

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 1 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

REGIONI:
TOSCANA – EMILIA-ROMAGNA

METANODOTTO SESTINO – MINERBIO
DN 1200 (48"), DP 75 bar

2° TRONCO: CASTELDELICI - SARSINA

REALIZZAZIONE MICROTUNNEL
Loc. Ca De Simone

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA

4	Aggiornamento Emissione per appalto	V.QUARTARONE M.SCARAPAZZI	M. AGOSTINI F. CULTRERA	P. RUSSO G.BRIA	10/08/23
3	Emissione per appalto	V.QUARTARONE M.SCARAPAZZI	M. AGOSTINI F. CULTRERA	P. RUSSO G.BRIA	01/06/23
2	Revisionato per aggiornamento a NTC 2008	G.VECCHIO A.M. CARUSO	F. FERRINI	P. IORIO L.ROSSINI	30/11/10
1	Revisionato secondo commenti SRG	F.URBANI	F. FERRINI	P. IORIO L.ROSSINI	12/09/08
0	Emissione per commenti	F.URBANI	F. FERRINI	P. IORIO L.ROSSINI	20/06/08
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato/ Autorizzato	Data

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 2 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

1	GENERALITÀ	4
1.1	INTRODUZIONE	4
1.2	ELABORATI GRAFICI DI RIFERIMENTO	5
1.3	NORMATIVE DI RIFERIMENTO	5
2	UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA	7
2.1	RIFERIMENTI DELL'AREA NEI DISEGNI PROGETTUALI	7
3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO	8
3.1	CARATTERI GEOLOGICI E GEOMORFOLOGICI	8
3.2	FORMAZIONI GEOLOGICHE AFFIORANTI LUNGO LE AREE DI INTERESSE	8
4	IDROGEOLOGIA	10
4.1	CARATTERISTICHE PIEZOMETRICHE DELL'AREA DI PROGETTO	12
5	ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO	13
5.1	INTERFERENZE DELL'OPERA IN PROGETTO CON AREE A PERICOLOSITÀ IDROGEOLOGICA (P.A.I.)	13
5.2	IFFI (INVENTARIO DEI FENOMENI FRANOSI IN ITALIA)	19
5.3	INTERFERENZE CON DISSESTI CENSITI IN CAMPO	20
6	SISMICITÀ	21
6.1	SISMICITÀ STORICA	21
6.2	CARATTERIZZAZIONE SISMICA	23
6.3	ZONAZIONE SIMOGENETICA	26
6.4	FAGLIAZIONE ATTIVA E CAPACE	29
6.4.1	Database D.I.S.S.	29
6.4.2	Database I.T.H.A.CA.	30
7	CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA	31
7.1	MODELLO GEOLOGICO	36
7.2	INTERPRETAZIONE INDAGINI GEOGNOSTICHE	37
7.2.1	Prove penetrometriche (SPT)	37

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 3 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

7.2.2	Prove di Laboratorio	37
7.2.3	Tomografie elettriche	39
7.2.4	Prospezioni sismiche	40
7.3	MODELLO LITOTECNICO	41
8	GEOMETRIA E MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO	43
8.1	MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO	43
8.2	DESCRIZIONE DELLE FASI DI LAVORAZIONE	43
8.2.1	Preparazione aree di cantiere	43
8.2.2	Postazione di partenza ed installazione delle apparecchiature	44
8.2.3	Elementi tubolari in c.a.	44
8.2.4	Esecuzione del Microtunnel	44
8.2.5	Controlli	45
8.2.6	Esecuzione postazione di uscita	45
8.2.7	Posizionamento del metanodotto nel Microtunnel	45
8.2.8	Riempimento intercapedine tra gli elementi del Microtunnel ed il terreno	45
8.2.9	Intasamento del Microtunnel	46
8.2.10	Ripristino delle aree di cantiere e demolizione delle opere in c.a.	46
8.2.11	Descrizione dei mezzi d'opera	46
9	CONCLUSIONI	48
10	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	50
11	ANNESI	51

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 4 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

1 GENERALITÀ

1.1 Introduzione

Nell’ambito della progettazione del metanodotto “Sestino-Minerbio DN 1200 (48”), DP 75 bar”, all’interno del territorio comunale di Sant’Agata Feltria (RN), è stata prevista la realizzazione di un microtunnel, avente una lunghezza planimetrica complessiva di circa 493 m (Figura 1-A), per attraversare un’area collinare caratterizzata da alcune criticità geomorfologiche.

Lo scopo del presente documento è la ricostruzione dei caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici dell’area interessata dalla trenchless in progetto. A tale fine sono stati effettuati dei sopralluoghi e dei rilievi mirati che, unitamente alle informazioni di carattere bibliografico reperite e a seguito delle risultanze delle indagini geognostiche eseguite, hanno consentito di definire, in generale, le caratteristiche litotecniche dei terreni entro cui l’opera si inserisce.

Il presente documento è redatto in conformità all’art. 41 del D.P.R. 328/2001 ed a quanto prescritto dall’ Aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni, D.M. Infrastrutture 17 gennaio 2018, e C.S.L.L.P.P. Circolare 21 gennaio 2019 N. 7, nonché in riferimento alle Raccomandazioni per la redazione della “Relazione Geologica” del Consiglio Nazionale dei Geologi (2015).



Figura 1-A: Ubicazione del sito progettuale

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 5 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

1.2 Elaborati grafici di riferimento

Allegati:

- 22358-10-LB-18E-81244: Microtunnel Ca di Simone;
- 22358-10-LB-15E-81200: 2° TRONCO – Casteldelci – Sarsina (Planimetria Catastale/Meccanizzata)

Annessi:

- Annesso 1 – Stratigrafie sondaggi e foto cassette catalogatrici
- Annesso 2 – Certificati di laboratorio
- Annesso 3 – Prova ERT
- Annesso 4 – Prospezione sismica
- Annesso 5 – Sezione geologica

1.3 Normative di riferimento

La normativa vigente in materia cui si è fatto riferimento per lo svolgimento degli studi e la redazione del presente documento è la seguente.

Decreto Ministeriale 17/04/2008: Regola tecnica per la progettazione, costruzione, collaudo, esercizio e sorveglianza delle opere e degli impianti di trasporto di gas naturale con densità non superiore a 0.8.

D.M. 23/02/1971 n. 2445 aggiornato con D.M. 04/04/2014: Norme tecniche per gli attraversamenti e i parallelismi di condotte e canali convoglianti liquidi e gas con ferrovie ed altre linee di trasporto.

Piano di Assetto Idrogeologico P.A.I. (<https://idrogeo.isprambiente.it>)

Legge nr. 64 del 02/02/1974 Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche.

D.M. LL.PP. del 11/03/1988 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.

D.M. 16 gennaio 1996 Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche.

Circolare Ministero LL.PP. 15 ottobre 1996 N. 252 AA.GG./S.T.C. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche di cui al D.M. 9 gennaio 1996.

Circolare Ministero LL.PP. 10 aprile 1997 N. 65/AA.GG. Istruzioni per l'applicazione delle Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche di cui al D.M. 16 gennaio 1996.

Norme Tecniche per le Costruzioni 2018 (D.M. 17 gennaio 2018) e circolari applicative emesse successivamente. Circolare 21 gennaio 2019 n.7 “Istruzioni per l'applicazione dell'aggiornamento delle norme tecniche per le costruzioni” di cui al Decreto Ministeriale 17 gennaio 2018

Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 «Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per la costruzione in zona sismica» e ss.mm.ii.

Circ. Min. LL.PP. n. 30483 del 24.09.1988 che prevede l'obbligo di sottoporre tutte le opere civili pubbliche e private da realizzare nel territorio della Repubblica, alle verifiche per garantire la sicurezza e la funzionalità del complesso opere-terreni ed assicurare la stabilità complessiva del territorio nel quale si inseriscono.

A.G.I. 1977 «Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche».

	PROGETTISTA:   	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 6 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Specifiche Snam Rete Gas e documentazione contrattuale.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fig. 7 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

2 UBICAZIONE E CARATTERISTICHE DELL'OPERA

La trenchless in progetto, di lunghezza planimetrica pari a 493 metri, si sviluppa lungo una direttrice circa N-S ed è localizzata all'interno dei limiti amministrativi del comune di Sant'Agata Feltria (RN). L'opera in progetto attraversa un'area sub pianeggiante in cui il Torrente Marecchiola confluisce nel Fiume Savio (Figura 2-A). Le estremità nord e sud sono posizionate all'interno della valle fluviale di raccordo tra i due corsi d'acqua dell'area, il Torrente Marecchiola ed il Fiume Savio, a quote topografiche che differiscono di pochi metri. Il sito interessato dalla realizzazione dell'opera può essere individuato considerando la seguente coppia di coordinate geografiche: 43°55'10.74"N, 12° 9'35.59"E.

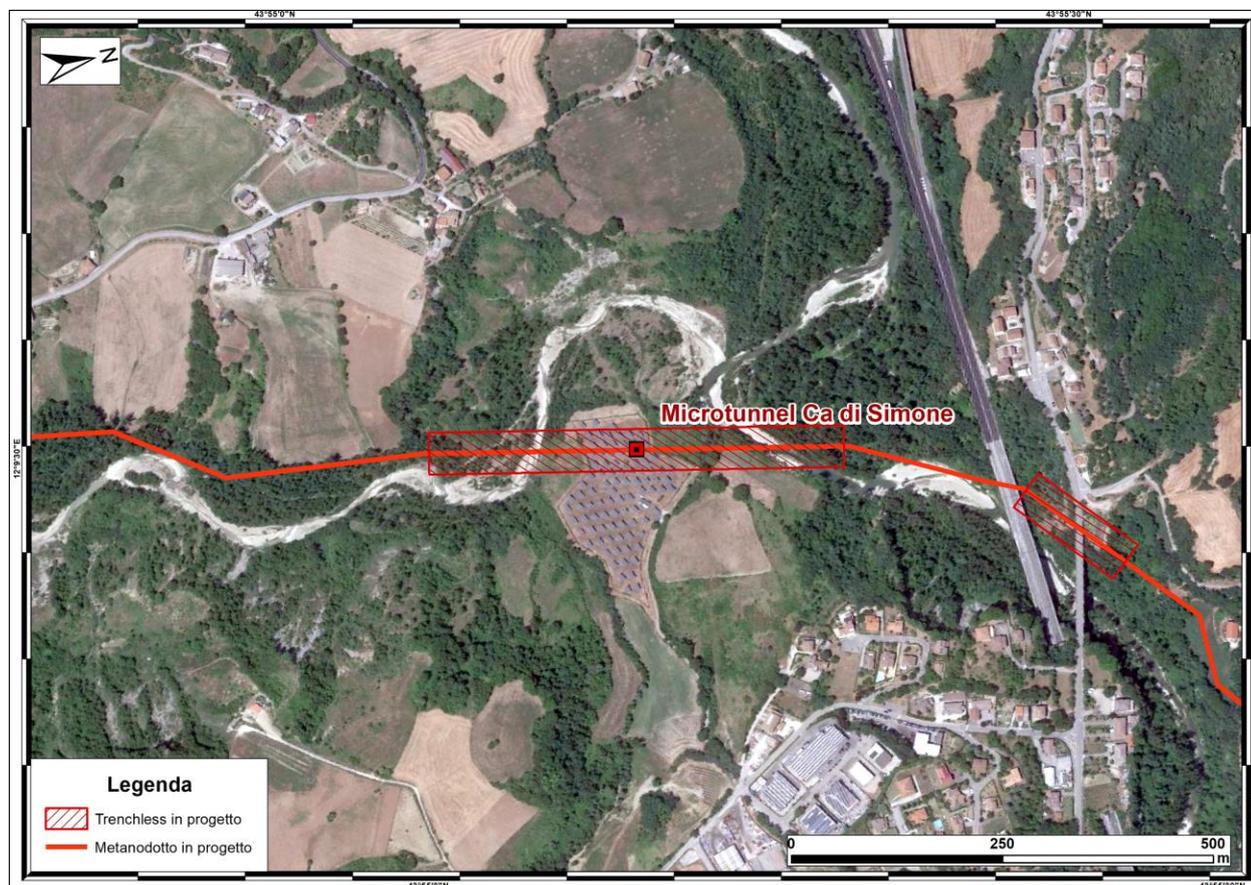


Figura 2-A: Area in cui è prevista la realizzazione dell'opera

2.1 Riferimenti dell'area nei disegni progettuali

L'area in esame ricade all'interno del 2° Tronco Casteldelci - Sarsina del metanodotto in progetto (Planimetria Catastale Meccanizzata Disegno 22358-10-LB-15E-81200). In particolare, il microtunnel è localizzato tra i vertici V265 e V270 della planimetria (Dis. 22358-10-LB-18E-81244) e ha uno sviluppo tra punto di intestazione e punto di arrivo della trivellazione di circa 494 metri.

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 8 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO E GEOMORFOLOGICO

3.1 Caratteri geologici e geomorfologici

Dal punto di vista geologico-regionale, l'area interessata dall'attraversamento in oggetto risulta ubicata nel settore più orientale dell'Appennino Umbro-Marchigiano settentrionale contraddistinto dalla presenza dei termini più esterni della catena carbonatica appenninica.

Tale area risulta costituita dalla successione umbro-marchigiano-romagnola e dal passaggio verso le adiacenti avanfosse mio-plioceniche marchigiana e adriatica, deformate dalla tettonica. L'Appennino settentrionale è una catena a thrust, formatosi in gran parte a spese della placca Adriatica, a causa dell'interazione di natura compressiva fra le placche africana ed Euroasiatica. Si tratta di un edificio formato da una pila di unità tettoniche riferibili a due principali domini: il dominio Ligure, i cui sedimenti si sono depositi originariamente su crosta oceanica (Liguridi s.l., Auctt.) e il dominio Tosco – Umbro – Marchigiano, rappresentato da successioni del margine continentale dell'Adria, la cui età inizia a partire dal Triassico.

Tale settore è caratterizzato dai depositi torbiditici di età miocenica (arenarie e argille marnose) affioranti in corrispondenza dell'asse dei rilievi e dai depositi continentali del quaternario, sia di origine fluviale, nelle aree di fondovalle, sia detritica, lungo i versanti vallivi.

In particolare, l'area di interesse è caratterizzata dai depositi quaternari continentali, ascrivibili al Subsistema di Ravenna, riferibili sia ai depositi alluvionali olocenici (AES8a), sia ai depositi alluvionali terrazzati pleistocenici-olocenici (AES8). L'opera in progetto, nel settore centrale, è interessata da un corpo di frana quiescente, riattivato al piede dalla dinamica fluviale del Torrente Marecchiola. Il bedrock è rappresentato sia dai termini relativi alla Formazione Marnoso Arenacea - Membro di Borgo Tossignano (FMA14), costituito da alternanza di marne, marne argillose, argille marnose, con subordinate intercalazioni arenacee (Miocene sup.), sia da un deposito pre-evaporitico afferente alla Formazione dei Ghioli di Letto (Miocene sup.), costituito da argille siltoso-marnose, con intercalate arenarie siltitiche, peliti bituminose e livelli carboniosi (costituisce un'isola fluviale nell'alveo del Torrente Marecchiola); tali litotipi sono presenti in modo diffuso in tutto il volume geologico significativo della trenchless.

Il panorama morfologico della zona d'interesse è caratterizzato dai limitrofi bordi della valle fluviale del F. Marecchia che da sud-ovest scorre, con andamento meandriforme, in una stretta valle bordata ai lati da rilievi collinari e direziona il suo corso gradualmente verso nord-est, dove raggiunge la zona costiera adriatica. Il reticolo secondario è costituito da fossi provenienti dalle aree collinari laterali che trasversalmente si gettano nell'asta principale.

L'area oggetto di indagine è caratterizzata da diverse situazioni di dissesto censite nel PAI e nell'IFFI.

3.2 Formazioni geologiche affioranti lungo le aree di interesse

Lo studio dei caratteri geologici lungo l'area interessata dalla trenchless è stato realizzato a partire dai dati disponibili in letteratura:

- Carta geologica d'Italia alla scala 1:50.000 Foglio 266 – Mercato Saraceno (Servizio Geologico d'Italia e Progetto CARG)

Link: <http://www.isprambiente.gov.it/Media/carg/emilia.html>

- Carta geologica regionale alla scala 1:10.000 (Servizio Geologico, Sismico e dei Suoli – Regione Emilia-Romagna)

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 9 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Link: <http://ambiente.regione.emilia-romagna.it/geologia/cartografia/webgis-banchedati/webgis>

La consultazione della cartografia di cui sopra ha consentito di determinare le interferenze planimetriche dell'opera in progetto con le seguenti formazioni geologiche (Figura 3-A):

- Deposito di frana (a1): Accumuli gravitativi più o meno caotici; frane di diverse tipologie con evidenze di movimenti in atto o recenti (Olocene);
- Subsistema del Ravenna - Unità di Modena (AES8a): Ghiaie, sabbie, limi ed argille di canale fluviale (Olocene),
- Subsistema del Ravenna (AES8): depositi alluvionali eterometrici da ciottoli, sabbie e limi (Pleistocene Sup. – Olocene);
- Formazione dei Ghioli di Letto (GHL): Argille siltoso-marnose, con intercalate arenarie siltitiche, peliti bituminose e livelli carboniosi; rari strati di calciluiti e di calcari marnosi (Miocene sup.).

La presenza del flysch della Formazione Marnoso Arenacea, nel suo Membro di Borgo Tossignano (FMA14), è presente al di sotto della coltre alluvionale in corrispondenza dell'estremità nord della trenchless in progetto.

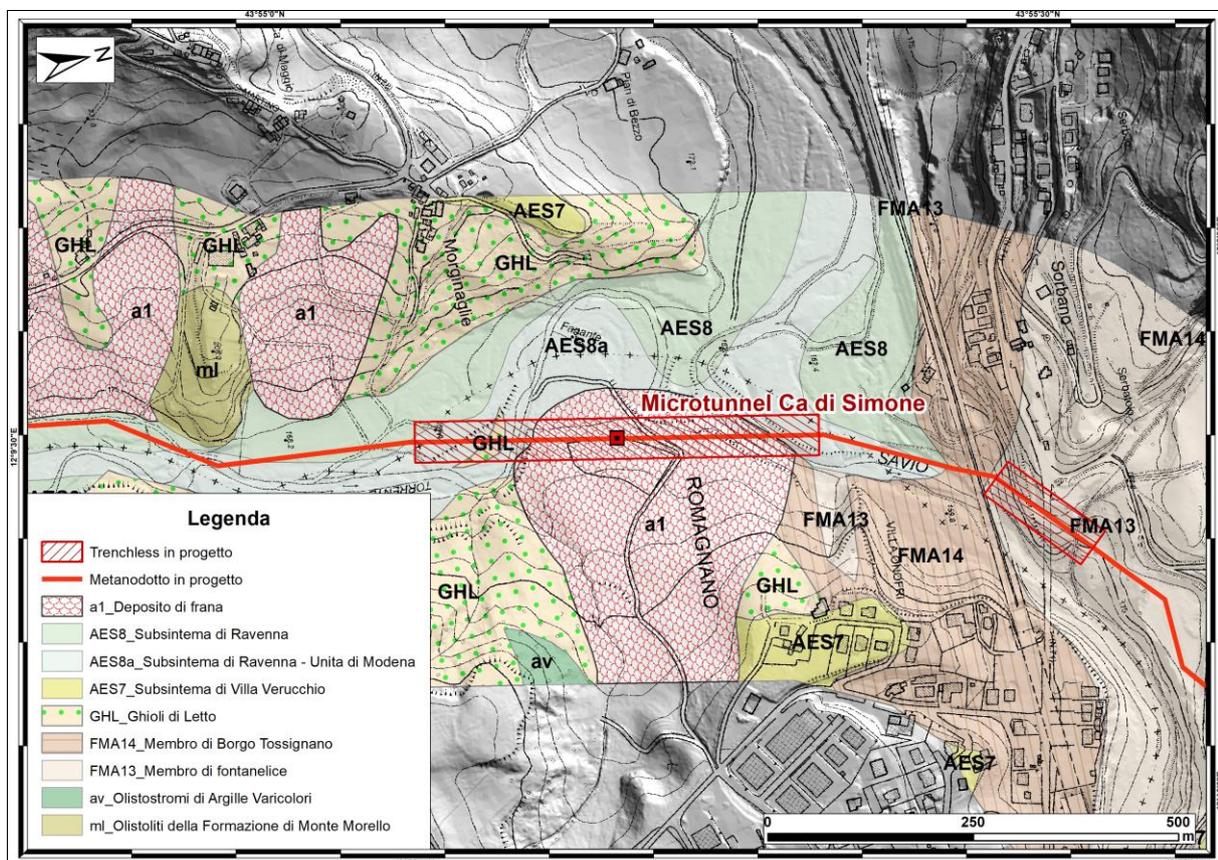


Figura 3-A: Stralcio della Carta Geologica della Regione Emilia-Romagna in scala 1:10.000

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 10 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

4 IDROGEOLOGIA

Il quadro idrogeologico dell'area interessata dal tracciato del metanodotto in progetto è strettamente dipendente dalle condizioni geomorfologiche, variabili lungo le aree su cui insiste l'opera in progetto, caratterizzate da aree montuose e collinari, le quali lasciano il posto (in prossimità del territorio comunale di Cesena verso nord) ad aree pressoché pianeggianti fino al termine del tracciato.

In particolare, la trenchless in progetto, che ricade nella zona montuosa del bacino idrografico del Fiume Marecchia, attraversa il Complesso Idrogeologico dei depositi terrigeni della Formazione Marnoso-Arenacea e dei bacini torbidity intra-appenninici minori (età Miocene). Il settore geologico è caratterizzato dall'alternanza di marne ed arenarie, talora calcareniti, le cui caratteristiche idrogeologiche danno luogo, più precisamente, al corpo idrico montano identificato come Corpo idrico sotterraneo “Castel del Rio - Castrocaro Terme - M Falterona - Mercato Saraceno”, la cui circolazione idrica può essere ricondotta al modello degli hard rock aquifers o acquiferi discontinui. Quest'ultima coinvolge soprattutto le unità a prevalenza arenacea che, se di spessore consistente, possono essere sede di falde perenni, le quali alimentano il reticolo idrografico e le sorgenti maggiori. Di fondamentale importanza per la caratterizzazione della vocazione acquifera della Formazione Marnosa Arenacea (FMA) è il rapporto A/P (arenite/pelite), dove valori più elevati corrispondono ad una maggiore vocazione e viceversa. Solitamente ad un aumento di A/P corrisponde anche un generale aumento dello spessore degli strati, in particolare dei letti arenitici. Tali aspetti rivestono una grande importanza nella circolazione idrica sotterranea (Gargini A. et al. 2009).

Le acque sotterranee circolano preferenzialmente nella coltre superficiale alterata e detensionata della FMA, quest'ultima caratterizzata da una porosità secondaria più elevata di quella primaria della roccia integra e da un grado di permeabilità relativamente più alto; la roccia non alterata o gli strati marnoso-argillosi fungono da litotipi impermeabili. Nei territori appenninici, attraversati dal tracciato in progetto, sono presenti numerose sorgenti alimentate dai corpi arenitici e calcarenitici con portate minime inferiori ad 1 l/s, molte delle quali al servizio di sparsi e numerosi insediamenti montani, da poche unità a poche migliaia di abitanti residenti, con presenza di attività spesso legate al turismo. Le sorgenti montane del Complesso Idrogeologico di FMA sono soggette a monitoraggio costante da parte dell'Arpa Emilia-Romagna ed evidenziano dati di portata (dati monitoraggio 2021) di 0,68 l/s – 0,94 l/s. Si tratta di valori di portata che quasi sicuramente sono associabili a sistemi di flusso a scala locale: falde lungo i versanti, falde in corpi di frana ed in accumuli di detrito.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 11 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

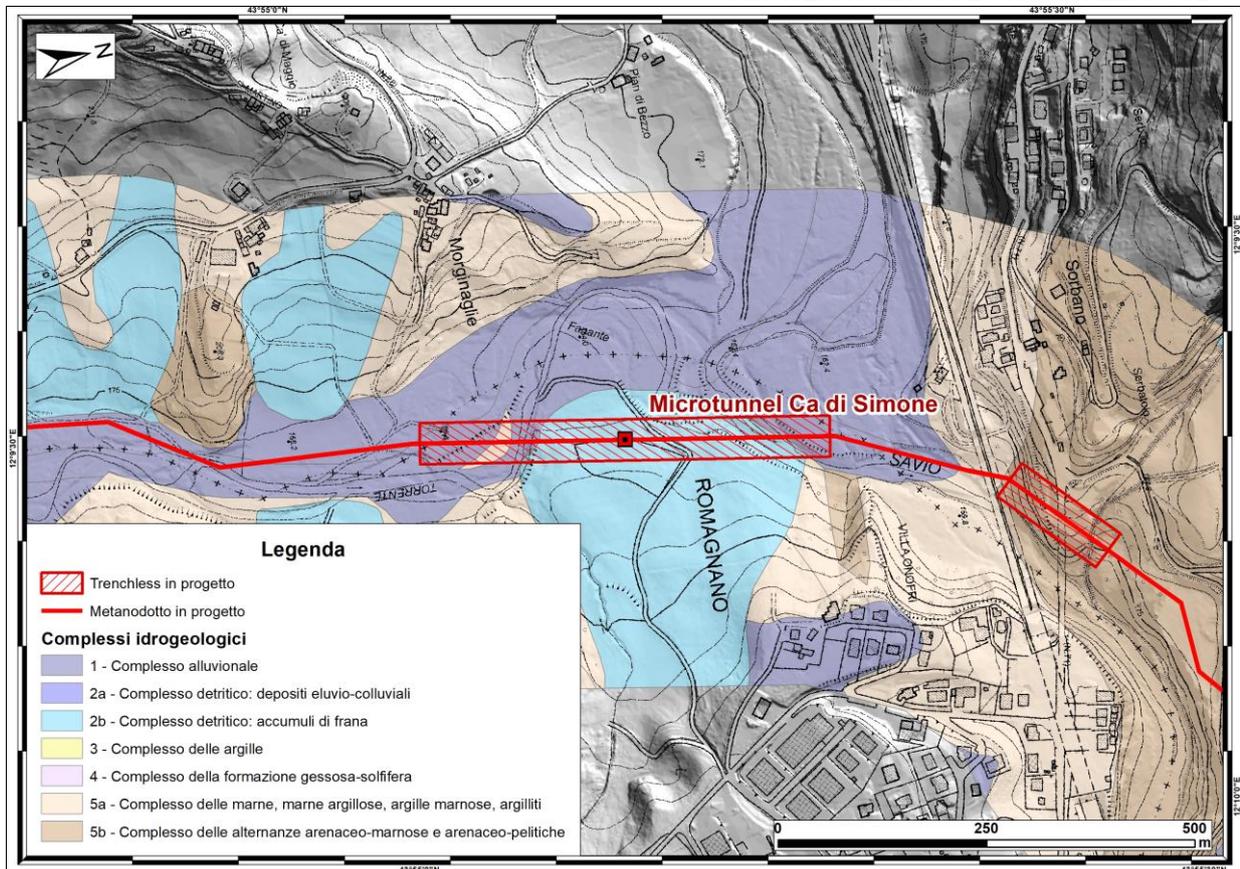


Figura 4-A: Stralcio della Carta Idrogeologica.

Di seguito sono riportate le principali caratteristiche degli ulteriori complessi idrogeologici interessati, in misura subordinata, dalla trenchless in progetto.

Complesso idrogeologico delle pianure alluvionali

Nelle aree di fondovalle è presente il complesso idrogeologico della piana alluvionale del Fiume Marecchia e dei suoi affluenti, caratterizzato da depositi alluvionali terrazzati recenti ed antichi, costituiti da corpi ghiaiosi, ghiaioso sabbiosi e ghiaioso limosi. L'alimentazione di tale complesso è dovuta principalmente all'interazione con le acque superficiali ed in misura minore dall'infiltrazione delle acque di precipitazione. Localmente non si può escludere l'alimentazione da parte dei versanti. Nella parte medio alta delle pianure, come nel caso in studio, gli acquiferi di subalveo sono caratterizzati da un comportamento idrodinamico di tipo libero.

Complesso idrogeologico detritico: accumuli di frana

Limitatamente alle aree di frana, si individua il complesso idrogeologico detritico, il quale presenta un comportamento idrogeologico differente, a causa della variabilità della permeabilità e della porosità. Si tratta, tuttavia, di un complesso avente uno spessore limitato, in grado di ospitare piccole falde superficiali, poiché localizzate al di sopra della Formazione Arenaceo-Marnosa, la quale funge da acquitardo. La porosità è sufficientemente elevata, mentre la

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 12 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

permeabilità assume valori medio-bassi a causa della componente pelitica, proveniente dall'alterazione della formazione flyschoidale.

Complesso idrogeologico detritico: depositi eluvio-colluviali

I sedimenti che costituiscono il complesso eluvio-colluviale presentano andamento irregolare per estensione e spessore (esigui), peculiarità che si traducono in una limitata potenzialità della falda idrica in essi contenuta. Le acque di precipitazione infiltrano, difatti, all'interno dei pori e vengono intrappolate negli interstizi della coltre superficiale. Le aliquote d'acqua di infiltrazione vengono agevolate inoltre dalla morfologia generalmente subpianeggiante dei siti, infatti i depositi eluvio-colluviali si trovano in corrispondenza dei cambi di pendenza, alla base dei versanti o sui versanti a pendenza da debole a moderata.

4.1 Caratteristiche piezometriche dell'area di progetto

In sintesi, dall'attività di rilevamento in sito e dalle indagini eseguite, l'assetto idrogeologico locale risulta caratterizzato da vari sistemi di circolazione idrica sotterranea:

- sistema di circolazione idrica nella Formazione Marnoso-Arenacea che può dar luogo, localmente, a venute d'acqua in corrispondenza delle attività di scavo lungo gli strati arenacei di maggiore potenza, in particolar modo quelli che presentano maggiori discontinuità e confinati tra strati a minore permeabilità (tale configurazione non esclude l'instaurarsi di falde in pressione);
- sistema di circolazione idrica all'interno delle alluvioni del Fiume Marecchiola, interessato per la maggior parte dallo sviluppo dell'opera in progetto. Per ciò che riguarda la presenza della falda nella zona di perforazione della trenchless, dallo studio generale dell'area e dai dati acquisiti si può evidenziare la presenza di un livello idrico a profondità di circa 1,50 m, ospitata all'interno dei sedimenti alluvionali.

L'alimentazione di tutta la zona avviene nei primi metri superficiali per porosità; contrariamente il substrato, costituito da banconi arenacei e marne, è difficilmente attraversabile se non per fratturazione e può fungere localmente da acquiclude.

L'attività di rilevamento idrogeologico, eseguito ad aprile 2023 (rif. Doc. 22358-00-LA-E-80307), non ha evidenziato la presenza di pozzi e sorgenti in un'intorno di circa rispettivamente 50 m e 250 m dall'asse del tracciato del metanodotto in progetto.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 13 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

5 ANALISI DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO

5.1 Interferenze dell’opera in progetto con aree a pericolosità idrogeologica (P.A.I.)

Il 17 febbraio 2017, con la pubblicazione nella G.U.R.I. n. 27 del 2 febbraio 2017, entra in vigore il D.M. 25 ottobre 2016 che sopprime le Autorità di bacino nazionali, interregionali e regionali e disciplina l’attribuzione e il trasferimento del personale e delle risorse strumentali e finanziarie alle Autorità di bacino distrettuali.

L’Autorità dei Bacini Regionali Romagnoli e l’Autorità di Bacino interregionale dei fiumi Marecchia-Conca confluiscono nell’Autorità di Bacino distrettuale del Fiume Po, mentre l’Autorità di Bacino della Regione Marche confluisce nell’Autorità di Bacino distrettuale dell’Appennino Centrale (Figura 5-A).



Figura 5-A: Perimetrazione dei nuovi Bacini distrettuali (D.M. 25 ottobre 2016)

L’area oggetto di intervento ricade nell’ambito dell’autorità di Bacino “Distretto Padano”.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48''), DP 75 bar	Fg. 14 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (AdB Marecchia-Conca)

La Variante PAI Marecchia-Conca 2016 è entrata in vigore a seguito dell'avvenuta pubblicazione sulla GURI n. 261, del 21 ottobre 2020, della Variante Marecchia-Conca e coerentemente con quanto previsto dalla Delibera CIP di adozione della Variante stessa (ex art. 8, Del. CIP, n.2, del 18/11/2019 – delibera_2-2019_Variante_Conca-Marecchia (<https://pai.adbpo.it/index.php/variante-pai-marecchia-conca-2016/>)).

Il Piano classifica le aree in dissesto in:

- **Frane Attive (Fa):** dissesti in cui sono evidenti i segni di movimento in atto o recente, indipendentemente dall'entità e dalla velocità dello stesso.
- **Frane Quiescenti (Fq):** dissesti senza indizi di movimento in atto o recente.

Le aree in dissesto sono definite come "aree da assoggettare a verifica" in quanto sono da assoggettare a specifica ricognizione e verifica in relazione alla valutazione della pericolosità dei fenomeni di dissesto; le Norme che disciplinano le attività nelle aree individuate dal PAI sono: art. 17, art. 14 co. 2 e art. 16 co.2.

Per quanto concerne il P.A.I. (AdB Marecchia-Conca), a seguito dell'avvenuta pubblicazione sulla GURI n. 261, del 21 ottobre 2020, della Variante Marecchia-Conca e coerentemente con quanto previsto dalla Delibera CIP di adozione della Variante stessa (ex art. 8, Del. CIP, n.2, del 18/11/2019 – delibera_2-2019_Variante_Conca-Marecchia), si evidenzia che la trenchless in progetto risulta interferire con due aree censite dal P.A.I. e classificate con stato quiescente e attivo (Tabella 5-A). I tratti interferiti sono elencati nella tabella seguente.

PAI AdB Marecchia-Conca		
Stato di attività	Da km	A km
Attivo	24+625	24+645
	24+770	24+810
Quiescente	24+645	24+770
	24+810	24+875

Tabella 5-A: Interferenze dell'opera in progetto con i dissesti P.A.I. AdB Marecchia-Conca

Piano Stralcio per il Rischio Idrogeologico (AdB Bacini Romagnoli)

La versione vigente del Piano in oggetto rappresenta un testo coordinato con gli adeguamenti introdotti fino alla "Variante di coordinamento PAI-PGRA" (DGR 2112/2016), che costituisce l'ultimo aggiornamento disponibile (<https://pai.adbpo.it/index.php/piano-stralcio-rischio-idrogeologico-bacini-romagnoli/>).

L'autorità di bacino provvede a perimetrare e normare le aree ove il rischio sussiste (Art. 12: Aree a rischio di frana, comma 2 del testo "Normativa - testo coordinato" consultabile al link di cui sopra).

Le suddette perimetrazioni suddividono il territorio in tre zone a diverso grado di pericolosità:

- Zona 1 – corrisponde all'area dissestata, è definita come la zona a più elevata pericolosità e viene delimitata in base ai risultati delle indagini svolte;

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 15 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

- Zona 2 – corrisponde all’area di possibile evoluzione del dissesto;
- Zona 3 – corrisponde all’area di possibile influenza del dissesto.

Per la elaborazione della Carta della Pericolosità del Piano è stato adottato un concetto di pericolosità semplificata utilizzando come indicatori per determinare il grado di suscettibilità al dissesto di un determinato territorio, gli elementi di dissesto presenti, in atto o avvenuti in passato. La presenza di tali elementi testimonia indubbie condizioni di instabilità geomorfologica la cui gravità è stata valutata sulla base delle concentrazioni degli elementi di dissesto presenti all’interno di definite unità territoriali.

Nel PAI AdB Romagnoli vengono raggruppati quattro classi di pericolosità:

- **P1 =bassa** - Classe bassa di pericolosità per frana ($2% < iF < 5%$)
- **P2 =moderata** - Classe medio-bassa di pericolosità per frana ($5% < iF < 10%$)
- **P3 =alta** - Classe media di pericolosità per frana ($10% < iF < 25%$),
- Classe bassa di pericolosità per calanchi ($5% < iC < 25%$)
- **P4 =elevata** - Classe medio-alta e alta di pericolosità per frana ($iF > 25%$),
- Classe alta di pericolosità per calanchi ($iC > 25%$)

Per quanto concerne il P.A.I. AdB Romagnoli, si evidenzia che la trenchless in progetto risulta interferire con due aree censite e classificate con pericolosità P4 (Figura 5-B). I tratti interferiti planimetricamente sono elencati nella tabella seguente.

PAI AdB Romagnoli		
Pericolosità	Da km	A km
P4 - Elevata	24+275	24+605
P4 - Elevata	24+920	24+975

Tabella 5-B: Interferenze dell’opera in progetto con i dissesti P.A.I. AdB Romagnoli

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 16 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

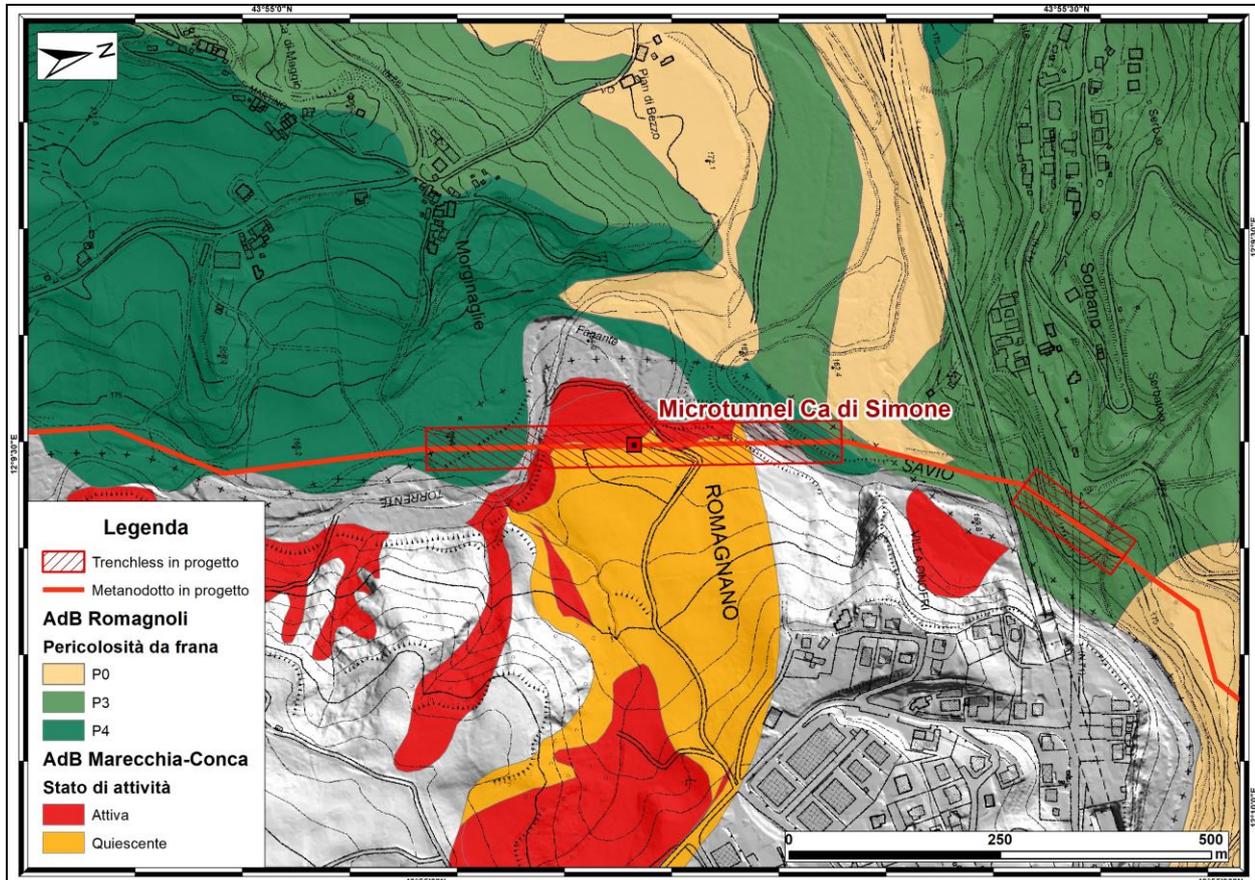


Figura 5-B: Stralcio della Tavola del “Piano Stralcio di Bacino per l’assetto idrogeologico (P.A.I.)” dell’Autorità di Bacino del Marecchia-Conca e Romagnoli”, con ubicazione dell’opera in progetto (fonte <https://pai.adbpo.it/index.php/variante-pai-marecchia-conca-2016/> e <https://pai.adbpo.it/index.php/autorita-bacini-regionali-romagnoli/>)

Come previsto dalla Direttiva 2007/60/CE e dal D. Lgs. 49/2010, nel dicembre del 2019 le mappe della pericolosità di alluvioni sono state aggiornate e pubblicate dalle Autorità di bacino distrettuali.

In particolare, per la porzione del territorio regionale ricadente nel distretto del fiume Po, l’aggiornamento delle mappe di pericolosità e di rischio di alluvioni relative al secondo ciclo di pianificazione previsto dalla Direttiva 2007/60/CE riguarda:

- le mappe di pericolosità (aree allagabili) complessive che costituiscono quadro conoscitivo dei PAI;
- le mappe di rischio (R1, R2, R3, R4) complessive, elaborate ai sensi del D. Lgs n. 49/2010;
- le mappe di pericolosità e rischio (aree allagabili, tiranti, velocità, elementi esposti) nelle Aree a Rischio Potenziale Significativo (APSEFR)

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 17 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Tutta la documentazione e i dati relativi agli aggiornamenti (2019 - 2020/2021 - 2021/2027) alle mappe di pericolosità complessive è consultabile e scaricabile al seguente link dell’Autorità di bacino distrettuale del fiume Po:

- <https://pianoalluvioni.adbpo.it/mappe-della-pericolosita-e-del-rischio-di-alluvione/>

Sulla GU Serie Generale n.32 del 08-02-2023, sono state pubblicati i DPCM 1°dicembre 2022 di definitiva approvazione dei rispettivi primi aggiornamenti dei Piano di Gestione del Rischio da Alluvione PGRA 2021-2027.

Gli scenari di pericolosità nelle aree allagabili sono classificati come segue:

- P3: Alluvioni frequenti, tempo di ritorno tra 20 e 50 anni – elevata probabilità;
- P2: Alluvioni poco frequenti, tempo di ritorno tra 100 e 200 anni – media probabilità;
- P1: Alluvioni rare di estrema intensità, tempo di ritorno fino a 500 anni dall’evento – bassa probabilità.

Dalla consultazione della suddetta documentazione, si evince che il tracciato in progetto interferisce con un’area a pericolosità P2 e due aree a pericolosità P3 (Figura 5-C), nei tratti elencati nella tabella successiva.

P.G.R.A. – Il ciclo		
Pericolosità	Da km	A km
P3	24+540	24+630
P2	24+815	24+825
P3	24+875	25+170

Tabella 5-C: Interferenze dell’opera in progetto con le aree censite nel P.G.R.A. – Il ciclo

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 18 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

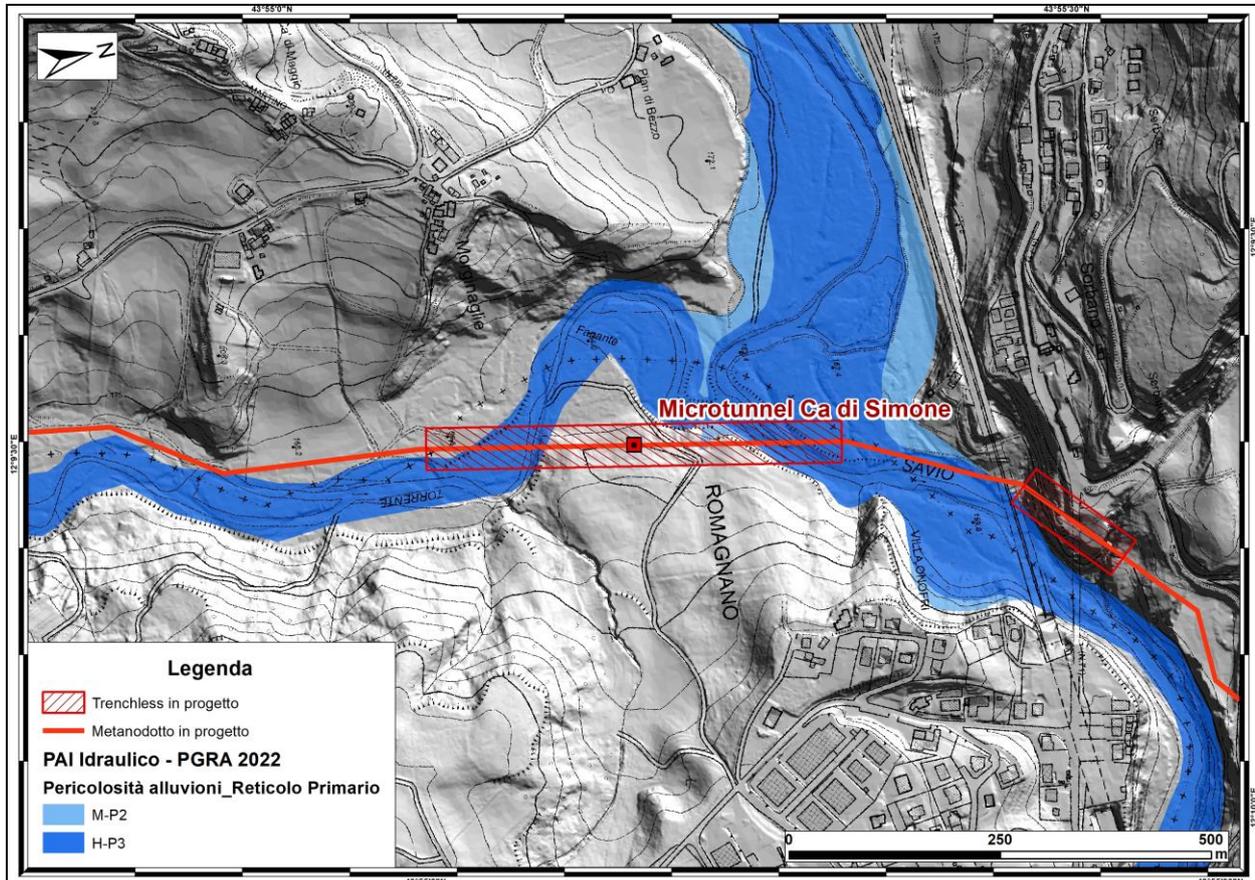


Figura 5-C: Stralcio della Tavola del “Piano di gestione Rischio Alluvione (P.G.R.A.) – Il ciclo”, con ubicazione dell’opera in progetto (fonte <https://pianoalluvioni.adbpo.it/mappe-della-pericolosita-e-del-rischio-di-alluvione/>)

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 19 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

5.2 IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia)

L’Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia (IFFI) costituisce la banca dati nazionale ufficiale sulle frane ed è realizzato dal ISPRA in collaborazione con le Regioni e Province Autonome (art. 6 comma g della L. 132/2016). L’attività di archiviazione delle informazioni sui fenomeni franosi è un’attività strategica per una corretta pianificazione territoriale, tenuto conto che gran parte delle frane si riattivano nel tempo, anche dopo lunghi periodi di quiescenza di durata pluriennale o plurisecolare. La trenchless in progetto risulta interferire con un’area censita nel catalogo I.F.F.I., classificata come un deposito di frana attiva di tipo indeterminato ed interessato dall’opera in progetto in corrispondenza del tratto compreso tra il km 24+625 e il km 24+850 (Figura 5-D).

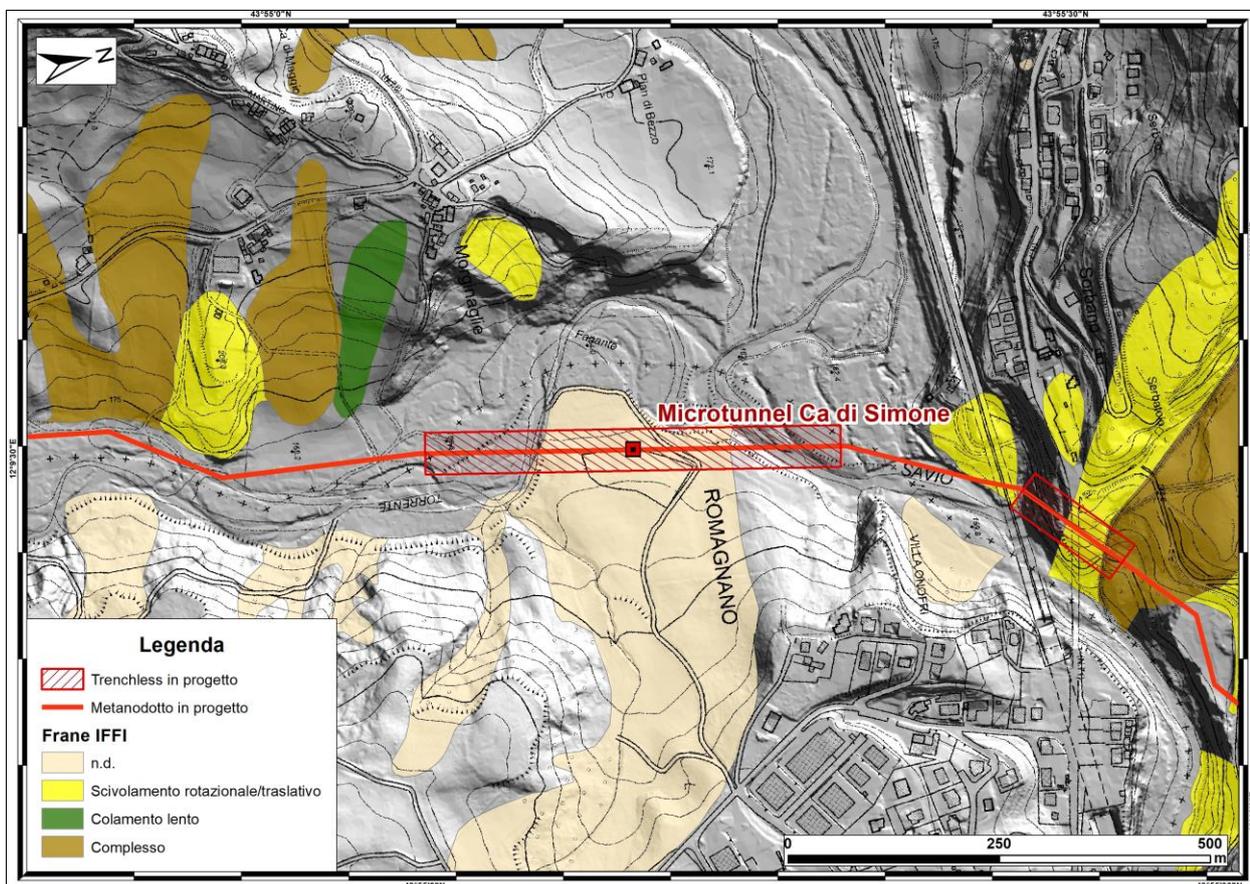


Figura 5-D: Stralcio del catalogo I.F.F.I. (Inventario Fenomeni Franosi in Italia)

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 20 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

5.3 Interferenze con dissesti censiti in campo

Durante i sopralluoghi eseguiti lungo le aree interessate dal metanodotto "Sestino-Minerbio", sono stati cartografati diversi dissesti. In particolare, la trenchless in progetto non interferisce con alcuno dei suddetti fenomeni franosi (Figura 5-E).

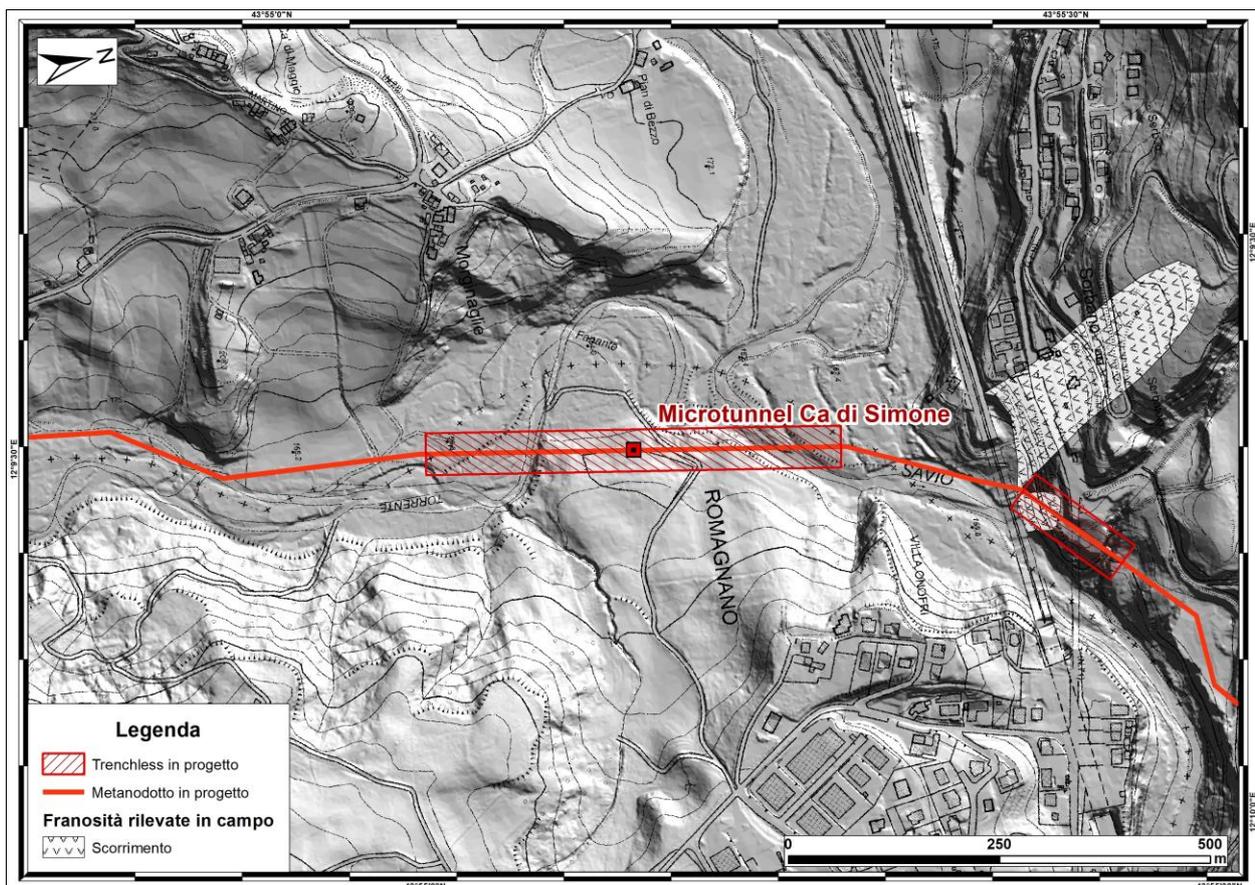


Figura 5-E: Stralcio dei dissesti rilevati in campo

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 21 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

6 SISMICITÀ

L'attività sismica dell'Appennino centro – settentrionale è legata ai movimenti che hanno portato alla sua formazione. In particolare, la spinta reciproca tra i continenti africano ed eurasiatico unitamente al processo di rotazione in senso antiorario della catena appenninica proseguono. Il modello strutturale elaborato dal C.N.R. – Gruppo Finalizzato Geodinamica suddivide l'Appennino in 3 settori:

- catena esterna a carattere compressivo;
- catena principale caratterizzata da stabilità e sollevamento, zona di transizione tra movimenti compressivi e distensivi;
- catena interna a carattere distensivo.

I caratteri macrosismici del territorio di interesse, secondo questo modello, sono legati ai terremoti che nascono da meccanismi distensivi della catena interna e trascorrenti relativi alla fascia pedeappenninica.

La provincia di Rimini interessata dal tracciato in progetto ricade in zona sismica 2. Questa classificazione si basa sull'analisi storico – statistica dei terremoti verificatesi e non entra negli specifici effetti locali legati alle diverse forme fisiche dei siti insediativi e alle caratteristiche geomorfologiche e geo-meccaniche dei terreni.

6.1 Sismicità storica

Il quadro della sismicità storica, relativamente alle aree interessate dalle opere, oggetto del presente elaborato, è stato definito attraverso la consultazione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI 2015 v. 4.0, Rovida et. al. 2022, INGV), che fornisce dati parametrici sia macrosismici che strumentali, relativamente ai terremoti con intensità massima ≥ 5 o magnitudo ≥ 4.0 d'interesse per l'Italia nella finestra temporale 1005-2020.

La versione del Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani CPTI15 v. 4.0 rappresenta una significativa evoluzione rispetto alle versioni precedenti, che sono quindi da considerare del tutto superate. Anche se i criteri generali di compilazione e la struttura sono gli stessi della precedente versione CPTI11, il contenuto del catalogo è stato ampiamente rivisto per quanto concerne:

- la copertura temporale, estesa fino al 2020;
- il database macrosismico di riferimento (DBMI15 v. 4.0; Locati et al., 2016), significativamente aggiornato;
- i dati strumentali considerati, nuovi e/o aggiornati;
- le soglie di ingresso dei terremoti, abbassate a intensità massima 5 o magnitudo 4.0 (invece di 5-6 e 4.5 rispettivamente);

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 22 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

- la determinazione dei parametri macrosismici, basata su una nuova calibrazione dell'algoritmo Boxer;
- le magnitudo strumentali, che comprendono un nuovo set di dati e nuove relazioni di conversione.

I dati reperiti testimoniano che i terremoti storici principali che hanno interessato l'area sono stati caratterizzati da una magnitudo momento (M_w) generalmente compresa tra 4 e 6 gradi (Figura 6-A). In particolare, gli eventi a maggiore energia risultano quello del 1924 Nel Comune di Mondolfo ($M_w = 5.48$) e quello del 1786 ($M_w = 5.66$) nei pressi di Ghetto Tamagnino, nel Comune di Rimini. Da segnalare, inoltre, un evento di magnitudo 4.02, avvenuto nel 1931 nel Comune di Castel Colonna, in un sito a meno di 100 metri dal tracciato delle linee principali (progetto).

Una rappresentazione complessiva delle informazioni sugli effetti dei terremoti che in passato hanno colpito l'area di studio è la carta delle massime intensità osservate (espressa secondo i gradi della scala MCS), che fornisce anche una prima immagine semplificata della pericolosità sismica (Figura 6-B).

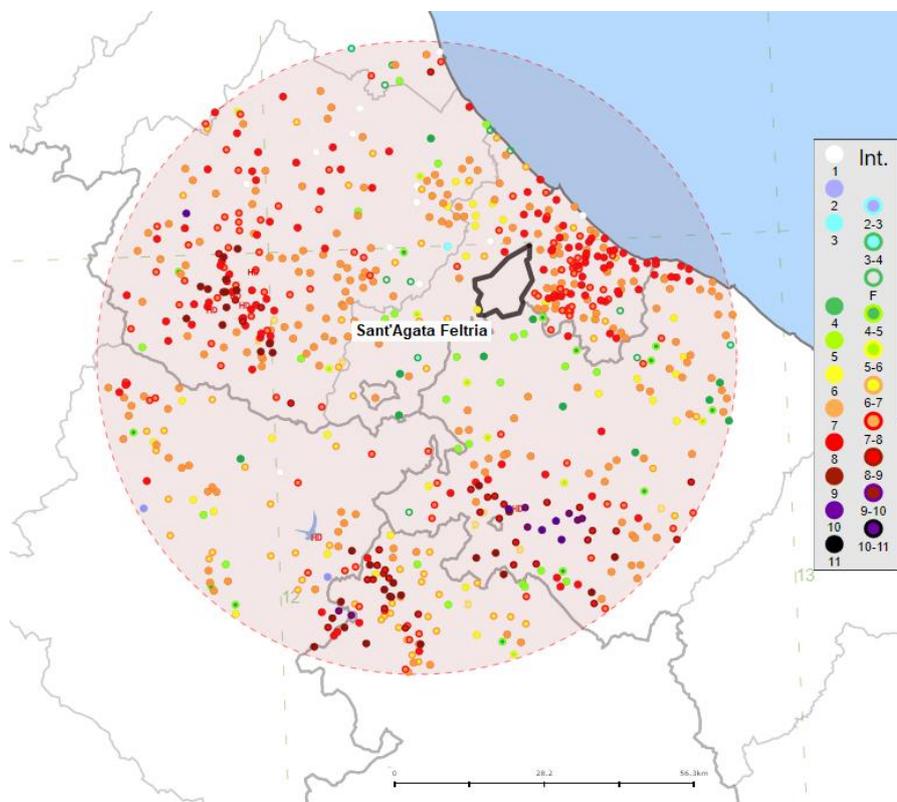


Figura 6-A: Mappa dei terremoti storici avvenuti dall'anno 1000 al 2020 in un raggio di 50 km dal Comune di Sant'Agata Feltria (da Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 v. 4.0, Rovida et. al. 2022, INGV). <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15>

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 23 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

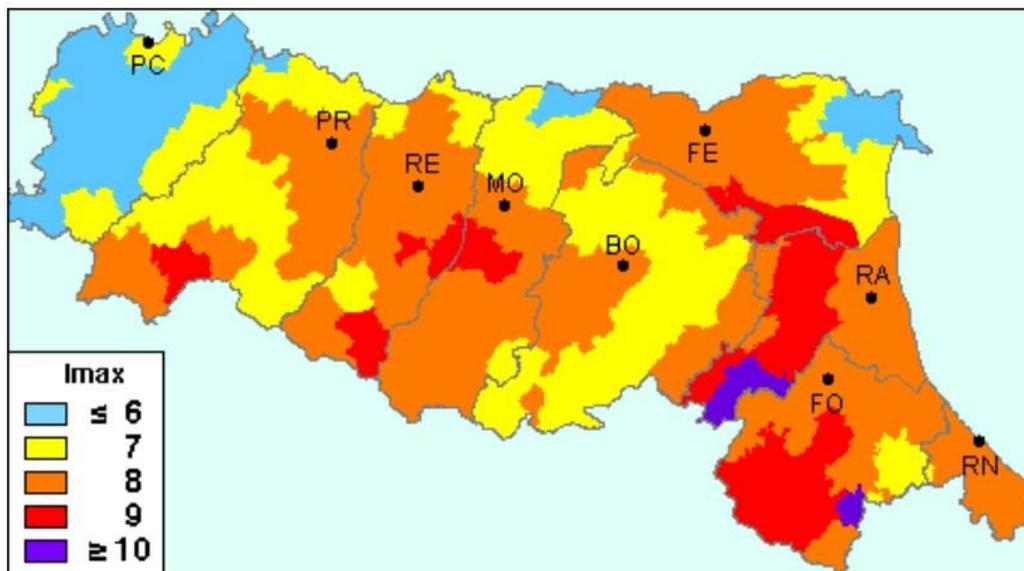


Figura 6-B: Massime intensità macrosismiche in scala MCS osservate nella Regione Emilia-Romagna (GNDT, ING, SSN).

6.2 Caratterizzazione sismica

La classificazione sismica dei Comuni italiani è frutto di un complesso processo legislativo di cui sono riportate a seguire le tappe salienti.

Nel 1998 la Commissione Nazionale di Previsione e Prevenzione dei Grandi Rischi, inserisce i Comuni in una delle 3 categorie sismiche previste dal Decreto del Ministero dei Lavori pubblici del 16/01/96 (zone di I, II e III categoria, a cui corrispondevano i valori del grado di sismicità S pari a 12, 9 e 6). Il resto del territorio italiano, non incluso nelle categorie previste, è considerato non classificato (N.C.).

L'Ordinanza n. 3274 del Presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 "Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica", detta i principi generali sulla base dei quali le Regioni, a cui lo Stato ha delegato l'adozione della classificazione sismica del territorio (Decreto Legislativo n. 112 del 1998 e Decreto del Presidente della Repubblica n. 380 del 2001 - "Testo Unico delle Norme per l'Edilizia"), hanno compilato l'elenco dei comuni con la relativa attribuzione ad una delle quattro zone, a pericolosità decrescente, nelle quali è stato riclassificato il territorio nazionale.

Un aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro, 2004), previsto dall'OPCM 3274/03, è stato adottato con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3519 del 28 aprile 2006. Il nuovo studio di pericolosità, allegato all'Opcm n. 3519, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo degli intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni, da attribuire alle 4 zone sismiche (Tabella 6-A), riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_s > 800$ m/s secondo lo schema seguente:

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 24 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

ZONA	Descrizione	Accelerazione con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	Zona con pericolosità sismica alta : indica la zona più pericolosa dove possono verificarsi forti terremoti	$ag > 0.25$
2	Zona con pericolosità sismica media , dove possono verificarsi forti terremoti	$0,15 < ag \leq 0,25 \text{ g}$
3	Zona con pericolosità sismica bassa , che può essere soggetta a scuotimenti modesti	$0,05 < ag \leq 0,15 \text{ g}$
4	Zona con pericolosità sismica molto bassa , dove possono verificarsi deboli terremoti con danni modesti	$\leq 0,05 \text{ g}$

Tabella 6-A: Classificazione sismica O.P.C.M. 3519/23.

L'atto di recepimento da parte della Regione Emilia-Romagna dell'O.P.C.M. 3519 avviene con la Deliberazione della Giunta Regionale n.146 del 06 febbraio 2023 "Aggiornamento della classificazione sismica dei Comuni dell'Emilia -Romagna, cha aggiorna la precedente classificazione del 2018 causa della formazione di 3 nuovi Comuni nati da altrettante fusioni e il passaggio di 2 Comuni dalla Regione Marche (PU) alla Regione Emilia-Romagna (RN). Sulla base di questa riclassificazione i territori comunali di Sant'Agata Feltria (RN), su cui insiste l'area di studio, sono inseriti in zona sismica 2 (Figura 6-C).

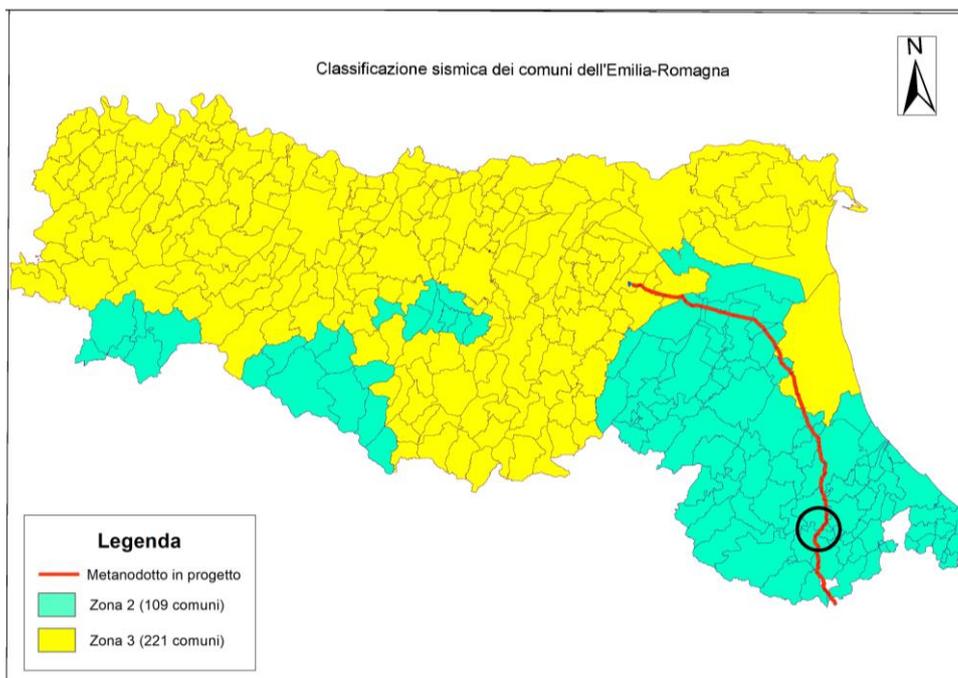


Figura 6-C: Riclassificazione sismica della Regione Emilia-Romagna DGR 146/23; il cerchio nero indica l'area oggetto di intervento.

	PROGETTISTA: <div style="display: flex; justify-content: space-around; align-items: center;">  <div style="font-size: 8px;">TECHNIP ENERGIES</div>  <div style="font-size: 8px;">Human & Sustainable Engineering</div> </div>	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 25 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

L’Ordinanza del Presidente del Consiglio dei ministri n. 3274 del 20 marzo 2003 è rimasta cogente per le opere strategiche e per le nuove costruzioni ubicate nelle zone sismiche 1 e 2 fino alla pubblicazione del più recente DM 17/01/2018 "Aggiornamento delle Norme tecniche per le costruzioni" (NTC2018).

Le NTC 2018 richiamano il DM 14/01/2008 (NTC 2008) considerando il concetto di “pericolosità sismica”, come uno strumento di previsione delle azioni sismiche non più vincolato dalle divisioni amministrative (comuni) e relativo ad un unico Tr, ma sulla base di mappe di pericolosità sismica del territorio nazionale elaborate dall’Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) su base statistica e probabilistica, che costituiscono il reticolo di riferimento per la determinazione dei nuovi parametri sismici in funzione delle coordinate geografiche del sito, della classe d’uso e della vita nominale dell’opera in esame (fattori questi ultimi che, alla luce del tipo di analisi effettuata, influenzano il valore di TR).

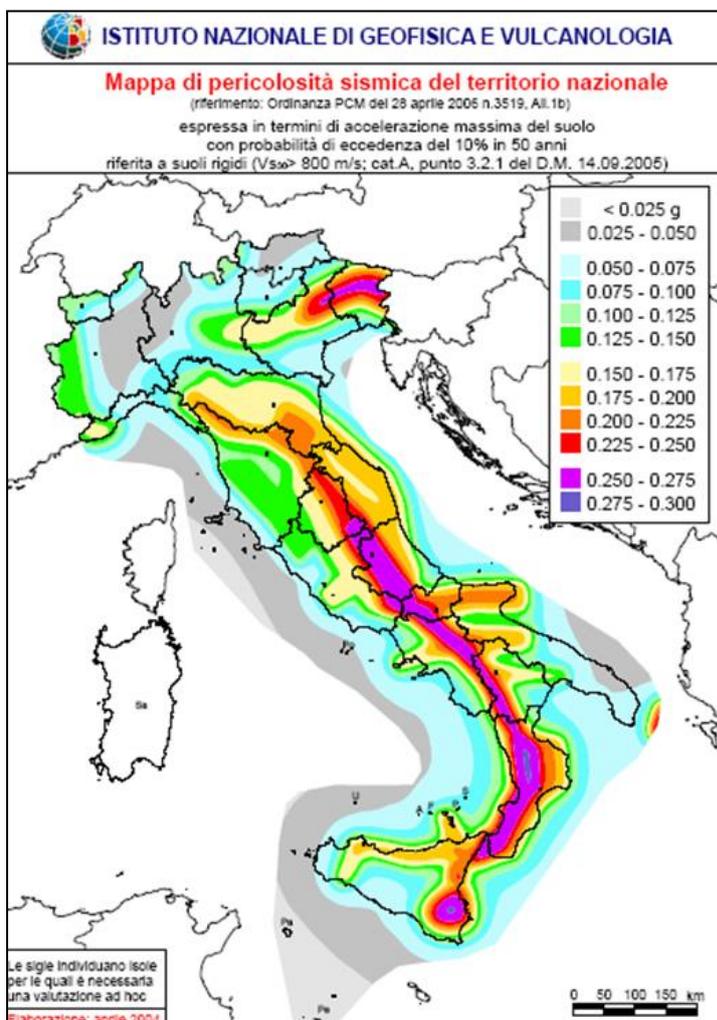


Figura 6-D: Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale espressa in termini di accelerazione massima al suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (INGV).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 26 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Sulla base della mappa di pericolosità sismica in Figura 6-E si evince che il territorio interessato è situato in corrispondenza di una zona caratterizzata da un valore di accelerazione massima su suolo compresa tra 0.175 g e 0.200 g (per probabilità di superamento del 10% in 50 anni) che corrisponde ad una zona sismica di tipo 2.

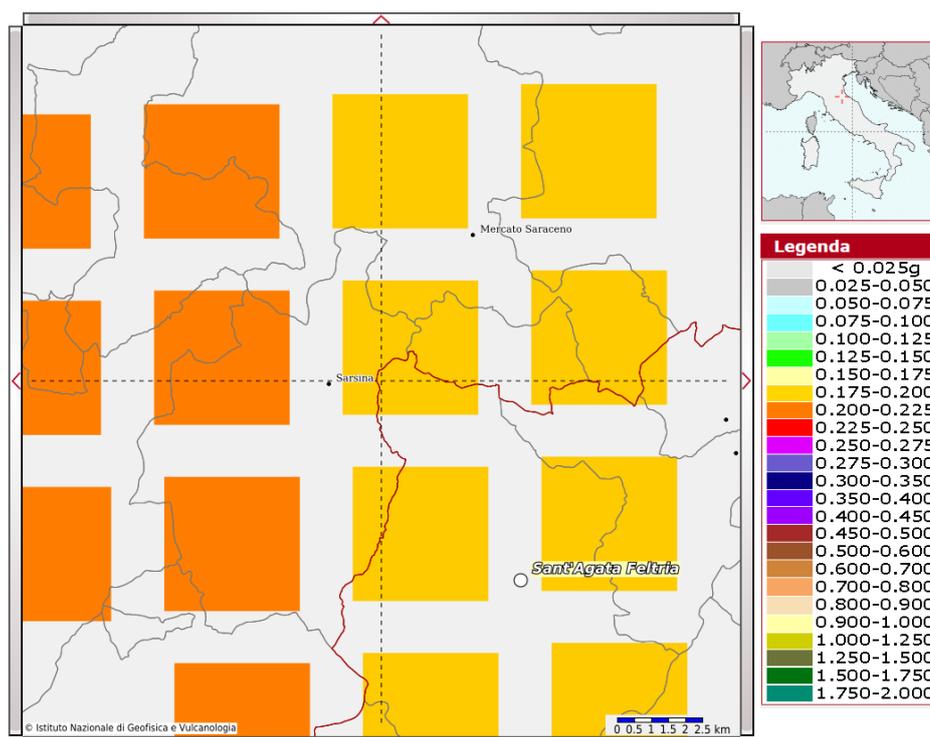


Figura 6-E: Mappa di Pericolosità Sismica espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni (TR=475 anni) centrata sulla trenchless in progetto ubicata nei limiti amministrativi del Comune di Sant’Agata Feltria (RN).

6.3 Zonazione sismogenetica

L'inquadramento macrosismico di riferimento si basa sulla zonazione sismogenetica del territorio italiano ZS9, elaborata dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) (Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2004). Zonazione sismogenetica ZS9 [Data set]. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) <https://doi.org/10.13127/sh/zs9>).

La zonazione, effettuata con lo scopo di creare una base per la stima della pericolosità sismica (hazard) del territorio nazionale, si fonda su un modello sismotettonico riferibile alla correlazione dei seguenti elementi:

1. Il modello strutturale 3D della penisola italiana e dei mari adiacenti;
2. la distribuzione spaziale dei terremoti storici e attuali per le diverse classi di magnitudo;
3. il modello cinematico dell'area mediterranea centrale, riferito agli ultimi 6 milioni di anni.

Per zone sorgente, o sismogenetiche, si intendono quelle aree che si possono considerare omogenee dal punto di vista geologico – strutturale e soprattutto cinematico. Il nuovo modello

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 27 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

sismogenetico usato in Italia, introdotto appositamente per la redazione della mappa di pericolosità 2004, è la cosiddetta zonazione ZS9 per la quale il territorio italiano è stato suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da “A” a “F” fuori dal territorio nazionale (A-C) o ritenute di scarsa influenza (D-F) (Figura 6-F). Per ogni zona sismogenetica è stata effettuata una stima della profondità media dei terremoti e del meccanismo di fagliazione prevalente. Si è valutato, inoltre, il grado di incertezza nella definizione dei limiti delle zone.

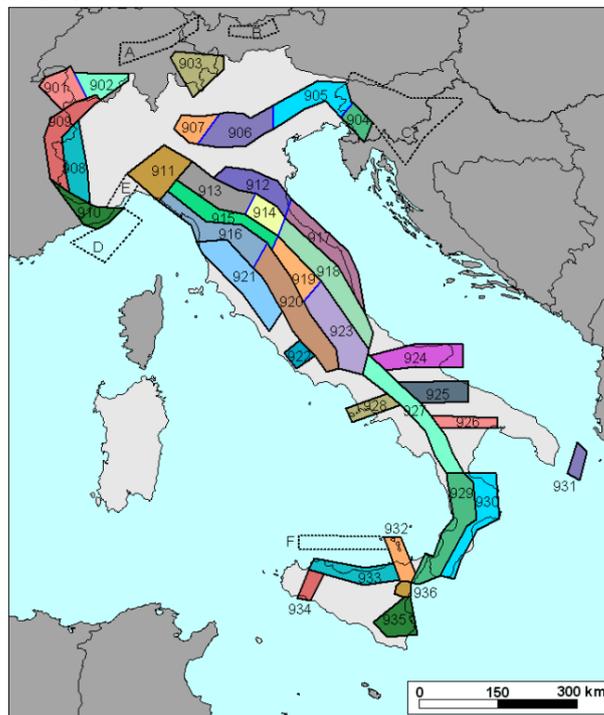


Figura 6-F: Zonazione sismogenetica ZS9 (INGV).

L'opera in studio ricade nella zona settentrionale della zona sismogenetica 914 (Figura 6-G), porzione esterna della fascia in compressione dell'arco appenninico settentrionale (la fascia si chiude poco a sud di Porto S. Giorgio, laddove non si hanno più chiare evidenze di cinematica compressiva). All'interno di questo settore si osserva un regime tettonico debolmente compressivo in atto, in cui strutture compressive (prevalentemente thrust) allineate lungo la costa o a breve distanza da essa sono responsabili della sismicità.

La zona 914, insieme alla 913 e 918 risultano dalla scomposizione della fascia che da Parma si estende fino all'Abruzzo. In questa fascia si verificano terremoti prevalentemente compressivi nella porzione nordoccidentale e distensivi nella porzione sudorientale. Si possono altresì avere meccanismi trascorrenti nelle zone di svincolo che dissecano la continuità longitudinale delle strutture. L'intera fascia è caratterizzata da terremoti storici che raramente hanno raggiunto valori molto elevati di magnitudo. Le profondità ipocentrali sono mediamente maggiori in questa fascia di quanto non siano nella fascia più esterna. L'individuazione della zona 914 (Forlivese) è motivata dalle peculiari caratteristiche di rilascio della sismicità (nella fattispecie la frequenza degli eventi). La zona ricade in una fascia di transizione a carattere misto, ovvero in cui convivono meccanismi diversi (essenzialmente compressivi a NW e distensivi a SE).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 28 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

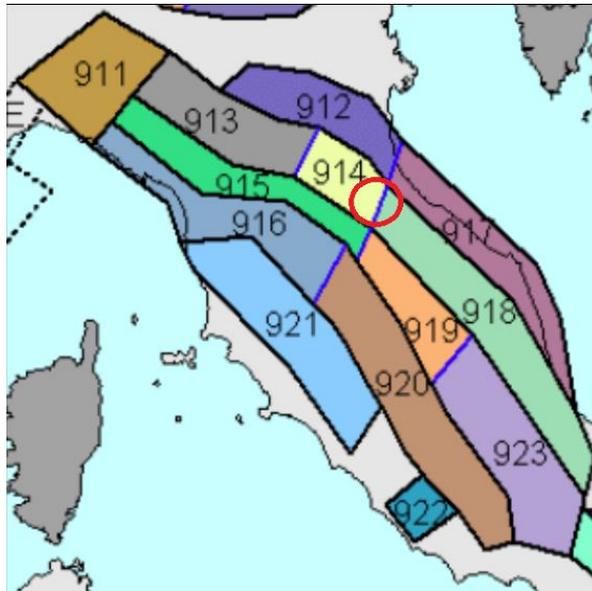


Figura 6-G: Zonazione sismogenetica; il cerchio rosso indica l'area oggetto di intervento

La Tabella che segue mostra i valori delle profondità efficaci ottenute per la zona sismogenetica 914.

Zona	Numero di eventi Md>2.0	Numero di eventi Md>2.5	Numero di eventi Md>3.0	Magnitudo massima (Md)	Classe di profondità (km)	Profondità efficace (km)
914	878	542	131	4.5	12-20	13

Per la zona sopra descritta è stato determinato, inoltre, il meccanismo di fagliazione prevalente, ovvero quello che ha la massima probabilità di caratterizzare i futuri terremoti significativi. L'assegnazione della tipologia è stata effettuata in funzione dell'angolo di rake sulla base del seguente semplice criterio:

Meccanismo prevalente		Angolo di rake
Diretto		>225 (-135), <315 (-45)
Inverso		>45, <135
Trascorrente	sinistro	<45, >315 (-45)
	destro	>135, <225 (-135)

Nel caso della zona 914 non è stato possibile assegnare (in modo univoco) un meccanismo di fagliazione prevalente.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 29 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

6.4 Fagliazione attiva e capace

Le NTC 2018, prevedono inoltre che per la valutazione delle caratteristiche di sismicità della zona interessata dal progetto, bisogna porre particolare attenzione all'eventuale presenza di lineamenti geo-strutturali attivi (faglie) in corrispondenza o in prossimità delle opere da realizzare.

Quindi, a titolo informativo, si è provveduto all'identificazione degli elementi tettonico strutturali dell'area interessata dall'opera tramite la consultazione di alcuni database di cui dispone la comunità scientifica che risultano sintetizzate all'interno di due banche dati principali e che riguardano l'intero territorio nazionale:

- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, INGV);
- Database Italy Hazard from Capable faults (ITHACA, ISPRA).

6.4.1 Database D.I.S.S.

Il database DISS raggruppa tutte le informazioni relative a faglie attive, pieghe attive, sorgenti sismogenetiche individuali, sorgenti sismogenetiche composite e sorgenti sismogenetiche dibattute in letteratura (DISS Working Group (2021). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.3.0: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). <https://doi.org/10.13127/diss3.3.0>) (<https://diss.ingv.it/data>). Dall'analisi della suddetta banca dati si evince che il sito interessato dalla realizzazione dell'opera risulta esterna alle sorgenti sismogenetiche (Figura 6-H).

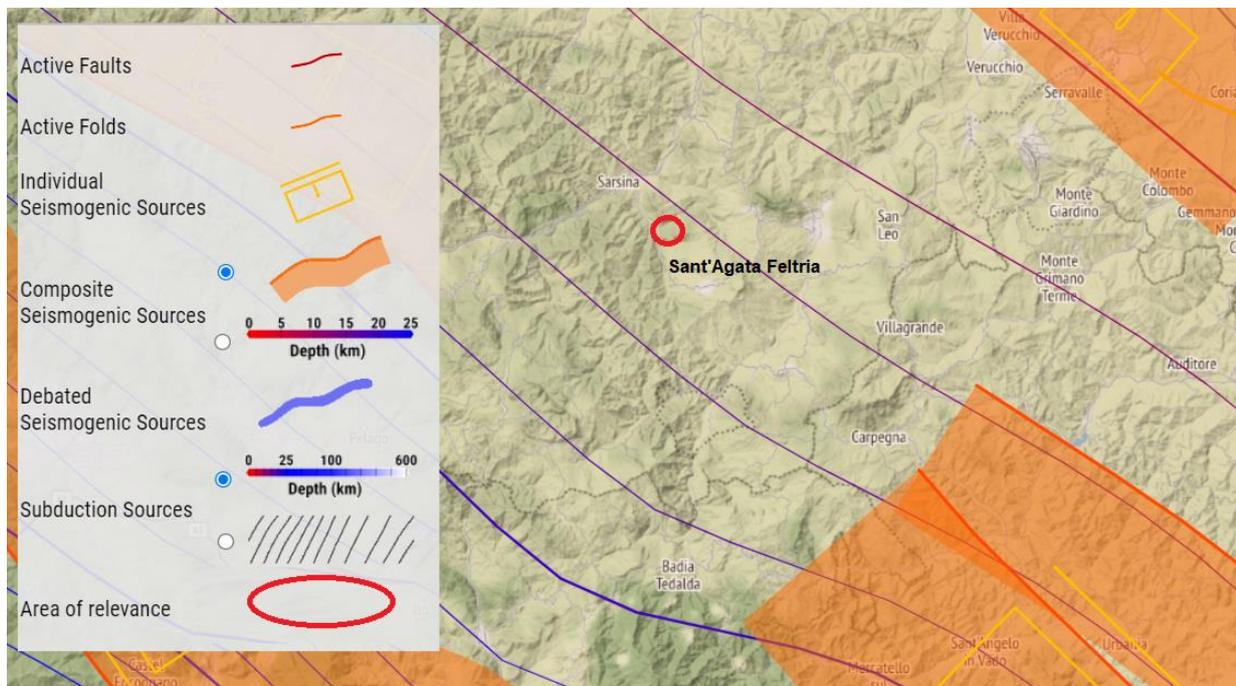


Figura 6-H: Stralcio database DISS versione 3.3.0 (2021, INGV) relativamente all'area di interesse.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 30 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

6.4.2 Database I.T.H.A.C.A.

Il database ITHACA, di proprietà dell'ISPRA, tiene conto invece delle faglie capaci, cioè le faglie che potenzialmente possono creare deformazione permanente in superficie, indipendentemente dalla natura strutturale. Dall'analisi della suddetta banca dati si evince che lo sviluppo longitudinale della trenchless in progetto non risulta intersecare faglie capaci (Figura 6-I).



Figura 6-I: Stralcio database ITHACA (ISPRA) relativamente all'area di interesse. Accessibile al link <https://sgi.isprambiente.it/ithaca/viewer/index.html>

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 31 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

7 CARATTERIZZAZIONE LITOSTRATIGRAFICA E GEOTECNICA

Nell'ambito della progettazione dell'attraversamento sono state eseguite nel tempo diverse campagne di indagini geognostiche finalizzate alla ricostruzione litostratigrafica del sottosuolo dell'area ed alla definizione dei parametri geotecnici dei litotipi interessati dall'opera in progetto. In particolare, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche (Figura 7-A):

- n. 4 sondaggi geognostici a carotaggio continuo, denominati S22, S1bis, S2bis (campagna ATI) e S29_SM_L (campagna 2023);
- n. 1 tomografia elettrica, denominata ERT_17_SM_L;
- n.2 prospezioni sismiche, denominate rispettivamente SIS11 e SIS11T.

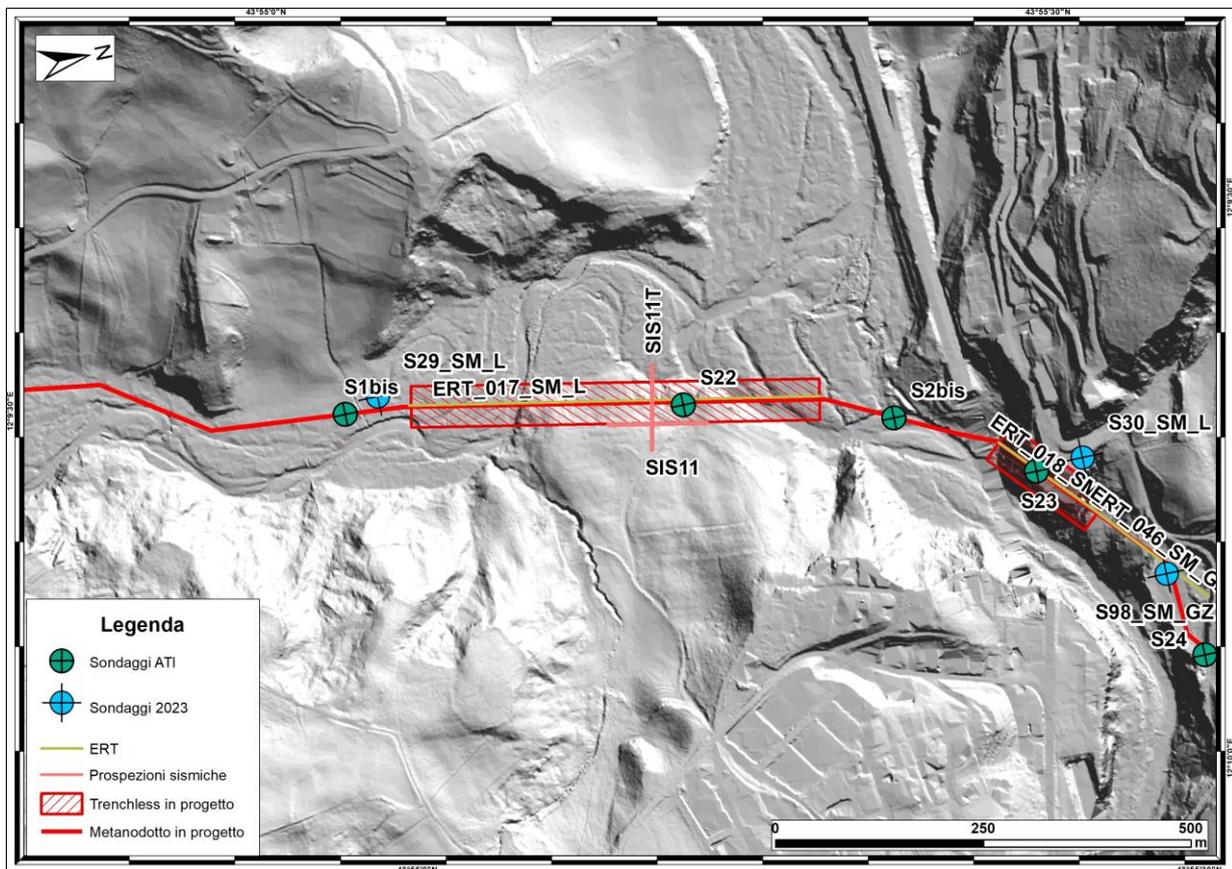


Figura 7-A: Ubicazione dei sondaggi geognostici eseguiti nell'area oggetto di intervento.

Nel corso dell'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite delle prove di penetrazione dinamica a fondo foro (SPT) a diverse quote e sono stati prelevati alcuni campioni indisturbati e rimaneggiati di terreno che sono stati successivamente sottoposti a prove geotecniche di laboratorio.

Le prove penetrometriche dinamiche vengono eseguite in avanzamento sul fondo del foro di sondaggio, registrando la resistenza alla penetrazione in funzione della profondità. Le prove

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 32 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

S.P.T. sono state eseguite seguendo le modalità standard indicate dall’A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) ed hanno fornito i dati necessari per determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni.

Le prove penetrometriche dinamiche (tipo S.P.T.) sono state eseguite con un dispositivo automatico di sganciamento del maglio (massa battente) del peso di 63.5 Kg con caduta libera da un’altezza di 76 cm. La massa battente scorre lungo aste di collegamento al terminale di infissione aventi peso per metro lineare di circa 7 Kg. L’esecuzione avviene secondo le modalità contenute nella normativa ASTM n D 1586 e compresa nelle “Raccomandazioni ISSMFE” per la standardizzazione delle prove penetrometriche in Europa (1976).

Lo strumento viene infisso nel terreno facendo avanzare la punta di 45 cm, registrando separatamente i colpi relativi agli intervalli 0-15 (N1); 15-30 (N2) e 30-45 (N3). I valori riferiti ai primi 15 cm generalmente non vengono considerati in quanto rappresentativi di un terreno disturbato dalla perforazione; si registrano solo se il numero di colpi è maggiore di 50 (lo strumento va a rifiuto). Il valore di N_{spt} è quindi dato dalla somma dei colpi ottenuti nei restanti 30 cm.

Per i terreni nel quale si è registrato il rifiuto della prova non esistono in letteratura correlazioni con l’angolo di attrito e/o con la coesione. Indicativamente è possibile individuare un valore di massima ponendo in tale caso $N_{spt} = 100$.

Di seguito vengono indicate le profondità di prelievo dei campioni e di esecuzione delle prove S.P.T. nel foro durante la campagna geognostica ATI precedente (Tabella 7-A).

Sondaggio	Sviluppo verticale (m)	Profondità S.P.T. (m)	Prof. prelievo Camp. Ind./rimaneggiati/litoidi (m)
S1 bis	10	3.00-3.45 C 6.00-6.20 C	3.00-3.50 T 5.00-5.50 T 9.10-10.00 L
S22	30	5.60-6.05 C 11.50-11.95 C 25.50-25.95 C	5.20-5.60 T 11.00-11.50 T
S2 bis	15	3.00-3.45 C 6.00-6.15 C	3.00-3.50 T 4.50-5.00 T 6.00-7.00 L 10.00-11.00 L
C = prova penetrometrica a punta chiusa A = prova penetrometrica a punta aperta L = campione litoide T = campione terrigeno			

Tabella 7-A: Sondaggi eseguiti durante le campagne geognostiche precedenti.

Per le profondità di prelievo dei campioni e di esecuzione delle prove S.P.T. nel foro durante la campagna geognostica 2023 si veda Tabella 7-B.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 33 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Sondaggio	Profondità (m)	Profondità S.P.T. (m)	Profondità campioni (m)
S29_SM_L	40	1.30-1.75 A 3.00-3.45 C 4.50-4.95 A 6.50-6.95 A 8.00-8.45 A 10.40-10.85 A 12.60-13.05 A 14.60-15.05 A	10.10-10.40 T 23.75-24.00 T 30.30-30.55 T
C = prova penetrometrica a punta chiusa A = prova penetrometrica a punta aperta L = campione litoide T = campione terrigeno			

Tabella 7-B: Sondaggi eseguiti durante la campagna geognostica 2023.

SONDAGGIO S1 bis

Il sondaggio S1 BIS è stato eseguito in destra idrografica del fiume Marecchiola ad una quota di 166,00 m s.l.m. in corrispondenza di un terrazzo fluviale. La profondità di perforazione ha raggiunto i 10 m dal piano campagna. Dalle cassette catalogatrici emerge che al di sotto del materasso alluvionale avente uno spessore complessivo di 6 m costituito da ghiaie e ciottoli con sabbia medio-fine, di colore nocciola chiaro con locali trovanti dello spessore di 1,5 m; da ghiaie e ciottoli con sabbia medio-fine, debolmente limosa che si spingono fino a 3 m dalla superficie e da ghiaie e ciottoli con sabbia medio-grossolana, limoso argillosa di colore grigio, si rinvencono delle argilliti di colore grigio scuro, compatte.

Il pelo libero della falda freatica si attesta a 1,5 m dal piano campagna.

Sondaggio S1 bis					
(X: 753655,42; Y: 4867479,52)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
10	2	-	3	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-0.10		Terreno vegetale			
0.10-3.00		Ghiaia e ciottoli con sabbia medio fine			
3.00-6.00		Ghiaia e ciottoli con sabbia medio grossolana			
6.00-10.00		Argillite compatta			

Tabella 7-C: Sondaggio S1 bis.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 34 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

SONDAGGIO S2 bis

Il sondaggio S2 BIS è stato eseguito in destra idrografica del Fiume Marecchiola, alla confluenza con il fiume Savio ad una quota di 161,00 m s.l.m. in corrispondenza di un terrazzo fluviale. Il sondaggio ha raggiunto una profondità di 15 m. La stratigrafia evidenzia in superficie una copertura alluvionale fino ad una profondità di 5,5 m dal piano campagna, rappresentata da ghiaie e ciottoli con trovanti e sabbie medio-fini di colore grigio fino a circa 3 m dal piano campagna. Successivamente si hanno delle ghiaie con ciottoli con sabbia grossolana, limoso-argillosa, di colore grigio-marrone. Le alluvioni ricoprono un'alternanza costituita da argilliti di colore grigio talora leggermente litificate, compatte e marne di colore grigio scuro che si spingono fino a fondo foro.

Il pelo libero della falda è stato rinvenuto a circa 2 m dal piano campagna.

Sondaggio S2bis					
(X: 753751,80; Y: 4868132,91)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
15	2	-	4	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-0.10		Terreno vegetale			
0.10-3.00		Ghiaia e ciottoli con sabbia medio fine			
3.00-5.50		Ghiaia e ciottoli con sabbia medio grossolana			
5.50-15.00		Alternanza di argillite e marna			

Tabella 7-D: Sondaggio S2 bis

SONDAGGIO S22

Il sondaggio S22 è stato eseguito in località Ca de Simone a sud di Romagnano di Sant'Agata Feltria (RN), ad una quota di 176,00 m s.l.m., al fine di caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico i terreni attraversati in microtunnel all'interno di un'area in dissesto attiva, censita dal PAI del Marecchia-Conca.

Dalla stratigrafia emerge che al di sotto di un 0,70 m di terreno vegetale costituito da limo argilloso, si rinviene uno strato costituito da limo argilloso debolmente sabbioso, moderatamente consistente, con ciottoli di forma sub-angolare marnoso-calcarei. Da 2,40 m fino a 6,20 m di profondità si trova argilla limosa da consistente a molto consistente, grigio-verdastra, con sabbia, a luoghi, e rari clasti marnosi.

Dai 6,20 fino 21,40 m, si rinviene argilla limosa molto consistente, da grigia a grigio-verdastra, con rari clasti marnosi del diametro massimo di 80 mm. Sono presenti pure intercalazioni di argilliti compatte, molto alterate.

Dai 21,40 m a fondo foro vi sono alternanze di argilla marnosa e marna argillosa, intensamente fratturate, di colore grigiastro, con spalmature rossastre, biancastre ed ocracee.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 35 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Sondaggio S22					
(X: 753700,81; Y: 4867884,05)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (PZ)
30	3	2	-	-	-
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-0.70		Terreno vegetale			
0.70-2.40		Limo argilloso debolmente sabbioso			
2.40-21.40		Argilla limosa molto consistente			
21.40-30.00		Alternanza di argilla marnosa e marna argillosa			

Tabella 7-E: Sondaggio S22.

SONDAGGIO S29_SM_L

Il sondaggio S29_SM_L è stato eseguito nel territorio comunale di Sarsina (FC), ad una quota di 170 m s.l.m, al fine di caratterizzare da un punto di vista stratigrafico e geotecnico i terreni attraversati dalla trenchless in progetto.

Il sondaggio è stato effettuato a carotaggio continuo fino alla profondità di 40,00 m dal p.c..

Fino alla profondità di 5.60 m dal p.c. sono presenti terreni alluvionali, caratterizzati da ghiaia, ciottoli e sabbia di colore grigio in matrice limosa, con diversi inclusi eterometrici, da sub-angolari a sub-arrotondati.

Al di sotto e fino a fondo foro, si rinviene alternativamente un'argilla marnosa grigia, molto consistente, che con l'aumento della profondità presenta anche composizione sabbiosa, la quale si alterna con strati di marna molto fratturata.

Data la prevalente natura terrosa dei litotipi, sono state effettuate in tale sondaggio le prove penetrometriche dinamiche del tipo S.P.T. delle quali le prime due sono andate a rifiuto, poiché eseguite nelle alluvioni.

Il sondaggio è stato attrezzato per l'esecuzione della prova down-hole.

Inoltre, durante la perforazione, è stata rinvenuta la presenza di livello d'acqua dalla profondità di 3.8 m dal p.c.

Sondaggio S29_SM_L					
(X: 753639,78; Y: 4867521,77)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (DH)
40	8	1	2	-	1
Intervallo (m)		Litologia			
0.00-5.60		Ghiaie e sabbia, con clasti eterometrici			
5.60-15.00		Argilla grigia marnosa			
15.00-22.50		Marna calcarea grigia molto fratturata			
22.50-25.00		Sabbia limosa con inclusi di argilla			
25.00-31.00		Argilla marnosa-sabbiosa, scagliettata			

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 36 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Sondaggio S29_SM_L					
(X: 753639,78; Y: 4867521,77)					
Prof. sondaggio (m da p.c.)	n. SPT	n. campioni indisturbati	n. campioni rimaneggiati	n. campioni ambientali	Attrezzatura in foro (DH)
40	8	1	2	-	1
Intervallo (m)		Litologia			
31.00-38.30		Marna calcarea grigia molto fratturata			
38.30-40.00		Argilla marnosa-sabbiosa, scagliettata			

Tabella 7-F: Sondaggio S29_SM_L

Le colonne stratigrafiche complete e la documentazione relativa alle prove di laboratorio eseguite sui campioni indisturbati, sono inclusi negli annessi alla presente relazione.

7.1 Modello geologico

Le risultanze dei sondaggi geognostici eseguiti in corrispondenza del sito progettuale confermano nel loro complesso l'assetto geologico illustrato nel paragrafo 3.2 della presente relazione.

Da un punto di vista litologico, le verticali indagate dai sondaggi S1bis e S2bis, relativi rispettivamente all'estremità sud e nord del microtunnel, evidenziano la presenza di un materasso alluvionale, costituito prevalentemente da ghiaie e ciottoli con sabbia di spessore compreso tra 5,50 m (S2bis) e 6,00 m (S1bis), al di sotto del quale è stata rinvenuto il bedrock afferente alla Formazione dei Ghioli di Letto (GHL), costituito da un'alternanza di argillite e marna compatta. Tali dati sono stati confermati anche dal sondaggio S29_SM_L eseguito in prossimità dell'estremità sud della trenchless in progetto. Per quanto riguarda il corpo centrale dell'opera in progetto, il sondaggio S22 eseguito ha rilevato la presenza di argilla limosa grigio-verdastra molto consistente, per uno spessore di circa 21,40 m, con intercalazioni alla base di argilliti intensamente fratturate ed alterate. Tali terreni sono riconducibili ad un corpo di frana censito dal PAI del Marecchia-Conca, che interessa gran parte dell'area attraversata dalla trenchless.

Le giaciture degli strati dei terreni prevalentemente argillosi-marnosi, afferenti al Membro Ghioli di letto (GHL), mostrano un'immersione di circa 160°/180° con un'inclinazione compresa tra 25° e 40°. Il substrato litoide nella zona dell'imbocco nord, costituito dal Membro di Fontanelice (FMA14) nella sua prevalente componente marnoso-siltosa presenta una giacitura compresa tra 150° e 190° con simile immersione alla formazione sovrastante e quindi in continuità stratigrafica.

Il modello geologico, ipotizzato sulla base delle verticali di indagine eseguite, è riportato nell'Annesso 5.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 37 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

7.2 Interpretazione indagini geognostiche

7.2.1 Prove penetrometriche (SPT)

Le prove penetrometriche del tipo SPT, eseguite in avanzamento di perforazione hanno permesso di conoscere la resistenza alla penetrazione offerta dai terreni attraversanti dall'utensile. Qui di seguito vengono riportate alcune correlazioni, tratte dalla letteratura geotecnica, utilizzate al fine di ricavare alcuni valori fisici e meccanici dei terreni riscontrati durante le perforazioni. Si precisa che i valori geotecnici ricavati dalle correlazioni sono indicativi in quanto le variabili (profondità, litologia ecc.) che entrano in gioco nella valutazione dei parametri sono molteplici e non tutte facilmente controllabili.

L'interpretazione delle prove SPT è sempre molto soggettiva e i valori ricavati dalle correlazioni semi empiriche tra N_{spt} e le grandezze più significative (e.g. C_u e γ) vanno utilizzati sempre con la giusta cautela in quanto spesso sovrastimati rispetto ai valori corrispondenti ricavati dalle prove di laboratorio, che rimangono i valori più veritieri.

Per le diverse campagne sono state ottenute le seguenti interpretazioni:

Sondaggio	Profondità (m)	Nspt	γ (t/m ³)	ϕ (°)	C_u (kg/cm ²)
S1 bis	3.00-3.45	10-10-16	2.03	24.7	-
	6.00-6.20	17-R5	2.24	>42	-
S22	5.60-6.05	4-4-6	1.75-1.80	25.5	0.30
	11.50-11.95	16-22-27	1.85-1.90	25.0	0.25
	25.50-25.55	8-9-11	1.80-1.85	26.5	0.20
S2 bis	3.00-3.45	25-40-28	2.19	>42	-
	6.00-6.15	R10	2.24	>42	-
S29_SM_L	1.30-1.75	38-12/R1	2.00	40	-
	3.00-3.45	50/R10	2.00	40	-
	4.50-4.95	10-22-41	2.00	40	-
	6.50-6.95	15-20-28	2.00	-	0.40
	8.00-8.45	18-26-33	2.00	-	0.45
	10.40-10.85	21-30-42	2.00	-	0.50
	12.60-13.05	22-39-45	2.00	-	0.60
	14.60-15.05	25-46-48	2.00	-	0.80

Tabella 7-G: Interpretazione parametrica per le campagne geognostiche.

7.2.2 Prove di Laboratorio

Sui campioni prelevati all'interno dei sondaggi sono state eseguite diverse prove di laboratorio in funzione della natura litologica degli stessi. Di seguito si riporta il riassunto del prelievo di campioni per le campagne geognostiche.

Sondaggio	Profondità (m)	Litologia	Lavorazione
S1 bis	3.00-3.50	Terreno	Si
	5.00-5.50	Terreno	SI
	9.10-10.00	Roccia	Si
S22	5.20-5.60	Terreno	No
	11.00-11.50	Terreno	Si

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 38 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

S2 bis	3.00-3.50	Terreno	Si
	4.50-5.00	Terreno	SI
	6.00-7.00	Roccia	Si
	10.00-11.00	Roccia	Si

Tabella 7-H: Prelievo dei campioni per le campagne geognostiche.

Dei campioni prelevati sono stati sottoposti a prove di laboratorio tutti i campioni del sondaggio S1 bis, il secondo campione S22 e tutti quelli del sondaggio S2 bis. A seconda della litologia dei campioni, i terreni in terra sono stati caratterizzati da un punto di vista fisico, mentre su quelli in roccia sono state eseguite prove di assorbimento dell'acqua.

Per il campione in roccia di S1 bis sono stati ottenuti i seguenti valori:

Campione	Profondità (m)	Peso naturale (Mg)	Peso imbibito (Mg)	Point Load assiale Is50 medio (MPa)	Point Load diametricale Is50 medio (MPa)
C1	9.10-10.00	4.500E-04	4.850E-04	-	-

Tabella 7-I: Tabella riassuntiva caratterizzazione fisica dei campioni litoidi di S1 bis.

Per i campioni in roccia di S2 bis sono stati ottenuti i seguenti valori:

Campione	Profondità (m)	Peso naturale (Mg)	Peso imbibito (Mg)	Point Load assiale Is50 medio (MPa)	Point Load diametricale Is50 medio (MPa)
C1	6.00-7.00	3.653E-04	4.012E-04	-	-
C2	10.00-11.00	3.552E-04	3.842E-04	-	-

Tabella 7-J: Tabella riassuntiva caratterizzazione fisica dei campioni litoidi di S2 bis.

Per i campioni in terra del sondaggio S1 bis sono state eseguite prove di caratterizzazione fisica. Di seguito si riportano riassunti i risultati:

Campione	Profondità (m)	Peso di volume dei grani gs (kN/m ³)	Granulometria			
			G (%)	S (%)	L (%)	A (%)
CR 1	3.00-3.50	-	61	25	-	-
CR 2	5.00-5.50	26.87	19	12	42	27

Tabella 7-K: Tabella riassuntiva caratterizzazione dei campioni del S1 bis.

Per il campione in terra del sondaggio S22 sono state eseguite prove di caratterizzazione fisica e meccanica. Per quanto inerente la prova di taglio diretto, in prima ipotesi, i parametri a rottura di seguito esposti sono relativi al best fit matematico. Di seguito si riportano riassunti i risultati:

Campione	Profondità (m)	IP (%)	LL (%)	Granulometria				Resistenza al taglio residua	Taglio diretto
				G (%)	S (%)	L (%)	A (%)		
C2	11.00-11.50	20.12	67.46	0.12	0.68	31.26	67.93	ϕ 23.1 ° C'4 kPa	ϕ 24.3 ° C'13.9 kPa

Tabella 7-L: Tabella riassuntiva caratterizzazione dei campioni del S22.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 39 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Per i campioni in terra del sondaggio S2 bis sono state eseguite prove di caratterizzazione fisica. Di seguito si riportano riassunti i risultati:

Campione	Profondità (m)	Granulometria			
		G (%)	S (%)	L (%)	A (%)
C1	3.00-3.50	70	17	-	-
C2	4.50-5.00	45	28	-	-

Tabella 7-M: Tabella riassuntiva caratterizzazione dei campioni del S2 bis.

7.2.3 Tomografie elettriche

Le prospezioni geoelettriche, eseguite mediante un dispositivo multielettrodo, contengono una ricostruzione dell'andamento della resistività apparente lungo una sezione orizzontale sino alla massima profondità ottenibile in rapporto al tipo di array utilizzato (configurazione elettrodo), alla lunghezza dello stendimento e alla resistività dei terreni.

Per l'acquisizione si utilizza uno stendimento lineare di elettrodi equidistanti collegati, tramite un cavo multi-conduttore, ad un resistivometro e una batteria. Attraverso una centralina elettronica di commutazione è possibile selezionare gli elettrodi di corrente e quelli di potenziale secondo la geometria di acquisizione impostata. I dati ottenuti sono infine processati attraverso un metodo detto d'inversione per la ricostruzione della pseudosezione elettrica.

Tomografie elettriche

Nel sito d'investigazione è stata effettuata una tomografia elettrica durante la campagna 2023, denominata ERT17_SM_L. Le caratteristiche d'acquisizione sono di seguito riassunte:

Profilo elettrico	Tipologia Array	Direzione*	Profondità d'investigazione (m)	Lunghezza stesa (m)
ERT17_SM_L	Wenner	Longitudinale	80	475

*Riferito all'orientamento del metanodotto

Tabella 7-N: Caratteristiche tomografia elettrica

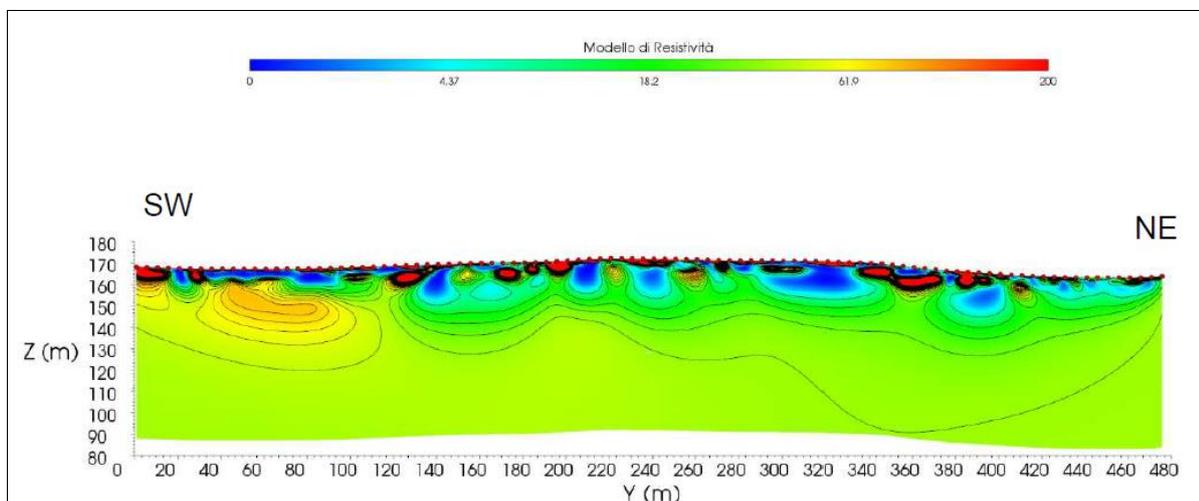


Figura 7-B: Tomografia elettrica ERT17_SM_L

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 40 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

La pseudosezione geoelettrica mostra una grande variabilità longitudinale soprattutto tra i primi 10/20 m di profondità. Infatti, si nota una distribuzione dei valori di resistività molto ampia associabile alla presenza sia di terreni con caratteristiche coesive come argilla e argilla limosa, sia di terreni di natura incoerente come sabbie limose e ghiaie/ghiaie sabbiose. Tra i 20 e i 30 m, invece, le misure risultano maggiormente omogenee e possono essere associate ad argilliti o a marne. Tale distinzione non è possibile al di sotto dei 30 m in cui compare un substrato roccioso omogeneo.

7.2.4 Prospezioni sismiche

Per una migliore caratterizzazione geotecnica dei litotipi, al fine di risalire alla potenza degli strati, per individuare il substrato litoide, per definire i caratteri elastodinamici e sismostratigrafici del terreno, è stata condotta, durante la campagna ATI, un'indagine sismica la quale consta di una prospezione sismica a rifrazione denominata SIS 11. La prospezione sismica è stata condotta eseguendo sia il profilo longitudinale che trasversale. Le prove sismiche sono state realizzate mediante stese di sensori rilevatori di velocità del moto del suolo (geofoni) infissi nel terreno, ad oscillazione verticale, per il rilievo delle onde elastiche longitudinali (P). I segnali dei vari sensori sono stati acquisiti e digitalizzati da un'unità centrale (sismografo).

Il metodo si basa sulla determinazione dei primi tempi di arrivo delle onde longitudinali provocate da perturbazioni artificiali (Shots) ubicate in linea alle stese di geofoni. I segnali di primo arrivo possono attribuirsi alle onde longitudinali che giungono ai geofoni in maniera diretta attraversando il terreno, o ai raggi rifratti in profondità, nel caso in cui si verifica un aumento di velocità in tale direzione. I modelli finali consentono di determinare le velocità con le quali tali tipologie di onde elastiche si propagano nel sottosuolo.

Prospezione sismica SIS11-SIS11T

Le caratteristiche della prospezione SIS 11 e SIS11T sono di seguito riassunte:

Profilo sismico	Tipologia	Direzione*	Profondità d'investigazione (m)	Lunghezza stesa (m)
SIS11	Rifrazione	Longitudinale	35	120
SIS11 T	Rifrazione	Trasversa	47	120

*Riferito all'orientamento del metanodotto

Tabella 7-O: Caratteristiche profilo sismico SIS11 – SIS11T.

I modelli di velocità ottenuti hanno consentito d'investigare una profondità massima di circa 47 metri. S'individua un orizzonte sismico superficiale, dove le velocità delle onde longitudinali (V_p) variano tra 200 m/sec e 800 m/sec, e possono essere associate alla coltre eluvio-colluviale e di frana. Nei due orizzonti sismici sottostanti si registra un aumento delle velocità delle onde di compressione (V_p), che raggiungono massimi di 1800 m/sec e possono essere associate ad argille limose, alterate nella parte superiore. Sotto quest'orizzonte sismico si riscontra un ulteriore aumento delle velocità delle onde P, che raggiungono valori superiori ai 3500 m/sec nella parte inferiore del modello di velocità SIS11T. le velocità registrate sono riferibili a litotipi a depositi litificati a vario grado di fratturazione, con diminuzione relativa dello stato di fratturazione con la profondità.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 41 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

Nella Tabella 7-P vengono forniti i moduli elastici dinamici indicativi dei terreni, calcolati a partire dalle velocità medie delle onde longitudinali per gli orizzonti sismici dei modelli. Tali orizzonti sono stati definiti tenendo conto dei valori e dei gradienti di velocità, nonché dal contesto geologico ricavato dalle stratigrafie riscontrate nelle perforazioni a carotaggio continuo e a informazioni di carattere bibliografico (Carta geologica d'Italia n. 108 Mercato Saraceno). I coefficienti di Poisson adottati sono stati dedotti dalla letteratura tra quelli più attinenti alle litologie in esame.

SIS11-SIS11T	Coltre eluvio-colluviale e di frana	Argille limose alterate	Argille limose consistenti	Argille marnose e marne argillose molto fratturate	Argille marnose e marne argillose fratturate	Argille marnose e marne argillose
Coefficiente di Poisson μ	0,450	0,430	0,425	0,300	0,295	0,290
Velocità onde longitudinali V_p (m/sec)	450	1000	1500	2100	2600	3500
Velocità onde trasversali V_s (m/sec)	136	350	542	1122	1402	1903
Peso di volume γ (g/cm ³)	1,80	1,90	2,00	2,10	2,30	2,30
Modulo di Young Edin (MPa)	98,0	680,3	1705,2	7012,8	11417,3	19058,0
Modulo di Rigidità G (MPa)	33,1	237,9	598,3	2697,2	4408,2	7386,8

Tabella 7-P: Interpretazione del profilo sismico SIS9.

7.3 Modello litotecnico

L'analisi delle risultanze delle indagini (dirette e indirette) e delle prove geotecniche di laboratorio eseguite hanno consentito la ricostruzione di un modello geotecnico relativamente al sito progettuale.

La caratterizzazione geotecnica di questi corpi è stata definita mediante l'interpretazione dei dati ottenuti nelle indagini penetrometriche S.P.T. e nelle indagini di laboratorio.

I parametri geotecnici determinati sono i seguenti:

- γ = peso di volume;
- c' = coesione drenata;
- ϕ' = angolo d'attrito interno;

I riferimenti alla consistenza dei terreni coesivi sono rispondenti alla classificazione di Terzaghi e Peck 1967 e per la densità dei terreni granulari si fa riferimento a Terzaghi-Peck 1948.

Unità 1 – Ghiaie e ciottoli con sabbia e sabbie limose sciolte (alluvioni) – spessore variabile

Dati da sondaggio S1bis e S2bis

$$\gamma = 19 - 23 \quad \text{kN/m}^3$$

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48"), DP 75 bar	Fg. 42 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

$c' = 0$ MPa

$\phi' = 30 - 38$ °

Nota: lenti limoso-argillose, di spessore limitato, a bassa consistenza e caratteristiche geotecniche più scadenti possono essere incluse all'interno delle sabbie

Unità 2 – Argilla limosa da consistente a molto consistente - spessore 22 m circa.

Dati da sondaggio S1bis e S2 bis

$\gamma = 19 - 20$ kN/m³

$c' = 10$ MPa

$\phi' = 24 - 25$ °

$C_u = 100-150$ KPa

Unità 3 – Alternanze di siltite marnosa, arenarie, marne in strati a potenza variabile da compatti a fratturati (bedrock litoide e coltre superficiale alterata e/o molto fratturata) – spessore non definito.

Dati da sondaggio S1bis, S2bis e S22

$\gamma = 22 - 26$ kN/m³

$c' = 0 - 2$ MPa

Nota: i valori inferiori e maggiori sono associati rispettivamente agli orizzonti superficiali fratturati più alterati e all'ammasso litoide meno alterato. Il grado di alterazione, la caratterizzazione litologico-strutturale (struttura dei giunti e loro orientamento spaziale, minerali componenti, grado di alterazione, omogeneità della roccia) è in prima ipotesi stimabile in riferimento alle risultanze delle indagini eseguite.

$\phi' = 22 - 30$ °

Nota: i valori inferiori sono associati agli orizzonti pelitico-marnosi e i valori maggiori a quelli arenacei.

La roccia integra, caratterizzata mediante prove di point load, presenta:

$\sigma_f = 7 - 30$ Mpa

I valori indicati fanno riferimento a quanto indagato nella porzione più superficiale della formazione e pertanto le caratteristiche tendono nel complesso a migliorare con la profondità, come evidenziato indirettamente dalle prove geofisiche eseguite.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 43 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

8 GEOMETRIA E MODALITÀ ESECUTIVE DELL'ATTRAVERSAMENTO

8.1 Modalità esecutive dell'attraversamento

L'attraversamento in oggetto è previsto mediante la realizzazione di un'unica trivellazione con tecnica "microtunnelling".

Nell'elaborato grafico di dettaglio Dis. 22358-10-LB-18E-81244 oltre alla geometria dell'attraversamento sono riportate le seguenti informazioni di progetto:

- Diametro interno e/o esterno, spessore e tipo di acciaio della condotta di linea;
- Diametro esterno, spessore e lunghezza dei conci in c.a.;
- Lunghezza complessiva del microtunnel in c.a. e lunghezze parziali dei tratti rettilinei;
- Angoli di ingresso e uscita e raggio di curvatura;
- Copertura minima dal piano campagna;
- Dimensioni indicative delle postazioni di partenza e d'arrivo;

Le coperture del tunnel rispetto al piano campagna sono da considerarsi valori minimi da rispettare durante l'esecuzione del tunnel.

La geometria finale esecutiva sarà verificata e stabilita dalla ditta esecutrice sulla base di dettagliate indagini geognostiche e dallo stato dei luoghi al momento della realizzazione dell'opera (come, ad esempio, la presenza di aree allagate, altezza della falda, ecc.).

8.2 Descrizione delle fasi di lavorazione

Il sistema di costruzione mediante microtunnelling permette la realizzazione della posa della condotta in sottoterraneo senza la necessità di scavi a cielo aperto, i quali saranno realizzati solamente in prossimità della postazione di partenza e di arrivo dell'apparato fresante. Tale tecnologia prevede una perforazione direzionale del sottosuolo e la progressiva installazione di conci prefabbricati in c.a. aventi diametro maggiore della condotta in progetto (Figura 8-A). Per conci in c.a. si intendono degli elementi tubolari interi in cemento armato che, preceduti da un apparato fresante, vengono spinti progressivamente nel terreno ed entro i quali sarà successivamente inserita la condotta in progetto.

Al fine di limitare le sollecitazioni sui conci potranno essere installate delle stazioni di spinta intermedie.

Per l'esecuzione del Microtunnel si opererà secondo le modalità qui di seguito descritte:

8.2.1 Preparazione aree di cantiere

Per la preparazione dei siti previsti per l'installazione delle aree di cantiere si prevedono i seguenti lavori:

- sistemazione/realizzazione di strade di accesso;
- rimozione di eventuali ostacoli;
- eventuali spianamenti del terreno;
- prosciugamento delle aree destinate all'alloggiamento delle postazioni di partenza e arrivo (operando sotto falda);

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 44 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

- eventuale drenaggio (da prevedersi in caso di aree con rischio di allagamento);
- preparazione delle aree per l'alloggiamento di containers e stoccaggio materiali;
- preparazione aree destinate allo stoccaggio dello smarino;
- installazione del cantiere.

8.2.2 Postazione di partenza ed installazione delle apparecchiature

La realizzazione della postazione di partenza, prevista per il progetto, prevede l'esecuzione delle seguenti attività:

- realizzazione della postazione di trivellazione interrata mediante l'installazione di strutture di contenimento verticali e del piano di calpestio con tipologie adeguate a resistere ai carichi esterni, alla spinta delle terre ed alle spinte idrostatiche.
- esecuzione della postazione di partenza per l'alloggiamento della macchina di spinta;
- delimitazione e chiusura, con apposita recinzione, delle aree di cantiere e di scavo;
- costruzione soletta di base per appoggio strutture di spinta e alloggiamento guide in acciaio;
- installazione degli elementi per la guida delle apparecchiature di perforazione;
- installazione apparecchiature di spinta;
- installazione delle apparecchiature di perforazione;
- installazione del sistema di trasporto a giorno dello smarino mediante sistema idraulico;
- installazione di attrezzature e strumentazioni varie;
- apertura foro nella parete frontale;
- messa in opera dell'anello di guida e della guarnizione tenuta;
- installazione sistema di controllo della direzione.

8.2.3 Elementi tubolari in c.a.

Gli elementi tubolari impiegati per il rivestimento del tunnel sono in c.a. vibrati, calcolati per resistere alla spinta assiale prodotta dalla stazione di spinta durante la messa in opera degli elementi stessi, ed ai carichi superiori, gravati secondo quanto stabilito dalle vigenti norme.

8.2.4 Esecuzione del Microtunnel

Scavo del tunnel

Lo scavo del tunnel avviene mediante l'avanzamento di uno scudo cilindrico a cui è applicata frontalmente una fresa rotante dello stesso diametro dello scudo.

Durante la fase di scavo, la testa della macchina è quindi lubrificata con una miscela di bentonite e acqua, trasportata tramite un sistema di circolazione chiuso.

La testa della macchina di scavo opera sotto una campana di aria compressa o di una miscela di acqua/bentonite; comunque è tenuta sempre in pressione. L'avanzamento della testa fresante avviene mediante la spinta degli elementi tubolari in c.a. che vengono successivamente infissi dalla postazione di spinta.

Infissione degli elementi tubolari nel terreno

Per l'avanzamento degli elementi tubolari in c.a. è utilizzata una unità spingitubo collocata all'interno del pozzo di spinta. L'unità di spinta è composta da martinetti idraulici montati su un

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 45 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

telaio metallico, da un anello di spinta mobile posto davanti ai martinetti idraulici e da una parete metallica di spinta fissa posta dietro i martinetti.

Quando un elemento è completamente spinto nel terreno, i martinetti idraulici e l'anello di spinta sono retratti per l'inserimento di un nuovo elemento.

Il nuovo elemento è calato all'interno del pozzo e incastrato all'estremità dell'elemento precedente. Non appena ultimato l'incastro la spinta riprende.

Per ridurre l'attrito tubo/terreno è impiegata una miscela bentonitica come lubrificante esterno. Le giunzioni tra i conci in c.a. sono di tipologia idonea per consentire la deviazione angolare del microtunnel e la tenuta idrica. L'incastro ed il centraggio tra due tubi successivi sono garantiti mediante un'opportuna sagomatura dei bordi oppure con collari di acciaio annegati nel getto.

Trasporto a giorno dello smarino tramite sistema idraulico

Il materiale scavato viene evacuato dalla parte anteriore dello scudo e portato in una unità di frantumazione. Il materiale frantumato viene miscelato con acqua e formare una miscela fluida (slurry) e quindi smaltita all'esterno attraverso un sistema di riciclo fino ad una unità di dissabbiatura e decantazione in apposita vasca impermeabilizzata.

8.2.5 Controlli

Essendo necessario il controllo in tempo reale della direzionalità del microtunnel durante l'operazione di spinta, viene approntato un sistema computerizzato di elaborazione dati rilevati mediante puntamento ottico e laser o sistema di auto-guida.

L'operatore addetto alla verifica opera con continuità sulla consolle di comando per le necessarie correzioni.

8.2.6 Esecuzione postazione di uscita

Nel punto terminale del tunnel si provvede all'esecuzione della postazione di arrivo per il recupero dello scudo e delle apparecchiature di scavo. Nel caso risulti necessario, in relazione alle condizioni geologiche locali, si può prevedere il consolidamento del terreno, in adiacenza al punto di uscita della testa fresante.

8.2.7 Posizionamento del metanodotto nel Microtunnel

La posa della condotta nel tunnel viene effettuata "varando" una colonna prefabbricata in esterno, oppure realizzando le saldature in corrispondenza dell'estremità del tunnel stesso.

La condotta è separata dalla parete del microtunnel mediante distanziatori in malta poliuretanicca gettati in opera posti ad un determinato interasse con resistenze caratteristiche adeguate alle sollecitazioni a cui sono sottoposti durante le operazioni di varo.

8.2.8 Riempimento intercapedine tra gli elementi del Microtunnel ed il terreno

Lo spazio presente tra la parete esterna degli elementi del Microtunnel e il terreno viene saturato mediante iniezione di bentonite e/o boiaccia di cemento attraverso appositi ugelli predisposti nei tubi in c.a.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 46 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

8.2.9 Intasamento del Microtunnel

Dopo le operazioni di infilaggio del tubo in acciaio e dei tubi portacavi, l'intercapedine tra la parete interna del Microtunnel ed i tubi suddetti viene intasata con miscele cementizio/bentonitiche realizzate secondo le specifiche previste dal Cliente.

Preliminarmente alle operazioni d'intasamento, vengono realizzate, in corrispondenza delle due estremità, le strutture per il contenimento all'interno del tunnel della miscela fluida.

8.2.10 Ripristino delle aree di cantiere e demolizione delle opere in c.a.

A fine dei lavori, tutte le aree di cantiere interessate vengono ripristinate per ricostituire la morfologia originaria del terreno. Vengono inoltre realizzate le opere previste per il recupero ambientale delle aree interessate dai lavori.

Vengono ripristinati tutti gli accessi temporanei agli imbocchi utilizzati in corso di esecuzione di lavori, in modo da restituire le originarie morfologie alle aree interessate dai lavori.

Le opere in c.a. vengono demolite quanto più possibile e comunque per una profondità minima di 1.50 m dal piano campagna originale, fatto salvo le parti la cui demolizione potrebbe non essere funzionale all'esercizio del Microtunnel.

8.2.11 Descrizione dei mezzi d'opera

Questa metodologia di attraversamento prevede due aree di lavoro ubicate alle due estremità del "microtunnel"; la principale, quella dove alloggia la "postazione di partenza" che ha una dimensione di circa 15 m x 6 m, mentre dalla parte opposta, dove è ubicata la postazione di arrivo è allestita un'area di lavoro minore, pari a circa 10 m x 6 m.

Unità generatore

L'unità generatore ha bisogno di produrre l'energia necessaria al funzionamento dell'impianto ed è generalmente costituita da una serie di motori diesel; l'energia viene trasmessa alla testa di perforazione e a tutti gli impianti del cantiere tramite la cabina di manovra detto anche "container comando".

Cabina di manovra

La cabina di manovra contiene tutti i dispositivi necessari per manovrare l'unità di spinta (martinetti idraulici), la consolle di guida della testa di perforazione e quant'altro per il controllo di tutti i parametri di trivellazione.

Mezzo di sollevamento

Un mezzo di sollevamento serve per la movimentazione dei conci in c.a. precedentemente stoccati nelle vicinanze.

Unità fanghi e vibrovaglio

Questa attrezzatura consente la continua riutilizzazione dell'acqua per il circuito dei fanghi e nel contempo la separazione della porzione solida contenuta nei fluidi di perforazione per avviarla a scarica; l'unità è costituita da una o più vasche nelle quali vengono fatte decantare e/o filtrati per mezzo di vibrovagli i fluidi provenienti dal circuito di smarino: tramite pompe sommerse comandate dall'operatore i fanghi ripuliti vengono re-immessi nel circuito di mandata dell'acqua; in presenza di materiali fini come argille e limi, l'azione di separazione dei materiali solidi viene rafforzata con l'uso di cicloni centrifughi; tutto il materiale di risulta del processo descritto

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 47 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

pocanzi viene stoccato temporaneamente in un'area del cantiere apposita per poi essere trasportata definitivamente in discarica autorizzata;

Area ricambi-materiali

L'area ricambi-materiali è costituita da più container con tutte le attrezzature del caso ed eventuali ricambi delle macchine operatrici.

Area spogliatoi, uffici e servizi

Questa zona è a uso degli operatori.

Impianto di confezionamento miscela bentonitica

Dopo il varo della condotta di linea avviene intasamento del microtunnel tramite un impianto di confezionamento del tipo automatico in grado di preparare con costanza e precisione la miscela prevista, caricando e pesando i componenti ed eseguendo la miscelazione tramite cicloni ad elevata turbolenza.

Successivamente alla realizzazione del microtunnel in questa area saranno ubicate le apparecchiature per la prefabbricazione delle stringhe di tubo (saldatrici) e per il successivo varo (mezzi di sollevamento).

Postazione di arrivo

L'area della postazione di arrivo ospita invece essenzialmente la trincea necessaria per il recupero della testa di perforazione, un'area pezzi di ricambio e stoccaggio materiali più un mezzo di sollevamento.

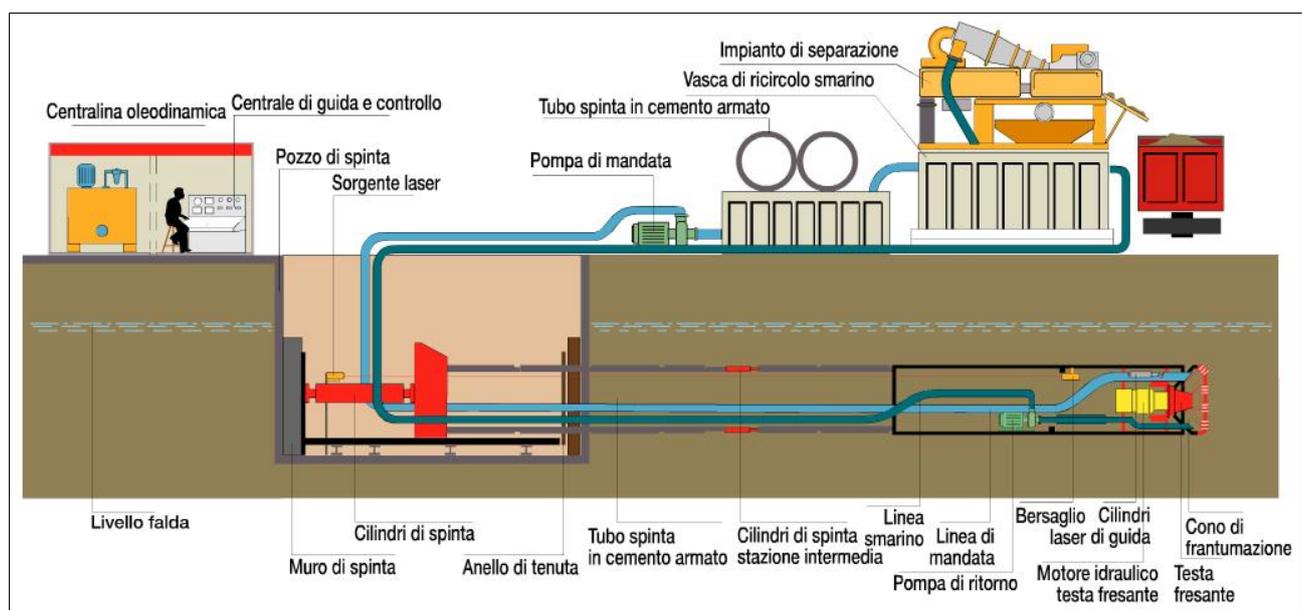


Figura 8-A: Tipica configurazione di cantiere per la realizzazione di un microtunnel in c.a. (fonte: Icop S.p.A.).

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 48 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

9 CONCLUSIONI

Nell’ambito della progettazione del metanodotto “Sestino-Minerbio DN 1200 (48”), DP 75 bar”, all’interno del territorio comunale di Sant’Agata Feltria (RN), è stata prevista la realizzazione di un microtunnel avente una lunghezza planimetrica complessiva di circa 493 m, al fine di attraversare un’area collinare caratterizzata da alcune criticità geomorfologiche.

Dal punto di vista geologico, il settore interessato dalla trenchless in progetto è caratterizzato da un substrato costituito dalla formazione di Ghioli di Letto (GHL) e dal sottostante flysch marnoso arenaceo - Membro di Borgo Tossignano (FMA14) nella sua facies prevalentemente marnosa. Questi terreni, che risultano prevalenti nel volume geologico significativo dell’opera in progetto, presentano un andamento monoclinico immergente verso sud-ovest. Depositi quaternari continentali, ascrivibili al Subsistema di Ravenna (AES8 e AES8a), sono presenti in superficie, in corrispondenza dell’estremità dell’opera in progetto.

La circolazione idrica principale, presente nei depositi alluvionali superficiali, è legata al regime idrico del Fiume Marecchiola. Per quanto inerente gli aspetti idrogeologici, nel bedrock litoide, comunque in connessione idraulica con le suddette alluvioni, si distinguono i litotipi prevalentemente marnoso-pelitico a bassa permeabilità primaria ed i depositi arenacei a maggiore conducibilità idraulica. Su tali litotipi la fratturazione, quando molto spinta, tende ad aumentare significativamente la permeabilità secondaria dell’ammasso e, generalmente, tale effetto risulta maggiore negli spessori superficiali ove le fessure tendono ad essere beanti a causa della minore pressione litostatica. In tale contesto, l’assetto idrogeologico locale è caratterizzato da varie circolazioni idriche profonde nei livelli più permeabili della Formazione Marnoso-Arenacea, nonché da flussi nella porzione più superficiale e fratturata della formazione suddetta.

La consultazione del Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) e del catalogo I.F.F.I. ha consentito di verificare interferenze planimetriche dell’opera in progetto con aree a pericolosità da frana (P.A.I.) e a pericolosità idraulica (P.G.R.A.).

Dal punto di vista geotecnico, i depositi flyschoidi rientrano nella categoria dei litotipi complessi in relazione sia alle ritmiche variazioni litologiche, sia in relazione alla “strutturazione”, intesa come micro e macro fratturazione dell’ammasso per azioni tettoniche, predisponendo ad un maggior decadimento delle caratteristiche geotecniche ed un potenziale aumento della conducibilità idraulica.

Dall’analisi del database D.I.S.S. (INGV) si evince che il sito interessato dalla realizzazione dell’opera risulta non ricadere all’interno di sorgenti sismogenetiche.

Il database ITHACA (ISPRA) tiene conto invece delle faglie capaci, cioè le faglie che potenzialmente possono creare deformazione permanente in superficie, al di là della natura strutturale. Dall’analisi della suddetta banca dati si evince che lo sviluppo longitudinale della trenchless in progetto non risulta intersecare faglie capaci.

Pertanto, sulla base di quanto descritto, la realizzazione della trenchless prevede l’attraversamento di strati a differente competenza, da gestire con idonea strumentazione e utensili di scavo, in relazione alla resistenza intrinseca della natura litoide, agli aspetti giacitureali nonché al grado di cementazione e fratturazione, volgendo particolare attenzione alle estremità

Documento di proprietà Snam S.p.A. La Società tutelerà i propri diritti in sede civile e penale a termini di legge.

T.EN ITALY SOLUTIONS S.p.A. - 00148 ROMA - Viale Castello della Magliana, 68

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 49 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

dell'opera in progetto, in quanto caratterizzate da parametri geotecnici inferiori e da circolazione idrica.

Gli eventuali pareri di compatibilità saranno acquisiti presso gli enti prima dell'esecuzione dell'opera in progetto. Dalle indagini eseguite, la trenchless in progetto è stata posata al di sotto dei corpi di frana perimetrati e studiati in fase di progettazione. Per quanto concerne l'attraversamento del corso d'acqua, la quota di posa è a profondità tale da garantire la sicurezza della condotta nei confronti dei processi erosivi, in accordo ai tempi di ritorno previsti dalle NTA delle AdB di competenza. Ulteriori indagini sono a carico dell'appaltatore che avrà cura di verificare le ipotesi su cui l'opera è stata progettata.

In definitiva, in virtù di quanto esposto negli approfondimenti specifici del presente documento, è possibile affermare che, per quanto concerne l'assetto geologico dell'area in esame, desunto dai sopralluoghi e dalle indagini eseguite, sussistono le condizioni di fattibilità dell'opera secondo la geometria di progetto e i dovuti accorgimenti tecnico-costruttivi.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 50 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

10 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 (Servizio Geologico d'Italia e Progetto CARG);
- Carta geologica regionale alla scala 1:10.000 (Carta geologica regionale alla scala 1:10.000 (Regione Emilia-Romagna);
- CPTI 2015, INGV. Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani;
- Database of Individual Seismogenic Sources (DISS, INGV). Servizi webgis;
- Database Italy Hazard from Capable faults (ITHACA, ISPRA). Servizi webgis;
- Database Centro Nazionale Terremoti (CNT, INGV);
- Gargini A. et al., 2009. “Le gallerie TAV attraverso l’Appennino toscano: impatto idrogeologico ed opere di mitigazione”.
- Massime intensità macrosismiche relativamente al territorio italiano (GNDD, ING, SSN);
- Piano stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.). Regione Emilia-Romagna. Servizi wms e shapefile.

	PROGETTISTA:  	COMMESSA NQ/R22358	UNITÀ ----
	LOCALITÀ: REGIONI Toscana - Emilia-Romagna	10-LA-E-80023	
	PROGETTO: METANODOTTO SESTINO-MINERBIO DN 1200 (48”), DP 75 bar	Fg. 51 di 51	Rev. 4

Rif. T.EN ITALY SOLUTIONS: 2295-302-CN-1441-13

11 ANNESSI

- Annesso 1 – Stratigrafie sondaggi e foto cassette catalogatrici
- Annesso 2 – Certificati di laboratorio
- Annesso 3 – Prova ERT
- Annesso 4 – Prospezione sismica
- Annesso 5 – Sezione geologica