGA):

- **PGA = 0.233÷0.333 g** per lo stato limite ultimo SLV ($T_R=949$ anni).

Si fa presente che non sono stati utilizzati i valori di PGA calcolati nello Studio di Impatto Ambientale "Rifacimento metanodotto Ravenna-Chieti, Tratto Recanati-San Benedetto del Tronto DN 650 (26"), DP 75 bar ed opere connesse" (Ref. 000-LA-E-83010), in quanto quelli attuali sono stati calcolati sulla base di coefficienti di amplificazione stratigrafica determinati attraverso l'utilizzo dei dati delle prove di tipo geofisico appositamente eseguite.

La stima della massima velocità orizzontale al suolo (PGV) per gli stati limite considerati in accordo alle norme NTC2018 (cfr. Par. § 3.2.3.3, NTC2018) può essere definita mediante la seguente relazione:

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

in cui:

a_g : accelerazione di picco attesa al substrato rigido (espressa in g);

S : fattore di risposta sismica locale;

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

Quest'ultimo parametro si ottiene dalla formula:

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

essendo:

- T_c^* definito, insieme al valore di a_g , per ciascun nodo della discretizzazione (Tabella A1 delle NTC 2008);
- C_c un coefficiente funzione della categoria di sottosuolo (Tabella 3.2.V delle NTC 2008, riportata in Tabella 2.2/E).

Mediante tale relazione sono stati calcolati i valori di velocità orizzontale minimi e massimi attesi al suolo lungo il tracciato per lo stato limite ultimo.

- **PGV = 0.175÷0.274 m/s** per lo stato limite ultimo SLV ($T_R=949$ anni).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 15 di 59	Rev. 0

Le verifiche degli stati tensionali indotti dallo scuotimento sismico del terreno (*shaking*) sui tratti rettilinei e curvi delle tubazioni interrate in occasione dell'azione sismica massima attesa in concomitanza con l'esercizio dell'opera, sono stati elaborati per tutti i diametri e gli spessori previsti per le condotte in esame nel documento di SIA (rif. LA-E-83010).

I risultati delle analisi presentate, riguardanti elementi di tubazione rettilinei e curvi, hanno evidenziato l'idoneità dello spessore della tubazione a sopportare le sollecitazioni trasmesse dal movimento transitorio del terreno atteso in occasione di un evento sismico di progetto.

Dai risultati si evince pure che in nessun caso, per effetto dello *shaking*, si raggiungono i valori di resistenza a rottura dell'acciaio costituente le condotte in progetto, che sotto questo aspetto possono essere considerate assolutamente sicure.

Si evidenzia che i valori di PGV adoperati nel documento di SIA (PGV=0.293 m/s, rif. Doc. LA-E-83010) per la verifica strutturale della condotta allo scuotimento sismico risultano di poco superiori a quelli ricalcolati in questo documento (PGV=0.274 m/s).

Pertanto, i risultati della verifica strutturale eseguita nel SIA risultano più conservativi rispetto a quelli che potrebbero essere elaborati utilizzando come input per l'azione sismica i valori di PGV definiti in questo studio.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 16 di 59	Rev. 0

3 INTERFERENZA DEL TRACCIATO CON LE FAGLIE ATTIVE E CAPACI

In generale, tra le deformazioni permanenti del terreno indotte da terremoti ci sono anche le dislocazioni che potrebbero manifestarsi lungo il piano di faglia attivato in occasione di un evento sismico.

Queste deformazioni possono costituire un rischio per una condotta solo se la faglia attiva risulta “capace”, ossia in grado di raggiungere la superficie topografica provocando una frattura del terreno.

Pertanto, la valutazione di questo tipo di rischio sismico per una condotta si basa in prima analisi sulla definizione del livello di pericolosità del fenomeno, ossia sull'individuazione di eventuali interferenze lungo il tracciato con Faglie Attive e Capaci (FAC) e sulla loro caratterizzazione cinematica. Successivamente, i possibili valori di dislocazione attesi sulle faglie intersecate sono utilizzati come input per verificare la risposta strutturale dell'opera e valutare, se necessario, le eventuali misure di mitigazione del rischio da sviluppare.

In questo capitolo è stata eseguita un'analisi di pericolosità relativa all'identificazione di potenziali faglie attive e capaci che interferiscono con il tracciato in progetto.

3.1 Valutazione della pericolosità di faglie attive e capaci lungo il tracciato in progetto

La valutazione della pericolosità del tracciato rispetto all'interferenza con possibili faglie attive e capaci è stata realizzata analizzando i seguenti dati:

- cartografie e database ufficiali;
- informazioni riportate in letteratura scientifica (rif. Cap.6 Bibliografia);
- osservazioni geologico-geomorfologiche eseguite durante i sopralluoghi nel territorio di interesse.

Di seguito è descritta l'analisi di interferenza tra il tracciato in progetto e le presunte faglie attive e capaci riportate nei cataloghi ufficiali che interessano il territorio nazionale.

3.1.1 Catalogo DISS (Database of Individual Seismogenic Sources)

A partire da luglio 2015, l'INGV ha messo a disposizione la banca dati DISS, (“*Database of Individual Seismogenic Sources*” versione 3.2.1), un database georiferito che racchiude la tettonica, le faglie e le informazioni paleosismiche al fine di caratterizzare al meglio le sorgenti sismogenetiche localizzate sul territorio nazionale.

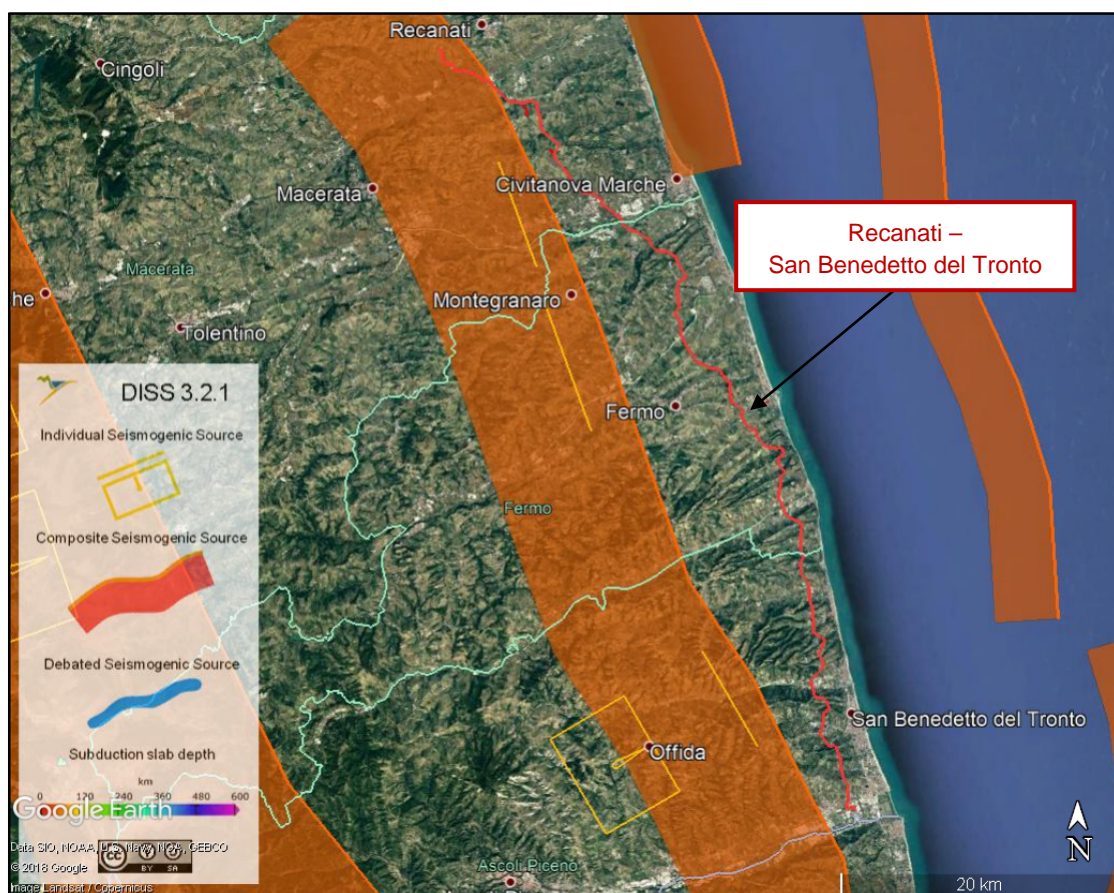
Il DISS include le seguenti categorie di sorgenti sismogenetiche:

- Sorgenti sismogenetiche individuali, ovvero una rappresentazione semplificata e tri-dimensionale del piano di faglia.
- Sorgenti sismogenetiche composte, si tratta di regioni estese contenenti un numero non specificato di sorgenti sismogenetiche.
- Sorgenti sismogenetiche “dibattute”, ovvero faglie attive che sono state proposte in letteratura come sorgenti sismogenetiche potenziali ma che non sono state considerate abbastanza affidabili da essere introdotte nel database.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 17 di 59	Rev. 0

In Figura 3.1.1/A sono riportate le sorgenti sismogenetiche cartografate nel DISS e il tracciato in progetto (linea rossa).

Fig. 3.1.1/A: Sorgenti sismogenetiche composte, in campo arancione, e sorgenti sismogenetiche individuali, perimetrare in giallo (DISS 3.2.1). In rosso il metanodotto in progetto da Recanati a San Benedetto del Tronto.



Come evidenziato dalla Figura 3.1.1/A, il metanodotto in progetto interseca la zona sismogenetica composta **ITCS020 “Southern Marche”**. I parametri che caratterizzano questa zona sismogenetica sono descritti sinteticamente nella Tabella 3.1.1/A e nell'allegato di riferimento (Allegato 4).

Tab. 3.1.1/A: Parametri geometrici e sismici caratterizzanti la sorgente sismogenetica composta **ITCS020 “Southern Marche”**.

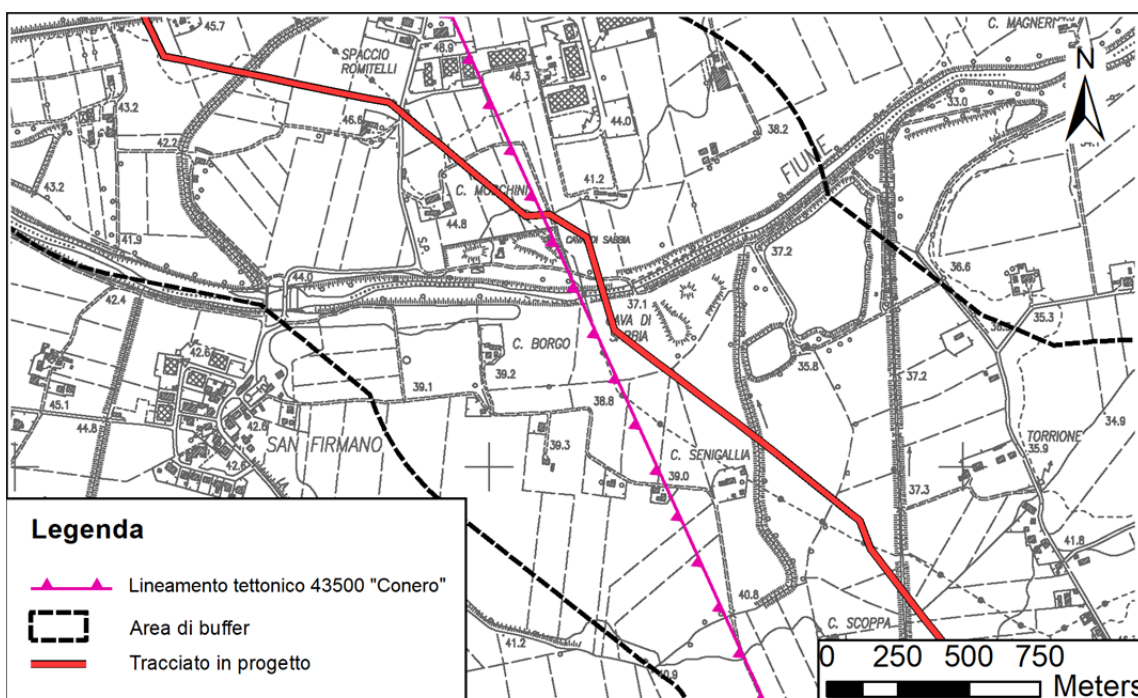
Codice	ITCS020		
Nome	Southern Marche		
Descrizione	Parametri	Qual	Fonte
Minima profondità (km)	3.5	LD	Sulla base di geologia strutturale e vincoli geodinamici.
Massima profondità (km)	13.0	LD	Sulla base di geologia strutturale e vincoli geodinamici.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 18 di 59	Rev. 0

Codice	ITCS020		
Nome	Southern Marche		
Descrizione	Parametri	Qual	Fonte
Strike (deg)	140...175	LD	Sulla base di vincoli geologici e profili di riflessione sismica.
Dip (deg)	35...50	LD	Basato su vincoli geologici e profili di riflessione sismica.
Rake (deg)	80...100	EJ	Desunto da dati geologici.
Slip Rate (mm/y)	0.15...0.4	OD	Sconosciuto, valori assunti dai vincoli geodinamici.
Massima magnitudo (Mw)	5.9	EJ	Derivati dalla grandezza massima della fonte individuale associata
LD = dati di letteratura OD = dati originali; EJ = valutazione esperta			

Nel dettaglio, la linea tettonica ITCS020 interferisce con il tracciato in progetto tra il km 4 e il km 5, in prossimità dell'attraversamento del Fiume Potenza, a circa 800 m verso est dalla località San Firmano, nel comune di Recanati (Fig. 3.1.1/B).

Fig. 3.1.1/B: Stralcio dell'interferenza tra il tracciato in progetto e la linea tettonica ITCS020 riportata nel catalogo DISS.



L'area di interferenza tra il tracciato in progetto e la linea tettonica ITCS020 riportata nel catalogo DISS è ubicata dalla piana alluvionale del Fiume Potenza.

La morfologia dell'area è pianeggiante e priva di elementi che possano indicare un controllo tettonico della zona, quali deviazioni plano-altimetriche del profilo del corso d'acqua; rotture di pendenza; etc.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 19 di 59	Rev. 0

Inoltre, da sopralluoghi effettuati in prossimità del presunto attraversamento non si evidenziano elementi che mostrano la presenza di faglie in superficie (dislocazione dei depositi affioranti; alterazioni morfologiche locali; etc.).

A tal proposito, si ritiene che la linea tettonica riportata nel catalogo DISS interferente con l'opera possa essere considerata come un lineamento strutturale di rilievo regionale che borda una zona potenzialmente sismogenetica sviluppata prevalentemente ad Ovest del tracciato, e che non ha evidenze chiare in superficie.

In conclusione, non si ritiene che l'intersezione con la linea tettonica riportata nel catalogo DISS possa costituire un elemento di rischio per l'opera.

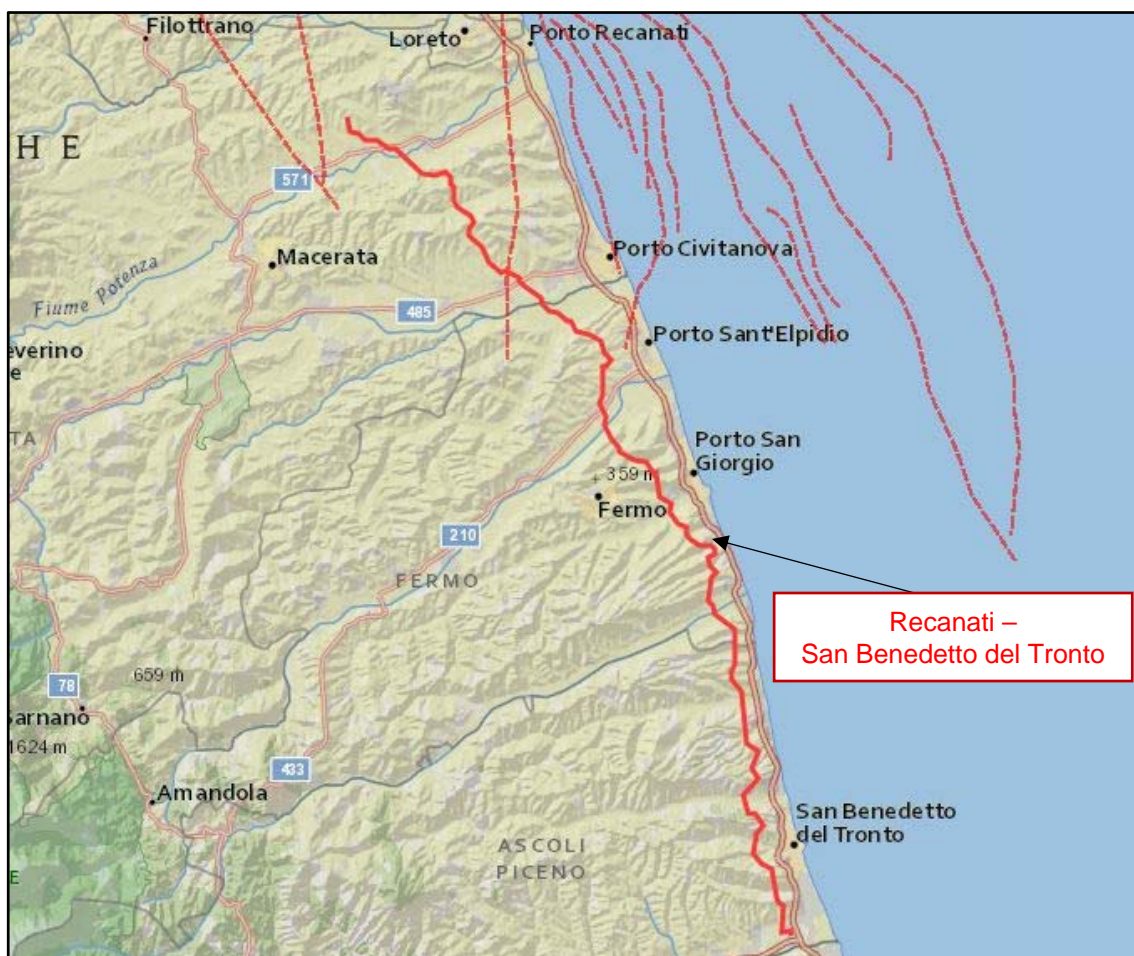
3.1.2 Catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults)

Il Servizio Geologico d'Italia - ISPRA ha sviluppato il progetto ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults), che sintetizza le informazioni disponibili sulle faglie capaci che interessano il territorio italiano.

In particolare, il catalogo contiene la raccolta di tutte le informazioni disponibili sulle strutture tettoniche attive in Italia, con particolare attenzione ai processi tettonici che potrebbero generare rischi naturali. Nel database sono riportate le principali faglie capaci, definite come faglie che potenzialmente possono creare deformazioni in superficie.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 20 di 59	Rev. 0

Fig. 3.1.2/A: Faglie attive e capaci, tratteggiate (ITHACA). In rosso il metanodotto in progetto da Recanati a San Benedetto del Tronto.



Come evidenziato dalla Figura 3.1.2/A, il metanodotto in progetto è interessato dalla faglia 43500 “Conero”. I parametri che caratterizzano tale linea tettonica sono descritti sinteticamente nella Tabella 3.1.2/B nell’allegato di riferimento (Allegato 4).

Tab. 3.1.2/B: Parametri geometrici, cinematici e sismici caratterizzanti la faglia 43500 “Conero” (catalogo ITHACA).

Identificazione generale	
Codice	43500
Nome	Conero
Regione	Marche (Italia)
Sistema	Conero
Rank	ND
Geometria e cinematica	

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 21 di 59	Rev. 0

Identificazione generale	
Codice	43500
Nome	Conero
Regione	Marche (Italia)
Sistema	Conero
Rank	ND
Geometria e cinematica	
Inquadramento geologico	-
Ambiente tettonico	ND
Strike medio (deg)	150
Dip (deg)	-
Dip Direction	SW
Lunghezza faglia	0,0000
Geometria	-
Profondità (km)	0,0000
Cinematica	Inversa
Attività	
Evidenze superficiali	ND
Parametri sismici	
Slip rate (mm/y)	0,0000
Massima magnitudo (Mw)	0,0000
Qualità dello studio	Basso

In particolare, la faglia con codice 43500 “Conero” interferisce con il tracciato in progetto tra il km 17 e il km 18, in prossimità della località Montecosaro Borgo Stazione (comune di Montecosaro) a circa 2 km a nord dal Fiume Chienti (Fig. 3.1.2/C).

L'area di interferenza presenta una morfologia sub-pianeggiante ed è collocata alla base del versante collinare posto a Nord dell'abitato.

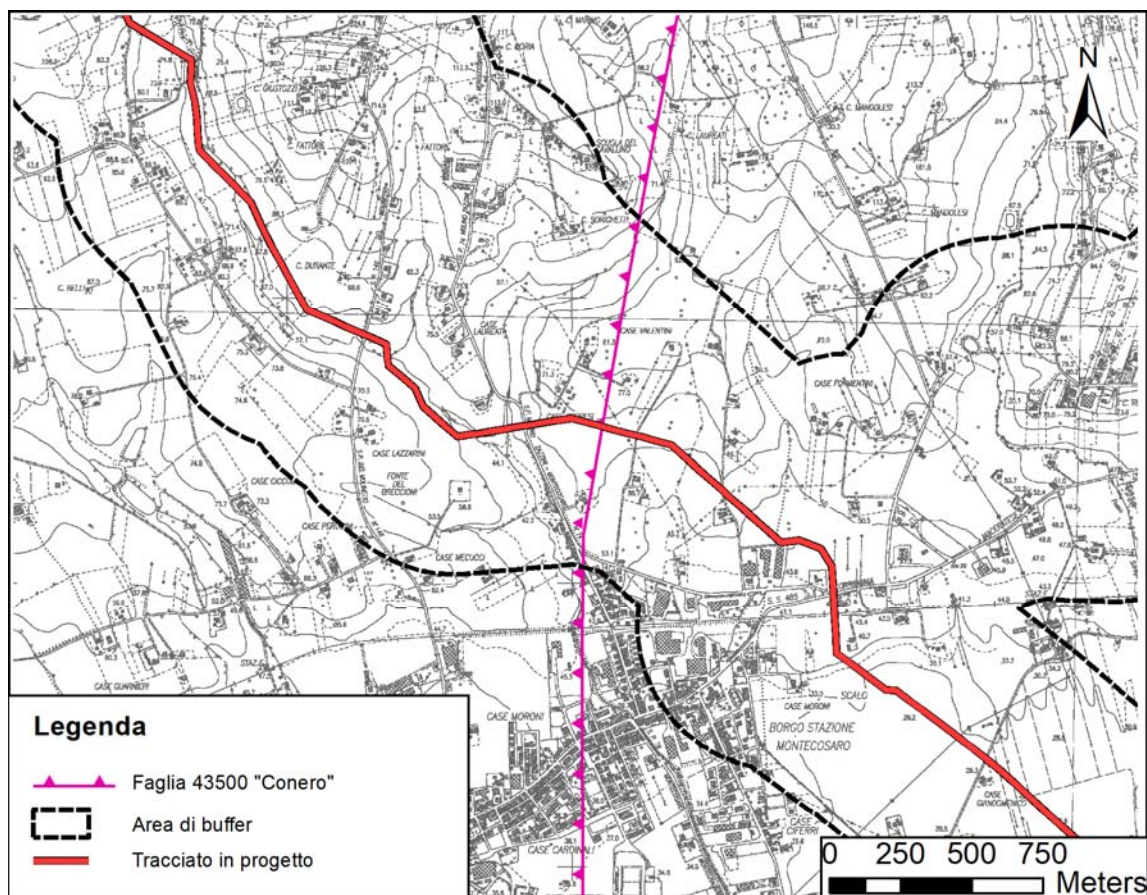
Da un punto di vista geomorfologico, la zona è priva di elementi che possano indicare un marcato controllo tettonico del territorio, con evidenze superficiali di attivazioni di faglie recenti. A conferma dell'assenza di attività di fagliazione superficiale recente in zona si sottolinea che la presunta faglia, in accordo con la geometria riportata nel catalogo, dovrebbe interessare anche l'abitato di Borgo Stazione Montecosaro, all'interno del quale non si riscontrano indizi di potenziale fagliazione superficiale.

Inoltre, da sopralluoghi effettuati in prossimità del presunto attraversamento non si evidenziano elementi che mostrano la presenza di linee di faglia in superficie (dislocazione dei depositi affioranti; alterazioni morfologiche locali; etc.). Analogamente, nel catalogo ITHACA non sono ufficialmente segnalate evidenze superficiali per questa presunta linea di faglia. Di conseguenza si ritiene che la linea tettonica riportata nel catalogo debba essere intesa come una struttura tettonica attiva a livello regionale con una geometria non chiaramente riscontrabile in superficie.

In conclusione, non si ritiene che l'intersezione con la linea tettonica riportata nel catalogo ITHACA possa costituire un elemento di rischio per l'opera.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 22 di 59	Rev. 0

Fig. 3.1.2/C: Stralcio dell'interferenza tra il tracciato in progetto e la faglia in oggetto.



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 23 di 59	Rev. 0

4 INTERFERENZA DEL TRACCIATO CON AREE SOGGETTE A LIQUEFAZIONE

4.1 Valutazione della pericolosità a liquefazione dei terreni

Il fenomeno della liquefazione interessa i depositi incoerenti saturi che, durante ed immediatamente dopo una sollecitazione di tipo ciclico, subiscono una drastica riduzione alla resistenza al taglio.

A seguito di tale evento, le condizioni di stabilità non sono più garantite e la massa di terreno interessata dal fenomeno comincia ad assestarsi fino al raggiungimento di una condizione di equilibrio compatibile con la nuova resistenza al taglio.

Ai fini delle presenti norme, il termine “liquefazione” denota una diminuzione di resistenza al taglio e/o rigidità causata dall’aumento di pressione interstiziale in un terreno saturo non coesivo durante lo scuotimento sismico, tale da generare deformazioni permanenti significative e persino l’annullamento degli sforzi efficaci nel terreno.

Deve essere verificata la suscettibilità alla liquefazione quando la falda freatica si trova in prossimità della superficie ed il terreno di fondazione comprende strati estesi o lenti spesse di sabbie sciolte sotto falda, anche se contenenti una frazione fine limo-argillosa.

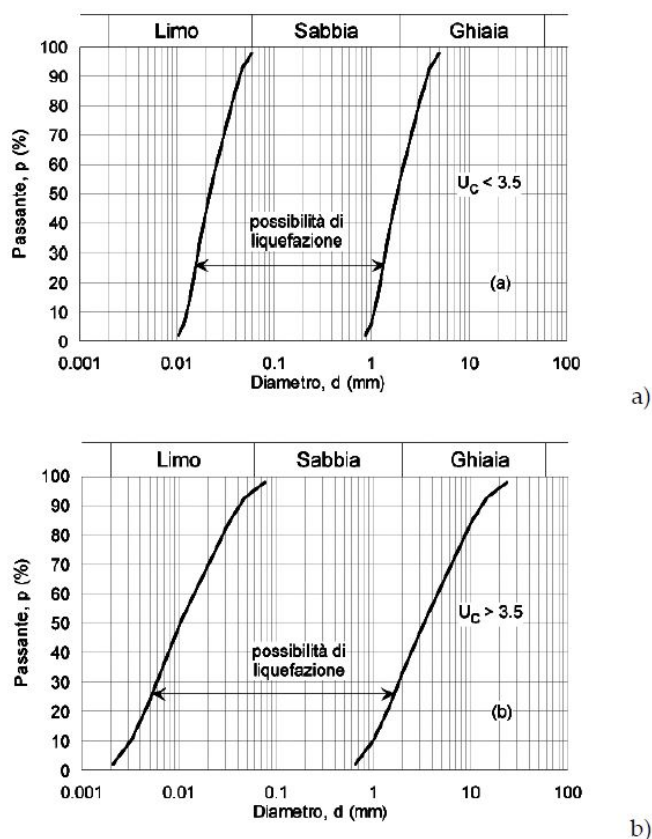
La causa principale è il sorgere di un notevole aumento delle pressioni interstiziali, che assumono valori prossimi a quelli delle pressioni totali, realizzando condizioni di resistenza al taglio praticamente nulla: il terreno si comporta come un liquido.

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2. affermano che la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

- 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 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ 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 nella Fig. 4.1/A(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_C < 3,5$ e in 4/X(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_C > 3,5$.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 24 di 59	Rev. 0

Fig. 4.1/A: Fusi granulometrici di terreni suscettibili di liquefazione (Fig. 7.11.1 delle NTC 2018).



A tal fine, è stato adottato uno schema di “analisi” basato sul principio di esclusione della verifica a liquefazione definito dalle NTC2018, sulla base dei dati disponibili (carta litotecnica e sondaggi) presenti ad oggi sull’area di buffer interessata dal tracciato di progetto: (1) dalla cartografia litotecnica sono stati individuati i depositi caratterizzati da materiale granulare con differente grado di addensamento; (2) dalla verifica dei *borehole* eseguiti (dove presenti) è stata verificata la presenza e la profondità della falda, misurata esclusivamente in sede di sondaggio; (3) dalle stratigrafie dei sondaggi sono stati individuati (se presenti) i possibili termini granulometricamente compatibili con i fusi indicati in Fig. 4.1/A.

Per quanto riguarda il primo punto di esclusione dalla verifica alla liquefazione riportato dalle NTC2018, l’area attraversata dal tracciato in progetto ricade in una fascia a pericolosità sismica di base con valori di accelerazioni attesi al suolo superiori a 0,1 g.

4.2 Individuazione dei depositi granulari presenti lungo il tracciato

La probabilità che un deposito raggiunga le condizioni per la liquefazione dipende anche dallo stato di addensamento, dalla composizione granulometrica, dalle

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 25 di 59	Rev. 0

condizioni di drenaggio, dalla storia delle sollecitazioni sismiche e dall'età del deposito stesso.

Tanto minore è il grado di addensamento del materiale (elevato indice dei vuoti e bassa densità relativa) tanto maggiore è la probabilità che, a parità di altre condizioni, un deposito raggiunga lo stato di liquefazione. I depositi sabbiosi con più alto potenziale di liquefazione sono i più recenti. A parità di composizione e di altre condizioni lo stesso deposito, se più antico, avrà sviluppato legami intergranulari e cementazioni sempre più forti con il tempo. Inoltre la struttura di un deposito antico sarà resa più stabile ed omogenea per gli effetti delle vibrazioni indotte da precedenti terremoti di piccola entità.

Come già osservato nell'inquadramento geologico descritto nel capitolo 2.3.1.1 della relazione SIA "Rifacimento metanodotto Ravenna-Chieti, Tratto Recanati-San Benedetto del Tronto DN 650 (26")", DP 75 bar ed opere connesse" (Rif. 000-LA-E-83010), il settore esaminato è caratterizzato dalle unità appartenenti alla successione plio-pleistocenica, rappresentata dalla Formazione delle Argille Azzurre (FAA), a cui segue in discordanza angolare la Formazione di Fermo (FEM); in riferimento alla categorizzazione adottata dal CARG (Cantalamessa et al., 2011), le presenti formazioni sono state suddivise in unità di ordine inferiore su base litostratigrafica, distinguendo facies a prevalenza pelitica, limosa, arenacea e conglomeratica. Allo stesso modo sono state categorizzate su base litotecnica anche i depositi quaternari presenti (depositi alluvionali, coltri eluvio-colluviali, depositi di spiaggia e depositi in frana.

Di seguito si riporta la suddivisione delle unità litotecniche individuate in funzione delle caratteristiche geologico-geotecniche.

Tab. 4.2/A: Definizione delle unità litotecniche individuate.

Unità formazionali (CARG)	Unità litotecniche
FEM _a – Formazione di Fermo, litofacies conglomeratica	L1 – Conglomerati con vario grado di cementazione matrice sostenuti
FEM _c – Formazione di Fermo, litofacies arenacea	L2B1 – Più litotipi stratificati a prevalenza arenitica
FEM _f – Formazione di Fermo, litofacies limosa	
FAA _{5d} – Membro di Offida (F. delle Argille Azzurre), litofacies arenaceo-pelitica	
FAA – Formazione delle Argille Azzurre	L2B3 – Più litotipi stratificati a prevalenza argillosa
FAA ₅ – Membro di Offida (F. delle Argille Azzurre)	
FAA _{5e} – Membro di Offida (F. delle Argille Azzurre), litofacies pelitico-arenacea	
FAA _f – Formazione delle Argille Azzurre, litofacies pelitica	
FEM _g – Formazione di Fermo, litofacies argilloso-limosa	

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 26 di 59	Rev. 0

Tab. 4.2/A: Definizione delle unità litotecniche individuate (seguito).

Unità formazionali (CARG)	Unità litotecniche
dv – Depositi detritici di versante	L5 – Materiale granulare variamente addensato
bto – Depositi alluvionali terrazzati (Olocene)	
btp – Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene)	
qma – Depositi ghiaioso-sabbiosi attuali di spiaggia	
ba – Depositi alluvionali attuali	L5a2 - Materiale granulare a prevalenza ghiaiosa di origine fluviale
qm – Depositi sabbiosi fini recenti di spiaggia	L5b - Materiale granulare a prevalenza sabbiosa
ec – Depositi eluvio-colluviali	L5c – Deposito detritico e di alterazione a frazione fine prevalente
Unità formazionali (CARG)	Unità litotecniche
a1a – Frane con indizi di evoluzione	L5c1 – Deposito franoso con indizi di evoluzione
a1q – Frane senza indizi di evoluzione	L5c2 – Deposito franoso senza indizi di evoluzione

Tenendo in debita considerazione l'esistenza di queste suddivisioni e delle informazioni acquisite in ambito geotecnico, è stato possibile individuare le unità litotecniche caratterizzate da una composizione potenzialmente compatibile con i fusi granulometrici dei terreni suscettibili di liquefazione riportati in Fig. 4.1/A.

Pertanto, in funzione delle caratteristiche geotecniche, sono state individuate le seguenti unità come potenzialmente compatibili con i terreni suscettibili di liquefazione:

- L5 “Materiale granulare variamente addensato”, costituito dai depositi alluvionali terrazzati (recenti e antichi), depositi ghiaioso-sabbiosi attuali di spiaggia e dai depositi detritici di versante;
- L5b – Materiale granulare a prevalenza sabbiosa, costituito dai depositi sabbiosi fini recenti di spiaggia e, pertanto, presenti esclusivamente lungo la linea di costa. Questa unità litotecnica è presente all'interno dell'area di buffer in località Porto San Giorgio ma non interferisce con il tracciato della condotta in progetto.

4.3 Caratterizzazione del livello piezometrico e della stratigrafia dai dati disponibili

Al fine di identificare la presenza della falda e la presenza di corpi potenzialmente suscettibili a liquefazione, sono stati analizzati i sondaggi geognostici eseguiti all'interno delle aree caratterizzate da depositi granulari variamente addensati.

Le perforazioni sono avvenute a carotaggio continuo con carotiere semplice del diametro di 101 mm e lunghezza di 3.0 m, fino ad una profondità mediamente

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 27 di 59	Rev. 0

compresa tra 15-25 m dal piano campagna (solo due sondaggi si fermano a 10 m di profondità).

In riferimento ai presenti sondaggi, è stato possibile determinare qualitativamente le locali condizioni di saturazione di alcune di queste aree.

Si ribadisce che i valori riportati sulla profondità della falda corrispondono ai valori misurati in sede di sondaggio e, pertanto, le informazioni acquisite non sono esaurienti ai fini della normativa di riferimento (paragrafo 7.11.3.4.2 delle NTC2018), la quale richiede espressamente il valore della profondità media stagionale della falda.

L'analisi delle sequenze stratigrafiche ha permesso di individuare, dove presenti, i corpi potenzialmente suscettibili di liquefazione, determinarne lo spessore e, soprattutto, la localizzazione nel sottosuolo.

Una verifica preliminare è stata valutata con maggior dettaglio nel paragrafo successivo attraverso l'elaborazione di schede monografiche relative ad ogni area individuata.

In Tab. 4/B vengono riportati i dati relativi alla profondità di perforazione, alla profondità della falda dal piano campagna e la stratigrafia generale incontrata relativa ad ogni sondaggio preso in considerazione.

Tab. 4/B: Livello piezometrico e stratigrafia generale rilevati dai sondaggi geognostici eseguiti.

Da KP	A KP	BH	Profondità perf. (m)	Falda da p.c. (m)	Stratigrafia generale
5	6	BH1_A	15	1.5	Ghiaie prevalenti
20	21	BH21	25	5.0	Ghiaie con intercalazioni limoso-argilloso-sabbiose
20	21	BH22	25	4.6	Ghiaie con intercalazioni limoso-sabbiose
21	22	BH23	25	5.8	Limi argillosi passanti a ghiaie sabbiose molto addensate
22	23	BH24	20	3.8	Ghiaie sabbiose molto addensate con intercalazione limoso-argillosa
22	23	BH25	20	5.0	Alternanza di limi-sabbiosi e ghiaie-sabbiose
32	33	BH31_A	15	4.0	Ghiaie prevalenti con intercalazioni limoso-sabbiose
32	33	BH31_B	15	7.2	Ghiaie prevalenti con intercalazioni limoso-argillose
33	34	BH35	15	-	Limi-argillosi passanti ad argille-limose

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 28 di 59	Rev. 0

Tab. 4/B: Livello piezometrico e stratigrafia generale rilevati dai sondaggi geognostici eseguiti (seguito).

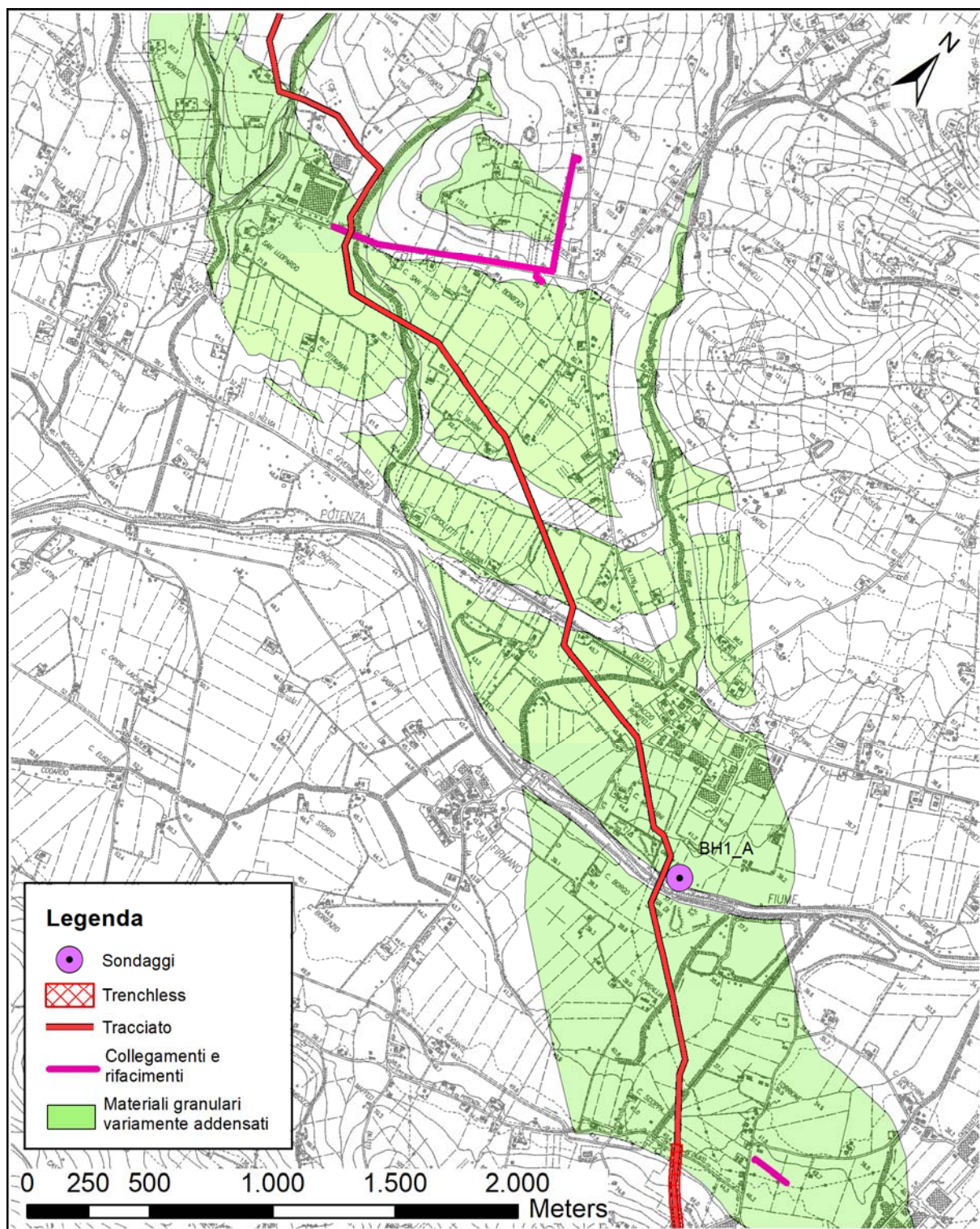
Da KP	A KP	BH	Profondità perf. (m)	Falda da pc (m)	Stratigrafia generale
41	42	BH50	20	4.7	Sabbie e limi-sabbiosi passanti a sabbie-ghiaiose e ghiaie-sabbiose
41	42	BH51	26	3.6	Sabbie-limose, ghiaie-sabbiose addensate, limi argillosi e ghiaie-sabbiose.
41	42	BH52	20	6.5	Limi-sabbiosi passanti a sabbie-ghiaiose e ghiaie-sabbiose addensate
49	50	BH71_A	15	4.0	Ghiaie-sabbiose prevalenti con intercalazione limoso-argillosa
49	50	BH71_B	15	4.6	Ghiaie-sabbiose prevalenti con intercalazioni limoso-argillose
56	57	BH84	18	5.9	Ghiaie-sabbiose prevalenti
57	58	BH85	18	5.5	Alternanza di sabbie-limose e ghiaie-sabbiose passanti a limi-argillosi
57	58	BH86	18	5.1	Alternanza di limi-sabbiosi e ghiaie-sabbiose passanti a limi-argillosi e sabbie-limose
64	65	BH92	10	3.0	Ghiaie debolmente sabbiose con intercalazioni di limi-argillosi e sabbie-limose
64	65	BH93	15	5.5	Alternanza di limi-sabbiosi, ghiaie-sabbiose e sabbie-limose
65	66	BH94	10	-	Limi-sabbiosi e ciottolame eterometrico passanti a limi-sabbiosi e limi-argillosi
72	73	BH103	15	-	Alternanza limo-argilloso e ghiaie-limose passante ad argille consistenti
-	-	BH4_A	~20	4.4	Sabbie-limose poco addensate con intercalazioni ghiaio-sabbiose, passanti a limi-argillosi consistenti

Per un'analisi di dettaglio sui dati tecnici e stratigrafici di ogni sondaggio si rimanda all'Allegato 5 "Indagini geognostiche".

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 29 di 59	Rev. 0

4.4 Schede monografiche delle interferenze con le aree individuate

4.4.1 ID_01 Fondovalle Fiume Potenza



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 30 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 1 e il km 7 il tracciato in progetto attraversa un'ampia fascia caratterizzata da materiale granulare variamente addensato che corrisponde, nella gran parte, alla piana alluvionale del Fiume Potenza.

La fascia ricade tra gli abitati di San Leopardo a nord, nel comune di Recanati, e Torrione a sud, nel comune di Montelupone.

Il territorio risulta generalmente sub-pianeggiante, soprattutto nella parte adiacente all'asta fluviale; nelle aree più esterne al corso d'acqua si osserva una morfologia terrazzata legata all'alternarsi di periodi di erosione e di sedimentazione che hanno determinato il formarsi di ripiani situati a diverse quote altimetriche.

Al fine di determinare con maggior dettaglio le caratteristiche dei terreni coinvolti e l'eventuale presenza della falda è stato analizzato il sondaggio BH1_A (Allegato 5 "Indagini geognostiche"), localizzato in sinistra orografica al Fiume Potenza tra gli abitati di Spaccio Romitelli e San Firmano.

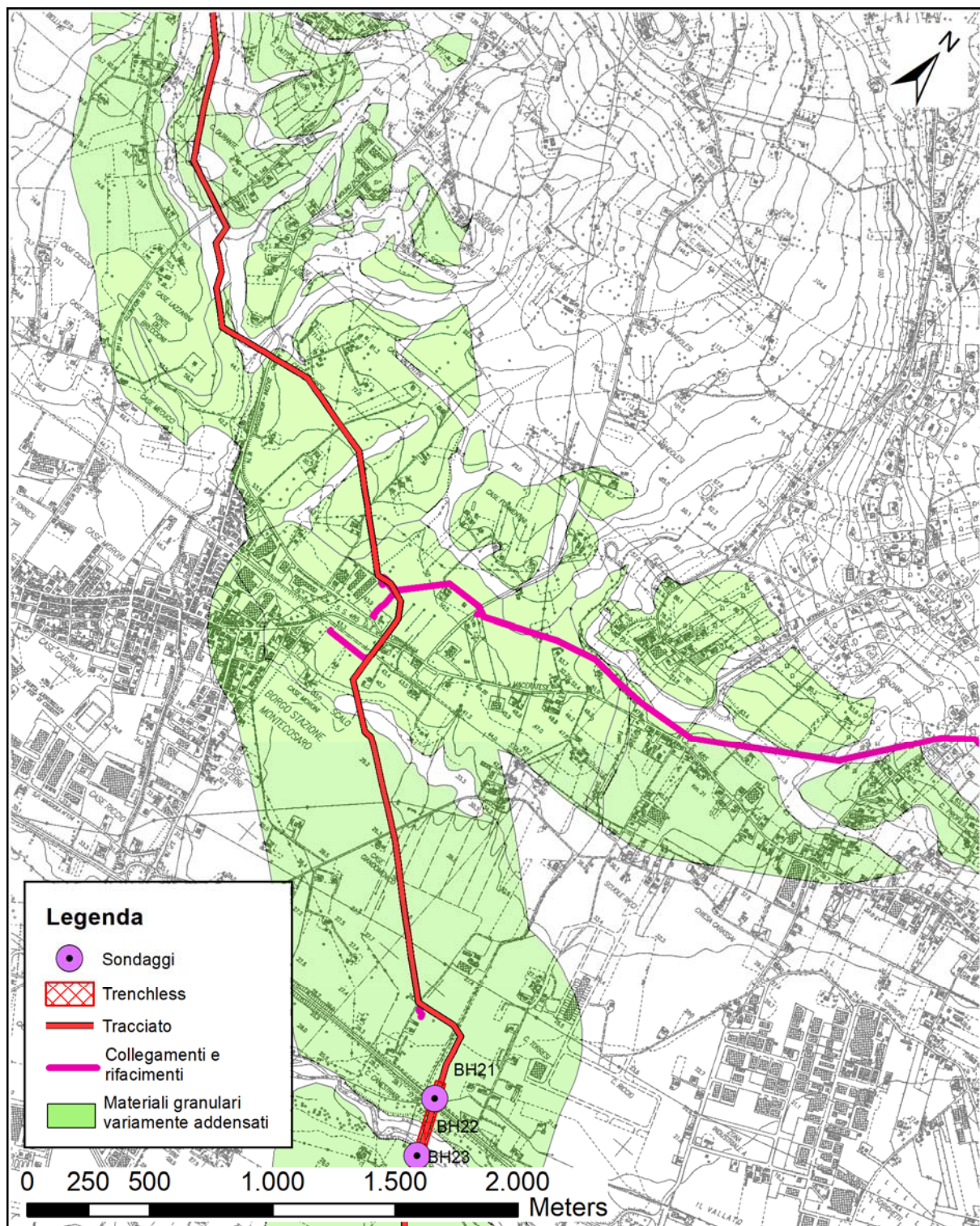
Il sondaggio, eseguito a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 m, mostra una stratigrafia caratterizzata prevalentemente da ghiaie addensate in scarsa matrice sabbiosa.

La profondità della falda acquifera è stata misurata al termine del sondaggio geognostico e si attesta a -1.5 m dal piano campagna.

Pertanto, viste le caratteristiche granulometriche e la scarsa quantità di terreni granulari medio-fini e di terreni fini, anche se sussiste la presenza di una falda superficiale (-1.5 m da pc), si ritiene di escludere eventuali fenomeni di liquefazione dei terreni a seguito di scuotimento sismico.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 31 di 59	Rev. 0

4.4.2 ID_02 Fondovalle Fiume Chienti



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 32 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 15 e il km 21 la linea principale in progetto attraversa un'estesa area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato corrispondente alla piana alluvionale in sinistra idrografica del Fiume Chienti. Gli stessi terreni vengono anche attraversati dalla linea secondaria "Rif. Der. Per Civitanova Marche (1° tratto) DN 100 (4") tra il km 0 e il km 3.

L'area che interferisce con la linea principale in progetto va dalla località Ruano a nord (comune di Montecosaro), fino alla sponda sinistra del Fiume Chienti, nei pressi di Montecosaro Borgo Stazione (comune di Civitanova Marche); l'area intercettata dalla linea secondaria ricade invece tra Montecosaro Borgo Stazione a ovest fino a Santa Maria Apparente a est (comune di Civitanova Marche).

Lungo la valle fluviale compaiono diffusamente depositi alluvionali terrazzati con andamento sub-pianeggiante che determinano una morfologia d'insieme a gradoni. Le quote altimetriche più basse (25 m s.l.m.) ricadono adiacenti al corso d'acqua e tendono ad aumentare verso nord fino a raggiungere i 100 m s.l.m., in cui affiorano i depositi pleistocenici.

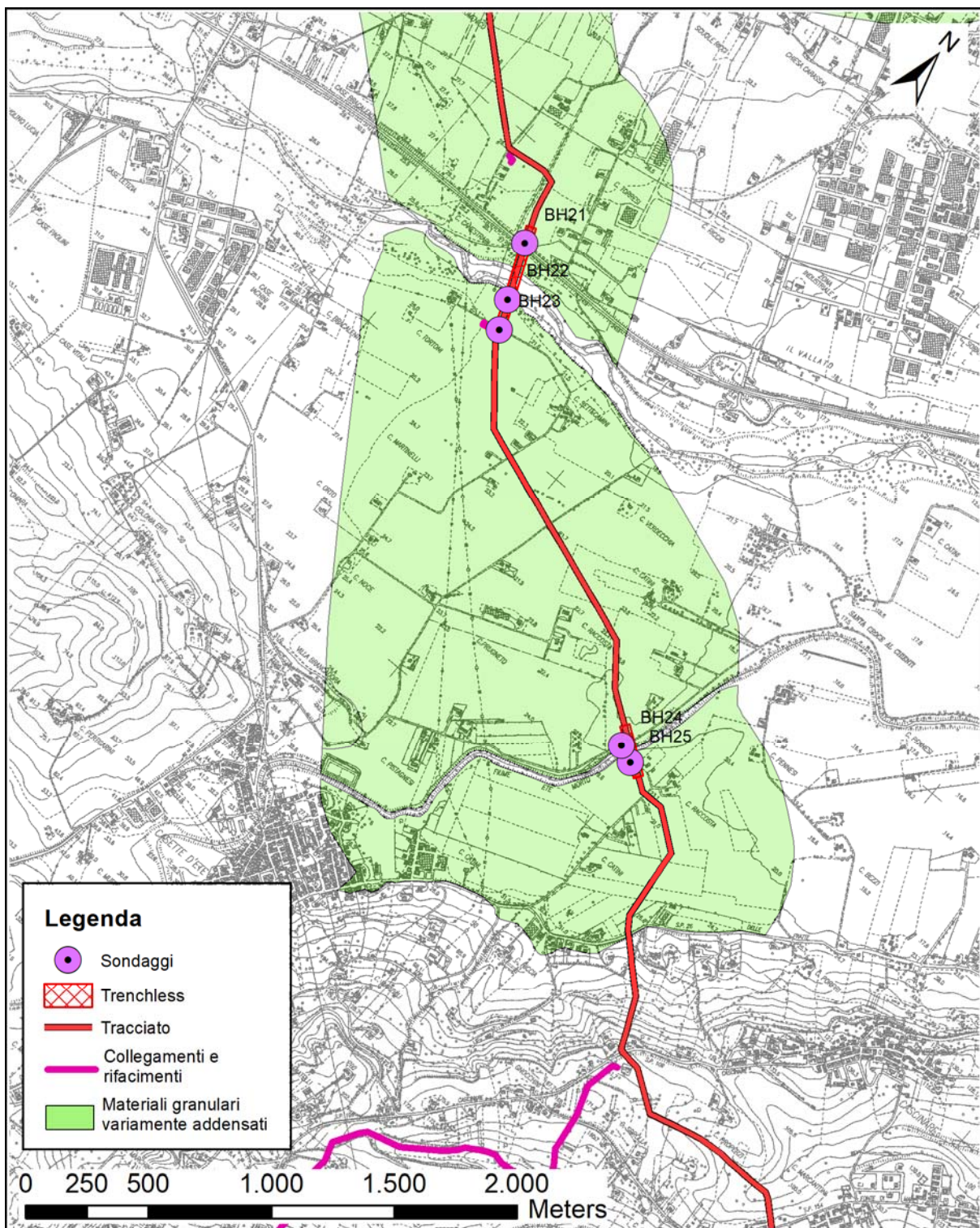
Per la caratterizzazione stratigrafica dei materiali granulari attraversati dal tracciato in progetto e del livello della falda (se presente) è stato analizzato il sondaggio BH21 eseguito in sinistra orografica del Fiume Chienti, in prossimità della SS77 (raccordo Autostradale Tolentino-Civitanova Marche). Il sondaggio, eseguito fino alla profondità di 25 m, mostra i primi 6 m di limi-argillosi consistenti che poggiano su ghiaie molto addensate in matrice debolmente sabbioso-limosa.

La profondità della falda acquifera è stata misurata al termine del sondaggio geognostico e si attesta a -5 m dal pc (Allegato 5 "Indagini geognostiche").

Pertanto, viste le caratteristiche granulometriche e la scarsa quantità di terreni granulari medio-fini e di terreni fini, anche se sussiste la presenza di una falda superficiale (-5 m da pc), si ritiene di escludere eventuali fenomeni di liquefazione dei terreni a seguito di scuotimento sismico.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 33 di 59	Rev. 0

4.4.3 ID_03 Fondovalle Fiume Ete Morto



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 34 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 21 e il km 24 il tracciato in progetto attraversa un'estesa area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato che corrisponde alla piana alluvionale in destra idrografica del fiume Chienti ed alla piana del fiume Ete Morto.

Più precisamente, l'area attraversata dalla linea principale in progetto va dalla sponda destra del Fiume Chienti a nord (comune di Civitanova Marche), fino al bordo meridionale della piana, al piede della dorsale collinare di Casette d'Ete.

Il territorio risulta pianeggiante, con quote altimetriche comprese tra 20-25 m s.l.m., ed è caratterizzato da un terrazzo alluvionale di notevole estensione e uniformità morfologica interrotta, in prossimità dell'alveo, da una scarpata di erosione che raccorda con i depositi attuali del letto fluviale del Fiume Ete Morto.

Al fine di determinare con maggior dettaglio gli intervalli stratigrafici attraversati e per valutare l'eventuale presenza della falda, sono stati indagati i sondaggi BH22 e BH23, localizzati sulla sponda destra del Fiume Chienti, e dei sondaggi BH24 e BH25, localizzati rispettivamente sulle due sponde sinistra e destra del Fiume Ete Morto (vedi Allegato 5 "Indagini geognostiche").

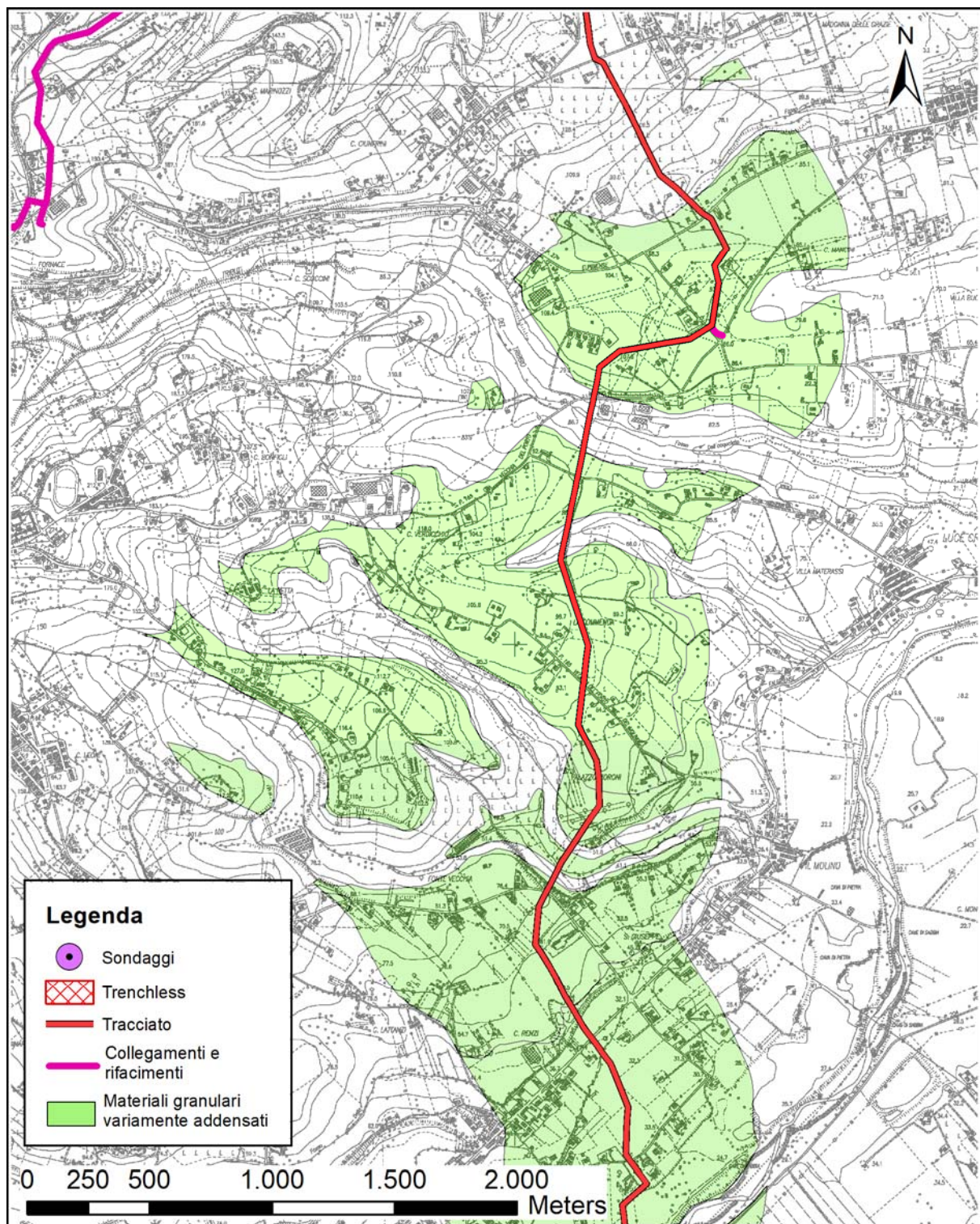
I sondaggi BH22 e BH23 sono stati eseguiti fino alla profondità di 25 m e mostrano una stratigrafia generalmente caratterizzata da deposito ghiaioso da addensato a molto addensato in matrice debolmente sabbioso-limoso; nel BH23 si evidenziano circa 9 m di limi-argillosi consistenti che poggiano sull'intervallo ghiaioso prevalente. La profondità della falda acquifera è stata misurata al termine dei sondaggi geognostici e si attesta rispettivamente a -4.6 e -5.8 m dal pc.

Il sondaggio BH24 evidenzia un deposito formato generalmente da ghiaie sabbiose molto addensate con intercalazioni limoso-argillose, mentre il BH25 mostra un deposito caratterizzato limi-sabbiosi consistenti che si alternano a ghiaie molto addensate in matrice debolmente sabbiosa. La profondità della falda acquifera è stata misurata al termine dei sondaggi geognostici e si attesta rispettivamente -3.8 e -5.0 dal pc.

Pertanto, viste le caratteristiche granulometriche e la scarsa quantità di terreni granulari medio-fini e di terreni fini, anche se sussiste la presenza di una falda superficiale (posta mediamente -5 m da pc), in accordo ai criteri delle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2) si ritiene che la verifica alla potenziale suscettibilità a liquefazione dei terreni possa essere esclusa.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 35 di 59	Rev. 0

4.4.4 ID_04 Zona Elpidiense



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 36 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 27 e il km 31 il tracciato in progetto attraversa un'area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato che va all'incirca dall'attraversamento della Strada provinciale Elpidiense a nord (comune di Porto Sant'Elpidio) fino all'abitato di La Luce a sud (comune di Sant'Elpidio a Mare).

L'area individuata risulta geomorfologicamente rappresentata dal versante meridionale di una dorsale collinare che costituisce lo spartiacque tra la valle del Fiume Chienti e la valle del Fiume Tenna. I terreni granulari presenti non affiorano in maniera continuativa per tutto il tratto attraversato dal tracciato in progetto, ma individuano delle fasce che degradano altimetricamente da nord verso sud (verso il Fiume Tenna).

I terreni coinvolti sono caratterizzati da depositi alluvionali terrazzati costituiti da ghiaie, ghiaie sabbiose e sabbie Pleistoceniche, generalmente ben addensati (vedi stralcio della Carta geologica in Fig.4.4/A).

La mancanza di altre informazioni di base impedisce di omettere la presente area dai criteri di esclusione alla verifica di suscettibilità a liquefazione definiti dalle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2). Pertanto, si ritiene che l'area individuata debba essere oggetto di ulteriori indagini di dettaglio che permettano un'analisi più specifica sia sulla presenza e localizzazione della falda in profondità, che sulle condizioni stratigrafiche dei terreni attraversati dall'opera in progetto.

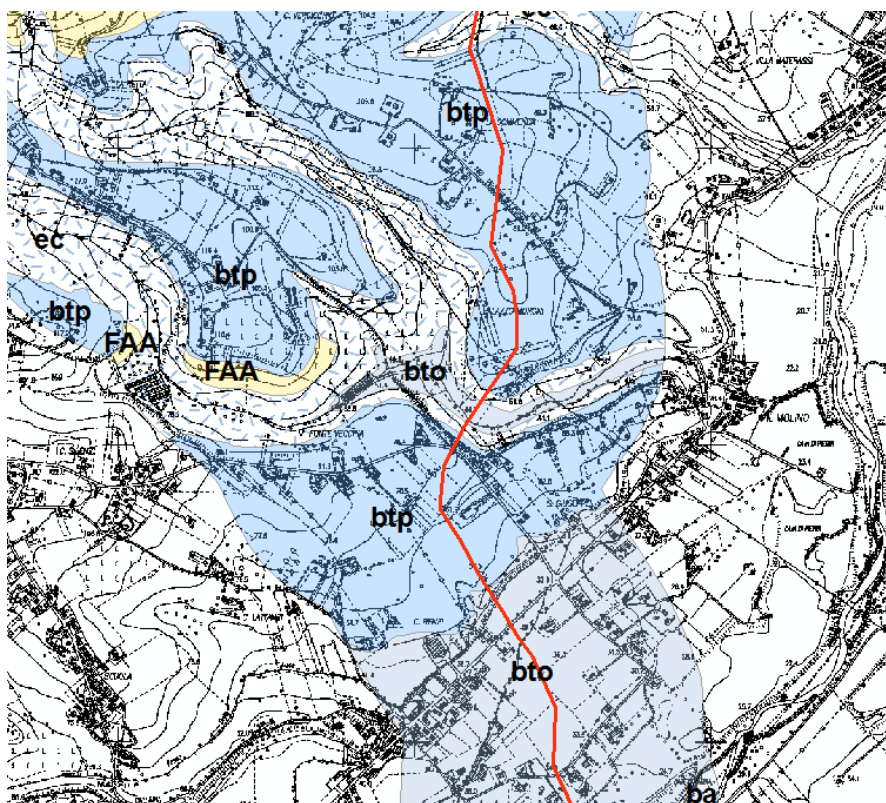
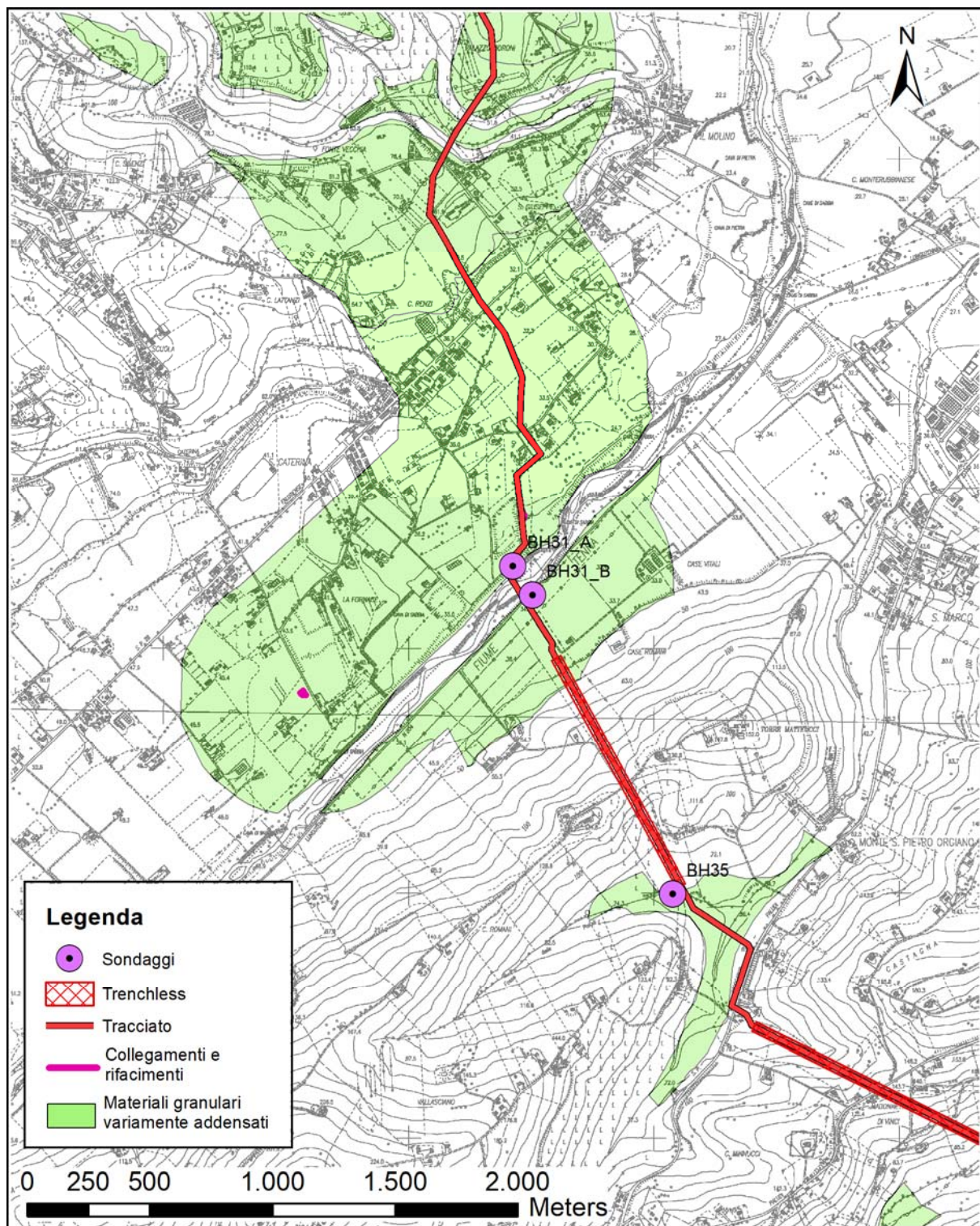


Fig. 4.4/A: Carta geologica dell'area. Legenda: FAA – Formazione Argille Azzurre; btp-Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio); bto-Depositi alluvionali terrazzati (Olocene); ec-Depositi eluvio-colluviali. Linea rossa-tracciato di progetto.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 37 di 59	Rev. 0

4.4.5 ID_05 Fondovalle Fiume Tenna – Fosso delle Paludi



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 38 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 31 e il km 35 il tracciato in progetto attraversa due aree caratterizzate da materiale granulare variamente addensato.

L'area più a nord è rappresentata dalla piana alluvionale del Fiume Tenna, mentre l'area susseguente è localizzata circa 2 km più a sud alla base della dorsale collinare di Torre Matteucci.

Il settore settentrionale è caratterizzato da una morfologia sub-pianeggiante in cui i terreni sono rappresentati dai depositi alluvionali terrazzati del Fiume Tenna. Su entrambe le sponde del corso d'acqua sono stati eseguiti due sondaggi, il BH31_A e il BH31_B (vedi Allegato 5 "Indagini geognostiche"), i quali mostrano generalmente un deposito prevalentemente formato da ghiaie addensate in matrice sabbiosa con intercalazioni limoso-sabbiose da addensate a molto addensate. Le profondità della falda acquifera sono state misurate al termine dei sondaggi geognostici e si attesta rispettivamente a -4.0 e -7.2 m dal pc.

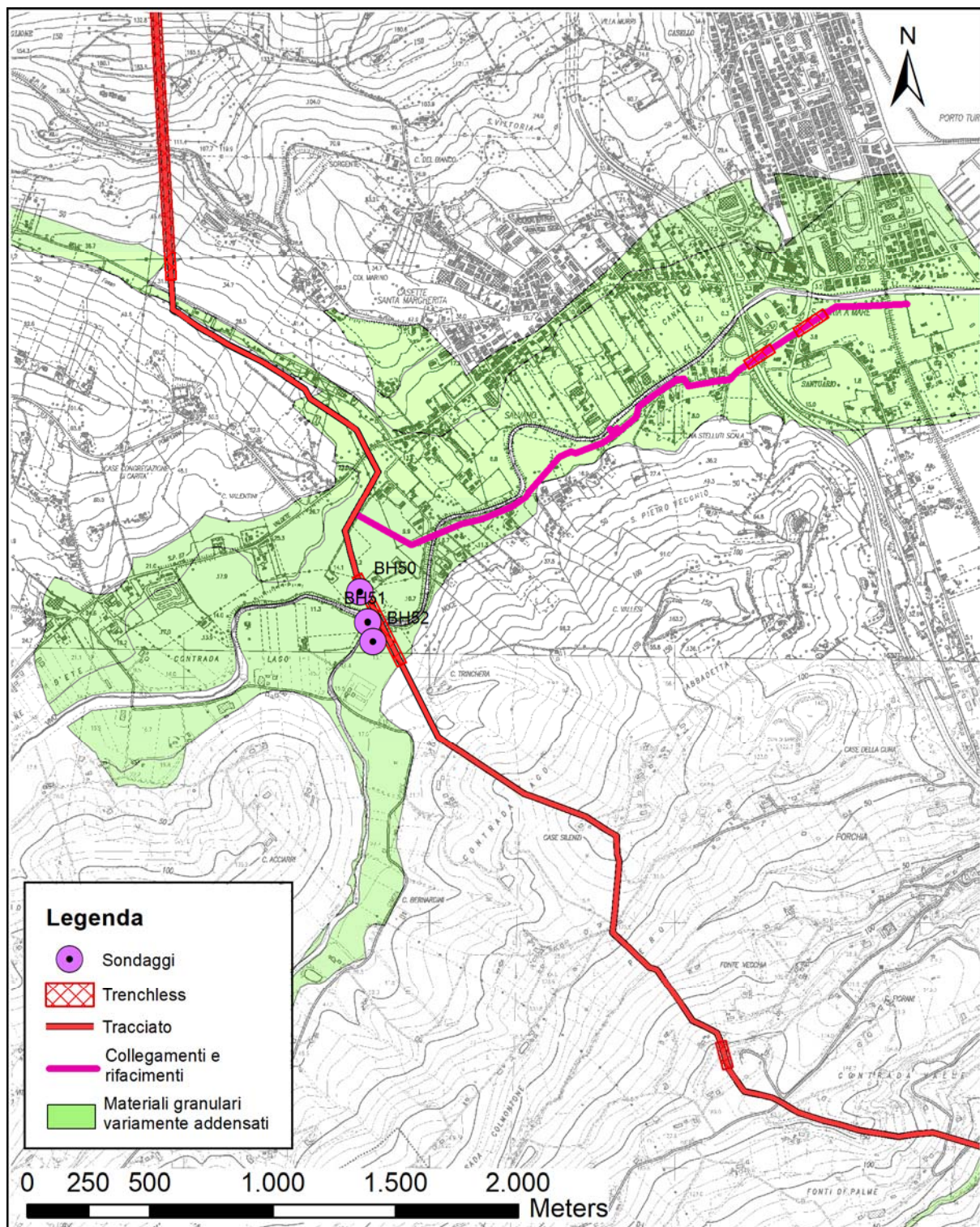
Pertanto, viste le caratteristiche granulometriche e la scarsa quantità di terreni granulari medio-fini e di terreni fini, anche se sussiste la presenza di una falda superficiale, si ritiene di escludere eventuali fenomeni di liquefazione dei terreni a seguito di scuotimento sismico.

Il materiale granulare individuato nell'area successiva ricade morfologicamente all'interno di un vallone attraversato dal Fosso delle Paludi. Dalla stratigrafia del BH35 (vedi Allegato 5 "Indagini geognostiche"), eseguito ad una profondità di 15 m, si evidenzia un deposito caratterizzato generalmente da limi-argillosi mediamente consistenti passanti ad argille-limose da poco a molto consistenti. In sede di sondaggio non è stata rilevata la presenza della falda.

Pertanto, viste le caratteristiche granulometriche e la scarsa quantità di terreni granulari medio-fini e, soprattutto la mancanza di una falda superficiale, in accordo ai criteri delle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2) si ritiene che la verifica alla potenziale suscettibilità a liquefazione dei terreni possa essere esclusa.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 39 di 59	Rev. 0

4.4.6 ID_06 Fondovalle Fiume Ete Vivo



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 40 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Il tracciato in progetto tra il km 38 e il km 42 attraversa un'area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato.

In particolare, la zona che interferisce con la linea principale la valle del Fosso delle Moie a nord fino al bordo meridionale della piana alluvionale in prossimità della confluenza tra il Fosso Camera e il Fiume Ete Vivo (Comune di Fermo).

Il territorio risulta caratterizzato da depositi alluvionali terrazzati, con andamento pianeggiante, in cui le quote altimetriche tendono a degradare dai 45 m s.l.m. lungo la valle del Fosso delle Moie, fino ai 10 m s.l.m. in prossimità dell'alveo fluviale del Fiume Ete Vivo.

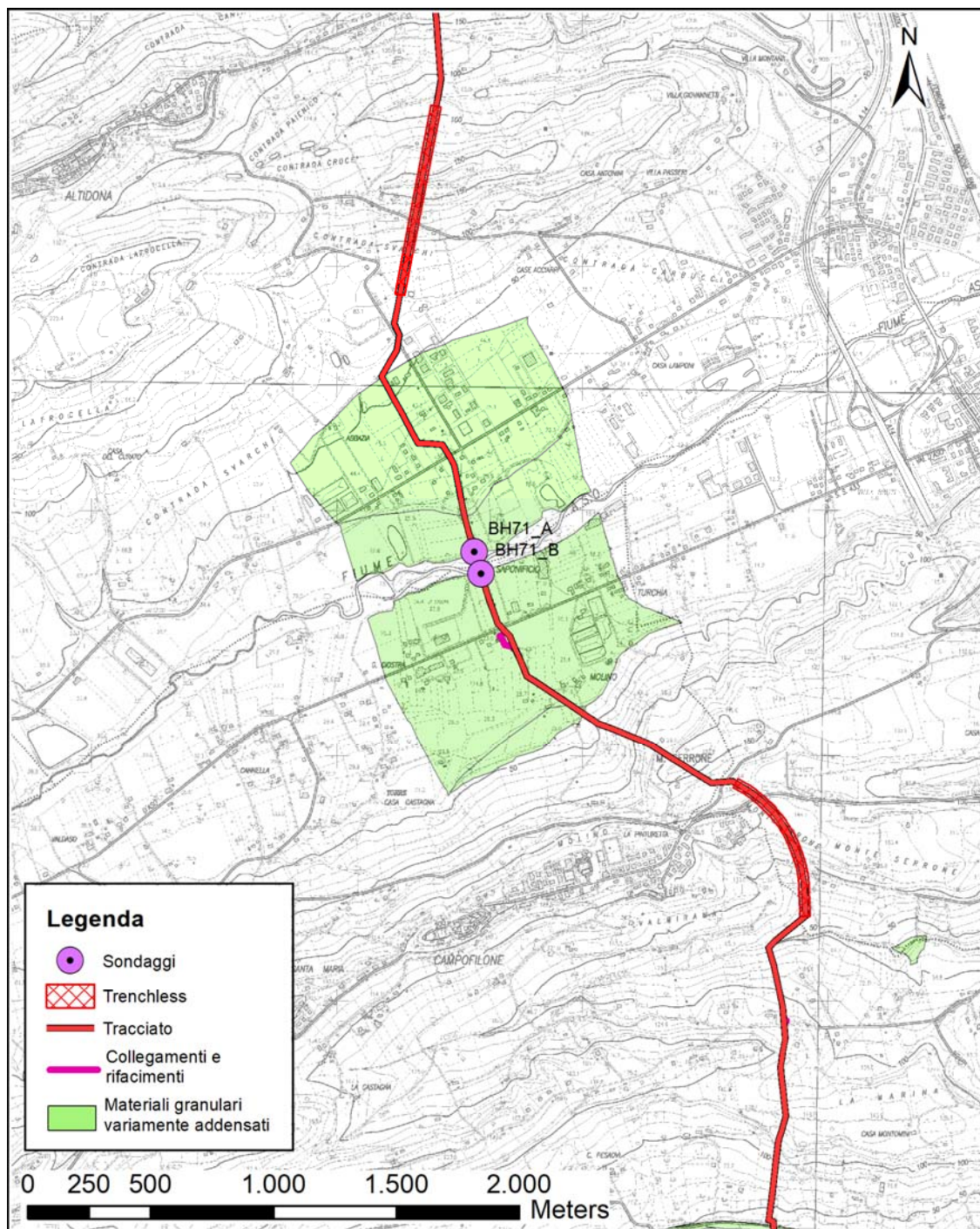
Dove il Fosso Camera si riversa nel Fiume Ete Vivo, sono stati eseguiti tre sondaggi (vedi BH50, BH51 e BH52 in Allegato 5 "Indagini geognostiche"):

- BH50: eseguito fino ad una profondità di 20 m, risulta caratterizzato da sabbie e limi-sabbiosi poco addensati passanti a sabbie-ghiaiose e ghiaie-sabbiose molto addensati. La falda acquifera è stata misurata nel corso del sondaggio e si attesta a -4.7 m dal pc.
- BH51: eseguito fino ad una profondità di 26 m, risulta caratterizzato da sabbie-limose poco addensate, ghiaie sabbiose addensate, limi-argillosi consistenti e ghiaie-sabbiose addensate. La profondità della falda acquifera è stata misurata al termine del sondaggio geognostico e si attesta a -3.6 m dal pc.
- BH52: eseguito fino ad una profondità di 20 m, risulta caratterizzato da limi-sabbiosi consistenti passanti a sabbie-ghiaiose e ghiaie-sabbiose addensate. La profondità della falda acquifera è stata misurata al termine del sondaggio geognostico e si attesta a 6.5 m dal pc.

Sulla base dei risultati si evidenzia come nel presente caso non vengano soddisfatti i criteri di esclusione alla verifica di suscettibilità a liquefazione dei terreni riportati nelle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2); pertanto, si ritiene che l'area individuata debba essere oggetto di ulteriori indagini di dettaglio e di analisi approfondita da eseguire con metodi avanzati al contesto geologico locale.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 41 di 59	Rev. 0

4.4.7 ID_07 Fondovalle Fiume Aso



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 42 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 48 e il km 51 il tracciato in progetto attraversa un'area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato corrispondente alla piana alluvionale del Fiume Aso.

In particolare, la fascia che interferisce con la linea principale va dalla zona artigianale Svarchi a nord (comune di Altidona) fino al bordo meridionale della piana alluvionale, al piede della dorsale collinare di Campofilone.

L'area indagata è caratterizzata da una morfologia sub-pianeggiante in cui i terreni sono rappresentati dai depositi alluvionali terrazzati del Fiume Aso, e nella quale si possono distinguere due ordini di terrazzi: uno interno, caratterizzata dai depositi alluvionali terrazzati recenti, interrotto in prossimità dell'alveo dalla scarpata di erosione del corso d'acqua; uno esterno caratterizzato da depositi alluvionali terrazzati pleistocenici, localizzati a quote altimetriche leggermente maggiori.

Adiacenti alle sponde del Fiume Aso (sui depositi alluvionali terrazzati recenti), sono stati eseguiti due sondaggi a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 m: il BH71_A e il BH71_B (vedi Allegato 5 "Indagini geognostiche"). Entrambi mostrano una sequenza stratigrafica formata da ghiaie-sabbiose da addensate a molto addensate con intercalazioni limoso-argillose da mediamente consistenti a consistenti.

La profondità della falda acquifera è stata misurata al termine dei sondaggi geognostici e si attesta rispettivamente a -4.0 e -4.6 m dal pc.

Pertanto, viste le caratteristiche granulometriche e la scarsa quantità di terreni granulari medio-fini e di terreni fini, anche se sussiste la presenza di una falda superficiale (mediamente inferiore ai -5 m da pc), in accordo ai criteri delle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2) si ritiene che la verifica alla potenziale suscettibilità a liquefazione dei terreni possa essere esclusa.



PROGETTISTA

UNITÀ
000COMMESSA
023081

LOCALITÀ

Regione Marche

SPC. LA-E-83027

PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

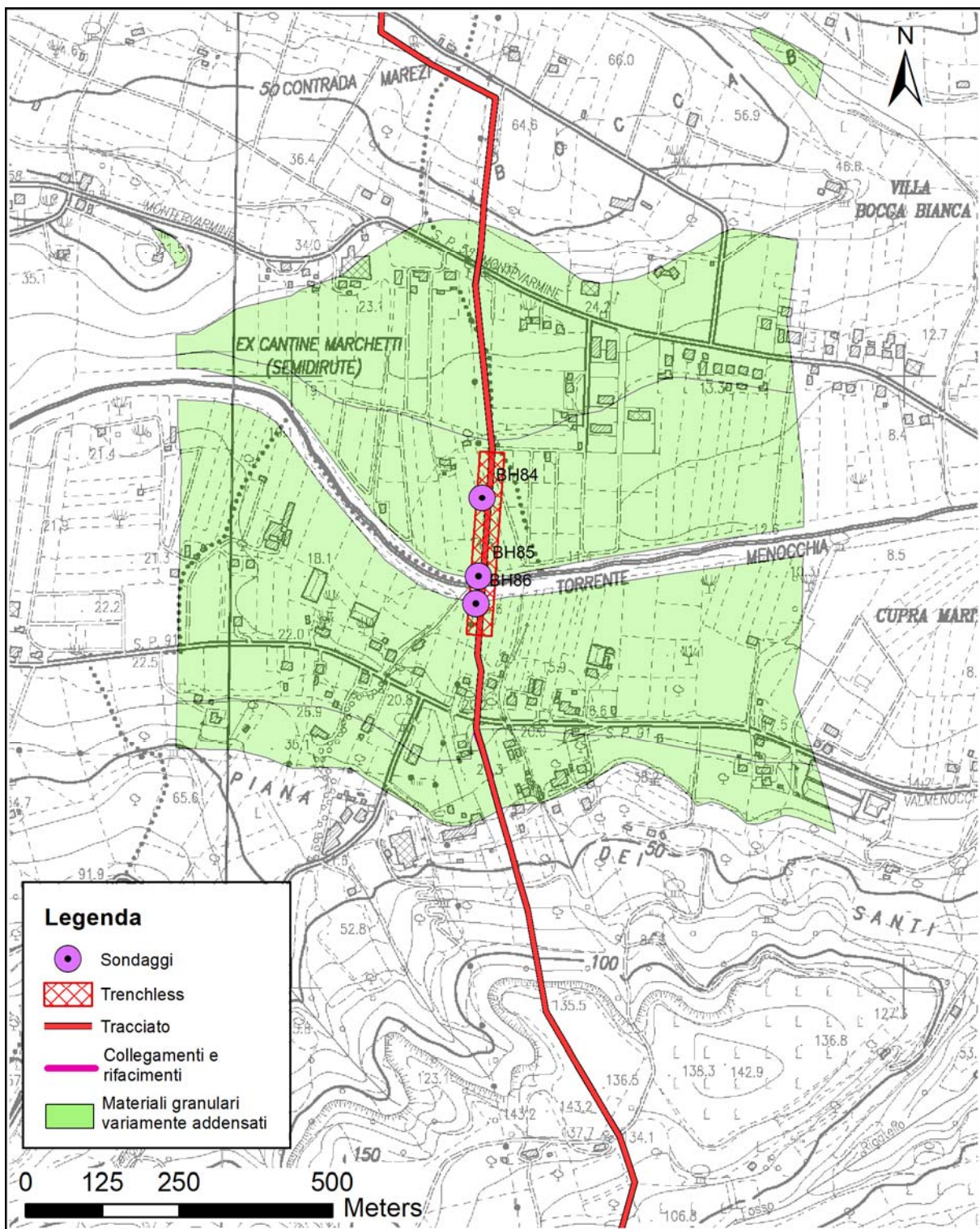
Fg. 43 di 59

Rev.
0

4.4.8

ID_08

Fondovalle Torrente Menocchia



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 44 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Il tracciato in progetto attraversa tra il km 56 e il km 58 un'area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato, che corrisponde alla piana alluvionale del Torrente Menocchia, a circa 1.5 km dalla fascia costiera, nel settore compreso tra Marina di Massignano e Cupra Marittima.

L'area d'interesse risulta pressoché pianeggiante, con le quote altimetriche maggiori (30 m s.l.m.) sulle fasce esterne che degradano verso l'asta fluviale (10 m s.l.m.). La cartografia geologica mostra la presenza di depositi alluvionali terrazzati recenti in prossimità del corso d'acqua, e di depositi alluvionali terrazzati del Pleistocene superiore affioranti nei settori più esterni all'attuale corso d'acqua.

In prossimità dell'alveo del Torrente Menocchia sono stati eseguiti tre sondaggi fino alla profondità di 18 m (vedi Allegato 5 "Indagini geognostiche"):

- BH84: la sequenza stratigrafica è rappresentata da ghiaie-sabbiose e debolmente sabbiose molto addensate. La falda acquifera, misurata al termine del sondaggio geognostico, si attesta a -5.9 m dal pc.
- BH85: il sondaggio mostra generalmente una sequenza stratigrafica da ghiaie-sabbiose da addensate a molto addensate con intervalli decimetrici sabbioso-limosi poco addensati, passanti in profondità a limi-argillosi da mediamente consistenti a consistenti. La profondità della falda acquifera è stata misurata al termine del sondaggio geognostico e si attesta a -5.5 m dal pc.
- BH86: la sequenza stratigrafica mostra i primi metri caratterizzati da limi-sabbiosi e sabbie fine poco addensate, passanti a ghiaie-sabbiose e debolmente sabbiose (molto addensate) e poggianti a loro volta su limi-argillosi da poco consistenti a consistenti. La falda acquifera, misurata al termine del sondaggio geognostico, si attesta a -5.1 m dal pc.

Sulla base dei seguenti risultati si osserva che i livelli granulari a frazione medio-fine con spessori più consistenti ricadono generalmente nei primi metri, al di sopra della falda; pertanto, in accordo ai criteri delle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2) si ritiene che la verifica alla potenziale suscettibilità a liquefazione dei terreni possa essere esclusa.



PROGETTISTA

UNITÀ
000COMMESSA
023081

LOCALITÀ

Regione Marche

SPC. LA-E-83027

PROGETTO

Rif. met. Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

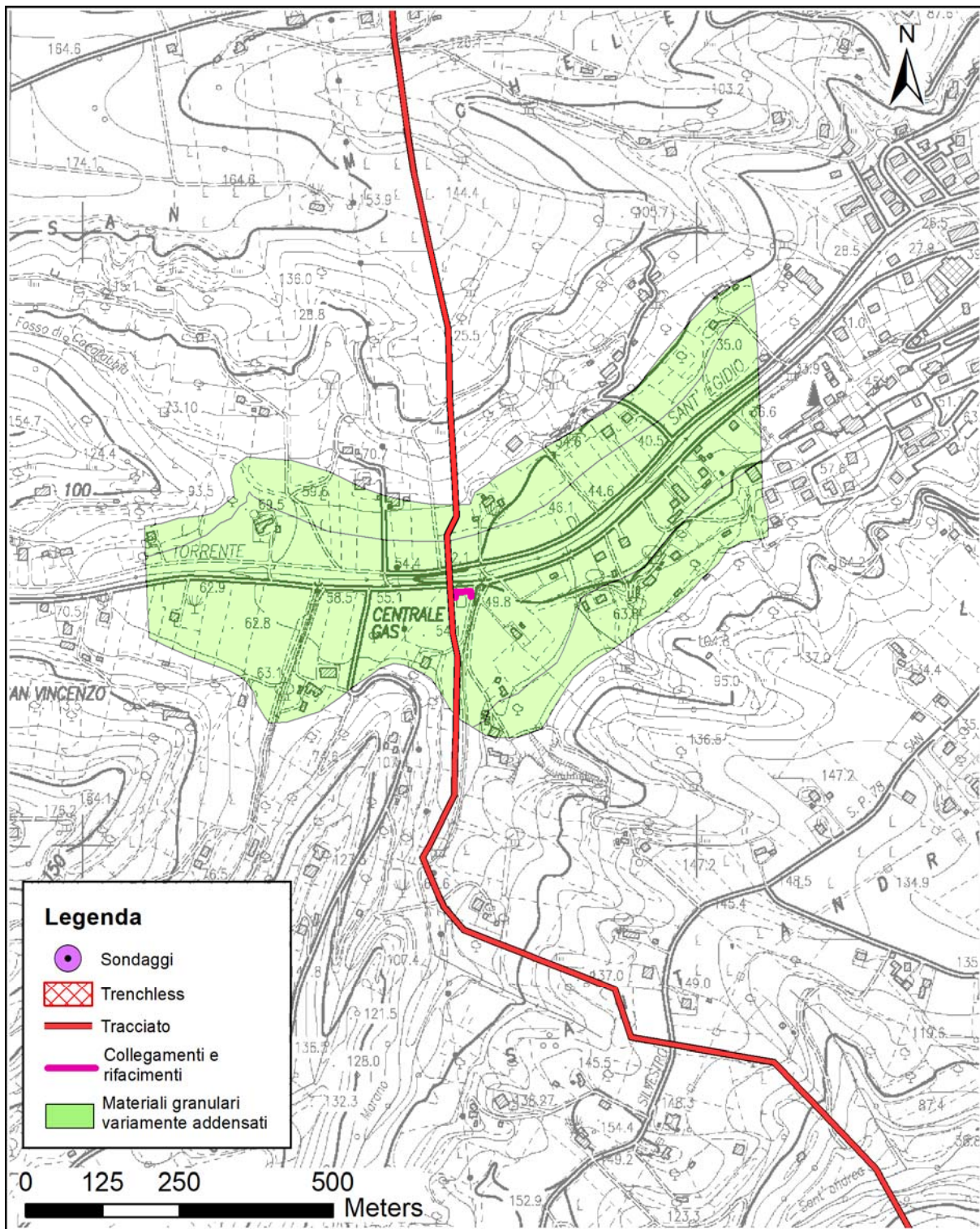
Fg. 45 di 59

Rev.
0

4.4.9

ID_09

Fondovalle Torrente Sant'Egidio



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 46 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 59 e il km 60 il tracciato in progetto attraversa un'area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato, corrispondente alla piana alluvionale del Torrente Sant'Egidio, a circa 1.5 km da Cupra Marittima.

L'area individuata è caratterizzata da una valle piuttosto stretta, localizzata tra la dorsale di San Michele a nord e la dorsale collinare di Colle Bruno a sud. La morfologia della valle è sub-pianeggiante e i terreni sono generalmente rappresentati dai depositi alluvionali terrazzati recenti del Torrente Sant'Egidio (ghiaie sabbiose e sabbie limose), come riportato nello stralcio della carta geologica in Fig.4.4/B. Si evidenzia la presenza di depositi alluvionali terrazzati del Pleistocene superiore nelle fasce più esterne della piana (ghiaie prevalenti associate a subordinate sabbie-limose e argille), localizzati al piede dei versanti delle dorsali collinari sopra menzionate.

La mancanza di altre informazioni di base impedisce di omettere la presente area dai criteri di esclusione alla verifica di suscettibilità a liquefazione definiti dalle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2). Pertanto, si ritiene che l'area individuata debba essere oggetto di ulteriori indagini di dettaglio che permettano un'analisi più specifica sia sulla presenza e localizzazione della falda in profondità, che sulle condizioni stratigrafiche dei terreni attraversati dall'opera in progetto.

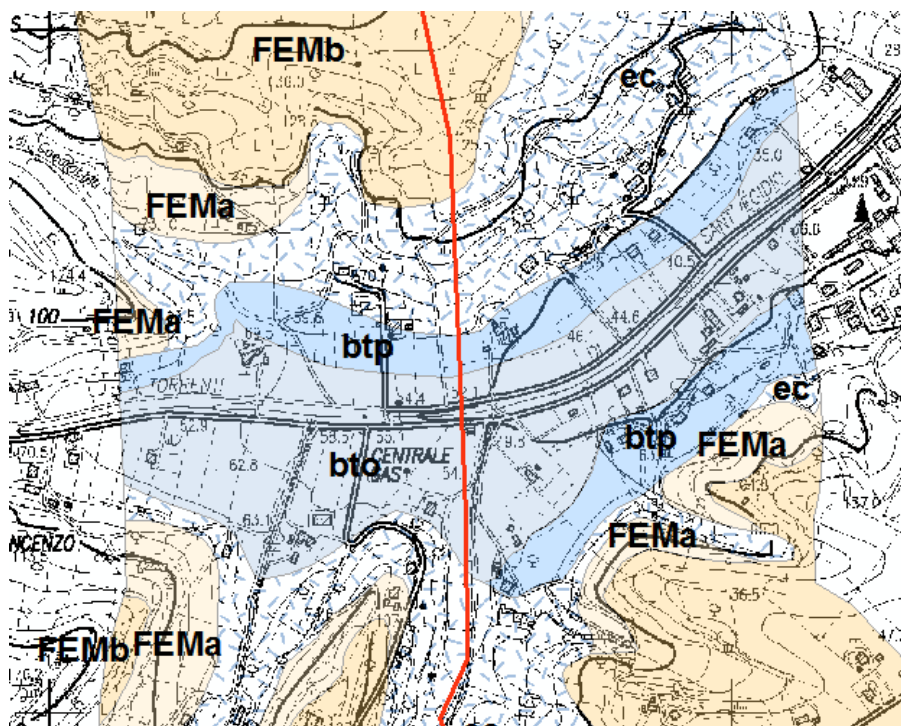


Fig. 4.4/B: Carta geologica dell'area. Legenda: FEM (a/b)- Formazione di Fermo (facies arenaceo-sabbiosa/conglomeratica); btp-Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio); bto-Depositi alluvionali terrazzati (Olocene); ec-Depositi eluvio-colluviali. Linea rossa-tracciato di progetto.



PROGETTISTA

UNITÀ
000COMMESSA
023081

LOCALITÀ

Regione Marche

SPC. LA-E-83027

PROGETTO

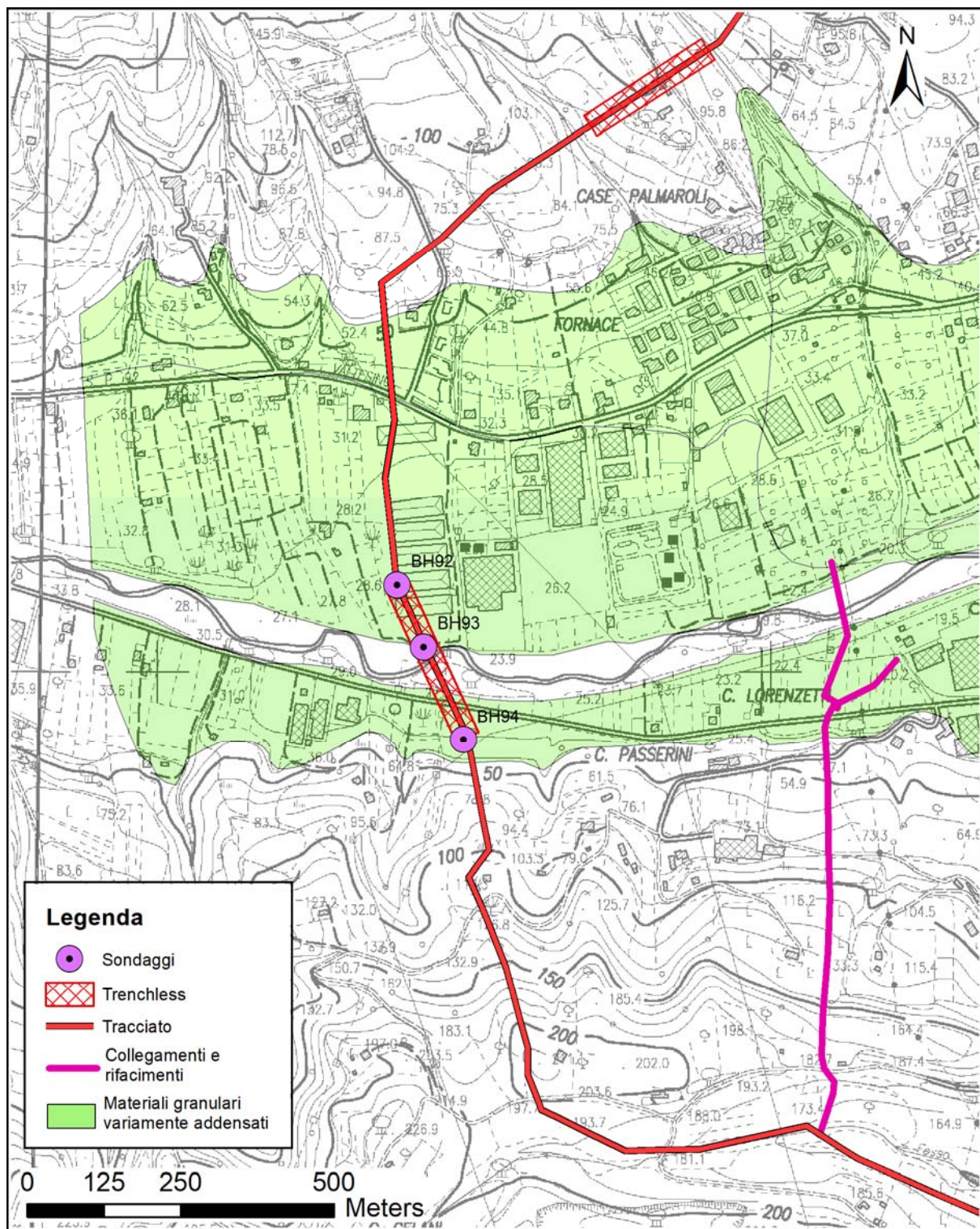
Rif. met. Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

Fg. 47 di 59

Rev.
0

4.4.10 ID_10

Fondovalle Torrente Tesino



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 48 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 64 e il km 65 la linea principale in progetto attraversa un'area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato che corrisponde alla piana alluvionale del Torrente Tesino. Gli stessi terreni vengono anche attraversati dalla parte terminale della linea secondaria "Coll. C.le AGIP Grottammare DN 100 (4")" tra il km 0,6 e il km 1.

L'area che interferisce con le linee in progetto (principale e secondaria) va dall'abitato di Fornace a nord, in sinistra orografica, e l'abitato di C. Passerini a sud, in destra orografica (comune di Grottammare).

Lungo la valle, ad andamento sub-pianeggiante, i terreni attraversati sono caratterizzati da depositi alluvionali terrazzati recenti in prossimità dell'asta fluviale, bordati esternamente da terrazzi pleistocenici, localizzati ai piedi delle dorsali collinari che delimitano la valle.

Al fine di determinare con maggior dettaglio le caratteristiche dei terreni coinvolti e l'eventuale presenza della falda sono stati considerati i sondaggi BH92 e BH93, localizzati rispettivamente sulla sponda sinistra, e il BH94 localizzato sulla sponda destra del Torrente Tesino (vedi Allegato 5 "Indagini geognostiche"):

- BH92: il sondaggio, eseguito fino a 10 m di profondità, è rappresentato ghiaie-sabbiose molto addensate intercalata tra due strati limo-argillosi molto consistenti; questi poggiano su uno strato di circa 2,2 m caratterizzato da sabbie fini debolmente limose e ghiaiose, poco addensate. La profondità della falda acquifera è stata misurata al termine del sondaggio geognostico e si attesta a 3.0 m dal pc.
- BH93: il sondaggio, eseguito fino a 15 m di profondità, è rappresentato da un primo intervallo di 3 m circa di limi e sabbie-limose poco addensate, passanti a ghiaie e ghiaie-sabbiose molto addensate; queste ultime poggiano su un pacco di circa 6 m di sabbie fini poco addensate e limi-sabbiosi mediamente consistenti, passanti nuovamente a ghiaie-sabbiose e limi-argillosi. La falda acquifera, misurata al termine del sondaggio geognostico, si attesta a -5.5 m dal pc.
- BH94: il sondaggio, eseguito fino a 10 m di profondità, risulta stratigraficamente rappresentato da limi-sabbiosi debolmente argillosi (consistenti) che passano a ghiaie e ciottoli eterometrici in matrice limoso-sabbiosa; queste ultime, poggiano infine su limi-argillosi da molto consistenti a duri. Alle profondità indagate non è stata riscontrata la presenza di falda acquifera.

Sulla base dei risultati acquisiti si evidenzia come l'area individuata non soddisfi i criteri di esclusione alla verifica di suscettibilità a liquefazione dei terreni riportati nelle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2); pertanto, si ritiene che quest'area debba essere oggetto di ulteriori indagini di dettaglio e di analisi approfondita da eseguire con metodi avanzati al contesto geologico locale.



PROGETTISTA

UNITÀ
000COMMESSA
023081

LOCALITÀ

Regione Marche

SPC. LA-E-83027

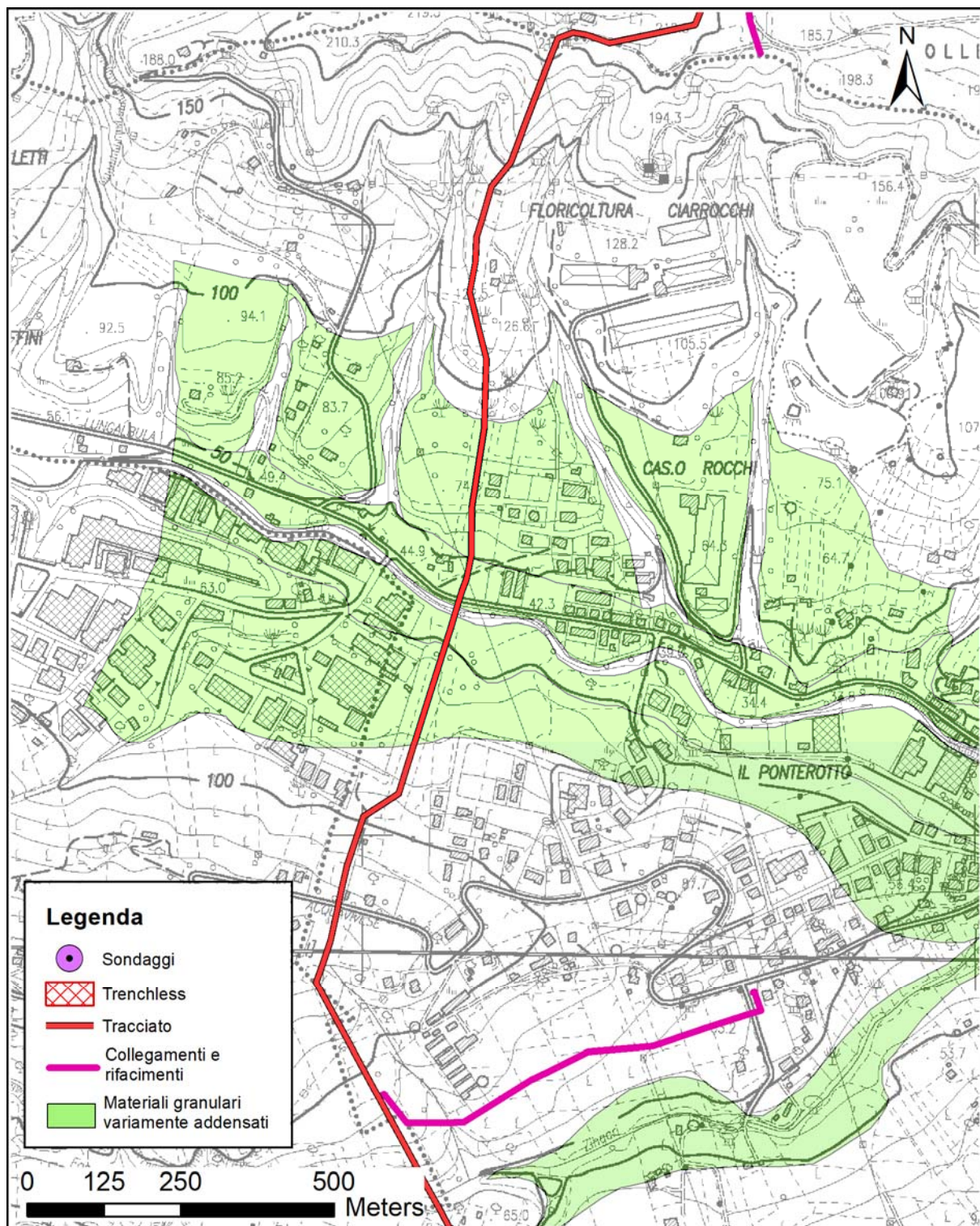
PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

Fg. 49 di 59

Rev.
0

4.4.11 ID_11

Fondovalle Torrente Albula



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 50 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 68 e il km 69 il tracciato in progetto attraversa un'area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato, corrispondente alla piana alluvionale del Torrente Albula, a circa 1.5 km da San Benedetto del Tronto.

L'area individuata è caratterizzata da una valle piuttosto stretta, localizzata tra la dorsale di Colle Scariglia a nord e la dorsale collinare di Colle in Su a sud. La morfologia della valle è sub-pianeggiante in prossimità del corso d'acqua, e leggermente penedente nelle aree localizzate ai piedi dei versanti delle dorsali collinari.

I terreni sono generalmente rappresentati dai depositi alluvionali terrazzati recenti (ghiaie sabbie e limo, come riportato nello stralcio della carta geologica in Fig.4.4/C) nell'area adiacente all'asta fluviale, mentre nelle aree più esterne affiorano i depositi alluvionali terrazzati del Pleistocene.

La mancanza di altre informazioni di base impedisce di omettere la presente area dai criteri di esclusione alla verifica di suscettibilità a liquefazione definiti dalle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2). Pertanto, si ritiene che l'area individuata debba essere oggetto di ulteriori indagini di dettaglio che permettano un'analisi più specifica sia sulla presenza e localizzazione della falda in profondità, che sulle condizioni stratigrafiche dei terreni attraversati dall'opera in progetto.

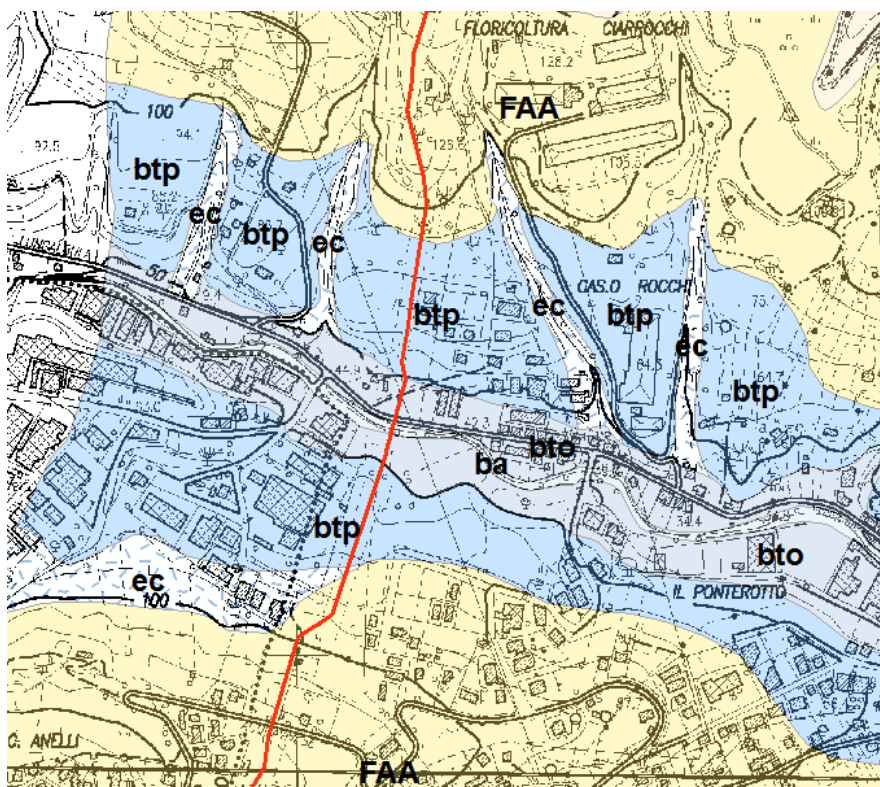
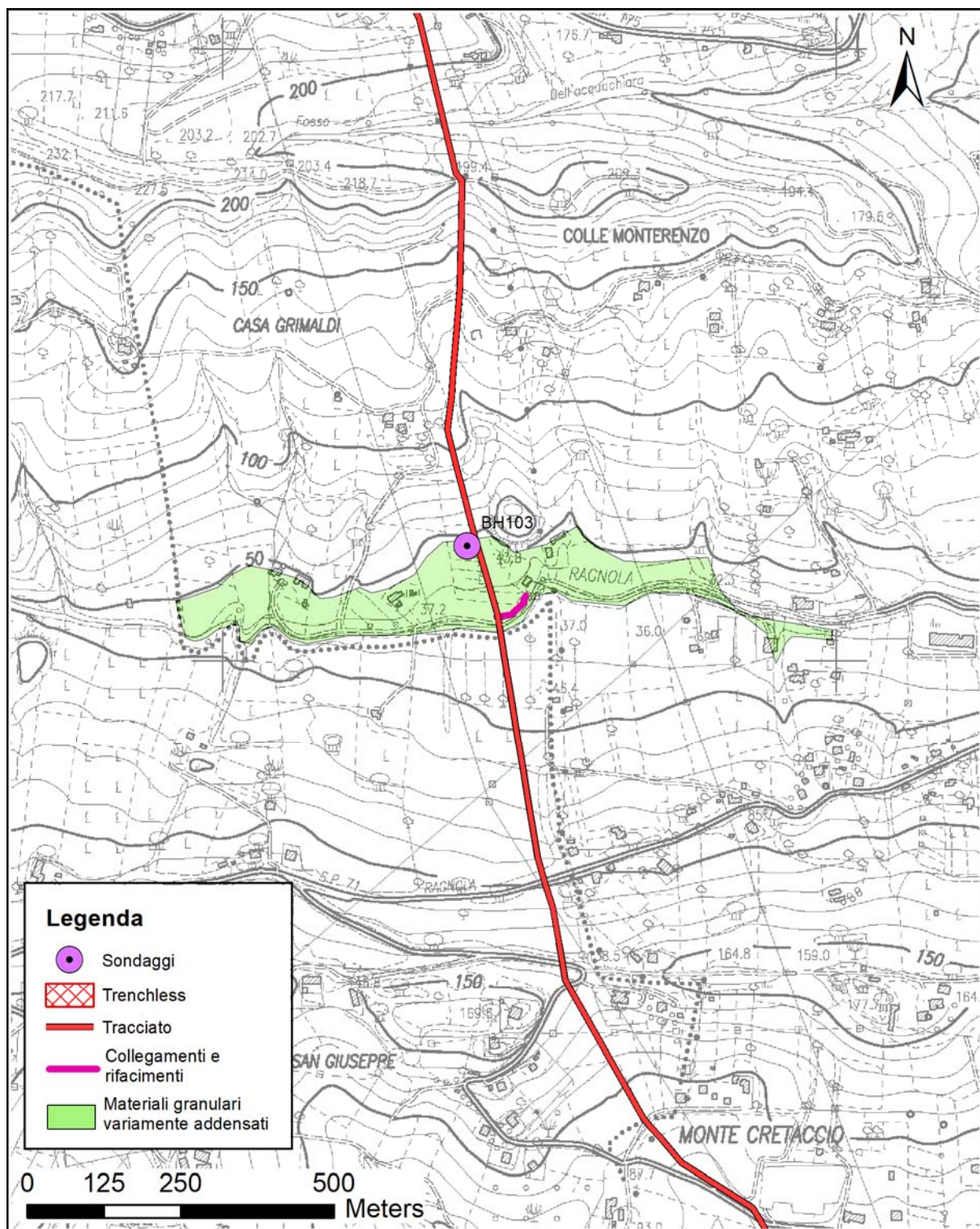


Fig. 4.4/A: Carta geologica dell'area. Legenda: FAA – Formazione Argille Azzurre; btp-Depositi alluvionali terrazzati (Pleistocene medio); bto-Depositi alluvionali terrazzati (Olocene); ec-Depositi eluvio-colluviali. Linea rossa-tracciato di progetto.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 51 di 59	Rev. 0

4.4.12 ID_12 Fondovalle Torrente Ragnola



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 52 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 72 e il km 73 il tracciato in progetto attraversa una stretta fascia caratterizzata da materiale granulare variamente addensato che corrisponde alla piana alluvionale del Torrente Ragnola.

L'area individuata ricade tra le dorsali collinari di Colle Monterenzo a nord e Colle San Angelo a sud, a circa 2.5 km di distanza da Porto d'Ascoli, nel comune di San Benedetto del Tronto.

Il territorio risulta generalmente sub-pianeggiante, e i terreni attraversati sono caratterizzati da depositi alluvionali terrazzati recenti.

Al fine di determinare con maggior dettaglio le caratteristiche dei terreni e l'eventuale presenza della falda è stata preso in considerazione il sondaggio BH103 (Allegato 5 "Indagini geognostiche"), localizzato in sinistra orografica del Torrente Ragnola.

Il sondaggio, eseguito a carotaggio continuo fino alla profondità di 15 m, mostra una stratigrafia caratterizzata prevalentemente dall'alternanza di limi-argillosi e ghiaie-limose passanti ad argille consistenti rappresentata dal bedrock. Si noti che la falda acquifera non è stata rilevata nel sondaggio in oggetto.

Pertanto, viste le caratteristiche granulometriche e la scarsa quantità di terreni granulari medio-fini e, soprattutto la mancanza di una falda superficiale, in accordo ai criteri delle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2) si ritiene che la verifica alla potenziale suscettibilità a liquefazione dei terreni possa essere esclusa.



PROGETTISTA

UNITÀ
000COMMESSA
023081

LOCALITÀ

Regione Marche

SPC. LA-E-83027

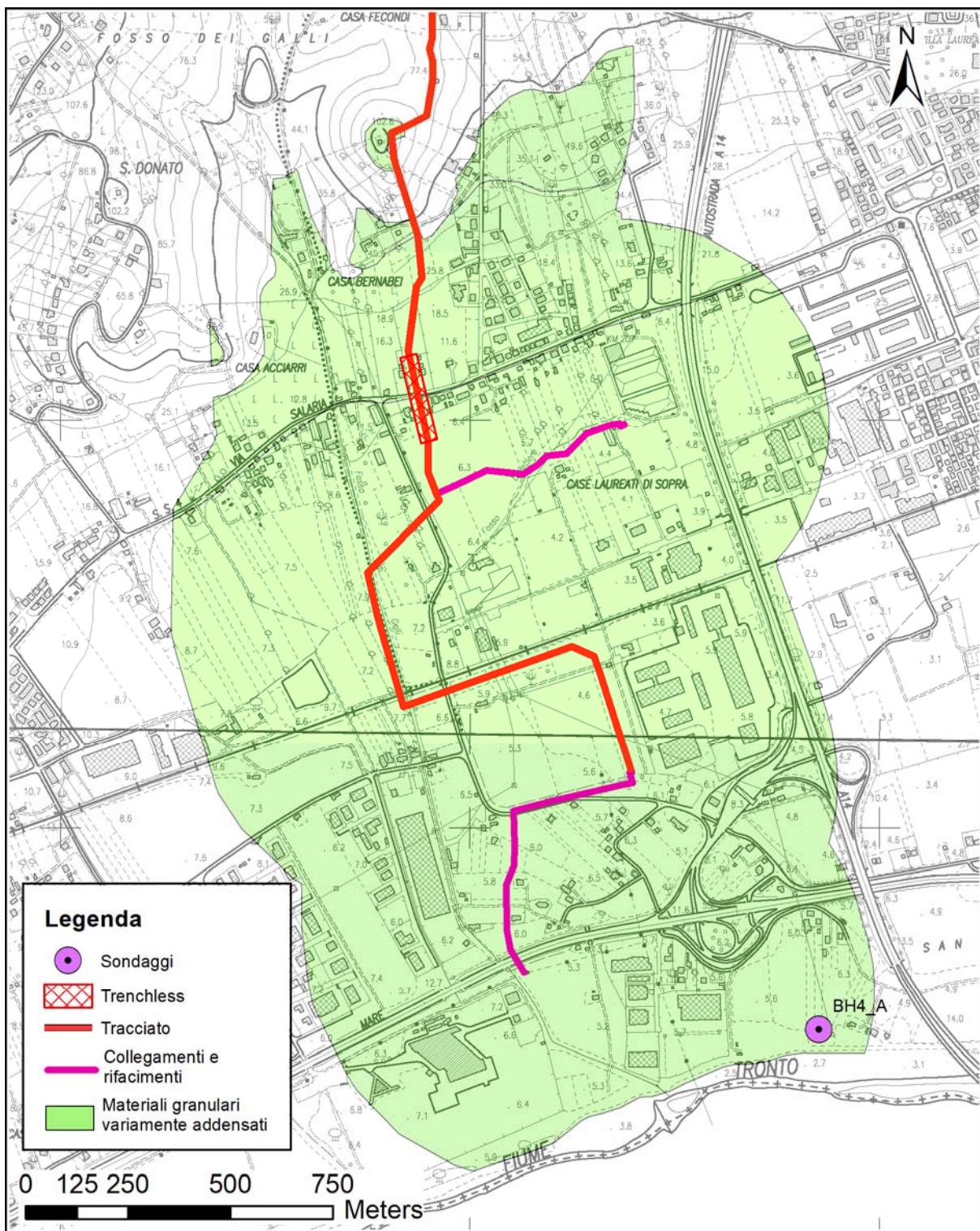
PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti
Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto

Fg. 53 di 59

Rev.
0

4.4.13 ID_13

Fondovalle Fiume Tronto



	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 54 di 59	Rev. 0

Descrizione dell'area

Tra il km 74 e il km 76,7 la linea principale in progetto attraversa un'area caratterizzata da materiale granulare variamente addensato che corrisponde alla piana alluvionale sinistra del Fiume Tronto. Gli stessi terreni vengono anche attraversati interamente dalle linee secondarie Coll. AGIP S. Benedetto (DN 10") e Coll. Der. per Ascoli Piceno 1°tratto DN 200 (8").

L'area che interferisce con le linee in progetto (principale e secondarie) va dall'abito di Case Bernabei a nord, fino al raccordo autostradale Ascoli Piceno – Porto d'Ascoli, nei comuni di San Benedetto del Tronto e Montepretrone.

Il territorio risulta marcatamente pianeggiante, con quote altimetriche prossime al livello del mare (7-10 m s.l.m.), ed è caratterizzato da terrazzi alluvionali recenti di notevole estensione e uniformità morfologica. Quest'uniformità viene interrotta a nord, ai piedi del versante meridionale del Monte Cretaccio, dove affiorano i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici posti a quote altimetriche maggiori, rispetto ai precedenti.

Per la caratterizzazione stratigrafica dei terreni granulari attraversati dalle linee in progetto e del livello della falda è stato analizzato il sondaggio BH4_A (vedi Allegato 5 "Indagini geognostiche"), eseguito in sinistra orografica del Fiume Tronto, a circa 100 m dalla scarpata fluviale.

Il sondaggio, eseguito fino alla profondità di 20 m, mostra i primi 9 m circa di sabbie-limose poco addensate con locali intercalazioni di ghiaie-sabbiose (da poco a moderatamente addensante), le quali poggiano su un'alternanza di livelli metrici di limo-argilloso e limo-sabbioso mediamente consistenti. La falda acquifera, misurata al termine del sondaggio geognostico, si attesta a -4.4 dal pc.

Sulla base dei risultati si evidenzia come nel presente caso non vengano soddisfatti i criteri di esclusione alla verifica di suscettibilità a liquefazione dei terreni riportati nelle NTC2018 (paragrafo 7.11.3.4.2); pertanto, si ritiene che l'area individuata debba essere oggetto di ulteriori indagini di dettaglio e di analisi approfondita da eseguire con metodi avanzati al contesto geologico locale.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 55 di 59	Rev. 0

5 CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In questo documento è stata sviluppata la risposta alla richiesta di integrazione relativa all'adeguamento alle norme NTC 2018 della caratterizzazione della sismicità del tracciato in progetto presentata nell'ambito del SIA (Punto 17c).

In particolare, è stata aggiornata l'azione sismica attesa nell'area di interesse in accordo a dati disponibili e, soprattutto, ai nuovi dati acquisiti da indagini di approfondimento.

Nella richiesta di integrazione, inoltre, si chiede di verificare la potenzialità di eventuali deformazioni cosismiche (i.e. dislocazioni; liquefazione), che potrebbero innescarsi in occasione di eventi sismici lungo il tracciato in progetto.

A tal proposito, è stata realizzata un'analisi areale lungo la fascia di territorio interessata dall'opera in progetto (larghezza minima 1000 m centrata in asse linea) per valutare la pericolosità rispetto ad interferenze con faglie attive/capaci (FAC) e zone potenzialmente suscettibili a fenomeni di liquefazione dei terreni.

Di seguito sono riportati i risultati conclusivi delle analisi eseguite.

5.1 Considerazioni conclusive sull'adeguamento alle NTC 2018

La caratterizzazione della sismicità del territorio interessato dall'opera è stata revisionata in accordo ai requisiti introdotti dall'aggiornamento della normativa nazionale attualmente in vigore (NTC 2018).

L'analisi delle categorie topografiche è stata eseguita utilizzando un database di dati DTM definito sul tracciato in progetto, che ha consentito una più accurata assegnazione delle categorie lungo la linea (N. 1691 siti campionati), come segue:

- N. 666 – Categoria topografica T1 (39,4%)
- N. 1025 – Categoria topografica T2 (60,6%)

Nelle nuove norme NTC2018 la definizione dell'azione sismica attesa in superficie deve essere eseguita attraverso la misura diretta della velocità di propagazione delle onde di taglio (V_s) in campo. A tal proposito, sono state eseguite una serie di prove indirette (N. 22 indagini tipo MASW), ubicate nei siti più rappresentativi delle condizioni geologiche presenti lungo il tracciato. I risultati delle prove sismiche hanno consentito una accurata definizione delle unità litotecniche presenti lungo il tracciato (N. 351) alle quali sono state poi assegnate le seguenti categorie di sottosuolo:

- N. 162 – Categoria di sottosuolo B (46,2%)
- N. 189 – Categoria di sottosuolo C (53,8%).

I valori di accelerazione orizzontale al suolo (PGA) minimi e massimi attesi lungo il tracciato definiti in accordo alle nuove norme NTC2018:

- **PGA = $0.233 \div 0.333$ g** per lo stato limite ultimo SLV ($T_R=949$ anni).

La velocità orizzontale al suolo (PGV) minima e massima per gli stati limite considerati è stata calcolata come da requisiti richiesti nelle norme NTC2018:

- **PGV = $0.175 \div 0.274$ m/s** per lo stato limite ultimo SLV ($T_R=949$ anni).

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 56 di 59	Rev. 0

Le verifiche degli stati tensionali indotti dallo scuotimento sismico del terreno (*shaking*) sui tratti rettilinei e curvi delle tubazioni interrato in occasione dell'azione sismica massima attesa in concomitanza con l'esercizio dell'opera, sono stati elaborati per tutti i diametri e gli spessori previsti per le condotte in esame nel documento di SIA (rif. LA-E-83010).

I risultati delle analisi presentate, riguardanti elementi di tubazione rettilinei e curvi, hanno evidenziato l'idoneità dello spessore della tubazione a sopportare le sollecitazioni trasmesse dal movimento transitorio del terreno atteso in occasione di un evento sismico di progetto.

Dai risultati si evince pure che in nessun caso, per effetto dello *shaking*, si raggiungono i valori di resistenza a rottura dell'acciaio costituente le condotte in progetto, che sotto questo aspetto possono essere considerate assolutamente sicure.

Si evidenzia che i valori di PGV adoperati come input nel documento di SIA (PGV=0.293 m/s, rif. Doc. LA-E-83010) per la verifica della risposta strutturale della condotta allo scuotimento sismico risultano di poco superiori a quelli ricalcolati in questo documento (PGV=0.274 m/s).

Pertanto, i risultati della verifica strutturale eseguita nel SIA risultano validi in quanto più conservativi rispetto a quelli che potrebbero essere elaborati utilizzando come input per l'azione sismica i valori di PGV definiti in questo studio.

5.2 Considerazioni conclusive sulla interferenza con le faglie attive e capaci

La valutazione del potenziale rischio per la condotta in progetto associato ad interferenze con faglie attive e capaci, ossia linee tettoniche in grado di manifestare una deformazione permanente in superficie in occasione di eventi sismici, si basa in prima analisi sulla definizione del livello di pericolosità del fenomeno: individuazione di eventuali interferenze lungo il tracciato con faglie attive e capaci e loro caratterizzazione cinematica.

In questo studio l'analisi della pericolosità è stata eseguita verificando i cataloghi ufficiali (DISS; ITHACA), i dati disponibili in letteratura scientifica e mediante sopralluoghi nelle zone di interesse.

Nei cataloghi ufficiali sono state individuate due presunte faglie attive e capaci che potrebbero interferire con il tracciato in progetto.

In Tabella 5.2/A sono descritte le caratteristiche riportate nei cataloghi consultati.

Tab. 5.2/A: Sintesi delle aree di interferenza tra le faglie individuate nei cataloghi ufficiali (DISS e ITHACA) e il tracciato in progetto.

Codice	Fonte	Da km	A km	Magnitudo max (Mw)	Profondità min (km)	Profondità max (km)	Evidenze superficiali
Rif. Met. Ravenna-Chieti, Tratto Recanati-San Benedetto del Tronto							
DN 650 (26"), DP 75 bar ed opere connesse							
Linea in progetto							
ITCS020	DISS	4	5	5.9	3.5	13.0	ND
43500	ITHACA	17	18	-	-	-	-

L'analisi delle caratteristiche geomorfologiche e geologiche delle due aree non evidenzia elementi che suggeriscono la presenza di lineamenti tettonici attivi o recenti.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 57 di 59	Rev. 0

Inoltre, le osservazioni svolte in occasione di sopralluoghi nelle zone di interferenza non hanno riportato indizi di fagliazione superficiale, deformazioni o alterazioni delle forme o dei profili.

Nei cataloghi non sono ufficialmente segnalate evidenze superficiali per queste presunte linee di faglia. Pertanto, si ritiene che queste lineamenti cartografati come faglie attive e capaci possano essere interpretati come strutture tettoniche attive a livello regionale (considerando le lunghezze riportate) con geometrie profonde non chiaramente riscontrabili in superficie.

In conclusione, non si ritiene che l'intersezione con le linee tettoniche riportate nei cataloghi possano costituire un elemento di rischio per l'opera.

5.3 Considerazioni conclusive sull'interferenza con terreni liquefacibili

L'analisi preliminare del rischio sismico della condotta in progetto rispetto la possibile interferenza dell'opera con terreni potenzialmente suscettibili a liquefazione in caso di eventi sismici è stata eseguita considerando i criteri riportati nelle norme NTC 2018 (rif. paragrafo 7.11.3.4.2).

La verifica ha richiesto la caratterizzazione di diversi parametri lungo l'asse del tracciato, quali:

- unità litotecniche affioranti (mappatura depositi granulari);
- livello piezometrico.

La parametrizzazione lungo il tracciato di questi valori è stata realizzata utilizzando dati bibliografici disponibili (es: banche dati e carte tematiche ufficiali; siti istituzionali quali ISPRA, INGV; etc.), e dati di progetto.

Questo approccio "areale" ha consentito in prima analisi l'individuazione lungo una fascia di territorio interessata dal tracciato in progetto di una serie di aree nelle quali i criteri di esclusione alla liquefazione (NTC 2018) non sono soddisfatti.

In Tabella 5.3/A è riportata una sintesi delle aree identificate.

Tab. 5.3/A: Sintesi delle aree che non soddisfano i criteri di esclusione alla verifica per la liquefazione dei terreni (NTC 2018).

ID	Nome	Comune	Da km	A km	Profondità falda	Tipologia deposito
Rif. Met. Ravenna-Chieti, Tratto Recanati-San Benedetto del Tronto DN 650 (26"), DP 75 bar ed opere connesse						
Linee in progetto						
04	Zona Elpidiense	Sant'Elpidio	27	31	-	Depositi alluvionali recenti o terrazzati prevalentemente granulari
06	Fiume Ete Vivo	Fermo	38	42	-5.0 m	
09	Torrente Sant'Egidio	Cupra Marittima	59	60	-	
10	Torrente Tesino	Grottammare	64	65	-4.5 m	
11	Torrente Albula	S. B. del Tronto	68	69	-	
12	Fiume Tronto	S. B. del Tronto	74	76.7	-4.4 m	

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 58 di 59	Rev. 0

Nel corridoio del tracciato in progetto sono state individuate in totale N. 6 aree che non soddisfano i criteri di esclusione alla verifica della liquefazione dei terreni come richiesti dalle NTC 2018.

Tuttavia, in questa fase di progettazione di base, lo studio proposto è da considerarsi come un'analisi preliminare per definire il potenziale livello di pericolosità alla liquefazione dei terreni lungo il tracciato in progetto.

Nella successiva progettazione esecutiva, queste aree saranno oggetto di indagini geognostiche e la verifica alla liquefazione sarà eseguita utilizzando metodologie di dettaglio (Fattore di Sicurezza definito sul Rapporto di Resistenza Ciclico e sul Rapporto di sforzo ciclico; Potenziale di liquefazione).

Una volta definito con un elevato livello di dettaglio la pericolosità di questi siti, se il livello lo richiederà sarà verificata la risposta strutturale della condotta rispetto agli spostamenti massimi attesi, in accordo al quadro normativo vigente in ambito nazionale (NTC 2018) ed internazionale (EC8; EN1594; etc.), e sarà valutato l'eventuale intervento di mitigazione da realizzare per garantire la sicurezza della condotta.

	PROGETTISTA 	UNITÀ 000	COMMESSA 023081
	LOCALITÀ Regione Marche	SPC. LA-E-83027	
	PROGETTO Rif. met. Ravenna – Chieti Tratto Recanati – San Benedetto del Tronto	Fg. 59 di 59	Rev. 0

6 BIBLIOGRAFIA

Barchi, M., F. Galadini, G. Lavecchia, P. Messina, A. M. Michetti, L. Peruzza, A. Pizzi, E. Tondi and E. Vittori (A cura di) 2000 Sintesi delle conoscenze sulle faglie attive in Italia Centrale: parametrizzazione ai fini della caratterizzazione della pericolosità sismica. CNR-GNDT, volume congiunto dei prog. 5.1.2 e 5.1.1, Roma, 62 pp

Bigi, S., A. Conti, P. Casero, L. Ruggiero, R. Recanati, and L. Lipparini 2013 Geological model of the 19/10/2018 DISS - Composite Seismogenic Sources.

Bigi, S., E. Centamore and S. Nisio 1997 Elementi di tettonica quaternaria nell'area pedeappenninica marchigiano-abruzzese. Il Quaternario, 10, 2, 359-362.

De Luca, G., M. Cattaneo, G. Monachesi and A. Amato 2009 Seismicity in Central and Northern Apennines integrating the Italian national and regional networks. Tectonophysics, 476, 121-135, 10.1016/j.tecto.2008.11.032

Ghisetti, F., and L. Vezzani 1988 Geometric and kinematic complexities in the Marche-Abruzzi external zones (Central Apennines, Italy). Geol. Rundsch., 77, 1, 63-78.