

 SGI Società Gasdotti Italia S.P.A.	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 1 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

GASDOTTI LUCERA – SAN PAOLO DI CIVITATE
DN 300 (12"), DP 75 bar
E OPERE CONNESSE:

Tratto Lucera-Foggia (TRATTO 1)
DN 300 (12"), DP 75 bar

Tratto Foggia-San Severo (TRATTO 2)
DN 300 (12"), DP 75 bar

Tratto San Severo-Apricena (TRATTO 3)
DN 300 (12"), DP 75 bar

Tratto Apricena-San Paolo di Civitate (TRATTO 4)
DN 300 (12"), DP 75 bar

Bretella in Comune di Foggia (Bretella 1)
DN 100 (4"), DP 75 bar

Bretella in Comune di San Severo (Bretella 2)
DN 100 (4"), DP 75 bar

Bretella in Comune di Apricena (Bretella 3)
DN 100 (4"), DP 75 bar

APPROFONDIMENTI TEMATICI RELATIVI ALLA RICHIESTA MITE

Richiesta "Parere n. 462 del 6 aprile 2022"
Componente geologica(condizione ambientale n.1): interferenza del
tracciato con aree in dissesto

0	Emissione per Enti	A. Tiesi	G. Vecchio	H.D. Aiudi	23/12/2022
Rev.	Descrizione	Elaborato	Verificato	Approvato	Data

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 2 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

INDICE

1	INTRODUZIONE	3
1.1	Generalità.....	3
1.2	Scopo del lavoro.....	5
1.3	Quadro normativo.....	6
2	CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE DEI TRACCIATI	8
2.1	Interazione delle opere in progetto con le aree a pericolosità da frane e indagini geognostiche	10
2.2	Interazione con area a pericolosità geomorfologica P.G.1 (4+901-5+305 Tratto 1 “Lucera-Foggia”)	13
2.3	Interazione con area a pericolosità geomorfologica P.G.1 (6+373-6+611, 8+340-10+567, 10+831-15+426 Tratto 4 “Apricena-San Paolo di Civitate”)	14
3	FATTIBILITÀ TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA	30
3.1	Modello geologico	30
3.2	Metodologia Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.).....	30
3.3	Analisi di fattibilità geologica	32
4	VERIFICA DI STABILITÀ	36
4.1	Cenni teorici.....	37
4.2	Verifica	38
4.2.1	Assunzioni di calcolo.....	38
4.2.2	Risultati.....	39
5	CONCLUSIONI	42
6	ANNESI	44

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 3 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

1 INTRODUZIONE

1.1 Generalità

L'opera in progetto consiste nella realizzazione del “Gasdotto Lucera-San Paolo di Civitate, DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse”, il quale si sviluppa all'interno della regione Puglia e in particolare interessa la provincia di Foggia, con andamento in senso gas:

- Ovest-Est nel tratto Lucera-Foggia (tratto 1);
- Sud-Nord nei tratti Foggia-San Severo (tratto 2) e San Severo-Apricena (tratto 3);
- Est-Ovest nel tratto Apricena-San Paolo di Civitate (tratto 4).

Il gasdotto principale si sviluppa per un totale di circa 70 km partendo dal collegamento alla rete esistente in prossimità di Lucera, sviluppandosi dapprima in direzione di Foggia, poi in direzione nord in parallelo all'autostrada A14 fino ad Apricena, infine in direzione ovest si va a ricollegare alla rete SGI esistente nel comune di San Paolo Civitate.

Oltre ai quattro tratti della linea principale, sono previste n. 3 bretelle aventi diametro DN 100 (4”), DP 75 bar che si sviluppano per una lunghezza complessiva pari a circa 22 km.

La Bretella 1 e la Bretella 3 si sviluppano con andamento senso gas prevalentemente Ovest-Est, mentre la Bretella 2 si sviluppa con andamento Sud/Ovest-Nord/Est.

Inoltre, l'opera in progetto sarà resa piggabile mediante la realizzazione di n. 4 stazioni di lancio e ricevimento pig.

L'opera è soggetta a screening di Valutazione d'Incidenza, la quale viene ricompresa nella procedura di verifica di assoggettabilità a V.I.A. (Screening) (D.Lgs.120/2003).

La procedura di verifica di assoggettabilità a Valutazione di Impatto Ambientale si è conclusa con esito positivo con prescrizioni e l'ottenimento del decreto di non assoggettabilità a V.I.A n.75 del 27/05/2022.

Dovranno essere ottemperate le condizioni ambientali di cui al parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS n. 462 del 6 aprile 2022 (ID_VIP: 6067), assunto al prot. 46098/MiTE in data 14 aprile 2022.

All'interno del contenuto viene riportato quanto segue:

“Compatibilità idraulica e rischio geologico e idrogeologico:

[...] omiss

Relativamente a geologia e acque sotterranee, il tracciato in progetto intercetta faglie attive, aree in dissesto o a maggiore criticità geomorfologiche, una falda libera superficiale ed una sorgente.

Di seguito si evidenziano alcune criticità riscontrate.

- Attraversamento di aree a pericolosità di frana

Altra importante criticità riscontrata, sono gli attraversamenti delle aree in dissesto segnalate nel PAI. Uno di questi è rappresentato dal versante argilloso che degrada verso il fondovalle del Fiume Fortore, il quale si presenta fortemente dissestato e, pertanto, per ovviare a tale criticità geomorfologica si è ricorsi a posizionare il metanodotto al di sotto dei potenziali piani di scivolamento, mediante la realizzazione di una TOC. Tale trivellazione avrà lunghezza prevista di circa 900 metri, la quale permetterà di porre la condotta a profondità di sicurezza, escludendo eventuali interferenze con i dissesti superficiali attivi o di probabile attivazione che interessano il versante in oggetto. Tale tipologia di perforazione dell'opera dovrà essere confermata dai risultati della campagna di indagini geognostiche in corso di esecuzione, consistenti in 3 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese tra 25 e 40 metri

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 4 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

dal piano campagna e da una prospezione sismica a rifrazione per tutta la lunghezza della "trenchless". A tal fine, si consiglia di attrezzare i fori di sondaggio con tubi inclinometrici, in modo da identificare la profondità del piano di scivolamento, e conseguentemente di definire la profondità di scavo, oltre a consentire il monitoraggio del fenomeno franoso "pre" e "post operam".

[...] omiss

La sottocommissione VIA, ACCERTA, per le ragioni in premessa indicate sulla base delle risultanze dell'istruttoria che precede, che qui si intendono integralmente riportate quale motivazione per presente provvedimento che il progetto dal titolo denominato "Gasdotto "Lucera - San Paolo di Civitate" DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse" non determina potenziali impatti ambientali significativi e negativi e, pertanto, non deve essere sottoposto al procedimento di VIA secondo le disposizioni di cui al Titolo III della Parte Seconda del D.Lgs.n.152/2006 e s.m.i. [...], ritenendo comunque necessario che si provveda: a dar seguito alle Condizioni Ambientali prescritte dalla Regione Puglia e dal Ministero della Cultura; all'osservanza delle seguenti ulteriori Condizioni Ambientali, nel senso sopra chiarito e meglio specificato nel quadro prescrittivo sottostante:

➤ **Condizione ambientale n. 1**

- *Macrofase: Ante-operam*
- *Fase: progettazione esecutiva*
- *Ambito di applicazione: ambiente idrico*
- *Oggetto della prescrizione:*
 - [...] omiss
 - *La tipologia di perforazione dell'opera trenchless dovrà essere confermata dai risultati della campagna di indagini geognostiche in corso di esecuzione, consistenti nell'esecuzione di n. 3 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese tra 25 metri e 40 metri dal piano campagna e da una prospezione sismica a rifrazione per tutta la lunghezza della trenchless.*
 - *Devono essere rispettate tutte le Condizioni Ambientali introdotte nei contributi espressi dalla Regione Puglia e deve essere acquisito il parere dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.*

Si precisa che, per come evidenziato nel parere, il progetto attuale recepisce le Condizioni Ambientali espresse nel parere della Regione Puglia.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 5 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

1.2 Scopo del lavoro

La presente relazione analizza le interferenze del tracciato in progetto con le aree in dissesto nell'ambito del progetto di realizzazione del gasdotto “Lucera-San Paolo di Civitate, DN 300 (12”), DP 75 bar”.

Lo scopo del presente documento è di evidenziare la compatibilità delle opere previste in progetto con il contesto geomorfologico locale e, in particolare, con le aree in dissesto e di conseguenza ottemperare alle richieste di integrazione/approfondimento prescritte al secondo sottopunto della “Condizione ambientale n.1”, di cui sopra evidenziando che in questa fase, in corrispondenza dell'opera trenchless, sono state eseguite delle verifiche di stabilità dei versanti al fine di individuare la profondità dei potenziali piani di scivolamento.

Per la definizione di dettaglio delle caratteristiche geomorfologiche dell'area in esame sono stati effettuati dei sopralluoghi e dei rilievi lungo il tracciato del gasdotto in progetto.

Tali attività, unitamente alle informazioni di carattere bibliografico reperite ed acquisite tramite la consultazione di cartografie esistenti, hanno permesso di definire la situazione geologica di superficie, l'assetto geomorfologico delle zone impegnate e di pianificare correttamente la campagna d'indagine geognostica.

Sono, infatti, stati delineati sulla base del rilevamento geologico di superficie, i principali litotipi, il loro assetto stratigrafico, i rapporti esistenti tra i sedimenti a contatto e come gli stessi possano condizionare la circolazione idrica sotterranea, in funzione delle principali caratteristiche idrogeologiche.

In particolare, lo studio è stato articolato nei seguenti passaggi:

1. Fotointerpretazione per analisi morfologica dei fenomeni franosi;
2. Sopralluoghi finalizzati alla verifica in campo del contesto geomorfologico;
3. Pianificazioni ed esecuzione delle indagini geognostiche;
4. Analisi dei dissesti e ricostruzione del modello geologico e geotecnico;
5. Verifiche di stabilità delle aree in dissesto intercettate dal gasdotto al fine di individuare la profondità dei potenziali piani di scivolamento;
6. Definizione delle opere di mitigazione e considerazioni conclusive.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 6 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

1.3 Quadro normativo

Per la realizzazione della relazione in oggetto è stata presa in considerazione la vigente normativa tecnica con le seguenti disposizioni:

- Legge n. 64 del 02 febbraio 1974 “Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche e successive integrazioni”;
- A.G.I.–Associazione Geotecnica Italiana “Raccomandazioni sulla programmazione e esecuzione delle indagini geotecniche, 1977”;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 24 gennaio 1986 “Norme Tecniche relative alle costruzioni antisismiche”;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 11 marzo 1988 “Norme Tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”;
- Legge n. 109 del 11 febbraio 1994 “Legge Quadro in materia di lavori pubblici (Legge Merloni)”;
- A.G.I.–Associazione Geotecnica Italiana “Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio, 1994”;
- Circolare n. 218/24/3 del 09 gennaio 1996 “Legge 2 febbraio 1974, n. 64. Decreto del Ministro dei lavori Pubblici 11 marzo 1988. Istruzioni applicative per la redazione della relazione geologica e della relazione geotecnica”;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 16 gennaio 1996 “Norme Tecniche per le costruzioni in zone sismiche”;
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 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”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3316 del 02 ottobre 2003 “Modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 recante Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3431 del 03 maggio 2005 “Ulteriori modifiche ed integrazioni all’Ordinanza del presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 20.03.2003 recante Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica”.
- Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006 “Criteri generali per l’individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l’aggiornamento degli elenchi delle medesime zone”.
- Circolare del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici “Pericolosità sismica e Criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale (Allegato al voto n. 36 del 27 luglio 2007)”;
- Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 17 gennaio 2018 “Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le costruzioni”;

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 7 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

- Circolare applicativa del Ministero delle Infrastrutture e dei trasporti n. 7 del 21 gennaio 2019 “Istruzioni per l’applicazione dell’Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al decreto ministeriale 17 gennaio 2018;
- Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) Autorità di Bacino della Regione Puglia approvato con Delibera del Comitato Istituzionale n. 39 del 30 novembre 2005;
- Piano di Gestione del Rischio Alluvioni (P.G.R.A.) con Decreto del Segretario Generale n. 540 del 13 ottobre 2020 avente per oggetto “Adozione Misure di Salvaguardia relative alle aree soggette a modifica di perimetrazione e/o classificazione della pericolosità e rischio dei Piani di Assetto Idrogeologico configurate nei progetti di varianti di aggiornamento dei P.A.I. alle nuove mappe del P.G.R.A”.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 8 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

2 CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE DEI TRACCIATI

La maggior parte del tracciato del Gasdotto Lucera-San Paolo di Civitate – tratto Apricena-San Paolo di Civitate (Tratto 4) intersecata superfici sub-pianeggianti e, soltanto nel tratto terminale, interessa un versante da moderatamente acclive ad acclive, degradante verso il fondovalle del Fiume Fortore.

La natura dei sedimenti, ed in condizioni geomorfologiche sfavorevoli (versanti acclivi, saturi d’acqua) fa sì che, tali depositi possano muoversi verso il basso generando movimenti gravitativi (colate e scorrimenti).

Generalmente, per ovviare a tali criticità, il progetto dell’opera prevede una serie di accorgimenti e soluzioni mirate al consolidamento dei versanti con opere di drenaggio per l’allontanamento delle acque superficiali e sottosuperficiali al fine di evitare la mobilitazione della coltre superficiale alterata e degradata.

Nel caso specifico, il versante collocato in destra idrografica del Fiume Fortore, interessato da fenomeni gravitativi, si è ricorso all’inserimento di opere trenchless al fine della messa in sicurezza della condotta.

Per quanto riguarda gli attraversamenti fluviali si evidenzia che saranno attraversati mediante opere trenchless. Nel caso in cui i corsi d’acqua vengano intercettati a cielo aperto, si prevede un accurato e ponderato approfondimento della posa della condotta. Infine, gli attraversamenti dei corsi d’acqua e la percorrenza di alcuni tratti in alveo potrebbero necessitare opere di sistemazione idraulica.

Le principali criticità geomorfologiche riscontrate possono essere riassunte e descritte nei paragrafi sottostanti.

Gasdotto Lucera-San Paolo di Civitate, DN 300 (12”), DP 75 bar – Tratto 1 Lucera-Foggia

Il tracciato del gasdotto intercetta per la maggior parte del suo percorso zone pianeggianti con assenza di criticità geomorfologiche.

La prima criticità geomorfologica si individua dopo l’attraversamento ferroviario “Ferrovia del Gargano” fino a giungere in prossimità dell’attraversamento della strada vicinale Perazzo, in Contrada Carpentieri, laddove il gasdotto intercetta un versante leggermente acclive ed interessato da una elevata pietrosità superficiale e da solchi di ruscellamento concentrato, i quali, favoriti dalla pendenza, in caso di abbondanti eventi meteorici, potrebbero rappresentare vie preferenziali di scorrimento superficiale delle particelle più fini presenti sul versante con accumulo a valle.

Per tale motivo sarà necessario realizzare una adeguata regimazione idrica superficiale (canalette di scolo in terra) ed eventualmente un letto di posa drenante in grado di smaltire le acque di infiltrazione che potrebbero interessare lo scavo realizzato per la posa della condotta. Necessità evidenziare inoltre che non è stato possibile eseguire indagini geognostiche in situ per mancanza di autorizzazione nei fondi privati.

Tra l’altro, questo tratto è censito dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia e descritto nel Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (P.A.I.) della Puglia., come zona con pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1), anche se dai rilievi di superficie non sono emersi evidenze di fenomeni attivi o che si sono attivati recentemente.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 9 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Gasdotto Lucera-San Paolo di Civitate, DN 300 (12”), DP 75 bar – Tratto 4 Apricena-San Paolo di Civitate

Lungo tutto il tratto compreso tra Strada Statale n. 16 “Adriatica” e l’ingresso della trenchless, il gasdotto in progetto interferisce con un’area a pericolosità geomorfologia media e moderata (P.G.1), censita dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia.

Lungo tutto questo tratto sono state individuate alcune aree a maggiore criticità geomorfologiche, le quali sono state investigate mediante l’esecuzione di una serie di prove penetrometriche continue dinamiche e da prospezioni sismiche a rifrazione, finalizzate alla ricostruzione litostratigrafica e geotecnica tali da avere gli elementi necessari per poter scegliere le soluzioni progettuali adeguate al contesto geomorfologico e litologico locale.

Le indagini hanno riguardato l’esecuzione di n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue (D.P.S.H.) e n. 5 prospezioni sismiche a rifrazione, i cui risultati sono commentati nei paragrafi successivi del presente elaborato.

Dalle indagini eseguite emerge che la coltre di alterazione risulta molto alterata e in concomitanza di eventi meteorici importanti si potrebbe mobilitare con traslazione verso valle del materiale alterato e pedogenizzato. Al fine di garantire una maggiore stabilità alla condotta sono previste opere di drenaggio sia trasversali che longitudinali alla condotta al fine smaltire le acque di infiltrazione oltre ad una corretta regimazione idraulica superficiale, tramite cunette in terra e/o presediate con legname e pietrame.

Inoltre, poiché la condotta in progetto, tra la progressiva chilometrica 10+500 circa ed il primo attraversamento della Strada Provinciale n. 3, è posizionata in stretto parallelismo al Vallone del Rovello, necessita eseguire un maggiore approfondimento della condotta in modo tale da essere allocata al di sotto della quota del fondo alveo.

Altra importante criticità riscontrata è rappresentata dal versante argilloso che degrada verso il fondovalle del fiume Fortore, il quale si presenta fortemente dissestato e, pertanto, per ovviare a tale criticità geomorfologica si è ricorsi a posizionare il gasdotto al di sotto dei potenziali piani di scivolamento, mediante la realizzazione di una Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.). Tale trivellazione avrà una lunghezza di circa 920 metri, è permetterà di porre la condotta a profondità di sicurezza, escludendo eventuali interferenze con i dissesti superficiali attivi o di probabile attivazione che interessano il versante in oggetto.

La tipologia di perforazione dell’opera trenchless, ossia una Trivellazione Orizzontale Controllata, è stata confermata dai risultati della campagna di indagini geognostiche, consistente nell’esecuzione di n. 3 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese tra 25 metri e 40 metri dal piano campagna e da una prospezione sismica a rifrazione, i cui risultati sono commentati nei paragrafi successivi del presente elaborato.

Infine, l’ultima criticità riguarda la percorrenza del Fiume Fortore, il quale forma un’ansa in destra idrografica, in prossimità di un tratto interessato dal passaggio della condotta. Per tale ragione, pur non interagendo direttamente con il corso d’acqua, si consiglia l’approfondimento della condotta in modo tale che una potenziale migrazione dell’alveo non interferisce con la tubazione, a partire dalla progressiva chilometrica 18+000 circa fino all’impianto terminale n. 19.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 10 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

2.1 Interazione delle opere in progetto con le aree a pericolosità da frane e indagini geognostiche

In riferimento alle problematiche connesse al rischio ed alla pericolosità da frane si è tenuto conto, oltre che delle risultanze dei rilievi effettuati in campo, anche delle valutazioni conseguenti agli studi del Progetto I.F.F.I. (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) e di quelle relative alla redazione del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino di Rilievo Regionale.

Dalla sovrapposizione del tracciato del gasdotto in progetto con la cartografia del P.A.I. dell'Autorità di Bacino competente, risulta che alcune porzioni del tracciato interferiscono con aree a pericolosità censite. Nelle tabelle sottostanti si riportano le interferenze rilevate.

Comune	Pericolosità	Progressive chilometriche	Tipo di vincolo
Lucera (FG)	Pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1)	4+901 – 5+305	Pericolosità geomorfologica media e moderata – art. 15 N.T.A.

Tab. 2.1.A - Interferenze aree a pericolosità geomorfologica cartografate nel P.A.I. relative al Gasdotto Lucera-San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar - Tratto 1 Lucera-Foggia

Comune	Pericolosità	Progressive chilometriche	Tipo di vincolo
San Severo (FG)	Pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1)	6+373 - 6+611	Pericolosità geomorfologica media e moderata – art. 15 N.T.A.
San Paolo di Civitate (FG)	Pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1)	8+340 - 10+567	Pericolosità geomorfologica media e moderata – art. 15 N.T.A.
	Pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1)	10+831 - 15+426	Pericolosità geomorfologica media e moderata – art. 15 N.T.A.

Tab. 2.1.B - Interferenze aree a pericolosità geomorfologica cartografate nel P.A.I. relative al Gasdotto Lucera-San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar - Tratto 4 Apricena-San Paolo di Civitate

La disciplina delle aree a pericolosità geomorfologica è normata dagli art. 12, 13, 14 e 15 delle Norme di Attuazione del Piano di bacino Stralcio di Assetto Idrogeologico.

In particolare, tutti i tratti dei metanodotti in progetto interagiscono con aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1), normata dall'art. 15.

L'art. 15 del Titolo III (Assetto geomorfologico) delle Norme Tecniche di Attuazione del P.A.I. per le Aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) prevedono:

1. Nelle aree a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) sono consentiti tutti gli interventi previsti dagli strumenti di governo del territorio purché l'intervento garantisca la sicurezza, non determini condizioni di instabilità e non modifichi negativamente le condizioni ed i processi geomorfologici nell'area e nella zona potenzialmente interessata dall'opera e dalle sue pertinenze.
2. Per tutti gli interventi di cui al comma 1 l'A.d.B. richiede, in funzione della valutazione del rischio ad essi associato, la redazione di uno studio di compatibilità geologica e geotecnica che ne analizzi compiutamente gli effetti sulla stabilità dell'area interessata.
3. In tali aree, nel rispetto delle condizioni fissate dagli strumenti di governo del territorio, il P.A.I. persegue l'obiettivo di integrare il livello di sicurezza alle popolazioni mediante la predisposizione prioritaria da parte degli enti competenti, ai sensi della legge 225/92, di programmi di previsione e prevenzione.

Di seguito viene effettuata un'analisi di dettaglio delle interferenze con i limiti del P.A.I., analizzando e descrivendo i fenomeni intersecati dall'opera in progetto, mettendo in evidenza

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 11 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

lo stato attuale dei luoghi e individuando le opere di mitigazione per la conservazione delle condizioni di stabilità dei pendii in corrispondenza dell'ubicazione della condotta.

Relativamente alle aree a pericolosità geomorfologica intercettate ed attraversate, si evidenzia che è stata condotta una campagna di indagini geognostiche (prove penetrometriche, sondaggi a carotaggio continuo e prospezioni geofisiche tab. 2.1) finalizzate alla caratterizzazione litostratigrafica ed elastomeccanica dei litotipi, con ricostruzione del modello geologico e geotecnico al fine di ubicare la condotta in sicurezza e ben al di sotto dei potenziali piani di scivolamento individuati.

In particolare, sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche dinamiche continue con penetrometro pesante (D.P.S.H. "Dynamic Probing Super Heavy"), siglate come DPSH 4, DPSH 5, DPSH 6 e DPSH 6 bis, spinte fino alla profondità di 10.00 metri o al rifiuto strumentale.

La prova penetrometrica dinamica continua pesante D.P.S.H. consiste nella misura della resistenza alla penetrazione di una punta conica di dimensioni standard, infissa per battitura nel terreno, per mezzo di un idoneo dispositivo di percussione.

Nella prova penetrometrica D.P.S.H. viene registrato il numero di colpi necessari per l'infissione ogni 20 centimetri di approfondimento; l'attrezzatura è composta da una batteria di aste avente lunghezza di 1 metro con diametro di 32 millimetri, alla cui estremità inferiore è collegata una punta conica avente angolo di apertura di 90° e da un maglio battente di 63.5 chilogrammi che viene fatto cadere da un'altezza di 75 centimetri.

L'elaborazione, l'interpretazione e la visualizzazione grafica consentono di catalogare e parametrizzare il suolo attraversato come un'immagine in continuo che permette anche di avere un raffronto sulle consistenze dei vari livelli attraversati.

Queste tipologie di prove rappresentano un ottimo strumento per rilevare l'andamento stratigrafico lungo la verticale e contemporaneamente la misura dell'angolo di attrito, la compressibilità drenata dei terreni granulari e la resistenza al taglio non drenata nei terreni coesivi.

Esse sono state eseguite in associazione alle prospezioni geofisiche in corrispondenza di alcuni tratti a criticità geomorfologica censiti negli elaborati del P.A.I. intercettati lungo il gasdotto in progetto.

In corrispondenza dell'area a pericolosità geomorfologica che verrà superata mediante tecnologia trenchless, sono stati eseguiti n. 3 sondaggi a carotaggio continuo, siglati come S9, S10 ed S11, spinti a profondità rispettivamente di 40, 30 e 25 metri dal piano campagna.

I sondaggi geognostici sono stati finalizzati alla ricostruzione più dettagliata delle principali caratteristiche e dei lineamenti del sottosuolo, con particolare riferimento alla natura litologica e stratigrafica del corridoio per il quale è previsto l'attraversamento in sotterraneo e necessari per la caratterizzazione litostratigrafica con ricostruzione del modello geologico e geotecnico, individuando i piani di scivolamento delle aree instabili in modo da posizionare la condotta al di sotto di questi.

I sondaggi geognostici sono stati eseguiti mediante carotaggio continuo con diametro pari a 101 millimetri. All'interno dei fori di sondaggi sono state eseguite prove S.P.T. (Standard Penetration Test) e prelievo di campioni indisturbati sui quali sono state effettuate analisi di laboratorio.

Si tratta di prove che vengono eseguite in avanzamento sul fondo del foro di sondaggio dalle quali si ricava la resistenza alla penetrazione in funzione della profondità. Le prove S.P.T. sono state eseguite seguendo le modalità standard suggerite dall'A.G.I. (Associazione Geotecnica Italiana) ed hanno fornito i dati necessari per determinare le caratteristiche meccaniche dei terreni.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 12 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

L'esecuzione avviene secondo le modalità contenute nella normativa ASTM n. D 1586/68 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 centimetri, registrando separatamente i colpi relativi agli intervalli 0-15 (N1); 15-30 (N2) e 30-45 (N3). I valori riferiti ai primi 15 centimetri 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, ovvero lo strumento va a rifiuto. Il valore di N_{spt} è quindi dato dalla somma dei colpi ottenuti nei restanti 30 centimetri. Le prove sono state realizzate con la punta chiusa.

Il materiale prelevato durante le perforazioni è stato depositato, in modo continuo ed ordinato, in apposite cassette catalogatrici in PVC, siglate ognuna con l'identificativo del sondaggio, la profondità di prelievo di riferimento, la profondità di esecuzione delle prove geotecniche in sito, ecc.

Durante l'esecuzione del sondaggio a carotaggio continuo, sono stati prelevati campioni di terreno indisturbati, da sottoporre a prove di caratterizzazione fisica e meccanica in laboratorio utilizzando un campionatore a pareti sottili a tubo aperto tipo "Shelby", costituito da una testa dotata di valvola e da un tubo contenitore, dotato di una scarpa in acciaio INOX sul fondo (fustella: diametro 88,90 millimetri), infisso con una leggera pressione nel terreno per circa 60-70 centimetri.

I campioni una volta prelevati sono stati opportunamente sigillati e portati in laboratorio per l'esecuzione delle seguenti prove dalle quali sono stati desunti i parametri geomeccanici:

- Contenuto d'acqua % (W);
- Peso di volume kN/m^3 (γ);
- Limite di liquidità % (WL);
- Limite di plasticità % (Wp);
- Indice di plasticità % (Ip);
- Analisi granulometrica;
- Prova di taglio diretta in gradi e in kPa (Φ' e c').

Sono state eseguite anche n. 6 prospezioni sismiche a rifrazione (SIS2, SIS3, SIS4, SIS5, SIS6 e SIS7) consistenti nella registrazione dei tempi di arrivo delle onde di compressione (P), create allo scopo tramite opportuna energizzazione, e rifratte dalle superfici che costituiscono contrasti di impedenza del sottosuolo. La registrazione è stata realizzata attraverso uno stendimento di geofoni disposti a intervalli regolari lungo il profilo da indagare. L'equidistanza tra i geofoni ed il loro numero, dipendono dalla profondità di indagine richiesta.

La misura dei tempi di arrivo delle onde P ai diversi geofoni permette di ricostruire l'andamento e la profondità degli orizzonti rifrattori presenti nel sottosuolo e, nel caso di misura anche delle onde secondarie o di taglio (S), di calcolare le caratteristiche elastiche dinamiche dei terreni e degli ammassi rocciosi investigati.

La sismica a rifrazione è un metodo di indagine geofisico che consente l'individuazione delle variazioni di velocità delle onde sismiche nel sottosuolo in funzione delle caratteristiche fisiche dei materiali attraversati e la conseguente determinazione di unità sismostratigrafiche. L'indagine consiste nel disporre, lunga una linea, una serie di geofoni che registrano l'arrivo delle onde sismiche indotte nel terreno da una sorgente energizzante artificiale ubicata in posizione nota. Leggendo i tempi dei primi arrivi delle onde sismiche ai geofoni si costruiscono

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 13 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

i diagrammi delle dromocrone; questi permettono di individuare le variazioni verticali di velocità e le velocità reali dei diversi sismostrati al di sotto dello stendimento dei geofoni.

Le indagini eseguite hanno consentito, quindi, di verificare l'eventuale presenza dei piani di scivolamento e, la ricostruzione del modello geologico e geotecnico utilizzato successivamente nelle verifiche di stabilità eseguite per le aree a pericolosità geomorfologica.

Nella tabella sottostante (Tab. 2.1.C) sono riportate tutte le aree a pericolosità geomorfologica intercettate e le indagini effettuate al fine di determinare la compatibilità geomorfologica dell'area con l'opera in progetto.

Gasdotto	Pericolosità	Progressiva chilometrica	Prove geofisiche (L in m)	Prove penetrometriche (Profondità in m)	Sondaggio (Prof. in m.)
Gasdotto Lucera-San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar - Tratto 1 Lucera-Foggia	P.G.1	4+901 – 5+305	SIS1 (100)*	----	S2 (15)*
Gasdotto Lucera-San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar - Tratto 4 Apricena-San Paolo di Civitate	P.G.1.	6+373 - 6+611 8+340 - 10+567 10+831 - 15+426	SIS2 (120) SIS3 (120) SIS4 (85) SIS5 (85) SIS6 (120) SIS7 (960)	DPSH4 (6,40) DPSH5 (10) DPSH6 (5.80) DPSH6bis (10)	S9 (40) S10 (30) S11 (25)

Tab. 2.1.C – Tabella riepilogativa indagini geognostiche. *Indagini programmate ma non eseguite a causa del diniego proprietari terrieri

2.2 Interazione con area a pericolosità geomorfologica P.G.1 (4+901-5+305 Tratto 1 “Lucera-Foggia”)

L'interazione con area a pericolosità geomorfologica media e moderata P.G.1, intercettata tra le progressive chilometriche 4+901 e 5+305, ricade all'interno del territorio comunale di Lucera, in Contrada Carpentieri, e riguarda un versante leggermente acclive con leggera erosione superficiale, messa in evidenza dalla presenza di solchi di ruscellamento concentrati. L'area è ubicata subito dopo l'attraversamento ferroviario “Ferrovia del Gargano (tratta Foggia-Lucera)” e giunge fino alla strada vicinale Perazzo, posizionata in cresta al versante.

La pericolosità geomorfologica coincide con il fianco del versante, lungo il quale erano state programmate un sondaggio a carotaggio continuo S2, spinto fino ad una profondità di 15 metri dal piano campagna ed una prospezione sismica a rifrazione, avente una lunghezza di 100 metri. Al momento non è stato possibile eseguire indagini geognostiche per mancanza di autorizzazione nei fondi privati.

Le indagini erano state programmate al fine di poter individuare il modello geologico e geotecnico ed alla ricostruzione litostratigrafica e geotecnica tali da avere gli elementi necessari per poter scegliere le soluzioni progettuali adeguate al contesto geomorfologico e litologico locale.

Da quanto individuato in campo durante i sopralluoghi eseguiti, il versante non mostra segni di instabilità attiva, sono stati individuati, altresì, fenomeni di erosione superficiale con la formazione di solchi di ruscellamento ben evidenti in seguito ad eventi meteorici di notevole intensità, favoriti dalla poca permeabilità dei terreni e locali smottamenti che interessano la coltre superficiale.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 14 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Infatti, la conformazione litologica (silt argillosi e marne siltose grigie) e morfologica (acclività) del versante potrebbe dar luogo al verificarsi del fenomeno del ruscellamento. Il terreno giunto a saturazione non consente ulteriori perdite per infiltrazione e la precipitazione al netto dell'evaporazione si trasforma in ruscellamento. Le acque superficiali, in tal caso, diventano il maggior responsabile della rimozione dei sedimenti dai versanti.

In principio si forma un velo d'acqua superficiale uniforme che asporta il materiale incoerente (erosione areale), dopodiché, l'acqua si divide in tanti rivoli, che defluiscono scavando piccoli solchi, che in una prima fase si modificano di continuo (erosione a rivoli), ma successivamente diventano più profondi e durevoli (erosione a solchi o lineare), rappresentando le vie preferenziali di scorrimento superficiale delle particelle più fini presenti sul versante con conseguente accumulo a valle.

Per tale motivo sarà necessario in fase di ripristino morfologico realizzare una adeguata regimazione idrica superficiale (canalette di scolo in terra) e un letto di posa drenante in grado di smaltire le acque di infiltrazione che potrebbero interessare lo scavo realizzato per la posa della condotta.

Al momento non si hanno informazioni dirette sulla natura del sottosuolo in quanto non è stato possibile eseguire indagini geognostiche e quanto detto è stato valutato dai diversi sopralluoghi svolti in campo.

2.3 Interazione con area a pericolosità geomorfologica P.G.1 (6+373-6+611, 8+340-10+567, 10+831-15+426 Tratto 4 “Apricena-San Paolo di Civitate”)

Lungo il tratto 4 “Apricena-San Paolo di Civitate” del gasdotto in progetto si rinviene una vasta area censita dall'Autorità di Bacino delle Regione Puglia a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1). Tale tratto inizia appena prima dell'attraversamento della Strada Statale n. 16 e termina subito dopo l'ingresso della trenchless.

Essa coincide con i primi versanti che dalle superfici sub-pianeggianti della zona di San Severo risalgono verso San Paolo di Civitate.

Lungo tutto questo tratto sono state individuate, durante i sopralluoghi eseguiti, alcune aree a maggiore criticità geomorfologiche, le quali sono investigate mediante l'esecuzione di una serie di prove penetrometriche continue dinamiche e da prospezioni sismiche a rifrazione, al fine di avere gli elementi necessari per poter scegliere le soluzioni progettuali adeguate al contesto geomorfologico e litologico locale.

Il primo tratto investigato è quello compreso tra l'attraversamento della Strada Provinciale n. 36 ed un impluvio appena prima della percorrenza del Vallone del Rovello, come riportato nello stralcio sottostante (Fig. 2.3.A).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 15 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

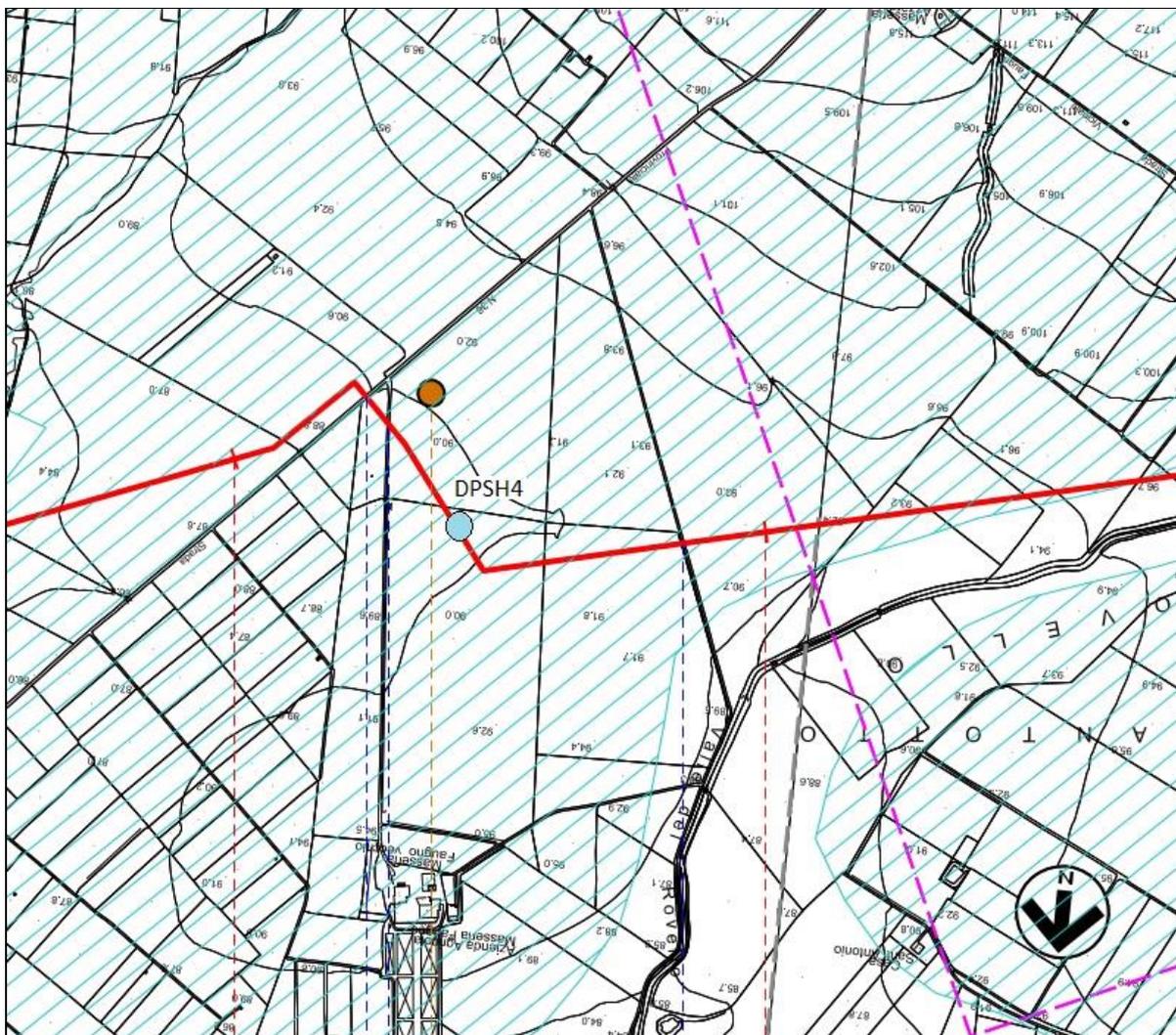


Fig. 2.3.A – Interazione della condotta in progetto con area a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) censita nel P.A.I. redatto dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia

Al fine di avere maggiori informazioni sulle caratteristiche litologiche e stratigrafiche dell’area in esame è stata eseguita n. 1 prova penetrometrica dinamica. Di seguito si riporta la descrizione della prova eseguita

Prova penetrometrica dinamica DPSH4

La prova si è spinta fino ad una profondità di 6,40 metri dal piano campagna fino al raggiungimento del rifiuto strumentale.

Dall’interpretazione della prova è emerso che dal piano campagna e fino ad una profondità di circa 3 metri, il numero di colpi N_{spt} presenta valori bassi compresi tra 1 e 9, assimilabile a terreni fini scarsamente addensati, dalla profondità di 3 metri e fino a circa 5,20 metri si ha un netto miglioramento delle caratteristiche geotecniche con un aumento del numero di colpi compreso tra 11 e 20 con un picco in negativo pari a 5, avvenuto a profondità di 3,80 metri, ed un picco positivo pari a 26, a 4,60 metri di profondità. Tale livello è assimilabile a terreni fini mediamente addensati

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 16 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Al di sotto di 5,20 metri si ha netto e graduale aumento del numero di colpi compreso tra 30 e 48, fino al raggiungimento del rifiuto strumentale al di sotto dei 6,40 metri. In quest'ultimo livello si ipotizza la presenza di terreni fini addensati.

Alla profondità di 3 metri dal piano campagna è stata riscontrata la presenza della falda.

In questo caso, vista l'esigua acclività del versante e la conformazione litologica, ossia terreni a prevalente componente siltoso-sabbioso e/o arenitica, la verifica di stabilità è stata omessa ritenendo sufficiente le informazioni ricavate dall'elaborazione della prova penetrometrica.

Inoltre, durante i sopralluoghi effettuati in campo non sono emerse condizioni geomorfologiche che possano far innescare fenomeni gravitativi allo stato attuale quiescenti. La criticità è dovuta alla presenza di erosione superficiale che può favorire il dilavamento delle particelle più fini ed innescare dei piccoli movimenti di terreno superficiale.

Per tale motivo, per tutto il tratto compreso tra l'attraversamento della Strada Provinciale n. 36 e la percorrenza del Vallone del Rovello si consiglia l'approfondimento della condotta al di sotto dei 3 metri profondità dal piano campagna, dove come evidenziato dalla prova penetrometrica, si intercettano terreni con caratteristiche geotecniche migliori e abbastanza addensati.

Il secondo tratto investigato è quello compreso tra l'attraversamento della Strada Comunale n. 31 (Regio Tratturo Aquila-Foggia) e la Strada Comunale Gellucci, come riportato nello stralcio sottostante (Fig. 2.3.B).

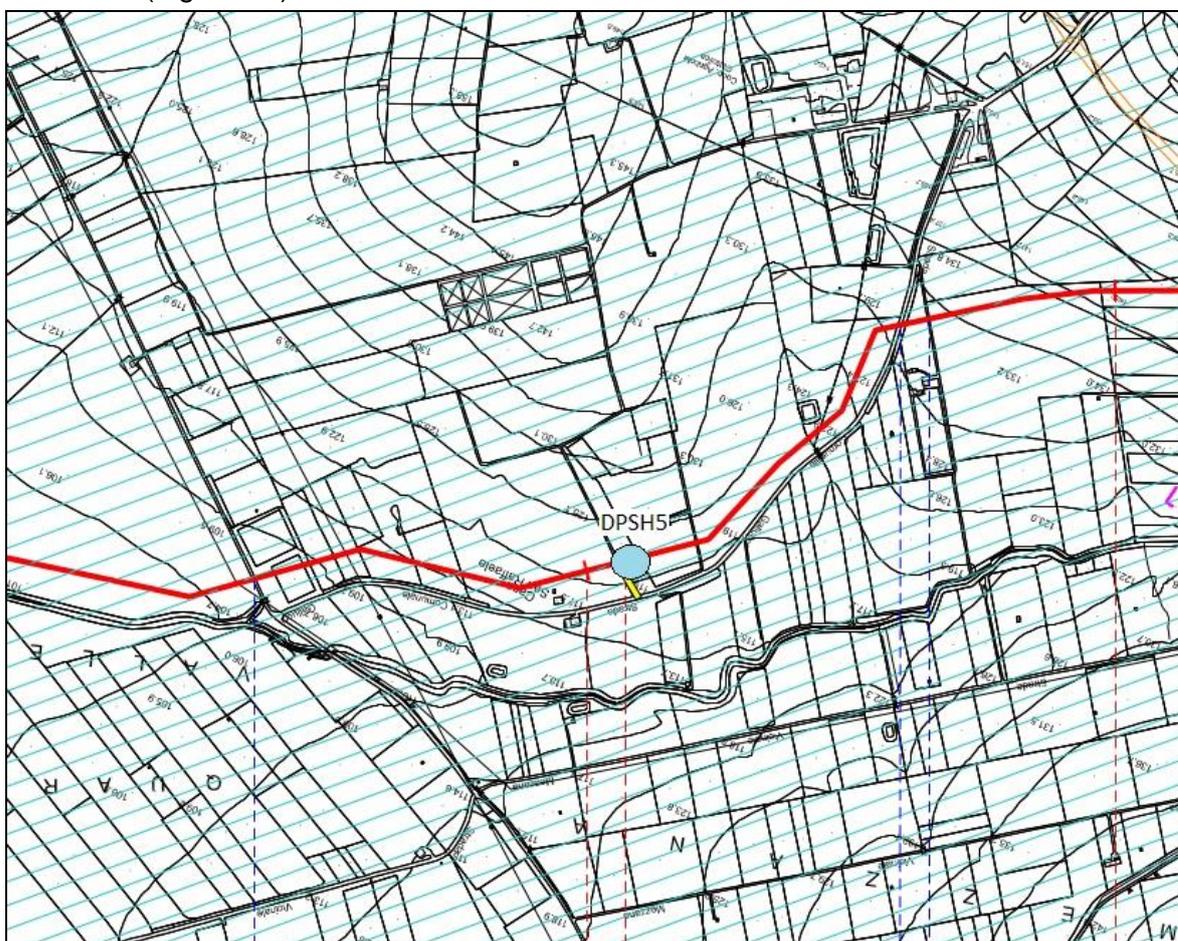


Fig. 2.3.B – Interazione della condotta in progetto con area a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) censita nel P.A.I. redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 17 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Al fine di avere maggiori informazioni sulle caratteristiche litologiche e stratigrafiche dell'area in esame è stata eseguita n. 1 prova penetrometrica dinamica. Di seguito si riporta la descrizione della prova eseguita.

Prova penetrometrica dinamica DPSH5

La prova si è spinta fino ad una profondità di 10 metri dal piano campagna e dall'interpretazione della prova è emerso che dal piano campagna e fino ad una profondità di circa 3,80 metri, in numero di colpi N_{spt} presenta valori bassi compresi tra 2 e 8, assimilabile a terreni fini scarsamente addensati, dalla profondità di 3,80 metri e fino a circa 5,40 metri si ha un leggero miglioramento delle caratteristiche geotecniche con un aumento del numero di colpi compreso tra 5 e 12 con un picco in negativo pari a 5, avvenuto a profondità compresa tra 4,20 metri e 4,40 metri. Tale livello è assimilabile a terreni fini da scarsamente a mediamente addensati. Dalla profondità di 5,40 metri e fino alla profondità investigata (10 metri), il numero di colpi N_{spt} si mantiene basso non superando mai il valore di 10, facendo ipotizzare la presenza di terreni fini scarsamente addensati.

Durante l'esecuzione della prova penetrometrica dinamica non è stata rilevata la presenza di un livello idrico.

Anche in questo caso, vista l'esigua acclività del versante e la conformazione litologica, ossia terreni a prevalente componente siltoso-sabbioso e/o arenitica, la verifica di stabilità è stata omessa ritenendo sufficiente le informazioni ricavate dall'elaborazione della prova penetrometrica.

Inoltre, durante i sopralluoghi effettuati in campo non sono emerse condizioni geomorfologiche che possano far innescare fenomeni gravitativi allo stato attuale quiescenti. La criticità è dovuta alla presenza di erosione superficiale che può favorire il dilavamento delle particelle più fini, abbondanti nell'areale di studio, come evidenziato dall'indagine geognostica eseguita, ed innescare dei piccoli movimenti di terreno superficiale.

Per tale motivo, per tutto il tratto compreso tra l'attraversamento della Strada Comunale n. 31 e l'attraversamento della Strada Comunale Gellucci si ritiene sufficiente l'approfondimento della condotta almeno fino a 3 metri profondità dal piano campagna.

Il terzo tratto oggetto di studio è compreso tra l'attraversamento della Strada Provinciale n. 31 e la Strada Comunale Maestro Francesco (già Strada Comunale Vecchia "San Paolo di Civitate-Serracapriola").

Qui, la morfologia prosegue con un leggero aumento di pendenza e le litologie mostrano la presenza di depositi a prevalente componente siltoso-sabbioso e/o arenitica.

Nello stralcio sottostante (Fig. 2.3.C) si riporta l'ubicazione del tratto.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 18 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

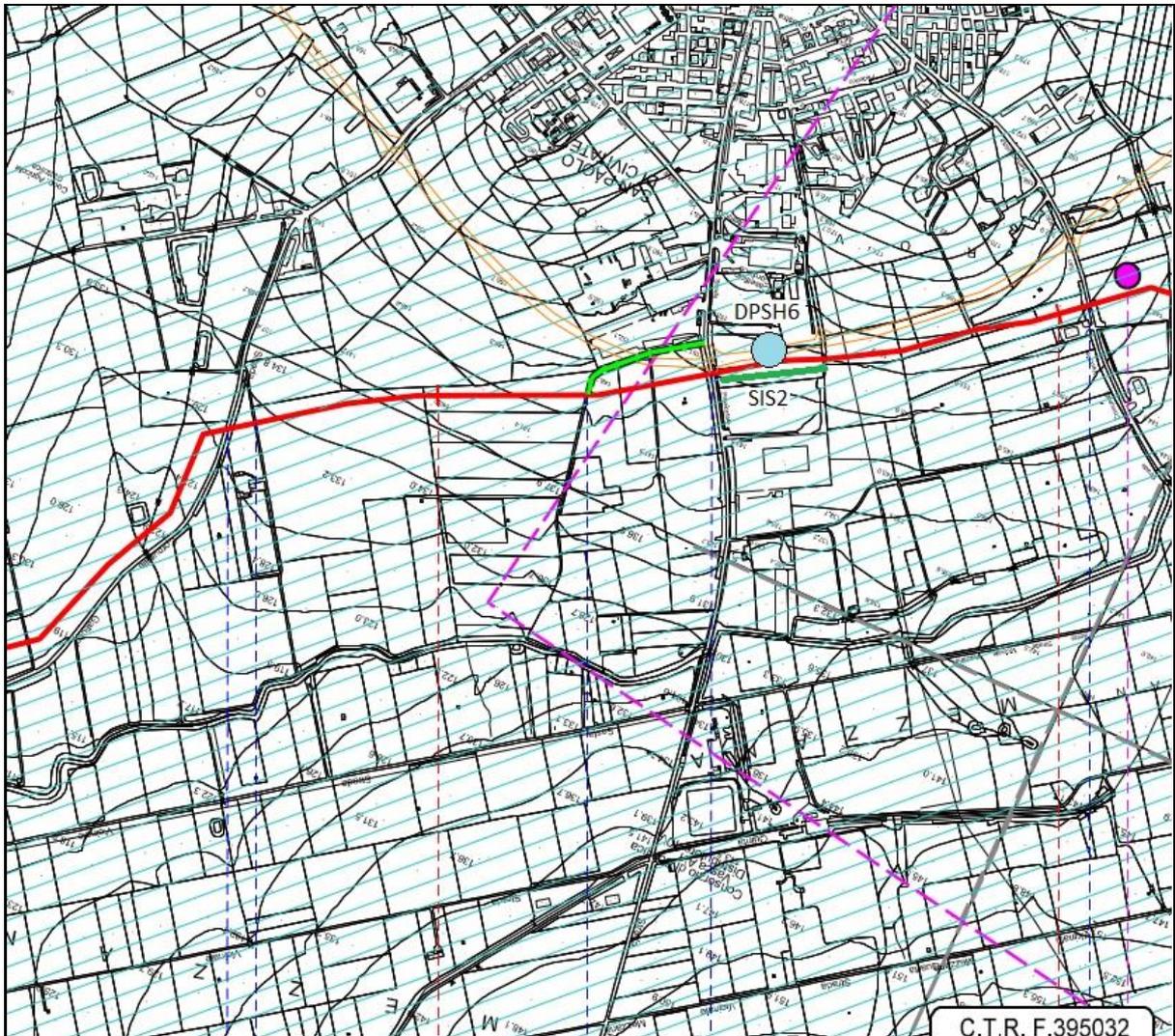


Fig. 2.3.C – Interazione della condotta in progetto con area a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) censita nel P.A.I. redatto dall’Autorità di Bacino della Regione Puglia

Al fine di avere maggiori informazioni sulle caratteristiche litologiche e stratigrafiche dell’area in esame sono state eseguite n. 1 prova penetrometrica dinamica e n. 1 prospezione sismica a rifrazione. Di seguito si riporta la descrizione delle prove eseguite.

Prova penetrometrica dinamica DPSH6

La prova si è spinta fino ad una profondità di 5,80 metri dal piano campagna fino al raggiungimento del rifiuto strumentale.

Dall’interpretazione della prova è emerso che dal piano campagna e fino ad una profondità di circa 5,20 metri, il numero di colpi N_{spt} presenta valori bassi compresi tra 1 e 9, con un valore pari a 10 alla profondità di 3,60 metri ed a 12 alla profondità di 4,80 metri, assimilabile a terreni fini scarsamente addensati. Dalla profondità di 5,20 metri e fino alla profondità di 5,60 metri si ha un sostanziale miglioramento delle caratteristiche geotecniche con un aumento del numero di colpi compreso tra 28 e 37. Tale livello è assimilabile a terreni fini addensati.

Infine, alla profondità di 5,80 metri si è avuto il rifiuto strumentale facendo ipotizzare la presenza di terreni fini molto addensati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 19 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Alla profondità di 3 metri dal piano campagna è stata riscontrata la presenza della falda.

Prospezione sismica a rifrazione SIS2

La prospezione sismica a rifrazione è stata eseguita parallelamente alla condotta in progetto e trasversalmente rispetto alla lieve pendenza del versante, per una lunghezza lineare di 115 metri.

Dall'elaborazione dei dati è emersa la presenza di quattro sismostrati principali in funzione della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p).

Al di sotto di un primo strato superficiale compreso tra il piano campagna ed una profondità compresa tra 6-8 metri, con velocità di propagazione delle onde di compressione V_p comprese tra 300 e 900 m/s, associabile a materiali di copertura, si rinviene uno strato sottostante fino a circa 14 metri di profondità dal piano campagna, con notevole approfondimento nella parte centrale dello stendimento (fino a 24 metri di profondità), con velocità di propagazione delle onde di compressione compreso tra 900 m/s e 1700 m/s, associabile ad argille e sabbie. Al di sotto è presente un terzo sismostrato, di spessore ridotto, compreso tra 14-17 metri, con velocità delle onde V_p comprese tra 1700 m/s e 2000 m/s, associabile ad argille consistenti e limi. Infine, l'ultimo sismostrato, costituito da materiali molto consistenti, si individua fino ad una profondità di 25 metri dal piano campagna, con velocità delle onde P comprese tra 2000 m/s e 2800 m/s.

Nella figura sottostante (Fig. 2.3.D) si riporta lo stralcio della prospezione sismica a rifrazione.

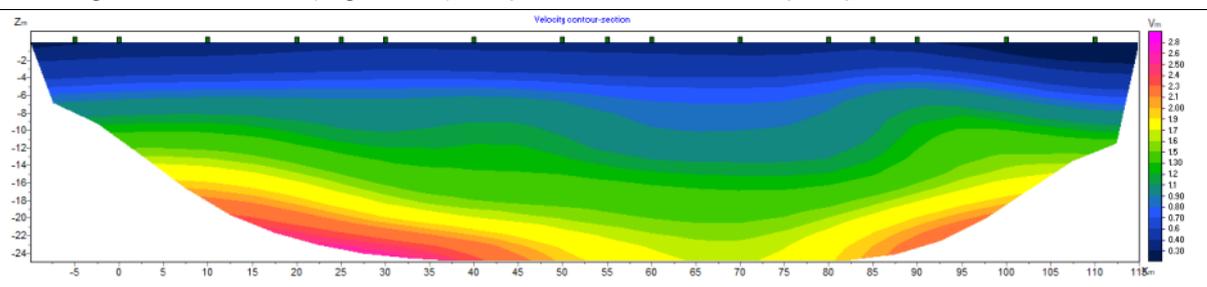


Fig. 2.3.D – Sezione sismica con individuazione dei sismostrati relativi alla prospezione sismica a rifrazione SIS2 con modello di velocità ad onde P.

L'elaborazione della prospezione sismica conferma quanto indicato nella prova penetrometrica dinamica, ossia la presenza di terreni a caratteristiche geotecniche migliori a partire da una profondità di 5,80 metri dal piano campagna, coincidente con la profondità del secondo sismostrato.

Anche in questo caso, poiché la morfologia non presenta importanti acclività, la verifica di stabilità è stata omessa ritenendo le informazioni ricavate dall'elaborazione delle indagini eseguite sufficienti ad individuare un modello geologico-geotecnico dell'areale facendo propendere come elemento di pericolosità geomorfologica la presenza di erosione superficiale che può favorire il dilavamento delle particelle più fini ed innescare la mobilitazione del terreno superficiale. Tuttavia, a differenza dei due casi precedenti, poiché in questo caso le particelle più fini sono state individuate a profondità maggiori, almeno fino a 5-6 metri dal piano campagna e considerato un livello idrico di circa 3 metri, anziché approfondire la condotta, si ritiene sufficiente, ai fini della stabilità della condotta realizzare opere di drenaggio sia trasversali che longitudinali alla condotta al fine smaltire le acque di infiltrazione oltre ad una corretta regimazione idraulica superficiale, tramite cunette in terra e/o presediate con legname e pietrame.

Inoltre, durante i sopralluoghi effettuati in campo non sono emerse condizioni geomorfologiche che possano far innescare fenomeni gravitativi allo stato attuale quiescenti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 20 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Un ulteriore tratto meritevole di investigazione tramite indagini geognostiche è quello individuato appena dopo l'attraversamento della Strada Comunale Maestro Francesco (già Strada Comunale Vecchia "San Paolo di Civitate-Serracapriola") e la Strada Statale 16ter.

La morfologia prosegue con un leggero aumento di pendenza, intervallate di piccole superfici terrazzate, e le litologie mostrano la presenza di depositi conglomeratico-sabbiosi.

Nello stralcio sottostante (Fig. 2.3.E) si riporta l'ubicazione del tratto.

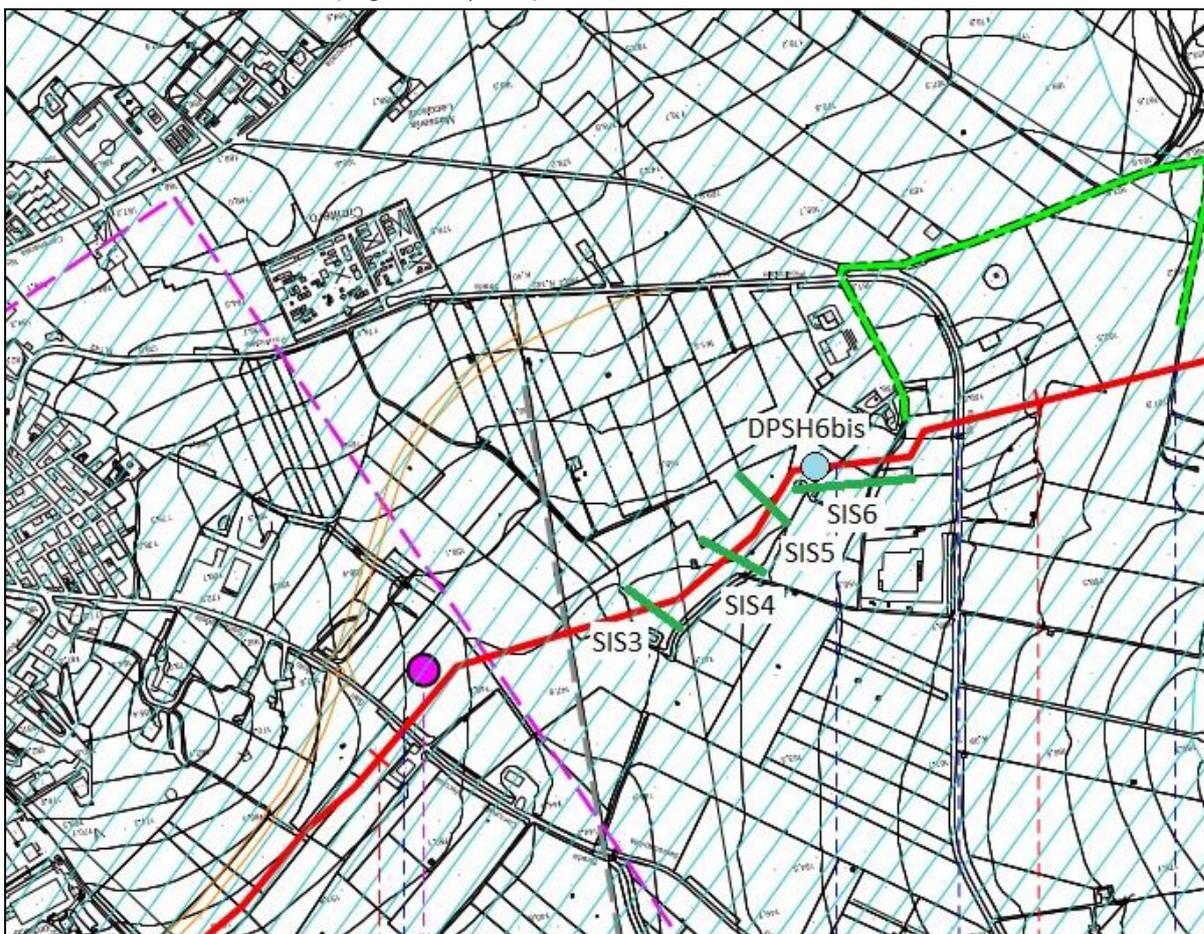


Fig. 2.3.E – Interazione della condotta in progetto con area a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) censita nel P.A.I. redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia

Al fine di avere maggiori informazioni sulle caratteristiche litologiche e stratigrafiche dell'area in esame sono state eseguite n. 1 prova penetrometrica dinamica e n. 4 prospezioni sismiche a rifrazione. Di seguito si riporta la descrizione delle prove eseguite.

Prova penetrometrica dinamica DPSH6bis

La prova si è spinta fino ad una profondità di 10 metri dal piano campagna e dall'interpretazione della prova è emerso che dal piano campagna e fino ad una profondità di circa 5 metri, in numero di colpi N_{spt} presenta valori bassi compresi tra 1 e 9, assimilabile a terreni fini scarsamente addensati, dalla profondità di 5 metri e fino a circa 5,40 metri si ha un leggero miglioramento delle caratteristiche geotecniche con un aumento del numero di colpi pari a 13, assimilabile a terreni fini da scarsamente a mediamente addensati. Dalla profondità di 5,40 metri e fino alla profondità investigata (10 metri), il numero di colpi N_{spt} si mantiene

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITA' REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 21 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

basso non superando mai il valore di 9, facendo ipotizzare la presenza di terreni fini scarsamente addensati.

Alla profondità di 2 metri dal piano campagna è stata riscontrata la presenza della falda.

Prospezione sismica a rifrazione SIS3

La prospezione sismica a rifrazione è stata eseguita trasversalmente alla condotta per una lunghezza lineare di 125 metri.

Dall'elaborazione dei dati è emersa la presenza di quattro sismostrati principali in funzione della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p).

Al di sotto di un primo strato superficiale compreso tra il piano campagna ed una profondità compresa tra 7-8 metri, con velocità di propagazione delle onde di compressione V_p comprese tra 300 e 800 m/s, associabile a materiali di copertura, si rinviene uno strato sottostante fino a circa 18 metri di profondità dal piano campagna con velocità di propagazione delle onde di compressione compreso tra 800 m/s e 1600 m/s, associabile ad argille e sabbie.

Da segnalare, come dall'elaborazione dello stendimento, nella sua parte centrale, emerge un notevole assottigliamento del materiale di copertura, il quale risulta del tutto assente tra 50 e 75 metri lineari.

Al di sotto del secondo sismostrato ne è stato individuato un terzo, il quale si spinge fino profondità comprese tra 22-25 metri, con velocità delle onde V_p comprese tra 1600 m/s e 2000 m/s, associabile ad argille consistenti e limi. Infine, l'ultimo sismostrato, costituito da materiali molto consistenti, si individua fino ad una profondità superiore di 25 metri dal piano campagna, con velocità delle onde P comprese tra 2000 m/s e 2700 m/s.

Nella figura sottostante (Fig. 2.3.F) si riporta lo stralcio della prospezione sismica a rifrazione.

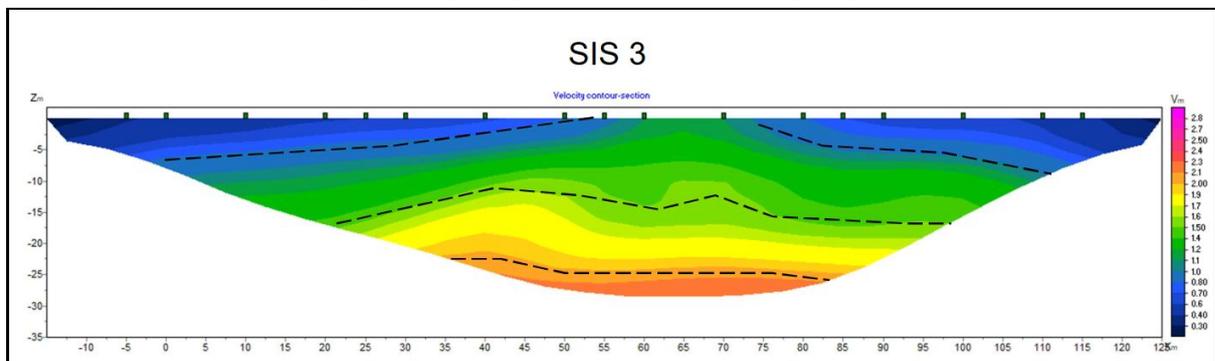


Fig. 2.3.F – Sezione sismica con individuazione dei sismostrati relativi alla prospezione sismica a rifrazione SIS3 con modello di velocità ad onde P.

Prospezione sismica a rifrazione SIS4

La prospezione sismica a rifrazione è stata eseguita trasversalmente alla condotta in progetto per una lunghezza lineare di 85 metri.

Dall'elaborazione dei dati è emersa la presenza di quattro sismostrati principali in funzione della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p).

Al di sotto di un primo strato superficiale compreso tra il piano campagna ed una profondità compresa tra 4-5 metri, con velocità di propagazione delle onde di compressione V_p comprese tra 300 e 800 m/s, associabile a materiali di copertura, si rinviene uno strato sottostante compreso tra 13-14 metri di profondità dal piano campagna con velocità di propagazione delle onde di compressione compreso tra 800 m/s e 1600 m/s, associabile ad argille e sabbie.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 22 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Al di sotto di esso è stato individuato un terzo sismostrato, il quale si spinge fino profondità comprese tra 18-20 metri, con velocità delle onde V_p comprese tra 1600 m/s e 2100 m/s, associabile ad argille consistenti e limi. Infine, l'ultimo sismostrato, costituito da materiali molto consistenti, si individua fino ad una profondità di circa 30 metri dal piano campagna, con velocità delle onde P comprese tra 2100 m/s e 2800 m/s.

Nella figura sottostante (Fig. 2.3.G) si riporta lo stralcio della prospezione sismica a rifrazione.

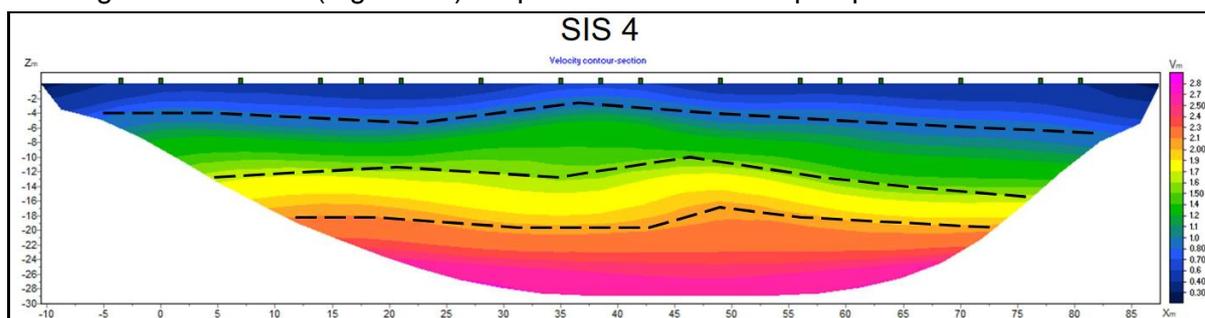


Fig. 2.3.G – Sezione simica con individuazione dei sismostrati relativi alla prospezione sismica a rifrazione SIS4 con modello di velocità ad onde P.

Prospezione sismica a rifrazione SIS5

La prospezione sismica a rifrazione è stata eseguita trasversalmente alla condotta in progetto per una lunghezza lineare di 85 metri.

Dall'elaborazione dei dati è emersa la presenza di quattro sismostrati principali in funzione della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p).

Al di sotto di un primo strato superficiale compreso tra il piano campagna ed una profondità compresa tra 4-6 metri, con velocità di propagazione delle onde di compressione V_p comprese tra 300 e 800 m/s, associabile a materiali di copertura, si rinviene uno strato sottostante compreso tra 8-10 metri di profondità dal piano campagna con velocità di propagazione delle onde di compressione compreso tra 800 m/s e 1600 m/s, associabile ad argille e sabbie.

Al di sotto di esso è stato individuato un terzo sismostrato, il quale si spinge fino profondità comprese tra 15-16 metri, con velocità delle onde V_p comprese tra 1600 m/s e 2100 m/s, associabile ad argille consistenti e limi. Infine, l'ultimo sismostrato, costituito da materiali molto consistenti, si individua fino ad una profondità di circa 28 metri dal piano campagna, con velocità delle onde P comprese tra 2100 m/s e 2800 m/s.

Nella figura sottostante (Fig. 2.3.H) si riporta lo stralcio della prospezione sismica a rifrazione.

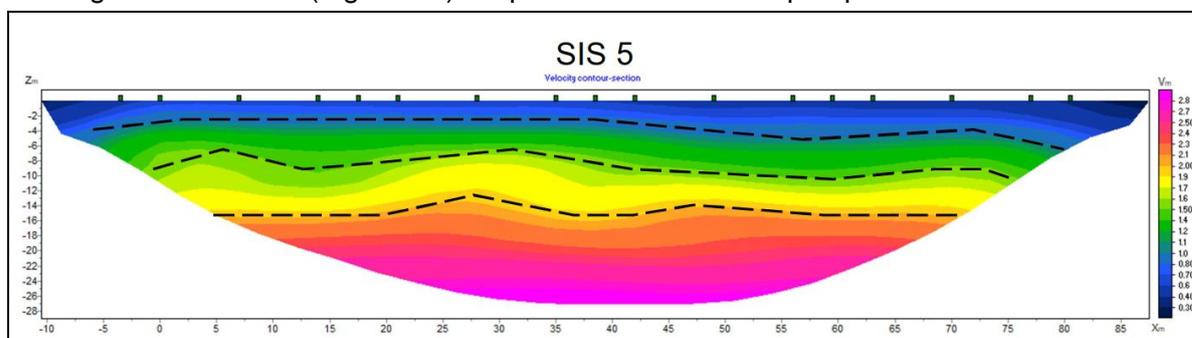


Fig. 2.3.H – Sezione simica con individuazione dei sismostrati relativi alla prospezione sismica a rifrazione SIS5 con modello di velocità ad onde P.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 23 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Prospezione sismica a rifrazione SIS6

La prospezione sismica a rifrazione è stata eseguita trasversalmente alla condotta in progetto per una lunghezza lineare di 125 metri.

Dall'elaborazione dei dati è emersa la presenza di quattro sismostrati principali in funzione della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p).

Al di sotto di un primo strato superficiale compreso tra il piano campagna ed una profondità compresa tra 8-10 metri, con velocità di propagazione delle onde di compressione V_p comprese tra 300 e 800 m/s, associabile a materiali di copertura, si rinviene uno strato sottostante compreso tra 12-15 metri di profondità dal piano campagna con velocità di propagazione delle onde di compressione compreso tra 800 m/s e 1600 m/s, associabile ad argille e sabbie.

Al di sotto di esso è stato individuato un terzo sismostrato, il quale si spinge fino profondità comprese tra 23-25 metri, con velocità delle onde V_p comprese tra 1600 m/s e 2100 m/s, associabile ad argille consistenti e limi. Infine, l'ultimo sismostrato, costituito da materiali molto consistenti, si individua fino ad una profondità di circa 38 metri dal piano campagna, con velocità delle onde P comprese tra 2100 m/s e 2800 m/s.

Nella figura sottostante (Fig. 2.3.I) si riporta lo stralcio della prospezione sismica a rifrazione.

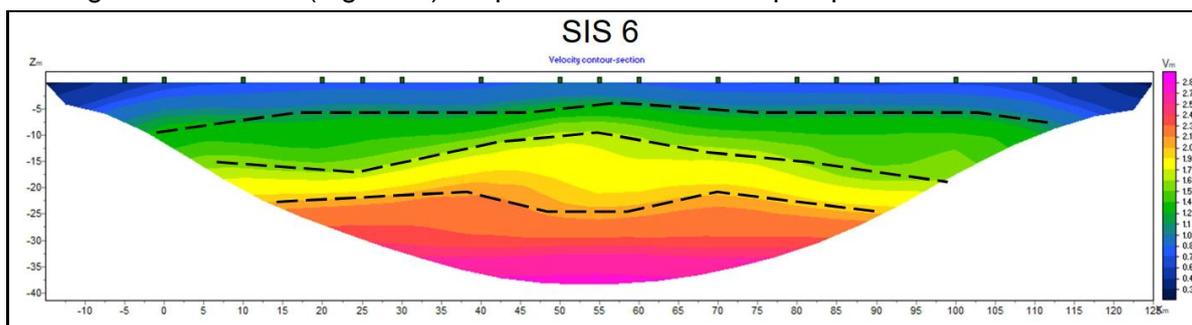


Fig. 2.3.I – Sezione sismica con individuazione dei sismostrati relativi alla prospezione sismica a rifrazione SIS6 con modello di velocità ad onde P.

Anche in questo caso l'elaborazione della prospezione sismica SIS6 conferma quanto indicato nella prova penetrometrica dinamica DP6bis, ossia la presenza di terreni a caratteristiche geotecniche migliori a partire da una profondità di circa 8-10 metri dal piano campagna, coincidente con la profondità del secondo sismostrato.

Anche in questo caso, poiché la morfologia non presenta importanti acclività, la verifica di stabilità è stata omessa ritenendo le informazioni ricavate dall'elaborazione delle indagini eseguite sufficienti ad individuare un modello geologico-geotecnico dell'areale facendo propendere come elemento di pericolosità geomorfologica la presenza di erosione superficiale che può favorire il dilavamento delle particelle più fini ed innescare la mobilitazione del terreno superficiale. Inoltre, poiché l'elaborazione delle prospezioni sismiche ha individuato la presenza di materiali fini almeno fino a 8-10 metri dal piano, si ritiene idoneo, ai fini della stabilità della condotta, realizzare opere di drenaggio sia trasversali che longitudinali alla condotta al fine smaltire le acque di infiltrazione oltre ad una corretta regimazione idraulica superficiale, tramite cunette in terra e/o presediate con legname e pietrame.

Infine, durante i sopralluoghi effettuati in campo non sono emerse condizioni geomorfologiche che possano far innescare fenomeni gravitativi allo stato attuale quiescenti.

La criticità geomorfologica più importante, invece, si riscontra nel tratto in cui la condotta in progetto intercetta un versante argilloso che degrada verso il fondovalle del Fiume Fortore, il quale si presenta fortemente dissestato e, pertanto, per ovviare a tale criticità geomorfologica

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 24 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

si è ricorsi a posizionare il gasdotto al di sotto dei potenziali piani di scivolamento, mediante la realizzazione di una Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.), la quale avrà una lunghezza di circa 920 metri, permettendo di porre la condotta a profondità di sicurezza, escludendo eventuali interferenze con i dissesti superficiali attivi o di probabile attivazione che interessano il versante in oggetto.

Il tratto è compreso tra la strada vicinale Forconi e l'areale a monte della Strada Provinciale n. 9. Nella figura sottostante (Fig. 2.3.L) si riporta lo stralcio dell'area in esame.

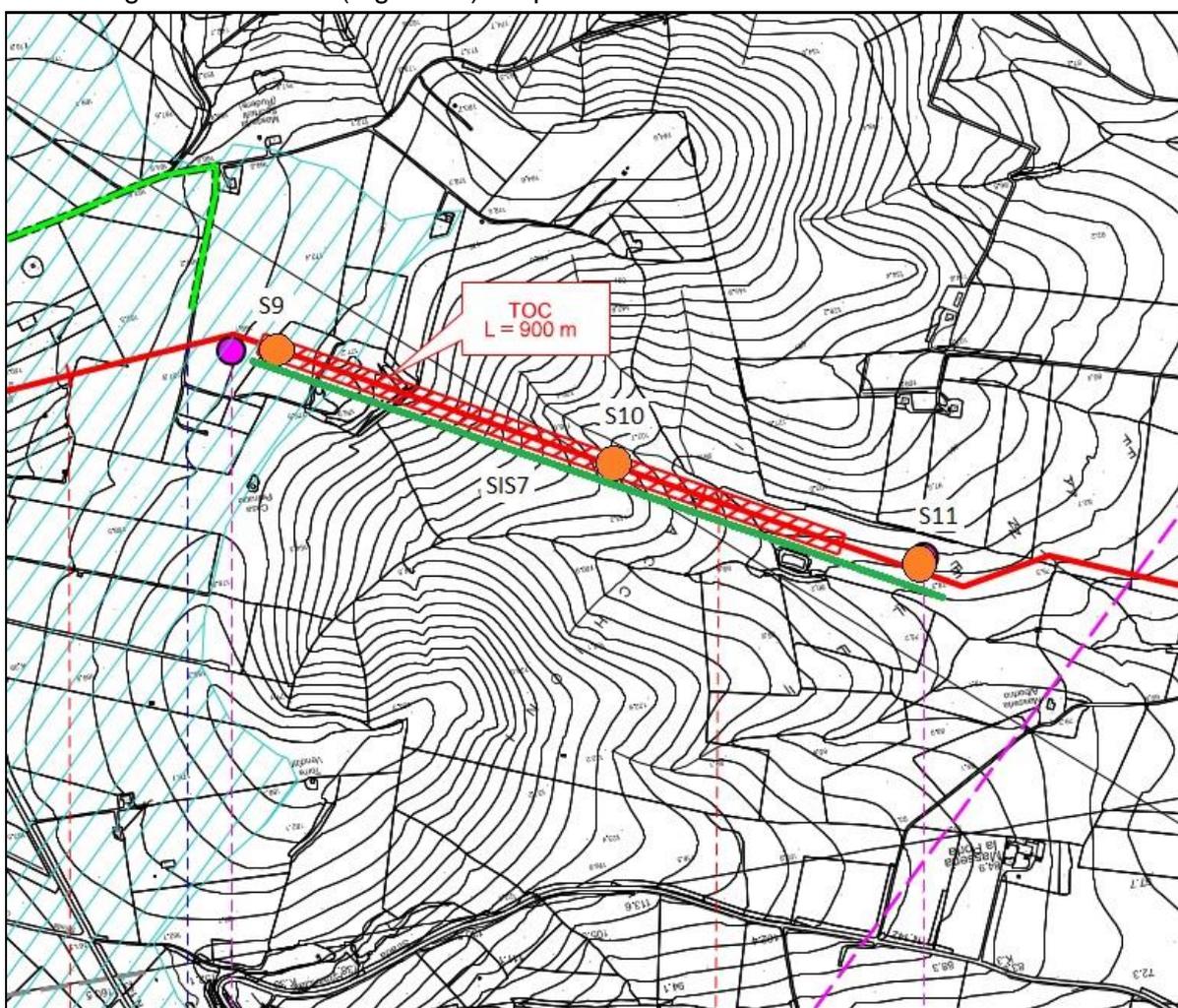


Fig. 2.3.L – Interazione della condotta in progetto con area a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1) censita nel P.A.I. redatto dall'Autorità di Bacino della Regione Puglia

Al fine di avere maggiori informazioni sulle caratteristiche litologiche e stratigrafiche dell'area in esame sono stati eseguiti n. 3 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese tra 25 metri e 40 metri dal piano campagna e n. 1 prospezione sismica a rifrazione. Di seguito si riporta la descrizione delle prove eseguite.

A tal fine, era stata valutata anche la possibilità di attrezzare i fori di sondaggio con tubi inclinometrici, come consigliato nel parere della CTVIA, in modo da identificare la profondità del piano di scivolamento e consentire il monitoraggio periodico del versante. Tuttavia, l'istallazione degli inclinometri non è stata possibile eseguirla per il diniego da parte dei proprietari in questa fase di progettazione. Si potrebbe valutarne l'istallazione nelle successive

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 25 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

fasi e, in particolare, prima dell'esecuzione dei lavori, quando saranno stati ottenuti tutte le autorizzazioni necessarie alla realizzazione dell'opera. Comunque i dati e le informazioni raccolte e di seguito riportate sono reputati sufficienti al fine di caratterizzare l'area e posizionare la condotta ad una profondità di sicurezza.

Di seguito (Tab. 2.3.A) vengono riportate le profondità dei sondaggi, le prove S.P.T. effettuate con le relative profondità in riferimento al numero dei sondaggi ed, inoltre, vengono riportate le profondità di prelievo dei campioni di terreno:

N. sondaggio	Profondità (m)	Profondità prove S.P.T. (m)	Profondità prelievo campione indisturbato (m)
S9	40.00	6.00/12.00/18.00/24.00/ 30.00/36.00	8.00-8.50/20.00- 20.50/28.00-28.50
S10	30.00	5.00/11.50/18.5/24.50/ 15.00	10.00-10.50/18.00- 18.50/26.50-27.00
S11	25.00	5.50/10.00/17.00/23.50/ 13.50	5.00-5.50/23.00-23.50

Tab. 2.3.A – Sondaggi, prove S.P.T. e prelievo campioni indisturbati

Di seguito viene riportata la descrizione delle stratigrafie ricostruite in modo diretto dai sondaggi geognostici eseguiti.

Sondaggio S9

Il sondaggio S9 è stato eseguito in corrispondenza del punto iniziale della trenchless della lunghezza di circa 920 metri, la quale permetterà di oltrepassare un versante dissestato.

Il sondaggio è stato spinto fino ad una profondità di 40 metri dal piano campagna ed ubicato in prossimità di una stradina di accesso ad un campo utilizzato a seminativo, ad una quota di circa 170 m.s.l.m., nel Comune di San Paolo di Civitate.

La stratigrafia mostra la presenza, al di sotto di una coltre superficiale di terreno vegetale limoso-argilloso, avente spessore di circa 0,20 metri, per tutto il foro di sondaggio (40 metri di profondità dal piano campagna) di terreni fini costituiti da limi e argille sabbiose da debolmente ghiaiose a ghiaiose in alternanza a limo argilloso con sabbia debolmente ghiaioso. Alla profondità di circa 23,50 metri dal piano campagna è stata riscontrata la presenza di un livello idrico.

Da segnalare che la componente sabbioso-ghiaioso individuata è di natura prevalentemente calcarea.

Durante l'esecuzione del sondaggio sono stati prelevati n. 3 campioni di terreno indisturbato e sono state eseguite, altresì, n. 6 prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test).

Nella tabella sottostante (Tab. 2.3.B) si riporta, invece, la sintesi delle prove S.P.T. eseguite nel foro di sondaggio.

Sigla Sondaggio	Profondità sondaggio (m)	Profondità prova S.P.T. (m)	Valori prova S.P.T.	N _{spt} colpi/30 cm
S9	40.00	6.00-6.45	10/13/15	28
		12.00-12.45	10/14/16	30
		18.00-18.45	7/11/14	25
		24.00-24.45	14/16/18	34
		30.00-30.45	9/11/10	21
		36.00-36.45	9/11/14	25

Tab. 2.3.B – Sintesi prove S.P.T. (Standard Penetration Test) eseguite nel foro di sondaggio S9

 SGI Società Gasdotti Italia S.P.A.	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 26 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Sui campioni indisturbati prelevati sono state effettuate le seguenti analisi di laboratorio:

- Caratterizzazione del campione (peso dell'unità di volume, contenuto naturale d'acqua, analisi granulometrica, limiti di liquidità e plasticità);
- Prove meccaniche su terreni (prova di taglio diretto).

Nella tabella seguente (Tab. 2.3.C) sono riportati i campioni analizzati ed il tipo di prova eseguita.

Sigla campione	Tipo	Profondità prelievo (metri)
S9 (C.I.1)	Campione indisturbato	8.00-8.50
S9 (C.I.3)	Campione indisturbato	28.00-28.50

Tab. 2.3.C – Sintesi campioni per analisi di laboratorio

Nella tabella seguente (Tab. 2.3.D), invece, sono sintetizzati i risultati dei campioni analizzati in laboratorio.

Sondaggio	Sigla campione	Profondità campione (m)	Contenuto d'acqua W (%)	Peso di volume medio Y (Mg/m ³)	Indice di Plasticità	Angolo d'attrito Φ' (°)	Coesione c' (kPa)	Granulometria
S9	C.I.1	8.00-8.50	27,49	1,85	37	18	24	Argilla=25,45 Limo=46,46 Sabbia=24,16 Ghiaia=3,93
S9	C.I.3	28.00-28.50	22,01	2,06	35	23	22	Argilla=52,27 Limo=44,91 Sabbia=2,82 Ghiaia=0,00

Tab. 2.3.D - Risultati sintetici analisi di laboratorio su campioni indisturbati

Dal punto di vista granulometrico i campioni prelevati risultano essere prevalentemente limoso quello più superficiale (46,46%) con buona percentuale di argilla (25,45%) e sabbia (24,16%), mentre quello più profondo è prevalentemente argilloso (52,27%) ma con buona percentuale di limo (44,91%).

Il peso per unità di volume dei campioni è compreso tra 1,85 Mg/m³ e 2,06 Mg/m³. Le coesioni e gli angoli d'attrito collocano i terreni tra quelli dotati di caratteristiche geomeccaniche medio-basse, ma con notevole miglioramento con la profondità.

Sondaggio S10

Il sondaggio S10 è stato eseguito nella parte centrale del versante, ad una quota di circa 110 m.s.l.m. su terreno utilizzato a seminativo, nel Comune di San Paolo di Civitate, ed è stato spinto fino ad una profondità di 30 metri dal piano campagna.

Dalla stratigrafia emerge la presenza, al di sotto di una coltre di terreno vegetale limoso-argillosa con sabbia e debolmente ghiaioso marrone di colore marrone scuro, avente spessore di circa 3 metri, di terreni fini costituiti da limi e argille da sabbiose a debolmente ghiaiosi da consistenti a molto consistenti, di colore beige, fino a circa 23,8 metri di profondità e da molto consistenti a duri, di colore grigio, fino a fondo foro (30 metri di profondità dal piano campagna. Tra 27,20 metri e 30 metri presenti lenti sabbiose di colore grigio.

Durante l'esecuzione del sondaggio sono stati prelevati n. 3 campioni di terreno indisturbato e sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 27 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Nella tabella sottostante (Tab. 2.3.E) si riporta, invece, la sintesi delle prove S.P.T. eseguite nel foro di sondaggio.

Sigla Sondaggio	Profondità sondaggio (m)	Profondità prova S.P.T. (m)	Valori prova S.P.T.	N _{spt} colpi/30 cm
S10	30.00	5.00-5.45	7/9/12	21
		11.50-11.95	5/6/6	12
		18.50-18.95	8/12/16	28
		24.50-24.95	10/16/18	34

Tab. 2.3.E – Sintesi prove S.P.T. (Standard Penetration Test) eseguite nel foro di sondaggio S10

Sui campioni indisturbati prelevati sono state effettuate le seguenti analisi di laboratorio:

- Caratterizzazione del campione (peso dell'unità di volume, contenuto naturale d'acqua, analisi granulometrica, limiti di liquidità e plasticità);
- Prove meccaniche su terreni (prova di taglio diretto).

Nella tabella seguente (Tab. 2.3.F) sono riportati i campioni analizzati ed il tipo di prova eseguita.

Sigla campione	Tipo	Profondità prelievo (metri)
S10 (C.I.3)	Campione indisturbato	26.50-27.00

Tab. 2.3.F – Sintesi campioni per analisi di laboratorio

Nella tabella seguente (Tab. 2.3.G), invece, sono sintetizzati i risultati dei campioni analizzati in laboratorio.

Sondaggio	Sigla campione	Profondità campione (m)	Contenuto d'acqua W (%)	Peso di volume medio Y (Mg/m ³)	Indice di Plasticità	Angolo d'attrito Φ' (°)	Coesione c' (kPa)	Granulometria
S10	C.I.3	26.50-27.00	19,37	2,11	19	20	70	Argilla=45,48 Limo=43,04 Sabbia=11,16 Ghiaia=0,00

Tab. 2.3.G - Risultati sintetici analisi di laboratorio su campioni indisturbati

Dal punto di vista granulometrico il campione prelevato risulta essere prevalentemente argilloso (45,48%) e limoso (43,04%) con minima percentuale di sabbia (11,16%).

Il peso per unità di volume dei campioni è pari a 2,11 Mg/m³, mentre la coesione e l'angolo d'attrito collocano il terreno tra quelli dotati di caratteristiche geomeccaniche medie.

Sondaggio S11

Il sondaggio S11 è stato eseguito all'uscita della trenchless, su una superficie sub-pianeggiante ai piedi del versante, ad una quota di circa 82 m.s.l.m. su terreno utilizzato a seminativo, nel Comune di San Paolo di Civitate, ed è stato spinto fino ad una profondità di 25 metri dal piano campagna.

Anche in questo caso, la stratigrafia mostra la presenza, al di sotto di coltre superficiale di terreno vegetale argilloso-limoso, avente spessore di circa 1,70 metri, di terreni fini costituiti da limi e argille sabbiose da debolmente ghiaiose di colore beige, da consistenti a molto consistenti per tutto il foro di sondaggio (25 metri di profondità dal piano campagna). Da segnalare la presenza tra la profondità di 11 metri e 13,80 metri di un livello di argilla limosa, a luoghi debolmente ghiaiosa, da molto consistente a duro, di colore marrone scuro.

 SGI Società Gasdotti Italia S.P.A.	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 28 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Durante l'esecuzione del sondaggio sono stati prelevati n. 2 campioni di terreno indisturbato e sono state eseguite n. 4 prove penetrometriche S.P.T. (Standard Penetration Test).

Nella tabella sottostante (Tab. 2.3.H) si riporta, invece, la sintesi delle prove S.P.T. eseguite nel foro di sondaggio.

Sigla Sondaggio	Profondità sondaggio (m)	Profondità prova S.P.T. (m)	Valori prova S.P.T.	N _{spt} colpi/30 cm
S11	25.00	5.50-5.95	5/7/9	16
		10.00-10.45	10/12/15	27
		17.00-17.45	4/6/9	15
		23.50-23.95	9/13/19	32

Tab. 2.3.H – Sintesi prove S.P.T. (Standard Penetration Test) eseguite nel foro di sondaggio S11

Sui campioni indisturbati prelevati sono state effettuate le seguenti analisi di laboratorio:

- Caratterizzazione del campione (peso dell'unità di volume, contenuto naturale d'acqua, analisi granulometrica, limiti di liquidità e plasticità);
- Prove meccaniche su terreni (prova di taglio diretto).

Nella tabella seguente (Tab. 2.3.I) sono riportati i campioni analizzati ed il tipo di prova eseguita.

Sigla campione	Tipo	Profondità prelievo (metri)
S11 (C.I.2)	Campione indisturbato	23.00-23.50

Tab. 2.3.I – Sintesi campioni per analisi di laboratorio

Nella tabella seguente (Tab. 2.3.L), invece, sono sintetizzati i risultati dei campioni analizzati in laboratorio.

Sondaggio	Sigla campione	Profondità campione (m)	Contenuto d'acqua W (%)	Peso di volume medio Y (Mg/m ³)	Indice di Plasticità	Angolo d'attrito Φ' (°)	Coesione c' (kPa)	Granulometria
S11	C.I.2	23.00-23.50	18,10	2,01	32	26	2	Argilla=60,65 Limo=36,88 Sabbia=2,27 Ghiaia=0,00

Tab. 2.3.L - Risultati sintetici analisi di laboratorio su campioni indisturbati

Dal punto di vista granulometrico il campione prelevato risulta essere prevalentemente argilloso (60,65%) con una percentuale di limo (36,88%).

Il peso per unità di volume dei campioni è pari a 2,01 Mg/m³, mentre la coesione e l'angolo d'attrito collocano il terreno tra quelli dotati di caratteristiche geomeccaniche medie.

Prospezione sismica a rifrazione SIS7

La prospezione sismica a rifrazione è stata eseguita trasversalmente alla condotta in progetto per una lunghezza lineare di 125 metri.

Dall'elaborazione dei dati è emersa la presenza di quattro sismostrati principali in funzione della velocità di propagazione delle onde di compressione (V_p).

Al di sotto di un primo strato superficiale compreso tra il piano campagna ed una profondità di circa 6 metri, con velocità di propagazione delle onde di compressione V_p comprese tra 300 e 800 m/s, associabile a materiali di copertura, si rinviene uno strato sottostante fino ad una profondità di circa 13 metri dal piano campagna con velocità di propagazione delle onde di

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 29 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

compressione compreso tra 800 m/s e 1600 m/s, associabile ad argille e sabbie. Tale sismostrato si approfondisce notevolmente nella parte centrale della tomografia, coincidente con la parte mediana del versante interessato dalla trivellazione.

Al di sotto di esso è stato individuato un terzo sismostrato, il quale si spinge fino ad una profondità di circa 18 metri, con velocità delle onde V_p comprese tra 1600 m/s e 2100 m/s, associabile ad argille consistenti e limi. Infine, l'ultimo sismostrato, costituito da materiali molto consistenti, si individua fino ad una profondità maggiore di 24 metri dal piano campagna, con velocità delle onde P comprese tra 2100 m/s e 2800 m/s.

Nella figura sottostante (Fig. 2.3.M) si riporta lo stralcio della prospezione sismica a rifrazione.

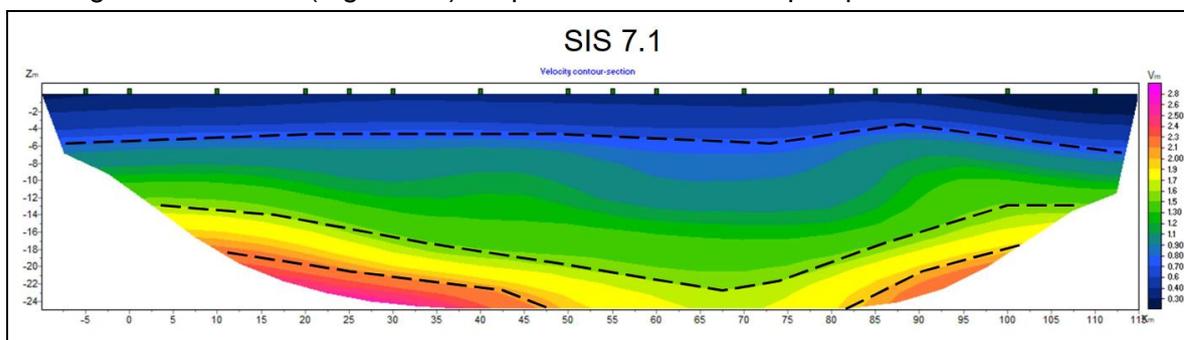


Fig. 2.3.M – Sezione sismica con individuazione dei sismostrati relativi alla prospezione sismica a rifrazione SIS7 con modello di velocità ad onde P.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 30 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

3 FATTIBILITÀ TRIVELLAZIONE ORIZZONTALE CONTROLLATA

3.1 Modello geologico

Dai sopralluoghi effettuati in campo, dalle indagini geognostiche eseguite e dalle informazioni di carattere bibliografico acquisite, è stato possibile avere un quadro preliminare circa la caratterizzazione geologica dell'area di intervento ed ipotizzare un modello geologico dell'area di interesse.

La finalità delle indagini geognostiche eseguite e di quelle da eseguirsi è quella di ricostruire le principali caratteristiche ed i lineamenti del sottosuolo, con particolare riferimento alla natura litologica e stratigrafica del corridoio interessato dalla trivellazione.

Nello specifico, la trivellazione da eseguire, avente lunghezza di circa 920 metri, dalla consultazione della cartografia tematica di base, dalle indagini eseguite e dalla sezione geologica ricostruita e, correlando i dati ottenuti dai sondaggi geognostici, la Trivellazione Orizzontale Controllata intercetta esclusivamente terreni fini costituiti da limi e argille con sabbia da debolmente ghiaiosi a ghiaiosi abbastanza consistenti.

Dall'elaborazione delle indagini eseguite è stato individuato un modello geologico schematico del corridoio interessato dal passaggio della Trivellazione Orizzontale Controllata.

Al di sotto di una coltre superficiale limoso-argillosa, il cui spessore varia tra 2 e 3 metri di profondità dal piano campagna, si rinviene, fino a profondità comprese tra 25 e 50 metri dal piano campagna, terreni fini costituiti da limi e argille con sabbie da debolmente ghiaiosi a ghiaiosi in alternanza a limi argillosi con sabbia debolmente ghiaiosi, da consistenti a duri.

Al di sotto di tali profondità, è stato ipotizzato il substrato litologico del versante costituito da argilla limosa a luoghi debolmente ghiaiosa molto consistente, come confermato dalla Carta Geologica. È proprio in questa litologia che si sviluppa la quasi totalità della T.O.C., raggiungendo notevoli profondità, garantendone la sicurezza in caso di eventuali movimenti gravitativi del versante.

Alla profondità di circa 23,50 metri dal piano campagna è stata riscontrata la presenza di un livello idrico soltanto nella parte di versante iniziale del versante, disperdendosi man mano che si ridiscende lungo il versante, dove, è invece, presente un piccolo impluvio che si sviluppa fino alla parte terminale del versante.

Dal modello geologico emerso, è ipotizzabile che il terreno mobilizzabile è quello relativo alla coltre superficiale in quanto al di sotto di esso si è riscontrata la presenza di materiale, seppur fine, ma abbastanza consistente, con caratteristiche geotecniche migliorative con la profondità.

3.2 Metodologia Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.)

La T.O.C. (Trivellazione Orizzontale Controllata) viene realizzata con due piccoli cantieri, che operano contestualmente all'avanzamento della linea. Con questo metodo, la messa in opera della condotta comporta le seguenti operazioni:

- impostazione dei macchinari e verifiche topografiche;
- esecuzione del foro pilota;
- trivellazione/i di allargamento del preforo;
- tiro-posa della condotta.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 31 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

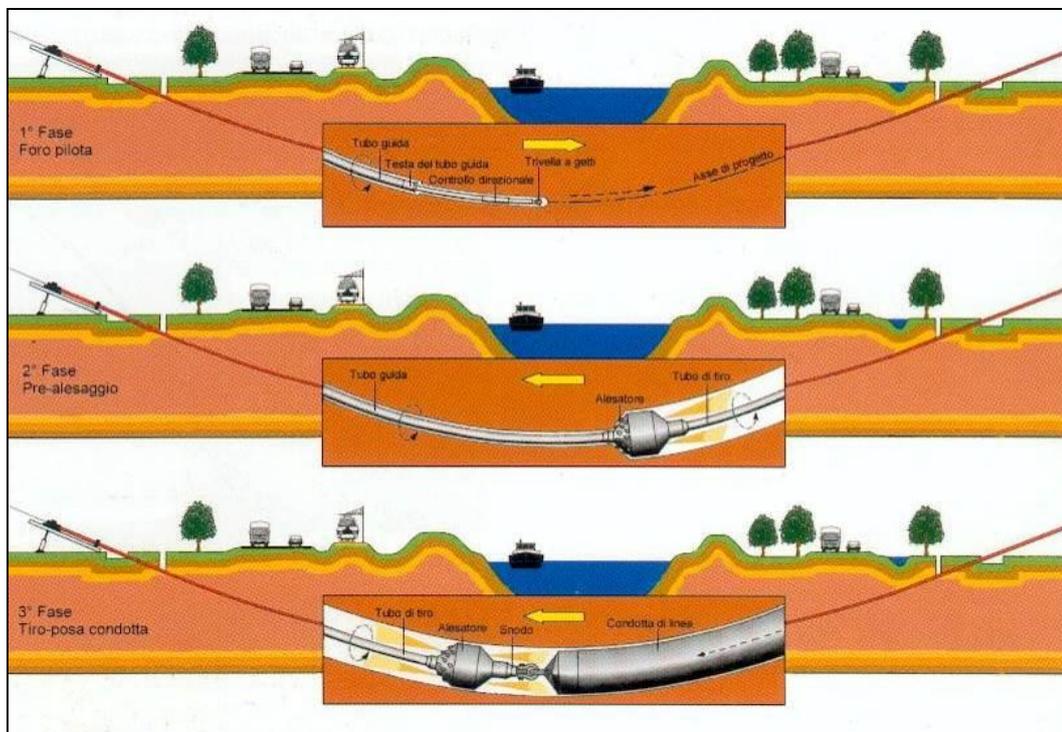


Fig. 3.2.A – T.O.C. Fasi principali di lavoro

Il tracciato del foro pilota è controllato durante la trivellazione da frequenti letture dell'inclinazione e dell'azimut all'estremità della testa di perforazione. Queste letture, unite ai dati relativi alla lunghezza delle aste di trivellazione già installate, sono utilizzate per calcolare le coordinate orizzontali e verticali dell'estremità di testa rapportate al punto di inizio della trivellazione.

Di norma le misurazioni della posizione sono eseguite ad ogni giunto del tubo pilota (circa 9-10 metri) e riportate sul profilo del disegno di progetto, in modo da avere un riscontro immediato delle eventuali deviazioni. Se non dovesse coincidere, l'asta pilota verrà ritirata per una lunghezza tale da permettere la correzione necessaria. Periodicamente, durante la trivellazione del foro pilota, un tubo guida viene fatto ruotare ed avanzare in modo concentrico sopra l'asta di perforazione pilota. Il tubo guida evita il bloccaggio dell'asta pilota, riduce gli attriti, permettendo di orientare senza difficoltà l'asta di perforazione, e facilita il trasposto verso la superficie dei materiali di scavo. Esso, inoltre, mantiene aperto il foro, nel caso sia necessario ritirare l'asta pilota.

Il foro pilota è completato quando sia l'asta pilota che il tubo guida escono alla superficie sul lato opposto al rig. L'asta pilota è quindi ritirata, lasciando il tubo guida lungo il profilo di progetto.

La fase di alesaggio è costituita dall'allargamento del foro pilota per mezzo di un alesatore. Tale operazione può essere eseguita prima del tiro-posa della condotta o contemporaneamente ad esso. Nel caso di prealesatura, la fresa ed i relativi accessori sono fissati al tubo guida nel punto di uscita. Quindi la fresa viene fatta ruotare e contemporaneamente tirata dal rig di perforazione, allargando in questo modo il foro pilota. Man mano che la fresa procede, dietro ad essa vengono assemblate nuove aste di tubo guida per garantire la continuità di collegamento all'interno del foro. Solitamente per linee di piccolo diametro, non superiori a 500 millimetri, la fase di prealesatura viene omessa, e si esegue la fase finale di installazione al completamento del foro pilota. In questo caso, la sezione di tiro

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 32 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

della condotta prefabbricata è fissata dietro alla fresa e la segue sotto al fiume sino al rig. Per impedire che la condotta sia sollecitata a torsione si interpone fra la fresa e la condotta un giunto reggispinta girevole.

Durante le fasi di trivellazione e di prealesatura e di tiro-posa, viene utilizzato un fango bentonitico. Questo fango, opportunamente dosato in base al tipo di terreno, ha molteplici funzioni, quali ridurre gli attriti nelle fasi di scavo, trasportare alla superficie i materiali di scavo, mantenere aperto il foro, lubrificare la condotta nella fase di tiro-posa e garantirne il galleggiamento.

3.3 Analisi di fattibilità geologica

L'adozione di metodologie trenchless limita l'uso di scavi a cielo aperto e, pertanto, evita interferenze tra i lavori di realizzazione del gasdotto ed il soprasuolo.

La scelta e la fattibilità delle varie metodologie trenchless dipendono da diversi fattori ed in particolar modo dalla natura litologica del terreno.

Nella tabella seguente (Tab. 3.3.A) vengono riportati le diverse metodologie trenchless e la relativa fattibilità.

Terreno	A cielo aperto	Spingitubo	Raise boring	T.O.C.	Microtunnelling	T.B.M
Torba	Difficile	Buona	Non fattibile	Ottima	Buona	Non fattibile
Argilla	Buona	Buona	Non fattibile	Ottima	Buona	Non fattibile
Limo	Buona	Buona	Non fattibile	Ottima	Ottima	Non fattibile
Sabbia	Buona	Buona	Non fattibile	Buona	Ottima	Non fattibile
Ghiaia	Buona	Buona	Non fattibile	Non fattibile	Buona	Non fattibile
Ciottoli	Buona	Difficile	Non fattibile	Non fattibile	Buona	Non fattibile
Roccia tenera	Buona	Non fattibile	Buona	Buona	Buona	Buona
Roccia dura	Difficile	Non fattibile	buona	buona	buona	Buona

Tab. 3.3.A – Fattibilità realizzazione trenchless in funzione del terreno (Fonte: Vescovo, Lazzarini)

È necessario premettere che l'utilizzazione della T.O.C. è una metodologia la cui fattibilità è subordinata alla sussistenza di alcune condizioni che di seguito vengono brevemente riportate.

Dalla letteratura e dalle esperienze pregresse emerge che i terreni più idonei per l'impiego di questa tecnologia sono, nell'ordine, quelli costituiti da argille plastiche o sovraconsolidate, limi, sabbie con diverso grado di addensamento, e comunque tutti quelli, sia coerenti che incoerenti, a matrice prevalentemente argilloso-limoso-sabbiosa, anche inglobanti materiali litoidi di dimensioni centimetriche.

Il sistema è idoneo anche a lavori di posa in opera di tubi in terreni costituiti da sabbie anche grossolane, sature d'acqua al 100% e quindi sotto falda senza che si inneschino sifonamenti; il foro, infatti, durante le varie fasi di lavoro è mantenuto costantemente saturo di fango bentonitico di densità opportuna per contrastare e controbilanciare la spinta idrostatica.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 33 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Generalmente, le T.O.C. risultano fattibili anche in presenza di depositi costituiti da ghiaie e ciottoli con diametro inferiore ai 10 centimetri con abbondante matrice sabbiosa o limosa e con una buona densità relativa. In tale circostanza è necessario utilizzare utensili adeguati ed una alta viscosità dei fluidi di perforazione ed un diametro del foro maggiorato rispetto ad una normale T.O.C. in materiali fini.

In base alle considerazioni fatte, al fine di verificare la fattibilità di una T.O.C., è fondamentale conoscere il comportamento geomeccanico del terreno interessato. In base a caratteristiche dei litotipi possono presentarsi due condizioni possibili sia riguardo le modalità di esecuzione della trivellazione e sia sulla modalità di eseguire il foro (foro aperto; foro fluido).

In particolare, nel caso di foro aperto esiste un flusso costante di fluidi di perforazione all'interno del foro che mantiene in sospensione il materiale di scavo e lo avvia all'esterno. Nel secondo caso (foro fluido), l'azione di taglio è prevalentemente idraulica provocata dai getti del fluido di perforazione che, miscelandosi ai detriti, costituiscono un'unica massa di terreno fluido assimilabile a un tubo di flusso.

Nella tabella seguente (Tab. 3.3.B) è riportata la fattibilità della T.O.C., in relazione ai litotipi riscontrati e le relative metodologie esecutive.

Tipologia terreni	Tipo foro	Fattibilità	Condizioni necessarie a garanzia di successo	Attrezzatura ausiliaria / problematiche
Argille da prive a poco consistenti, limi e depositi organici	Aperto	Si	-	Vibrovaglio
Argille da moderatamente a molto consistenti e limi	Aperto	Si	Limitate pressioni di lavoro, alesatori opportuni, elevata fluidità dei fluidi di perforazione	Vibrovaglio con centrifuga; possibile rottura dei terreni sovrastanti
Argille consistenti e scisti fortemente alterati	Aperto	Si	Limitate pressioni di lavoro, alesatori opportuni, elevata fluidità dei fluidi di perforazione, alesaggi intermedi frequenti (intervalli di diametro ridotti)	Vibrovaglio con centrifuga; possibile rottura dei terreni sovrastanti
Sabbie da sciolte a molto sciolte, sopra e sotto falda	Fluido	Si (difficile)	Riduzione dei tempi operativi, alta viscosità del fluido di perforazione	Vibrovaglio; possibilità di blocco, utilizzare per diametri medio-piccoli evitando alesaggi intermedi
Sabbie da mediamente addensate ad addensate, sopra e sotto falda	Fluido	Si	Riduzione dei tempi operativi, alta viscosità del fluido di perforazione	Vibrovaglio; ridotti alesaggi intermedi
Ghiaie e ciottoli con diametro minore di 10 cm	Crollo	No	-	-

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 34 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Tipologia terreni	Tipo foro	Fattibilità	Condizioni necessarie a garanzia di successo	Attrezzatura ausiliaria / problematiche
Ghiaie e ciottoli con diametro minore di 10 cm in abbondante matrice sabbiosa o limosa	Fluidico con deposito	Si	Adeguati scalpelli a motore, riduzione dei tempi operativi, alta viscosità del fluido di perforazione, maggiorazione del diametro finale di scavo in funzione della effettiva percentuale di materiale grossolano presente	Casing, vibrovaglio
Terreni con significativa presenza di ciottoli maggiori di 10 cm e trovanti	Crollo	No	-	-
Rocce alterate, marne, gessi e terreni fortemente cementati	Aperto con deposito	Si	Adeguati scalpelli a motore e alesatori, notevole quantità di fluidi di perforazione opportunamente studiati, alesaggi intermedi frequenti (intervalli di diametro ridotti), maggiorazione del diametro finale di scavo	Vibrovaglio, triconi, alesatori a rulli e/o inserti
Rocce da poco alterate a non alterate	Aperto con deposito	Si (difficile)	Adeguati scalpelli a motore e alesatori, notevole quantità di fluidi di perforazione opportunamente studiati, alesaggi intermedi frequenti (intervalli di diametro ridotti), maggiorazione del diametro finale di scavo	Vibrovaglio, triconi, alesatori a rulli e/o inserti; studiare accuratamente la maggiorazione del diametro finale onde evitare il blocco in fase di tiro-posa

Tab. 3.3.B - Comportamento fisico del terreno e fattibilità (Fonte: Vescovo, Lazzarini)

Nel caso specifico, dalla sezione geologica ricostruita tramite le informazioni desunte dai sondaggi geognostici e dallo stendimento sismico a rifrazione eseguiti emerge che la perforazione, tramite tecnologia T.O.C., intercetta nella quasi totalità sedimenti argillosi molto consistenti con presenza di limo, a luoghi debolmente ghiaiosi.

Le litologie intercettate dalla T.O.C. non presentano particolari criticità per l'esecuzione di tale metodologia ma richiedono piccoli accorgimenti (limitate pressioni di lavoro, opportuni alesatori, elevata fluidità dei fluidi di perforazione).

La possibile presenza di rara ghiaia a luoghi (dimensione inferiore a 10 centimetri), non dovrebbe inficiare sulla buona riuscita della T.O.C.; tuttavia, anche in questo caso, si può ricorrere ad alcuni accorgimenti tecnici, quali ad esempio: adeguati scalpelli, riduzione dei tempi operativi, alta viscosità del fluido di perforazione ed eventuale maggiorazione del diametro finale di scavo.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 35 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Per quanto elaborato con i dati ad oggi in possesso, le litologie intercettate dalla T.O.C. non presentano particolari criticità per l'esecuzione della trivellazione, ma, anche in questo, in considerazione del contesto geomorfologico interessato da una possibile dinamica di versante, si è ritenuto necessario posizionare la condotta a profondità adeguate, come indicato nella sezione geologica allegata al presente elaborato.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 36 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

4 VERIFICA DI STABILITÀ

In ottemperanza delle richieste di integrazione e/o approfondimento espresse dalla Commissione Tecnica nell'ambito della Verifica di assoggettabilità alla VIA con parere n. 462 del 6 aprile 2022 (condizione ambientale 1), per le aree individuate in corrispondenza del corridoio interessato dal gasdotto in progetto (versanti interessati da dissesti geomorfologici) è stata effettuata la seguente verifica di stabilità in fase sia ante che post operam, ovvero nello stato di fatto e di progetto.

La traccia della sezione sulla quale è stata eseguita la verifica è stata scelta in modo da rappresentare il versante lungo la linea di massima pendenza.

L'analisi di stabilità viene finalizzata, non tanto a verificare la stabilità del versante, la cui possibile propensione al dissesto è stata già verificata in campo, ma alla definizione e alla profondità dei potenziali piani di scivolamento, in modo tale da posizionare la condotta in sicurezza con tecnologia che evita scavi a cielo aperto (T.O.C.) al di sotto della coltre mobilizzabile.

Pertanto La verifica di stabilità è finalizzata ad identificare le potenziali superfici di scorrimento cinematicamente possibili, per ricercare la superficie critica alla quale corrisponde il coefficiente di sicurezza più basso. Tale coefficiente di sicurezza, espresso dal rapporto tra la resistenza al taglio disponibile e la tensione di taglio agente lungo la superficie di scorrimento, viene valutato impiegando parametri geotecnici (derivanti da analisi di laboratorio), congruenti con i caratteri del cinematiso atteso o accertato.

Per tale verifica di stabilità, analizzando il contesto geomorfologico e geotecnico locale, si è valutato di considerare stabile tutte le superfici con fattore di sicurezza $F_s > 1,3$.

Dalla verifica di stabilità eseguita, vengono evidenziati tutte le superfici di scorrimento calcolate, con i relativi piani di scivolamento, nonché la superficie di scorrimento con il minimo coefficiente di sicurezza, come riportato nell'Annesso 3.

Nella maggior parte dei casi ci si trova a dover trattare un materiale che se saturo è per lo meno bifase, ciò rende la trattazione delle equazioni di equilibrio notevolmente complicata.

Inoltre, è praticamente impossibile definire una legge costitutiva di validità generale, in quanto i terreni presentano un comportamento non-lineare già a piccole deformazioni, sono anisotropi ed inoltre il loro comportamento dipende non solo dallo sforzo deviatorico ma anche quello normale. A causa delle suddette difficoltà vengono introdotte delle ipotesi semplificative. Infatti, si usano leggi costitutive semplificate: *modello rigido perfettamente plastico*. Si assume che la resistenza del materiale sia espressa unicamente dai parametri coesione (c) e angolo di resistenza al taglio (ϕ), costanti per il terreno e caratteristici dello stato plastico; quindi si suppone valido il criterio di rottura di Mohr-Coulumb:

$$\tau = C' + (\sigma_v - \mu) \cdot \tan \varphi' = C' + \sigma_v' \cdot \tan \varphi'$$

dove:

τ = resistenza a taglio, con le dimensioni di uno sforzo;

C' = coesione;

μ = pressione neutra;

φ' - angolo di attrito interno.

Nel caso specifico è stato utilizzato il metodo di Bishop per la ricerca di superfici di scorrimento circolari, in condizioni drenate, ossia nella quale le pressioni neutre si dissipano nel tempo (condizione a lungo termine).

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 37 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Si evidenzia che per la verifica di stabilità sono stati calcolati i parametri sismici del sito, in relazione alla categoria di sottosuolo sismico (da indagini e da letteratura) e al fattore topografico, in accordo con il Decreto del Ministero dei Lavori Pubblici del 17 gennaio 2018 "Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni".

Inoltre, la stabilità dei pendii nei confronti dell'azione sismica è stata verificata con il metodo pseudo-statico. Per i terreni che sotto l'azione di un carico ciclico possono sviluppare pressioni interstiziali elevate viene considerato un aumento in percento delle pressioni neutre che tiene conto di questo fattore di perdita di resistenza.

Ai fini della valutazione dell'azione sismica vengono considerate le seguenti forze:

$$F_H = K_x W$$

$$F_V = K_y W$$

Dove: **F_H** e **F_V** rispettivamente la componente orizzontale e verticale della forza d'inerzia applicata al baricentro del concio; **W** peso concio; **K_x** coefficiente sismico orizzontale; **K_y** coefficiente sismico verticale.

Per tali verifiche di stabilità, analizzando il contesto geomorfologico e geotecnico locale, si è valutato di considerare stabile tutte le superfici con fattore di sicurezza $F_s > 1,3$.

Nei paragrafi successivi è riportata la sintesi dei risultati ottenuti con le assunzioni di calcolo.

4.1 Cenni teorici

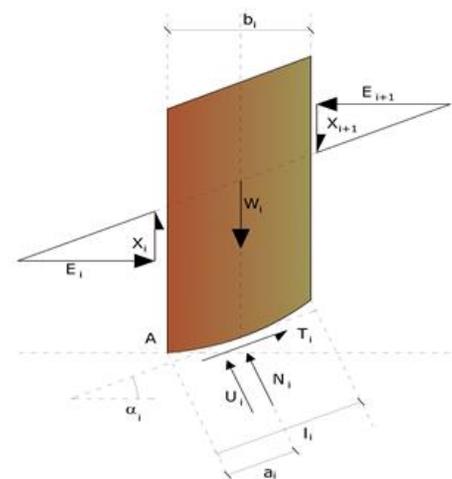
Per tutti i tratti ritenuti idonei, secondo il criterio riportato precedentemente, sono state eseguite verifiche di stabilità con il metodo Bishop, per la ricerca di superfici di scorrimento circolari, effettuando un'analisi in termini di tensioni efficaci, ovvero in condizioni drenate.

Con tale metodo non viene trascurato nessun contributo di forze agenti sui blocchi e fu il primo a descrivere i problemi legati ai metodi convenzionali. Le equazioni usate per risolvere il problema sono:

$$\sum F_y = 0, \quad \sum M_0 = 0 \quad \text{Criteriodi rottura}$$

$$F = \frac{\sum \{c_i \times b_i + (W_i - u_i \times b_i + \Delta X_i) \times \tan \phi_i\} \times \frac{\sec \alpha_i}{1 + \tan \alpha_i \times \tan \phi_i} / F}{\sum W_i \times \sin \alpha_i}$$

I valori di F e di DX per ogni elemento che soddisfano questa equazione danno una soluzione rigorosa al problema. Come prima approssimazione conviene porre $DX = 0$ ed iterare per il calcolo del fattore di sicurezza, tale procedimento è noto come metodo di Bishop ordinario, gli errori commessi rispetto al metodo completo sono di circa 1%.



	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 38 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

4.2 Verifica

La verifica di stabilità ha interessato l'intero versante argilloso che degrada verso il fondovalle del Fiume Fortore, il quale mostra una certa propensione al dissesto. In ogni caso, il gasdotto in progetto, lungo il versante, sarà realizzato in trenchless, pertanto l'obiettivo della verifica di stabilità è quello di evidenziare probabili piani di scivolamento che possano interessare la profondità di posa del gasdotto.

4.2.1 Assunzioni di calcolo

In questo caso è stata eseguita una verifica di stabilità in direzione SE-NW facendo coincidere la sezione con l'andamento del tracciato del gasdotto (Sezione 1).

Nella figura sottostante si riporta lo stralcio relativo all'ubicazione della sezione considerata.



Fig. 4.2.1.A – Stralcio con ubicazione sezione (in giallo) lungo la quale è stata eseguita la verifica di stabilità

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 39 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

Il modello geologico e geotecnico del versante è stato ricostruito utilizzando i dati desunti dalle indagini geognostiche eseguite e, in particolare, dai sondaggi a carotaggio continuo e dalle analisi di laboratorio.

Modello geotecnico Sezione 1				
Strato	Peso unità di volume (Kg/m ³)	Coesione (kg/cm ²)	Angolo di resistenza al taglio (°)	Litologia
1	1850	0.02	18	Coltre superficiale limoso-argillosa
2	2100	0.04	20	Limo argilloso con sabbia debolmente ghiaiosi
3	2050	1.00	26	Substrato argilloso-limoso

4.2.2 Risultati

Dalla verifica di stabilità eseguita con il metodo Bishop (1955), è emerso che tutte le superfici di potenziale scorrimento individuate, non raggiungono la profondità di posa della trenchless (T.O.C.) in progetto come visibile nelle figure sottostanti. Le superfici con coefficiente di sicurezza inferiori a 1,3 interessano soltanto la coltre di alterazione superficiale e in caso di riattivazione dei fenomeni franosi non vanno a interferire con la condotta.

Infatti, come si evince nella figura sottostante (4.2.2.B) il posizionamento della condotta, collocata a una profondità maggiore di 40 m rispetto al piano campagna, avviene a profondità maggiore rispetto ai potenziali piani di scivolamento di tutte le superfici individuate ed inoltre la maggior parte del percorso in TOC della condotta si sviluppa nei depositi Argillosi-limosi molto consistenti.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 40 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

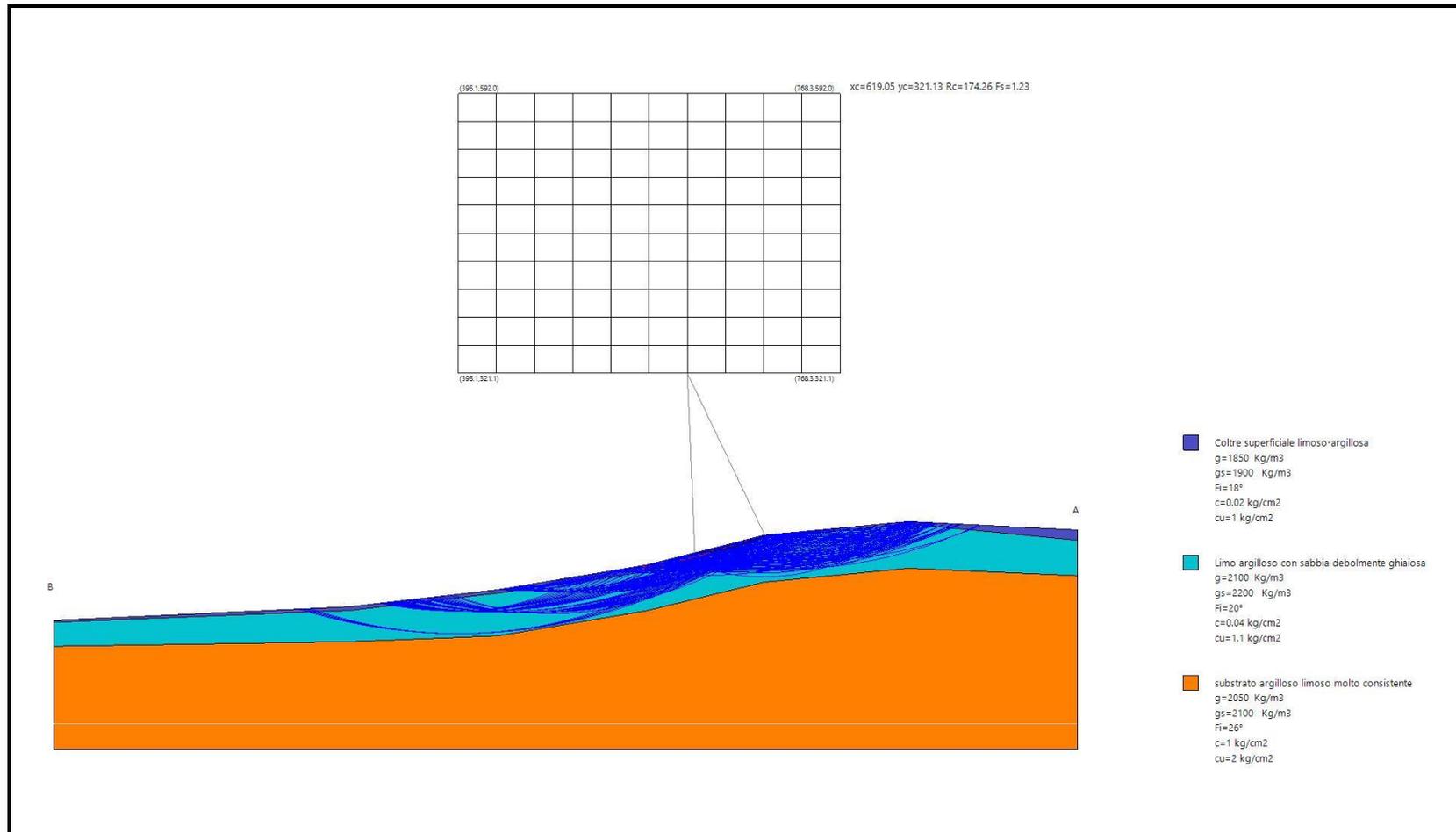


Fig. 4.2.2.A – Sezione verifica stabilità del versante allo stato attuale, ossia in condizioni “ante operam”, con l’individuazione di tutte le superfici di scorrimento individuate e l’ubicazione di quella con fattore di sicurezza Fs minimo individuato pari a 1,23

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 41 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

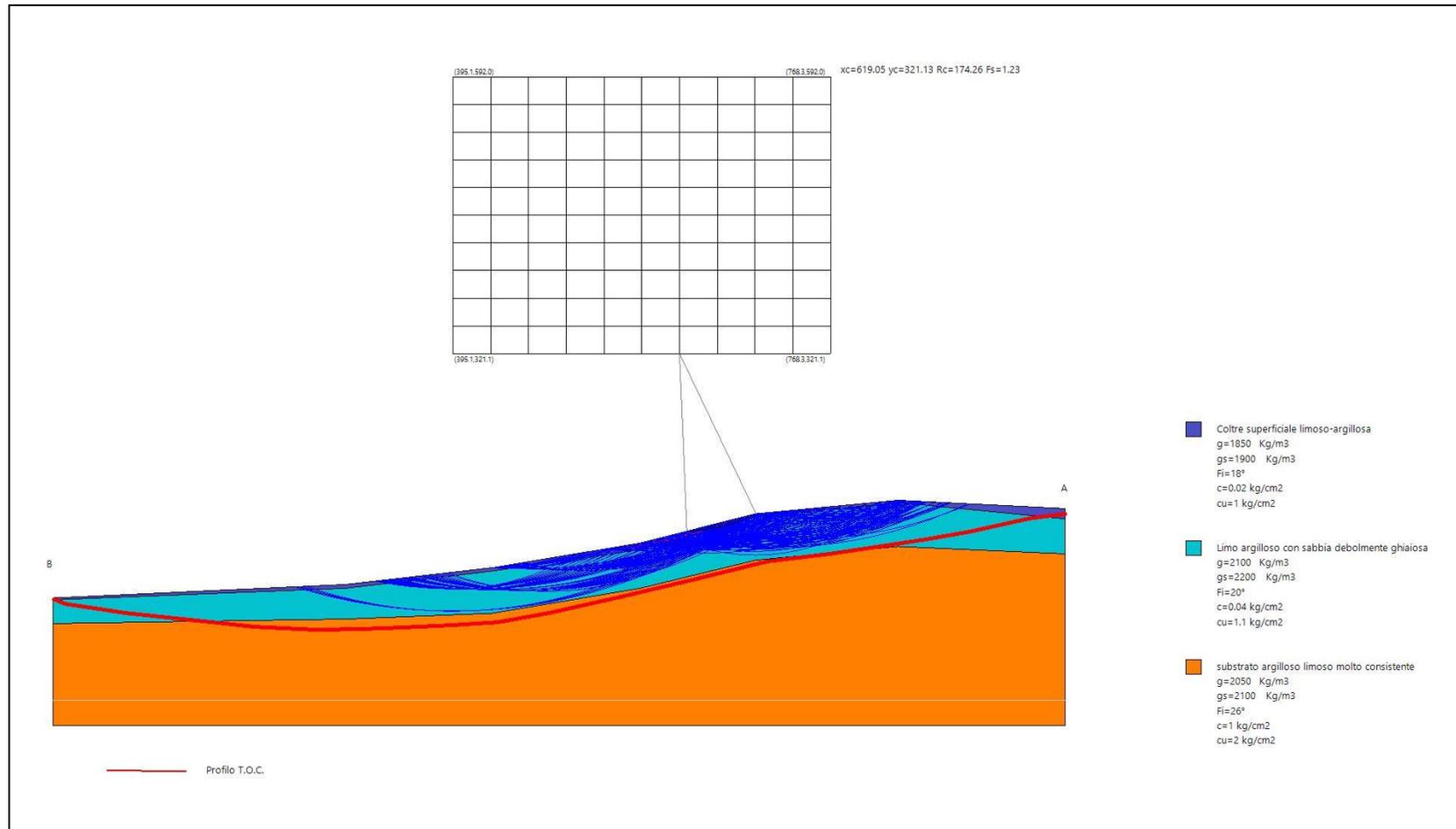


Fig. 4.2.2.B – Sezione verifica stabilità del versante con profilo T.O.C., ossia in condizioni “post operam”, con l’individuazione di tutte le superfici di scorrimento individuate e l’ubicazione di quella con fattore di sicurezza F_s minimo individuato pari a 1,23. Da come si evince, il posizionamento della condotta avviene a profondità maggiore rispetto ai potenziali piani di scivolamento individuati.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12''), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 42 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

5 CONCLUSIONI

Il presente documento intende evidenziare la compatibilità delle opere previste in progetto con il contesto geomorfologico locale e, in particolare, con le aree in dissesto. Il presente studio riguarda, in particolar modo, il versante collocato in destra idrografica del Fiume Fortore, interessato dalla realizzazione del tratto 4 dell'opera in oggetto. Infatti il versante argilloso che degrada verso il fondovalle del Fiume Fortore presenta una forte propensione al dissesto e, pertanto, per ovviare a tale criticità geomorfologica si è ricorsi a posizionare il gasdotto al di sotto dei potenziali piani di scivolamento, mediante la realizzazione di una Trivellazione Orizzontale Controllata (T.O.C.), la quale avrà una lunghezza di circa 920 metri, permettendo di porre la condotta a profondità di sicurezza, escludendo eventuali interferenze con i dissesti superficiali attivi o di probabile attivazione che interessano il versante in oggetto.

Il presente documento intende inoltre ottemperare alle prescrizioni ANTE OPERAM formulate al secondo sottopunto della "Condizione ambientale n.1", formulata all'interno del Parere della Commissione Tecnica di Verifica dell'Impatto Ambientale VIA e VAS n. 462 del 6 aprile 2022 di seguito riportata:

- *La tipologia di perforazione dell'opera trenchless dovrà essere confermata dai risultati della campagna di indagini geognostiche in corso di esecuzione, consistenti nell'esecuzione di n. 3 sondaggi a carotaggio continuo, spinti a profondità comprese tra 25 metri e 40 metri dal piano campagna e da una prospezione sismica a rifrazione per tutta la lunghezza della trenchless.*

Come indicato in tabella 2.1.C., sono state, eseguite indagini geognostiche finalizzate alla ricostruzione morfo-dinamica dei versanti intercettati dall'opera in oggetto e interessati da pericolosità geomorfologica

Mediante l'interpretazione delle indagini geognostiche eseguite si è potuto ricostruire un modello geologico-geotecnico da utilizzare per la verifica di stabilità del versante collocato in destra idrografica del Fiume Fortore, in fase ante che post operam (ovvero nello stato di fatto e di progetto) al fine di confermare la tipologia di perforazione dell'opera trenchless (T.O.C.).

Dall'analisi di superficie effettuata tramite sopralluoghi diretti in campo, dalla consultazione della cartografia di base, dall'esecuzione delle indagini geognostiche eseguite e dall'analisi bibliografica, dell'area interessata dal progetto, si possono trarre le seguenti conclusioni.

Relativamente alla fattibilità geologica la T.O.C., non presenta particolari criticità realizzative in quanto, per la totalità del suo sviluppo, attraverso sedimenti fini, dove sono richiesti soltanto piccoli accorgimenti, quali ad esempio: limitate pressioni di lavoro, opportuni alesatori, elevata fluidità dei fluidi di perforazione.

Inoltre, dalle verifiche di stabilità eseguite utilizzando il metodo di Bishop per la ricerca di superfici di scorrimento circolari, effettuando un'analisi in termini di tensioni totali, ovvero in condizioni non drenate, ponendoci a vantaggio di sicurezza non sono emerse potenziali superfici di scivolamento che intercettano il tracciato. Infatti, tutte le superfici di potenziale scorrimento individuate, non raggiungono la profondità di posa della trenchless in progetto, mentre quelle con coefficiente minimo individuato inferiore a 1,3 interessano principalmente lo strato superficiale.

Lungo il tracciato vi sono inoltre altri elementi geomorfologici censiti dall'autorità di bacino Puglia come aree a pericolosità geomorfologica media e moderata. Di seguito vengono riportate tutte le interferenze geomorfologiche procedendo in senso gas, da Lucera verso San Paolo di Civitate.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12”), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 43 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

La prima interazione del tracciato in progetto con area a pericolosità geomorfologica media e moderata P.G.1, si ha tra le progressive chilometriche 4+901 e 5+305, ricade all'interno del territorio comunale di Lucera, in Contrada Carpentieri, e riguarda un versante leggermente acclive, caratterizzato da una leggera erosione superficiale, visibile in campo in quanto presenta una variazione cromatica tipica delle zone in cui è stata asportato una parte della coltre pedogenetica. Dalle osservazioni eseguite in campo non sono state osservate fenomeni gravitativi attivi. La pericolosità geomorfologica (PG1) coincide con il fianco del versante, dove erano state programmate alcune indagini geognostiche che, al momento, non è stato possibile eseguire per mancanza di autorizzazione per accedere ai fondi privati.

In ogni caso il progetto in tale tratto prevede delle opere di regimazione idrica superficiale (canalette di scolo in terra) e un letto di posa drenante in grado di smaltire le acque di infiltrazione che potrebbero interessare lo scavo realizzato per la posa della condotta.

Lungo il tratto 4 “Apricena-San Paolo di Civitate” del gasdotto in progetto si rinviene una vasta area censita dall’Autorità di Bacino delle Regione Puglia a pericolosità geomorfologica media e moderata (P.G.1). Tale tratto inizia appena prima dell’attraversamento della Strada Statale n. 16 e termina subito dopo l’ingresso della trenchless. Essa coincide con i primi versanti che dalle superfici sub-pianeggianti della zona di San Severo risalgono verso San Paolo di Civitate.

Lungo tutto questo tratto sono state individuate, durante i sopralluoghi eseguiti, alcune aree a maggiore criticità geomorfologiche, le quali sono investigate mediante l’esecuzione di una serie di prove penetrometriche continue dinamiche e da prospezioni sismiche a rifrazione.

Il primo tratto investigato è quello compreso tra l’attraversamento della Strada Provinciale n. 36 ed un impluvio appena prima della percorrenza del Vallone del Rovello. Per tale tratto si consiglia l’approfondimento della condotta al di sotto dei 3 metri di profondità dal piano campagna, dove come evidenziato dalla prova penetrometrica, si intercettano terreni con caratteristiche geotecniche migliori e abbastanza addensati.

Il secondo tratto investigato è quello compreso tra l’attraversamento della Strada Comunale n. 31 (Regio Tratturo Aquila-Foggia) e la Strada Comunale Gellucci e, anche in questo caso, si ritiene sufficiente l’approfondimento della condotta almeno fino a 3 metri profondità dal piano campagna, al di sotto della coltre di alterazione, che in condizione di saturazione idrica potrebbe mobilizzarsi.

Il terzo tratto oggetto di studio è compreso tra l’attraversamento della Strada Provinciale n. 31 e la Strada Comunale Maestro Francesco (già Strada Comunale Vecchia “San Paolo di Civitate-Serracapriola”). Anche in questo caso, poiché la morfologia non presenta importanti acclività, la verifica di stabilità ed al fine di dare maggiore garanzie di stabilità alla condotta di realizzare opere di drenaggio sia trasversali che longitudinali alla condotta al fine smaltire le acque di infiltrazione oltre ad una corretta regimazione idraulica superficiale, tramite cunette in terra e/o presediate con legname e pietrame.

Un ulteriore tratto meritevole di investigazione tramite indagini geognostiche è quello individuato appena dopo l’attraversamento della Strada Comunale Maestro Francesco (già Strada Comunale Vecchia “San Paolo di Civitate-Serracapriola”) e la Strada Statale 16ter.

Anche in questa circostanza, come nel caso precedente, ai fini della stabilità della condotta, verranno realizzate opere di drenaggio sia trasversali che longitudinali alla condotta al fine smaltire le acque di infiltrazione oltre ad una corretta regimazione idraulica superficiale, tramite cunette in terra e/o presediate con legname e pietrame.

	PROGETTISTA 	COMMESSA 5721	UNITÀ 000
	LOCALITÀ REGIONE PUGLIA	SPC. RT-E-0047	
	PROGETTO Gasdotto Lucera - San Paolo di Civitate DN 300 (12"), DP 75 bar e opere connesse	Pagina 44 di 44	Rev. 0

Rif. TFM: 110009-0E-RT-E-5047

6 ANNESSI

Annesso 1 - Sezione geologica T.O.C.

Annesso 2 - Report indagini geognostiche

Annesso 3 – Relazione di calcolo sezione verifica di stabilità