

COMMITTENTE



PROGETTAZIONE



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA GESTIONE TERRE E BONIFICHE

PROGETTO DEFINITIVO

Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

SCALA:

-

COMMESSA LOTTO FASE ENTE TIPO DOC. OPERA/DISCIPLINA PROGR. REV.

IA5F 01 D 69 RG GE0001 001 B

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	R. Galbiati B. Grasso	Luglio 2019	A. Pellegrino	Luglio 2019	F. Gernone	Luglio 2019	M. Comedini Gennaio 2021 Dott. Geol. Massimo Comedini Ordine dei Geologi del Lazio n° 2103
B	EMISSIONE A SEGUITO OSSERVAZIONI CSLPP	STUDIO GEOTECNICO ITALIANO M. Mondet B. Grasso	Gennaio 2021	A. Salvagini	Gennaio 2021	F. Gernone	Gennaio 2021	

File: IA5F01D69RGGE0001001B

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	8
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E DETTAGLI DELLE OPERE	10
4	ASSETTO GENERALE.....	16
4.1	INQUADRAMENTO STRUTTURALE	16
4.2	INQUADRAMENTO GEOLOGICO	20
4.2.1	<i>Caratteri geologici particolareggiati delle Argille azzurre subappenniniche.....</i>	<i>26</i>
4.2.2	<i>Lineamenti morfologici delle Argille azzurre subappenniniche.....</i>	<i>26</i>
4.3	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO	27
4.4	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	31
4.4.1	<i>Campagna di Monitoraggio Idrogeologico 2019.....</i>	<i>34</i>
4.4.2	<i>Analisi dei dati di monitoraggio.....</i>	<i>36</i>
4.5	PERMEABILITÀ DEI TERRENI.....	43
5	INTERAZIONE DELLE OPERE CON LA FALDA	46
6	CARTOGRAFIA DEL RISCHIO	48
6.1	AREA DI IMBOCCO DELLA GALLERIA DI SFOLLAMENTO E VIABILITÀ DI ACCESSO	55
7	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DI DETTAGLIO FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA.....	57
7.1	GALLERIA DI SFOLLAMENTO E FINESTRA “MIGLIONICO”	60
7.1.1	<i>Viabilità di accesso</i>	<i>61</i>
8	DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DI DETTAGLIO DEL COLLEGAMENTO TRA LA LINEA STORICA BATTIPAGLIA – POTENZA – METAPONTO E LA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA	62
9	DESCRIZIONE DI DETTAGLIO DELLA COMPONENTE IDROGEOLOGICA ED IDROGRAFICA	63
10	DESCRIZIONE DI DETTAGLIO DELLA COMPONENTE IDROGEOLOGICA ED IDROGRAFICA DEL COLLEGAMENTO TRA LA LINEA STORICA BATTIPAGLIA – POTENZA – METAPONTO E LA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA	68
11	INDAGINI.....	70

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	3 di 200

11.1	PREMESSA	70
11.2	CAMPAGNE INDAGINI ITALFERR 2018-2019	70
11.2.1	<i>Indagini in Sito – linea Ferrandina – Matera la Martella</i>	<i>70</i>
11.2.2	<i>Indagini in Sito – tratto di collegamento linea Ferrandina la Martella – Matera – linea Battipaglia-Potenza-Metaponto.....</i>	<i>70</i>
11.2.3	<i>Tabelle riassuntive</i>	<i>71</i>
11.2.4	<i>Indagini eseguite per la progettazione della galleria di sfollamento</i>	<i>84</i>
11.2.5	<i>Indagini eseguite per la viabilità di accesso della galleria di sfollamento</i>	<i>85</i>
12	POSSIBILE PRESENZA DI GAS	86
13	RILIEVO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DI CAMPO	89
13.1	IMBOCCO LATO FERRANDINA	89
13.1.1	<i>Punto di stazione 1</i>	<i>90</i>
13.1.2	<i>Punto di stazione 2</i>	<i>93</i>
13.1.3	<i>Punto di stazione 3</i>	<i>95</i>
13.1.4	<i>Punto di stazione 4</i>	<i>98</i>
13.1.5	<i>Punto di stazione 5</i>	<i>100</i>
13.1.6	<i>Punto di stazione 6</i>	<i>103</i>
13.1.7	<i>Punto di stazione 7</i>	<i>105</i>
13.1.8	<i>Monitoraggio eseguito a dicembre 2020.....</i>	<i>108</i>
13.2	IMBOCCO LATO MATERA	111
13.2.1	<i>Punto di stazione 1</i>	<i>111</i>
13.2.2	<i>Punto di stazione 2</i>	<i>114</i>
13.2.3	<i>Punto di stazione 3</i>	<i>116</i>
13.2.4	<i>Punto di stazione 4</i>	<i>118</i>
13.2.5	<i>Sezione geologico-geomorfologica D-D'</i>	<i>120</i>
13.3	VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO TRA FINESTRA MIGLIONICO E IMBOCCO LATO MATERA	121
13.4	TRAVATE METALLICHE.....	124

13.4.1	Travata sul Torrente Bradano.....	124
13.4.2	Dati generali:	124
13.4.3	Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:	126
13.4.4	Caratteristiche strutturali:	126
13.4.5	Caratteristiche geomorfologiche:.....	127
13.4.6	Caratteristiche idrogeologiche:	127
13.4.7	Travata Gravina.....	127
13.4.8	Dati generali:	128
13.4.9	Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:	130
13.4.10	Caratteristiche strutturali:	131
13.4.11	Caratteristiche geomorfologiche:.....	131
13.4.12	Caratteristiche idrogeologiche:	131
14	APPROFONDIMENTO DELL'AREA DI IMBOCCO DELLA GALLERIA DI SFOLLAMENTO.....	132
14.1	ELEMENTI GEOMORFOLOGICI CARTOGRAFATI.....	132
14.2	INDAGINI DI VERIFICA.....	133
14.3	CONFRONTO CON LE EVIDENZE DI CAMPO	135
15	INQUADRAMENTO SISMICO.....	142
15.1	PREMESSA	142
15.2	STRUTTURE TETTONICHE E AREE SISMOGENETICHE.....	143
15.3	SISMICITÀ STORICA	145
15.4	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	150
15.4.1	Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g	150
15.4.2	Risposta sismica locale.....	153
15.5	ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE	178
15.5.1	Criteri di esclusione secondo le NTC2018.....	178
15.5.2	Metodo di analisi.....	178

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	5 di 200

15.5.3	<i>Risultati delle analisi di liquefazione</i>	183
16	CONCLUSIONI.....	195
17	BIBLIOGRAFIA.....	198

TAVOLE ALLEGATE

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		I	A	5	F	0	1	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	1	B
Carta geologica	1:5000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	1	B
Carta geologica	1:5000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	1	0	0	2	B
Profilo geologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	0	1	B
Profilo geologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	0	2	B
Profilo geologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	0	3	B
Profilo geologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	0	4	B
Profilo geologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	0	5	B
Profilo geologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	0	6	B
Profilo geologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	0	7	B
Profilo geologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	0	8	B
Profilo geologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	0	9	B
Profilo geologico	1:1000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	1	0	B
Profilo geologico	1:2500/250	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	1	0	1	1	B
Sezioni geologiche	1:2500/1000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	W	6	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Sezioni geologiche	1:2500/1000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	W	6	G	E	0	0	0	1	0	0	2	A
Carta idrogeologica	1:5000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	2	0	0	1	B
Carta idrogeologica	1:5000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	N	5	G	E	0	0	0	2	0	0	2	B
Profilo idrogeologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	0	1	B
Profilo idrogeologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	0	2	B
Profilo idrogeologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	0	3	B
Profilo idrogeologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	0	4	B
Profilo idrogeologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	0	5	B
Profilo idrogeologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	0	6	B

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	7 di 200

Profilo idrogeologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	0	7	B
Profilo idrogeologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	0	8	B
Profilo idrogeologico	1:2000/200	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	0	9	B
Profilo idrogeologico	1:1000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	1	0	B
Profilo idrogeologico	1:2500/250	I	A	5	F	0	1	D	6	9	F	6	G	E	0	0	0	2	0	1	1	B
Sezioni idrogeologiche	1:2500/1000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	W	6	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A
Sezioni idrogeologiche	1:2500/1000	I	A	5	F	0	1	D	6	9	W	6	G	E	0	0	0	2	0	0	2	A

DOCUMENTI ALLEGATI

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
Indagini geognostiche		I	A	5	F	0	1	D	6	9	S	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Indagini geofisiche	-	I	A	5	F	0	1	D	6	9	I	G	G	E	0	0	0	5	0	0	1	A

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 8 di 200

1 PREMESSA

La presente relazione descrive ed analizza gli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici relativi alla progettazione definitiva dell'adeguamento strutturale della linea Ferrandina – Matera-La Martella e per il collegamento della linea con la linea storica Battipaglia–Potenza–Metaponto.

Lo studio in particolare integra e confronta le conoscenze geologiche già esistenti con i nuovi dati acquisiti attraverso le indagini, gli studi e gli approfondimenti più recenti; in tal modo è stato possibile aggiornare il modello geologico di riferimento a supporto della presente progettazione definitiva. La presente stesura è stata integrata con i dati ottenuti con il rilevamento di dettaglio eseguito durante il sopralluogo del 1 e 2 Dicembre 2020, come monitoraggio dell'evoluzione dei processi geomorfologici già evidenziati nel 2019.

In sintesi, nei paragrafi seguenti, verranno approfondite le seguenti tematiche:

1. Inquadramento geografico;
2. Inquadramento geologico dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici;
3. Descrizione stratigrafica di dettaglio delle aree di intervento;
4. Analisi del rischio geologico-geomorfologico e idraulico.
5. Analisi delle evidenze emerse durante il rilievo geologico-geomorfologico effettuato a supporto dello studio.
6. Approfondimento in merito all'area di imbocco della galleria di sfollamento.
7. Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio di liquefazione.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 9 di 200

2 **NORMATIVA DI RIFERIMENTO**

- UNI EN 1997-1 - Eurocodice 7 – Progettazione geotecnica – Parte 1: Regole generali.
- UNI EN 1997-2 - Eurocodice 7 - Progettazione geotecnica – Parte 2: Indagini e prove nel sottosuolo.
- O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/2003 e s.m.i., “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modifiche ed integrazioni.
- O.P.C.M. n. 3519 del 28/04/2006, "Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".
- D.M. 17/01/2018, “Norme tecniche per le costruzioni”.
- D.M. 06/05/2008, integrazione al D.M. 14/01/2008.
- Circ. Min. II.TT. 02/02/2009, n. 617, “Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14/01/2008”.
- Circ. Min. II.TT. 05/08/2009, “Nuove norme tecniche per le costruzioni approvate con decreto del Ministro delle infrastrutture 14 gennaio 2008 - Cessazione del regime transitorio di cui all'articolo 20, comma 1, del decreto-legge 31 dicembre 2007, n. 248”.
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», G.U. n.42 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.8.
- Piano di Bacino del Torrente Polcevera (D.C.P. n° 14 del 02/04/2003 e ss.mm.ii.);
- Piano Urbanistico Comunale di Genova di cui al D.D. n° 2015/118.0.0./18 ed entrata in vigore il 03/12/2015;
- L.R. n° 4 del 22/01/1999, “Norme in materia di foreste e di assetto idrogeologico”;
- RFI DTC SI AG MA IFS 002 A del Dic. 2018: Manuale di progettazione delle Opere Civili – Parte II – Sezione 7 – Geologia.
- Tariffa IG di RFI in vigore nel 2018.
- RFI DTC SI SP IFS 001 B del 22-12-2018 “Capitolato generale tecnico di appalto delle opere civili – Sez. 3 – Rilievi geologici e indagini geognostiche”.
- D.M. 11.03.1988: “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle opere di fondazione”. (DPR. 5 ottobre 2010, n. 207 artt. 52-53).

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 10 di 200

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E DETTAGLI DELLE OPERE

Il tracciato ferroviario (Figura 3-1) della linea Ferrandina – Matera La Martella, oggetto di studio, ricade interamente nella Regione Basilicata in provincia di Matera, attraversando i comuni di Ferrandina, Pomarico, Miglionico e Matera. La tratta in esame si sviluppa con andamento SW-NE per una lunghezza di 20 km circa. La linea ferroviaria in particolare, partendo da Ferrandina, attraversa inizialmente la valle alluvionale del Fiume Basento (Figura 3-2), sia tramite una diramazione (già realizzata) che parte dalla stazione di Ferrandina e che devia progressivamente in direzione NE, sia tramite una seconda diramazione (in progetto) che si stacca dalla linea storica Battipaglia-Potenza-Metaponto a nord e devia progressivamente in direzione E raccordandosi con la precedente diramazione. Successivamente, la linea attraversa un rilievo collinare (Figura 3-3) allungato grossomodo da NW a SE (dorsale di Miglionico) immettendosi nella omonima galleria “Miglionico” lunga circa 6500 m; la sommità sub pianeggiante di tale rilievo, prossima ai 500 m d’altitudine, corrisponde allo spartiacque fra i bacini idrografici dei Fiumi Basento e Bradano. Al termine del tratto in galleria essa attraversa (da Figura 3-4 a Figura 3-6) in direzione dapprima NNE e successivamente N, un’area collinare con blande pendenze, alternando tratti in rilevato a tratti scavo con alcuni viadotti, attraversando inoltre le profonde incisioni scavate dai torrenti Gravina e Bradano, per poi giungere presso la stazione di Matera la Martella.

La linea comprende dunque le seguenti opere da realizzarsi o già realizzate ed in corso di verifica:

- Tratta in rilevato da p.k. 0+00 a p.k. 1+057;
- Tratta in viadotto “Basento” da p.k. 1+057 a p.k. 2+189;
- Imbocco della galleria “Miglionico” alla p.k. 2+345;
- Galleria “Miglionico”, dalla p.k. 2+345 alla p.k. 8+855;
- Tratta in rilevato da p.k. 8+855 a p.k. 9+460;
- Viadotto “Conche”, da p.k. 9+460 a p.k. 9+656;
- Tratta in rilevato da p.k. 9+656 a p.k. 9+718;
- Tratta in scavo da p.k. 9+718 a p.k. 9+899;
- Tratta in rilevato da p.k. 9+899 a p.k. 10+427;
- Tratta in scavo da p.k. 10+427 a p.k. 10+536;
- Tratta in rilevato da p.k. 10+536 a p.k. 11+568;
- Tratta in viadotto da p.k. 11+568 a p.k. 11+748;
- Tratta in scavo da p.k. 11+833 a p.k. 12+035;
- Tratta in rilevato da p.k. 12+035 a p.k. 12+134;
- Tratta in viadotto da p.k. 12+134 a p.k. 12+704;
- Tratta in rilevato da p.k. 12+704 a p.k. 12+950;
- Tratta in viadotto da p.k. 12+950 a p.k.13+195;
- Tratta in rilevato da p.k. 13+195 a p.k. 13+296;

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	11 di 200

- Tratta in scavo da p.k. 13+296 a p.k. 13+439;
- Tratta in rilevato da p.k. p.k. 13+439 a p.k. 13+571;
- Tratta in viadotto da p.k. 13+571 a p.k. 13+751;
- Tratta in rilevato da p.k. 13+751 a p.k. 14+006;
- Tratta in viadotto da p.k. 14+006 a p.k. 14+156;
- Tratta in rilevato da p.k. 14+156 a p.k. 14+312;
- Tratta in scavo da p.k. 14+312 a p.k. 14+904;
- Tratta in rilevato da p.k. 14+904 a p.k. 15+139;
- Tratta in viadotto “Gravina” da p.k. 15+139 a p.k. 16+030;
- Tratta in rilevato da p.k. 16+030 a p.k. 16+190;
- Tratta in viadotto “La Coperta” da p.k. 16+190 a p.k. 16+790;
- Tratta in rilevato da p.k. 16+190 a p.k. 16+989;
- Tratta in viadotto “Marchese” da p.k. 16+989 a p.k. 17+259;
- Tratta in scavo da p.k.17+259 a p.k. 17+577;
- Tratta in viadotto “Miragallo”, da p.k. 17+664 a p.k. 17+754;
- Tratta in scavo da p.k. 17+880 a p.k. 17+983;
- Tratta in viadotto “Ridola” da p.k. 18+009 a p.k. 18+369;
- Tratta in scavo da p.k. 18+369 a p.k. 18+729;
- Tratta in rilevato da p.k. 18+729 a p.k. 19+505 (fine tratta presso stazione di Matera La Martella).

Il presente progetto prevede inoltre la realizzazione di una galleria di sfollamento la quale, alla p.k. 6+245 si stacca dalla galleria principale Miglionico e, dirigendosi dapprima verso NNO e successivamente verso NNE, fuoriesce dalla dorsale di Miglionico circa 460 m a sud della SS7 Appia.

Tale galleria di sfollamento, e soprattutto l’area di imbocco è oggetto di approfondimento separato all’interno del presente studio. Lo studio inoltre approfondisce anche le tematiche sopra descritte per quanto concerne l’area interessata dalla variante di viabilità in progetto che collegherà la galleria di sfollamento alla viabilità ordinaria presso l’abitato di Miglionico (Figura 3-7).

Il bacino del Fiume Basento si estende per circa 1531 km² e presenta morfologia da collinare a pianeggiante nella porzione centro-orientale (in Provincia di Matera), mentre il bacino del Fiume Bradano copre una superficie di 3037 km², dei quali 2010 km² appartengono alla Regione Basilicata ed i rimanenti 1027 km² alla Regione Puglia.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	12 di 200

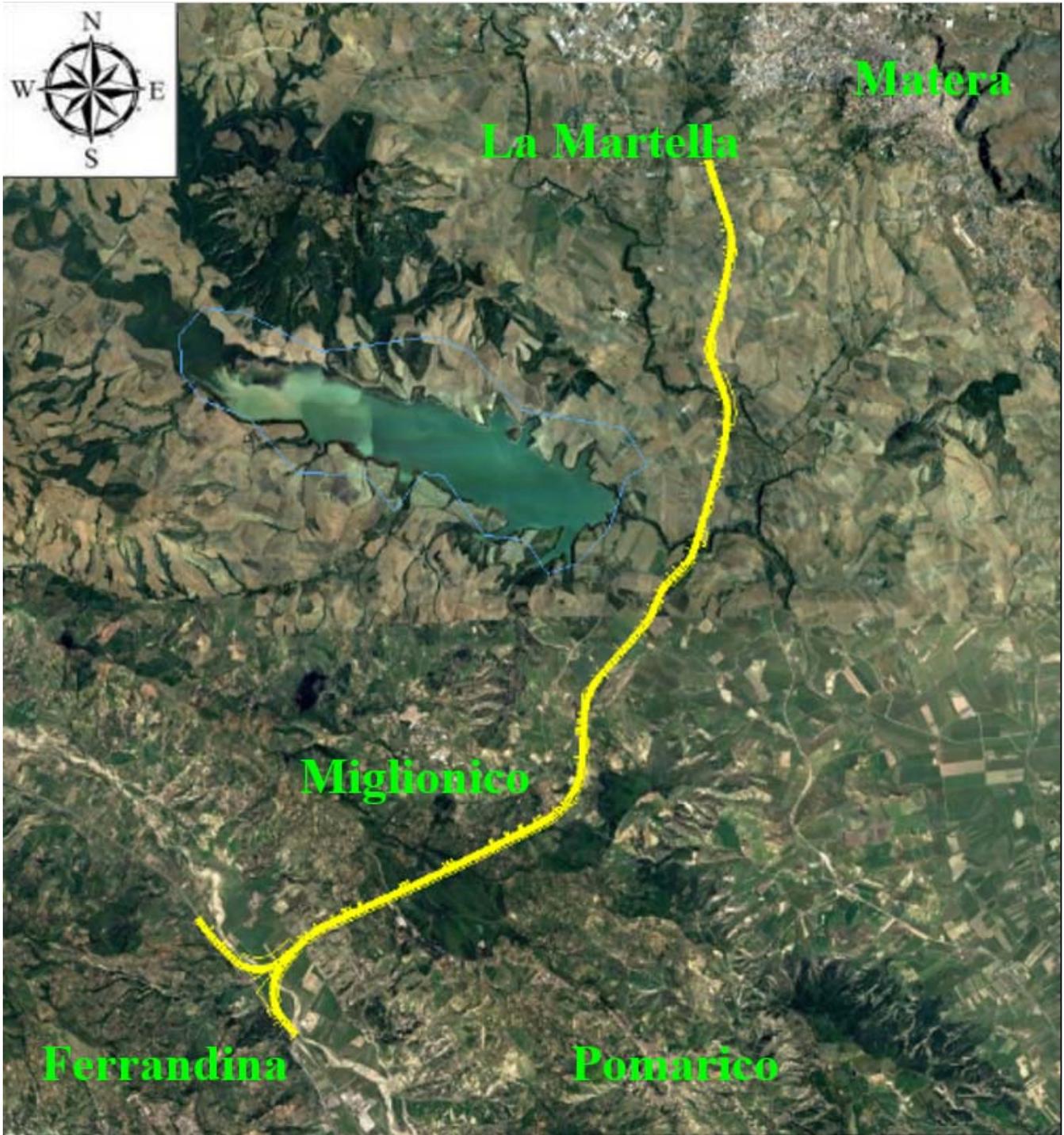


Figura 3-1 Immagine aerea dell'ubicazione del tracciato dell'opera in progetto e comuni attraversati dallo stesso.
(Google Earth)



Figura 3-2 -Immagine aerea della linea oggetto di studio da Ferrandina Scalo all'ingresso della Galleria Miglionico (Google Earth).

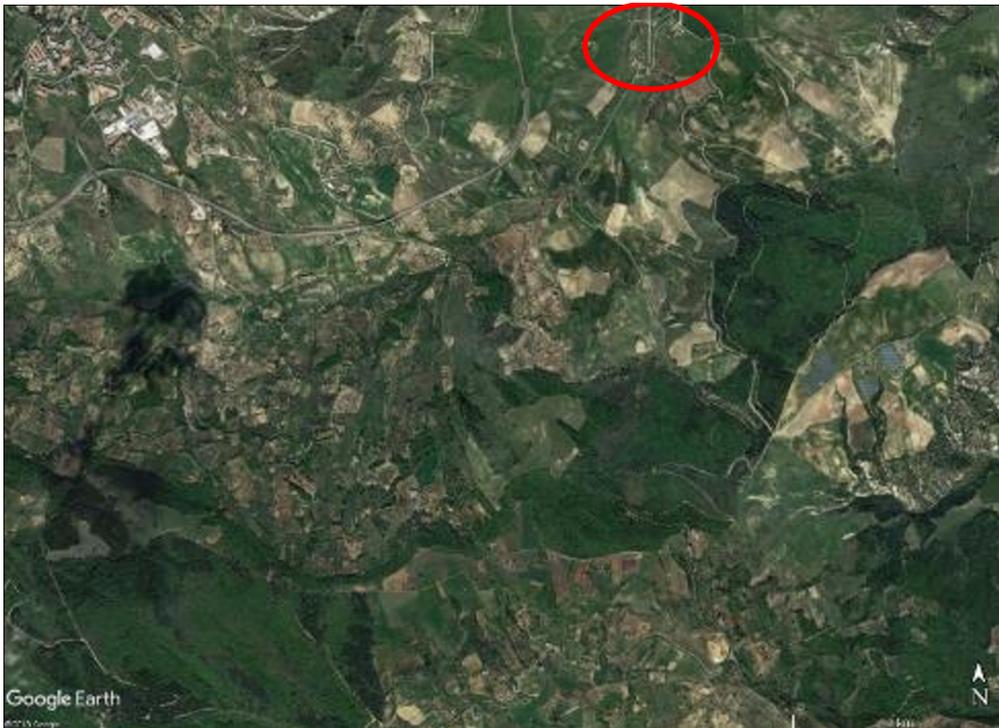


Figura 3-3 - Immagine aerea della linea oggetto di studio della dorsale di Miglionico sino all'imbocco della galleria lato Matera (cerchiato in rosso) (Google Earth).

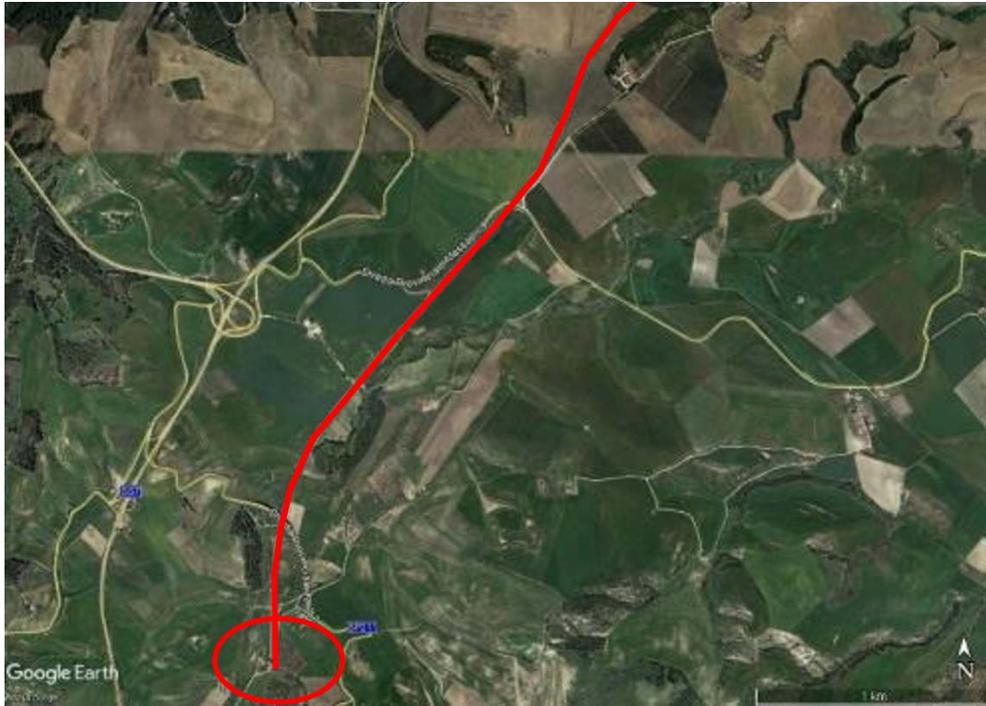


Figura 3-4 - Immagine aerea della linea oggetto di studio dall'imbocco della galleria lato Matera (cerchiato in rosso) (Google Earth).



Figura 3-5 – Immagine aerea della linea oggetto di studio presso l'intersezione con i torrenti Bradano e Gravina (Google Earth).

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	15 di 200



Figura 3-6 - Immagine aerea della linea oggetto di studio presso sino alla stazione de La Martella (Google Earth).

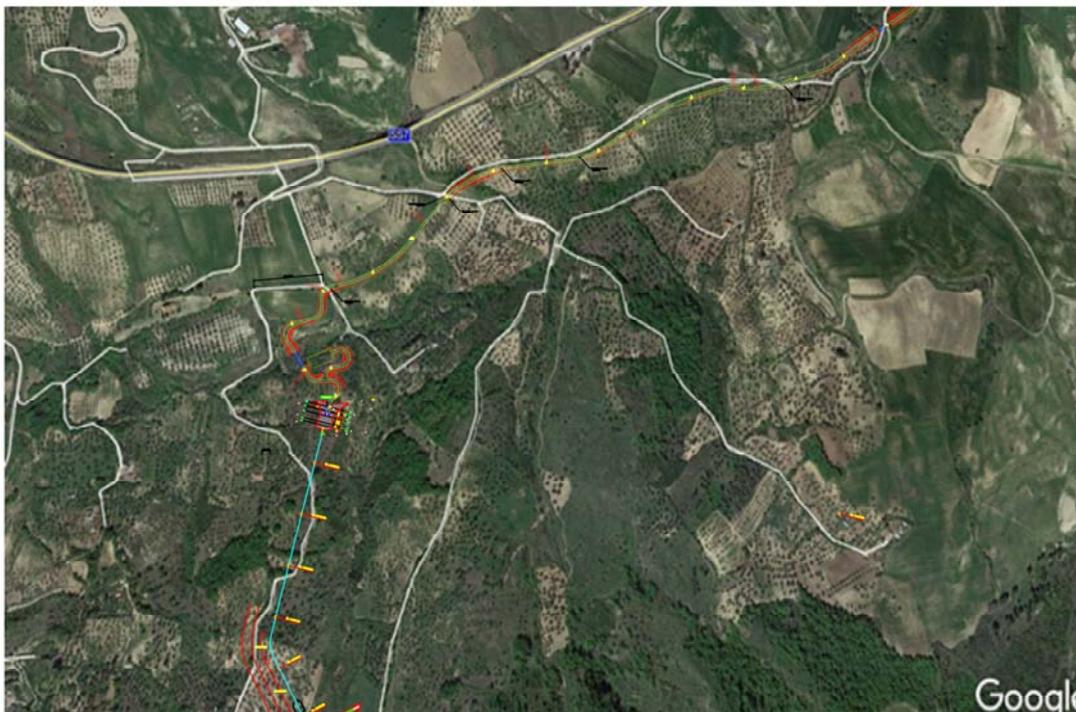


Figura 3-7 – Area di imbocco della galleria di sfollamento di Miglionico e viabilità di collegamento (Google Earth).

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 16 di 200

4 ASSETTO GENERALE

Nei paragrafi seguenti si riporta l'inquadramento tettonico e strutturale, l'inquadramento geologico regionale, l'inquadramento geomorfologico e l'inquadramento idrogeologico delle aree di studio.

4.1 INQUADRAMENTO STRUTTURALE

La configurazione geologica odierna della Basilicata è il risultato di imponenti deformazioni tettoniche che hanno determinato accavallamenti e traslazioni di masse rocciose e terrigene, anche di notevolissime proporzioni, da Ovest verso Est, verso l'Avampaese Apulo, con complessiva contrazione spaziale. A grande scala la regione può essere inquadrata, dal punto di vista geografico e soprattutto geologico-strutturale, nell'ambito del sistema orogenico appenninico, riconoscibile nel settore dell'Italia meridionale, che si estende dal margine tirrenico a quello adriatico. I tre domini del sistema orogenico, rappresentati in Figura 4-1, sono:

- la *Catena* rappresentata dall'Appennino Campano-Lucano
- l'*Avanfossa* rappresentata dall'Avanfossa Adriatica
- l'*Avampaese* rappresentata dalla regione Apulo-Garganica

Le caratteristiche geologiche, morfologiche e tettoniche attuali della regione, possono essere quindi interpretate come il risultato complessivo degli sconvolgimenti tettonici, che a più riprese, ma soprattutto nella fase miocenica pleistocenica dell'orogenesi appenninica, hanno interessato le unità geologiche preesistenti e della continua evoluzione paleogeografia che i tre domini del sistema orogenico appenninico, risultanti da tali sconvolgimenti, hanno subito nel tempo. I modelli evolutivi proposti dai diversi autori, pur nella loro diversità, concordano nel definire che il sistema orogenico appenninico si sia formato a partire dall'Oligocene Superiore-Miocene inferiore, dal progressivo accavallamento da ovest verso est, dovuto a compressione, di unità stratigrafico-strutturali mesozoico-paleogene e di unità sinorogeniche di avanfossa.

Un ruolo fondamentale nella genesi appenninica viene riconosciuto alla placca Apula che durante l'orogenesi ha svolto il ruolo di avampaese. L'Unità stratigrafico-strutturale Apulo-Garganica di Avampaese, risulta ribassata a sudovest da sistemi di faglia dirette, e risulta deformata al di sotto della catena.

Matera è posta nella zona più orientale dell'avanfossa e sorge su un piccolo brandello della piattaforma carbonatica che si è distaccato dal margine occidentale della piattaforma apula, ma non è sprofondato. Separa l'avanfossa vera e propria, posta ad ovest di Matera, da una piccola depressione tettonica che separa Matera dal limite occidentale delle murge.

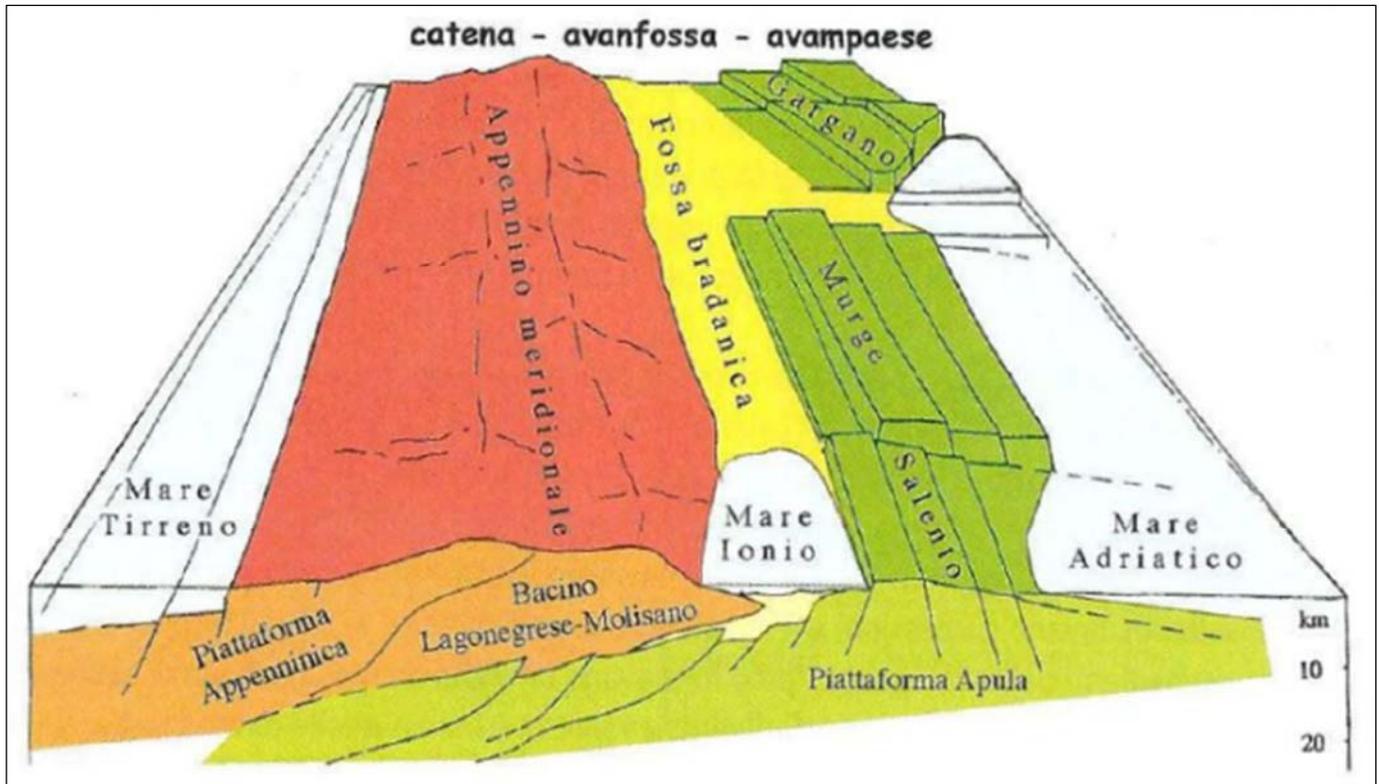


Figura 4-1 – Schema geologico tridimensionale del sistema Catena-Avanfossa-Avampaese (da Funicciello et al., 1991, mod)

Da questo punto di vista (Figura 4-2) Matera rappresenta un punto di passaggio singolare fra il dominio di Avampaese e quello di Avanfossa, in quanto si tratta di un pezzo di piattaforma carbonatica (Avampaese) immerso nel dominio di Fossa. L'area studiata ricade per intero nella "Fossa Bradanica"; in prossimità del blocco calcareo costituente le Murge di Matera, corrispondente ad un pilastro tettonico, il cui basamento calcareo, ascrivibile alla formazione cretacea del "Calcare di Altamura", è ricoperto dai sedimenti calcarenitici ed argillosi di età plio-pleistocenica. Il blocco rialzato è limitato da sistemi di faglie sub verticali, per lo più sepolte dai suddetti sedimenti pleistocenici, orientate prevalentemente NO-SE e ONO-ESE, che sbloccano il substrato pre – pliocenico calcareo che, affiorante nella stessa valle del Bradano, si rinviene a circa 2000 m di profondità nella valle del Basento, a distanza non superiore a 9 km. Tra queste faglie, è importante quella che decorre lungo il Fosso Tre Valloni tributario di destra del Rio Conche. Le suddette faglie sono intersecate da altri sistemi ad orientazioni prevalenti NESO, N-S, ENE-OSO, E-W, ONO-ESE.

La Fossa Bradanica (Figura 4-3), definita per la prima volta da Migliorini nel 1937, costituisce una vasta depressione, di età plio-pleistocenica, allungata da NO a SE, dal fiume Fortore al Golfo di Taranto, compresa tra l'Appennino meridionale, ad occidente, e le Murge ad oriente (Migliorini, 1952); in questa zona affiorano estesamente depositi pliocenici e quaternari, in prevalenza argillosi, che mostrano struttura tabulare (Ricchetti, 1980). Il basamento dell'avanfossa è costituito da una potente successione di calcari mesozoici. Questi affiorano nell'intera area pugliese (Gargano, Murge e Salento), formando l'avampaese apulo. Le formazioni geologiche dell'avampaese sono riferibili al Gruppo dei Calcari delle Murge cui appartengono il Calcare di Bari (Cenomaniano- Turoniano) ed il Calcare di Altamura. La successione cretacea affiorante è costituita da calcari e dolomie, che nel complesso formano una monoclinale immersa a SSO, complicata da pieghe ad ampio raggio e interessata da importanti faglie a direzione OSO-ESE (Ciaranfi et alii, 1979).

Il sottosuolo della Fossa è caratterizzato, in particolare sul margine appenninico, dalla presenza, sui calcari mesozoici, di depositi trasgressivi eo-oligocenici costituiti da calcareniti, di ambiente neritico-costiero, associate a lave e piroclastiti basiche con spessori a volte superiori a 200 m (Ricchetti, 1980).

In vaste aree dell'avanfossa, sia su depositi mesozoici che su quelli eo-oligocenici, giacciono in trasgressione sedimenti calcarenitici di età neogenica, costituiti da calcareniti organogene, calcareniti marnose, gessi, anidridi e dolomie. Lo spessore complessivo di tali sedimenti è pari ad un massimo di 600 m. In trasgressione sui depositi miocenici e sui calcari di base sono presenti depositi terrigeni depositatisi nel Pliocene inferiore aventi spessore non superiore a 200 m. Tali sedimenti rappresentano il ciclo sedimentario più antico e sono costituiti in affioramento da una sequenza di sabbie e di argille siltose azzurre con lenti di conglomerato sabbioso, parautoctone in quanto sono state trasportate verso est solidalmente con la coltre alloctona, e nel sottosuolo da marne ed argille sabbiose, autoctone in quanto poggianti direttamente sul basamento carbonatico dell'avampaese (Ciaranfi et alii, 1979).

Il secondo ciclo sedimentario, di riempimento della fossa Bradanica, è separato dal primo da una lacuna stratigrafica. In tale ciclo, si è avuta una trasgressione di sedimenti terrigeni di età compresa tra il Pliocene medio ed il Pleistocene inferiore. I depositi del secondo ciclo sono costituiti dalle Argille subappennine, rappresentate da argille marnose e siltose con intercalazioni di sabbie, aventi spessore variabile da decine di metri a circa 3000 metri passando dal margine murgiano a quello appenninico. In particolare sul margine appenninico le argille passano lateralmente a sabbie a grana grossa e conglomerati poligenici, Sabbioni di Garaguso, mentre sul lato murgiano a calcareniti organogene, Calcareniti di Gravina. In successione stratigrafica sulle argille marnoso-siltose vi sono depositate sabbie ed arenarie con intercalazioni di conglomerati poligenici (Sabbie di Monte Marano), affioranti nella parte appenninica e assiale della Fossa Bradanica e di spessore non superiore a 100 metri, in cui sono presenti, in prossimità della piattaforma apula, calcareniti grossolane con spessore di circa 30 metri (Calcareniti di Monte Castiglione).

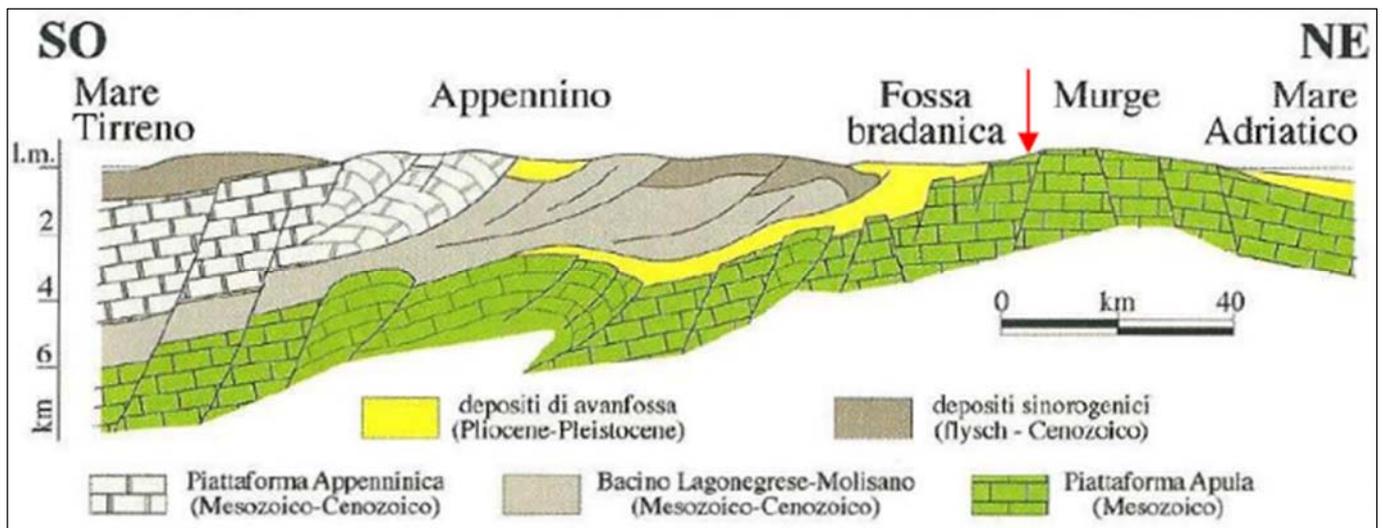


Figura 4-2 – Sezione verticale del sistema Catena-Avanfossa-Avampaese dell'Appennino Meridionale.

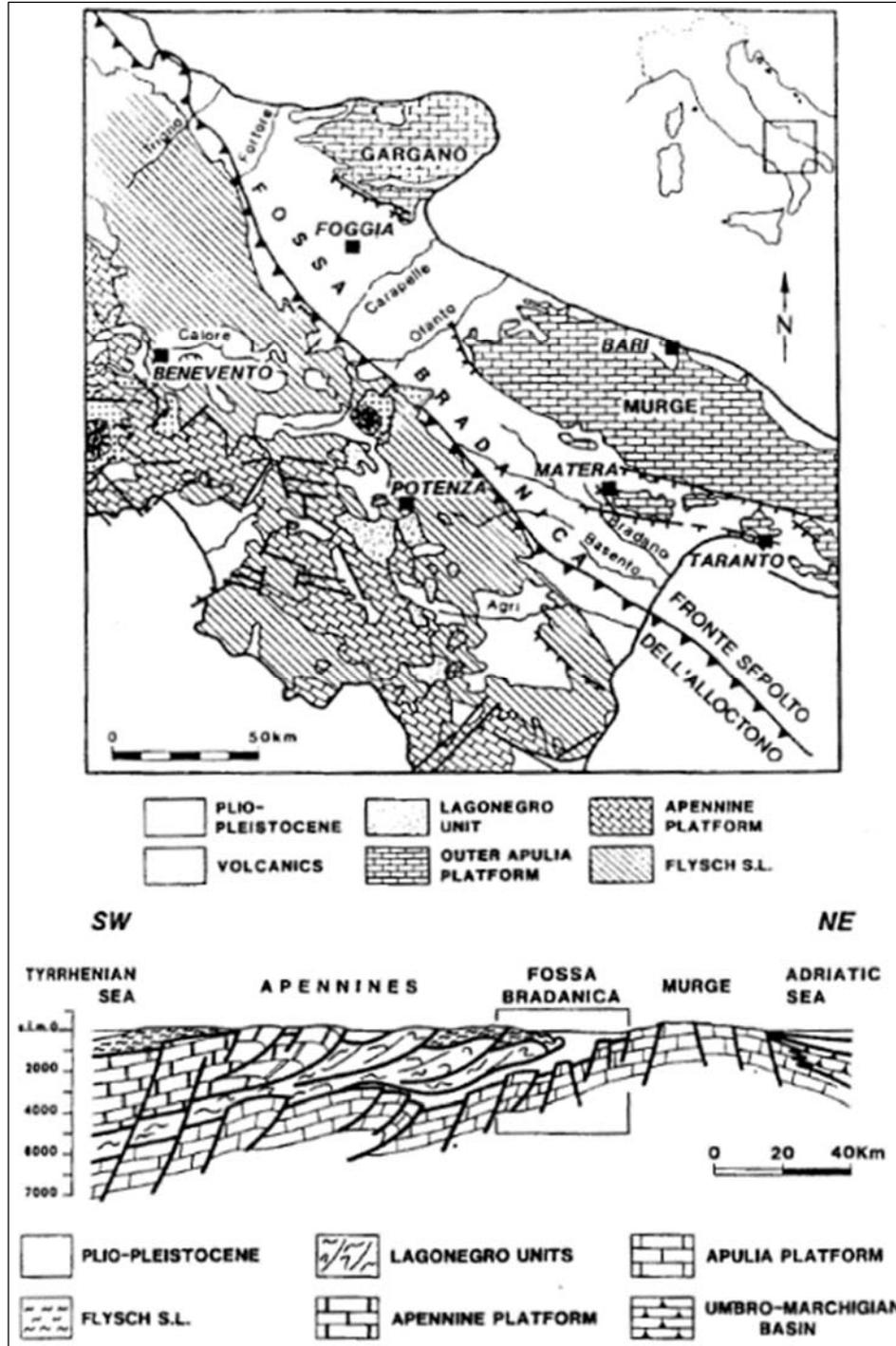


Figura 4-3 – Carta geologica schematica e sezione geologica attraverso l'Appennino meridionale e la Fossa Bradanica, da Sella et al. (1988) in Società Geologica Italiana (1994).

Sull'evoluzione neotettonica della Fossa Bradanica, Ciaranfi *et alii* (1979) asseriscono che all'inizio del Pliocene un abbassamento del substrato carbonatico provocò una ingressione marina e la formazione di un bacino subsidente con sedimentazione terrigena con apporti appenninici; l'abbassamento fu determinato da una serie di faglie ad andamento

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 20 di 200

appenninico, prodottesi nel substrato calcareo. In tale periodo inizia la messa in posto della coltre alloctona. Nel Pliocene medio si è avuto un sollevamento con emersione di tutta l'area. Dal Pliocene medio al Pleistocene inferiore si è avuto un abbassamento del substrato carbonatico con conseguente migrazione del bacino e della linea di costa verso NE; il bacino fu caratterizzato da notevole subsidenza con sedimentazione terrigena e dalla "colata" per gravità di masse alloctone di origine appenninica. Verso la fine del Pleistocene inferiore, a causa di un sollevamento a scala regionale, si è avuta una emersione dell'area; tale sollevamento è stato particolarmente intenso sul lato appenninico ed è stato accompagnato da riattivazioni di faglie e formazione di nuove dislocazioni.

Il sollevamento è avvenuto in più fasi ed ha determinato stasi nella generale regressione del mare. In particolare, a partire dal Pleistocene medio-superiore, si verifica la deposizione di sedimenti ghiaioso-sabbiosi di ambienti costieri progredienti verso SE, a formare i depositi marini terrazzati. Studi recenti (Pieri *et alii*, 1996) hanno determinato che la Fossa Bradanica, al passaggio tra il Pliocene superiore e il Pleistocene inferiore, presentava, oltre ad una marcata asimmetria trasversale, anche una spiccata asimmetria assiale. In senso assiale è possibile distinguere un settore settentrionale ed uno centromeridionale. Nel primo, in cui il fronte dell'alloctono converge con il gradino strutturale delle "faglie assiali" dell'avampaese murgiano, il bacino presentava profondità e ampiezza modeste e trasversalmente una diminuzione di profondità da ovest verso est, nel secondo settore assume i caratteri di un solco allungato in senso appenninico, con asimmetria trasversale evidente passando dalla profonda area depocentrale verso il ripiano premurgiano.

I depositi marini terrazzati sono rappresentati da successioni sabbioso-conglomeratici (trasgressivi sui sedimenti argillosi plio-pleistocenici) riferiti a brevi cicli sedimentari di età siciliana fino a post-tirreniana che presentano una morfologia terrazzata attribuibile ad azioni di abrasione e di accumulo da parte di un mare complessivamente in via di regressione ma caratterizzato da brevi episodi di avanzata (Boenzi *et al.*, 1971). Tali depositi progredano da NW verso SE; giacciono disconformemente sulle emipelagiti della Formazione delle Argille subappennine; l'altezza e l'età diminuisce da 430-400 metri (Pomarico e Matera) a pochi metri sul livello del mare (costa ionica). Le datazioni dei terrazzi, attribuiti al Pleistocene superiore, hanno consentito di stimare il tasso medio di sollevamento del bacino della Fossa Bradanica che risulta compreso tra 0,2 0 1,0 mm/a (Amato, 2000). Le datazioni dei terrazzi hanno consentito di stimare il tasso medio di sollevamento del bacino della Fossa Bradanica che risulta compreso tra 0,2 0 1,0 mm/a (Amato, 2000). Si ritiene che i terrazzi marini siano il risultato dell'interazione tra un sollevamento differenziale ed oscillazioni del livello del mare (Cotecchia & Magri, 1967).

4.2 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

L'area interessata dall'opera ferroviaria ricade nella parte centrale di un settore dell'avanfossa adriatica meridionale, noto in letteratura come Fossa Bradanica. L'avanfossa è un bacino sedimentario ensialico subsidente che s'individua durante l'evoluzione dell'orogene per subduzione di litosfera continentale. Posizionata in adiacenza ed in parte sovrapposta al fronte esterno della catena, riceve al suo interno i sedimenti provenienti dall'erosione dell'area in sollevamento. La Fossa Bradanica è un profondo solco allungato in direzione NW-SE e corrisponde ad una fascia continua della larghezza media di circa 20 ÷ 30 km ed una lunghezza che supera il centinaio di chilometri.

L'area esaminata ai fini del tracciato ferroviario Ferrandina – Matera, ricade nei tratti inferiori dei bacini dei Fiumi Bradano e Basento. Le formazioni più antiche affiorano nella zona del Fiume Bradano e nei dintorni dell'abitato di Matera. Esse sono costituite in prevalenza da calcari granulari bianchi a Rudiste e sono riferibili alla Formazione geologica nota in letteratura come "Calcarea di Altamura" di età cretacea superiore (Campaniano), di ambiente marino.

Sui calcari poggia in trasgressione la serie marina della Fossa Bradanica, riferibile al Plio-Pleistocene, che inizia con la Formazione calcarenitica appartenente alle "Calcareniti di Gravina", di età Calabrian-Pliocene Superiore. Notevoli per spessore ed estensione, seguono le "Argille Subappennine", di età Calabrian. Sulle Argille

Subappennine calabriane poggiano in normale successione stratigrafica i termini di una serie pleistocenica regressiva, che sono, dal basso verso l'alto le "Sabbie di Monte S. Marco ed un conglomerato di chiusura del ciclo sedimentario, la Formazione del "Conglomerato di Irsina"

Come detto, nei depositi marini plio-pleistocenici sono incise le valli dei Fiumi Bradano e Basento e dei loro tributari, sui versanti delle quali poggiano lembi di depositi alluvionali dalla morfologia terrazzata nonché detriti di falda e di antiche frane. I sedimenti marini plio-pleistocenici della Fossa Bradanica presentano una leggera inclinazione a NE, dovuta molto verosimilmente ad un sollevamento tardo quaternario.

L'abitato di Ferrandina poggia su un terrazzo marino, costituente la porzione terminale della successione sedimentaria appartenente al complesso post-orogene di colmamento della "Fossa Bradanica", la cui successione stratigrafica è rappresentata in Figura 4-4.

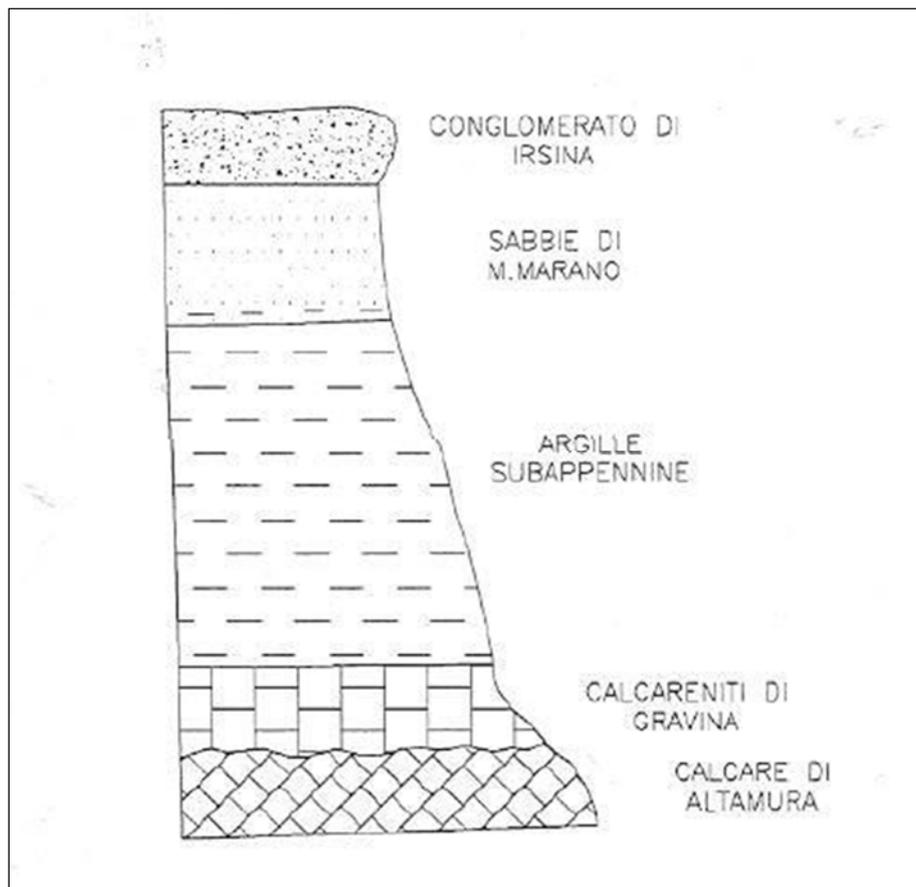


Figura 4-4 – Successione stratigrafica delle formazioni della Fossa Bradanica nell'area oggetto di studio.

Trattasi di una potente serie sedimentaria di origine plastica (argilla – sabbia- conglomerati) depositatesi nell'ambito di un episodio di ingressione marina verificatosi nel Pliocene-Pleistocene inferiore e conclusosi con la definitiva regressione del mare Pleistocenico mediosuperiore verso l'attuale Golfo di Taranto. Le formazioni comprese nell'area esaminata (Figura 4-5) si succedono dal basso verso l'alto, secondo il seguente ordine stratigrafico:

- *Calcarea di Altamura (Cc11-8c)(Coniaciano – Campaniano)*. E' la formazione più antica affiora nella zona del Fiume Bradano e nei dintorni dell'abitato di Matera. Questa formazione è caratterizzata da calcari stratificati bianchi granulari, a luoghi ceroidi, con Rudiste. A letto e verso il tetto si ha prevalenza di calcari

dolomitici stratificati di color grigio-scuro. La formazione si presenta ben stratificata, talora fittamente laminata (“calcari a chiancarelle”) con strati generalmente decimetrici e, più raramente, in banchi. La Formazione in parola è estesamente interessata da fenomeni di dissoluzione carsica, generalmente controllata e favorita dalla presenza delle numerose faglie e sistemi di fratturazione tettonica. Il limite superiore della formazione è inconforme e frequentemente discordante con le formazioni più recenti.

- *Calcareniti di Gravina (GRA) (Pleistocene inf.)*. Con questo termine si indicano i depositi di base dell'importante ciclo sedimentario che si sviluppò nella Fossa Bradanica nel corso del Plio-Pleistocene. Questa formazione si rinviene localmente in trasgressione, con frequenti discordanze angolari, al di sopra del substrato calcareo mesozoico (Calcario di Altamura). Il contatto stratigrafico presenta spesso un andamento piuttosto irregolare, in quanto corrisponde ad un'antica superficie di erosione subaerea rielaborata dall'abrasione marina durante la fase di trasgressione (Cherubini et al., 1987). Talvolta, al contatto tra le due formazioni può essere rinvenuto un livello conglomeratico a ciottoli calcareo-dolomitici immersi in matrice calcarenitica, oppure un orizzonte di terre rosse residuali. La formazione risulta costituita, in assoluta prevalenza, da biocalcareniti di colore biancogiialastro, a granulometria media o medio-grossolana, a grado di cementazione medio-basso, di norma tenere e porose, disposte in strati spessi ed in banchi con irregolari cenni di stratificazione. Il contenuto fossilifero è molto abbondante ed è costituito da gusci di lamellibranchi, echinidi, briozoi, brachiopodi, coralli singoli e noduli algali. L'ambiente di deposizione è quello di piana costiera, da circolitorale a infralitorale profondo. Lo spessore massimo della formazione calcarenitica è di circa 20 m.
- *Argille azzurre subappenniniche (ASP) (Pleistocene inf.)*. Adagiate in continuità di sedimentazione sulla “Calcarenite di Gravina”, si rinvencono dei sedimenti pelitici attualmente riferiti alla formazione delle “Argille Subappennine”, che affiora estesamente su gran parte dell'area in esame. Tali terreni sono costituiti da limi sabbioso-argillosi ed argille marnoso-siltose di colore grigio-azzurro, a stratificazione indistinta e solo localmente evidenziata da sottili livelli di sabbie limose di colore grigio-giallastro. Il contenuto in argilla tende generalmente ad aumentare nella parte bassa della formazione, mentre, verso il tetto, la componente sabbiosolimsa diviene prevalente. Quest'unità presenta un ricco contenuto in macrofossili, costituiti soprattutto da gusci interi di lamellibranchi, gasteropodi, scafopodi, da coralli singoli ed echinidi. L'ambiente di deposizione de sedimenti è attribuibile alla fascia neritica profonda. Dal punto di vista mineralogico negli strati argillosi abbonda la percentuale di minerali delle argille rispetto a quelle di quarzo, feldspato, calcite e dolomite. L'associazione mineralogica delle frazioni fini è costituita quasi totalmente da Illite, Montmorillonite, Caolinite e Clorite, con un binomio dominante caratterizzato da Illite e Montmorillonite. A diversi livelli stratigrafici si intercalano nella successione argillosa livelli calcarenitici biancastri potenti soltanto fino a 10÷30 centimetri ma di notevole continuità laterale. Le argille sono ascrivibili a sedimenti di ambiente marino con profondità variabile, da litorale, circolitorale e profondo anche se per quest'ultimo non dovrebbero mai essere superati i 200÷300 metri. L'assetto giaciturale è monoclinale, con immersioni verso N - NE e pendenza variabile tra 20° e 10° circa, in accordo con il basculamento subito dall'area durante il sollevamento quaternario. Nell'ammasso argilloso è presente un reticolo di fessurazione, evidenziato in affioramento dalle caratteristiche fasce di alterazione di colore giallastro lungo le fessure. La fratturazione non interessa comunque soltanto la parte più superficiale ma si addentra molto profondamente nelle parti assolutamente non esposte della formazione. Tale formazione affiora diffusamente lungo i versanti vallivi del fiume Basento e del rio Conche, in cui si localizzano numerosi fenomeni di denudazione, frane e calanchi. Lo spessore stimato della formazione è variabile tra 50 e 300 m. Approfondimenti “Argille azzurre” ai paragrafi 4.2.1 e 4.2.2.
- *Formazione di Monte San Marco (SCB) (Pleistocene inf.)*. È costituita prevalentemente da sabbie calcaree gialle, sabbie e conglomerati poligenici. Le sabbie presentano granulometria da media a fine, con grado di addensamento variabile e sono organizzate in livelli di spessore decimetrico,

talora bioturbati, con laminazioni parallele ed oblique a basso angolo o con *ripples*. Lo spessore della formazione varia tra 10 e 75 metri. La successione stratigrafica si chiude con la presenza alla sommità dei rilievi di sedimenti prevalentemente conglomeratici, di colore rosso, e sabbiosi appartenenti ai “Conglomerati di Irsina” descritti di seguito.

- *Conglomerati di Irsina (SBCb) (Pliocene Sup. – Pleistocene)*. Accorpato alla Formazione di Monte San Marco nel foglio CARG 490 Stigliano). Sottili intercalazioni ghiaiose sempre più fitte e spesse marcano gradualmente il passaggio dalle Sabbie della Formazione di Monte San Marco al Conglomerato di Irsina; viceversa, localmente, tale contatto può manifestarsi decisamente netto. Il conglomerato, mediamente ben cementato e di colore tra il grigio ed il rossastro negli strati più superficiali, è composto da ciottoli eterometrici e polimitici, immersi in una abbondante matrice costituita da sabbia prevalentemente grossolana. Le dimensioni dei ciottoli, in alcune sezioni estremamente disperse ed in altre mediamente uniformi, variano da pochi centimetri sino ad un massimo, in alcuni sporadici casi, di 40 centimetri. La natura litologica dei singoli elementi denota una chiara provenienza appenninica; ciottoli arenacei, calcarei, marnosi, silicei e raramente granitici si assortiscono infatti variamente. Nelle numerose esposizioni sono puntualmente presenti strutture sedimentarie quali embricature dei ciottoli, gradazione diretta, superfici erosive di incisione di canali, lenti o livelli discontinui di sabbia con stratificazione a “liscia di pesce”, intercalazioni argillose. In diverse situazioni, al contrario, il deposito si mostra caotico ed apparentemente privo di qualunque struttura sedimentaria. Riguardo l'ambiente all'interno del quale si presume sia avvenuta la sedimentazione del deposito conglomeratico, esso si può genericamente definire di transizione dal marino al continentale nei termini di passaggio dalla sottostante formazione; superiormente sono stati riconosciuti ambienti fluvio deltizi. Sono inoltre presenti facies di piana alluvionale costiera e di spiaggia. Anche la stratificazione è un carattere di variabilità della formazione; infatti, ai casi in cui essa è evidenziata da interstrati sabbiosi si affiancano casi in cui invece il deposito è massivo. Inoltre, localmente essa può essere anche fortemente inclinata a delineare “*foresets*” di apparati deltizi. Similmente a quanto riscontrato nelle Argille grigio azzurre e nelle Sabbie di della Formazione di Monte San Marco, il maggior innalzamento del lato appenninico di Avanfossa rispetto a quello murgiano ha determinato nella formazione di chiusura del ciclo bradanico, una struttura tabulare con pendenza più accentuata verso NE ma evidente anche verso il Mar Ionio. Tale regolare assetto risalta maggiormente nelle superfici sommitali pianeggianti delle dorsali tra i grandi fiumi lucani e si segue fedelmente tra lembo e lembo residuo, dislocato soltanto da discontinuità tettoniche di tipo diretto aventi direzione NWSE, NE-SW, E-W e con modestissimi rigetti verticali. Lo spessore della formazione, massimo nella zona assiale della Fossa, tende a ridursi sia verso l'Appennino, a contatto del quale essa scompare, sia verso le Murge. Nel settore centrale della Fossa Bradanica, ove la formazione mostra peculiari successioni verticali, sequenze di bancate conglomeratiche senza interposizione di significativi intervalli sabbiosi raggiungono potenza massima di 35 metri, mentre tutta la successione al completo può arrivare anche ad 80 metri.

- *Depositi terrazzati di bassa quota (at3) (Pleistocene sup.)*: depositi conglomeratici, conglomeratico sabbiosi, sabbioso-conglomeratici e siltoso conglomeratici riferibili a piane alluvionali e a luoghi a conoidi alluvionali. Con spessori variabili fino ad un massimo di 15-20 m. Spessori affioranti molto variabili a causa dell'attività antropica.
- *Depositi terrazzati di quota intermedia (at2) (Pleistocene sup.)*: depositi conglomeratici, conglomeratico sabbiosi, sabbioso-conglomeratici e siltoso conglomeratici riferibili a piane alluvionali e a luoghi a conoidi alluvionali. Con spessori variabili fino ad un massimo di 15-20 m. Spessori affioranti molto variabili a causa dell'attività antropica.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	24 di 200

- *Depositi terrazzati di quota intermedia (at1) (Pleistocene sup.):* depositi conglomeratici, conglomeratico sabbiosi, sabbioso-conglomeratici e siltoso conglomeratici riferibili a piane alluvionali e a luoghi a conoidi alluvionali. Con spessori variabili fino ad un massimo di 15-20 m. Spessori affioranti molto variabili a causa dell'attività antropica.
- *Depositi alluvionali recenti (bb)(Olocene).* Sabbie, sabbie ghiaiose, limi e limi sabbiosi con intercalazioni di frequenti lenti di conglomerati poligenici ad elementi eterometrici, distribuiti lungo le sponde dei principali corsi d'acqua.
- *Depositi alluvionali attuali (ba) (Olocene – attuale).* Depositi caratterizzati da ghiaie, sabbie e limi sabbiosi distribuiti lungo gli attuali alvei dei principali corsi d'acqua. Conoidi alluvionali costituiti da ghiaie eterometriche, poligeniche, immerse in matrice sabbiosa. Spessori compresi tra 1 e 10 m.
- *Detriti di frana (dt) (Olocene – attuale).* Depositi argillosi sabbiosi alterati, presumibilmente derivanti da movimenti di massa, suscettibili di rimobilitazione parziale o totale. I prolungati processi di smantellamento, dovuti a processi erosivi e franosi che hanno interessato la porzione sommitale conglomeratico-sabbiosa, hanno determinato il formarsi di un'ampia e spessa coltre detritica, rastremata lungo i fianchi ed accumulata a valle dove può raggiungere spessori molto forti. Tali coltri rappresentano, in genere, un ammasso eterogeneo a componente sabbioso-limosa prevalente, con aliquote dei due termini variabili da punto a punto; non mancano nell'insieme blocchi conglomeratici di grosse dimensioni, staccatisi dalla sommità della collina. L'accumulo, in genere sciolto o dotato di scarso addensamento, include sempre un abbondante scheletro ghiaioso ad elementi con spigoli arrotondati.

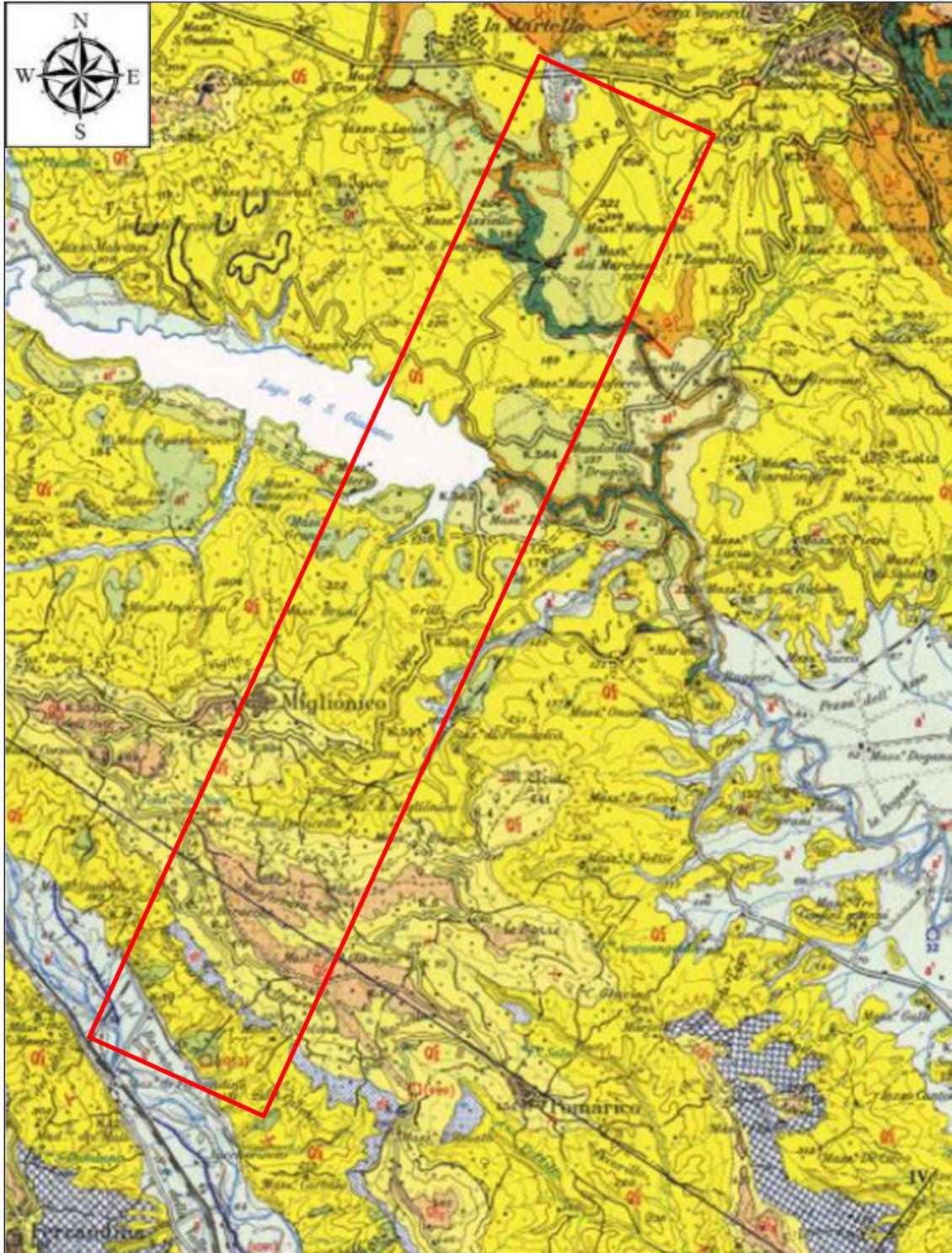


Figura 4-5 – Stralcio della Carta Geologica del Foglio 201 “Matera” in scala 1: 100.000, della Carta Geologica d’Italia. Il riquadro rosso indica l’area in esame.

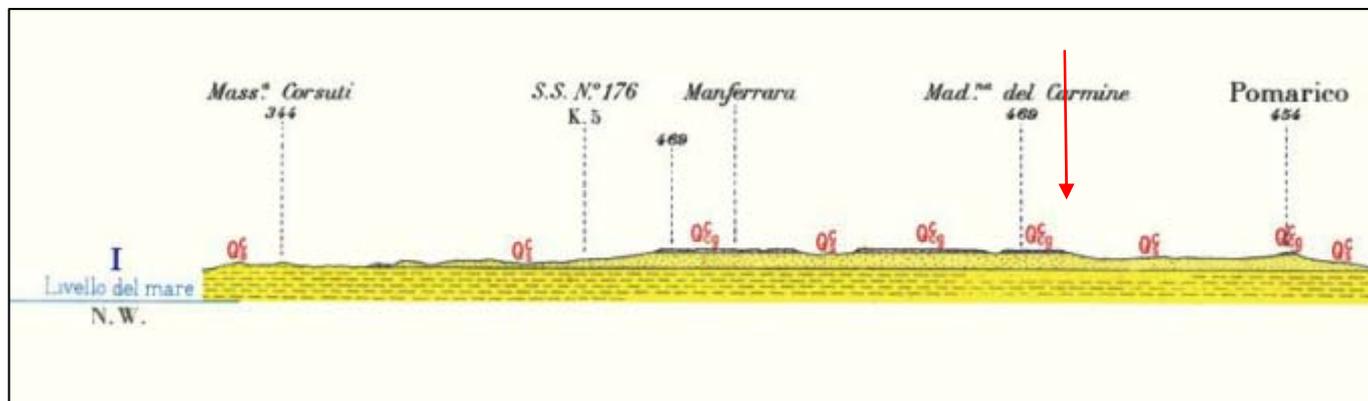


Figura 4-6 – Stralcio della sezione geologica I-I' riportata sul Foglio 201 "Matera". La freccia rossa indica il punto in cui la sezione incrocia la linea ferroviaria oggetto di studio.

4.2.1 *Caratteri geologici particolareggiati delle Argille azzurre subappenniniche*

Data l'estensione prevalente di tali argille lungo lo sviluppo del tratto ferroviario in esame, se ne ritiene qui opportuna una particolare illustrazione. Le Argille azzurre delle aree studiate di Ferrandina, di Miglionico e valli contermini appartengono al ciclo supra-pliocenico-pleistocenico della Fossa Bradanica e sono note in letteratura come Argille Subappennine o Argille di Montalbano Ionico del Complesso Post-Orogeno. L'età è Emiliana (ex Calabriano). Esse poggiano in profondità sulla cosiddetta "Falda di Metaponto", costituita dalle argille varicolori scagliose e dai Flysch dell'Appennino.

Si tratta di argille marnose e marne argillose con livelli limosi e sabbiosi, talora nerastre per la presenza di sostanze carboniose. Vi fanno spicco rari e caratteristici livelli di "tufiti" (sedimenti misti a prevalente contenuto piroclastico) dello spessore fino ad una trentina di centimetri, tranne nella zona di attraversamento della galleria, ove è stata attraversata una successione lentiforme costituita da alternanze di limi, conglomerati e cineriti di aspetto "tripolaceo". Essi sono composti da abbondante vetro vulcanico e da ciottolini di pomice, da analcime e da scarse quantità di feldspati, quarzo, carbonati, miche, minerali argillosi, pirosseni, ossidi ed idrossidi di ferro. Il vetro vulcanico ha una composizione trachiticofonolitica e forse anche tefritica. I feldspati sono rappresentati da sanidino, ortoclasio, microclino e plagioclasti di acidità medio-alta. Le miche sono costituite da laminette limpide e trasparenti di muscovite, da frammenti di lamine di clorite e da frammenti di lamine brune, spesso alterate ai bordi, di biotite. Il quarzo è a spigoli subarrotondati.

Nelle argille in esame, il cui contenuto in minerali argillosi è a prevalente costituzione illitica, si osservano sistemi di fessure che formano un caratteristico reticolo giallastro per alterazione dei labbri dovuta ad infiltrazione delle acque superficiali.

4.2.2 *Lineamenti morfologici delle Argille azzurre subappenniniche*

Le masse argillose costituenti i versanti vallivi del Fiume Basento ed in particolare quelli del Rio Conche, tributario di destra del Fiume Bradano, sono interessate da un sistema, talora molto fitto, di fessurazione che molto spesso assume la forma di un reticolo giallastro per alterazione dei labbri da parte degli atmosferici.

Si tratta di fessure che frequentemente nell'area studiata sono veri e propri effetti tettonici, le cui manifestazioni sono presenti in varie forme profonde, molto serrate, riprese, aperte ed accresciute di numero talora dall'evolversi sui movimenti franosi lungo i versanti. Tale stato di fessurazione ha agevolato ed agevola l'erosione differenziata da cui le svariate forme calanchive che si riscontrano sui pendii. Questi calanchi sono presenti, specie nella valle del Basento, con le forme a cupolette ed a covoni; spesso l'innescio dei calanchi è favorito dalle masse suddivise a

blocchi poliedrici per il movimento di antiche frane o per il rilassamento dovuto al richiamo verso il vuoto; l'erosione risulta chiaramente più accentuata lungo le discontinuità tettoniche. Fra i calanchi sono molto rappresentate le forme a "lama di coltello", prodottesi nelle scarpate di masse di terreni argillosi rimaneggiati e caotici per concentrazione di fessure, oppure si scarpate dove le acque di ruscellamento producono solchi che isolano sottili creste.

Per quanto riguarda l'origine dei fenomeni di erosione ipogea, rappresentati per lo più da canali sotterranei o da inghiottitoi nei quali si immettono i deflussi idrici superficiali, essi si impostano principalmente lungo le discontinuità rappresentate dai corpi franati (superfici di rottura).

4.3 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Il territorio in esame appartiene alla zona corrispondente alla Fossa Bradanica ed è caratterizzato da un esteso ed articolato reticolo idrografico, i cui corsi d'acqua principali sono il Bradano ed il Basento. In Figura 4-7 e Figura 4-8 sono rappresentati, rispettivamente, il bacino del Bradano ed il bacino del Basento, in cui l'area di interesse è stata evidenziata da un riquadro rosso.

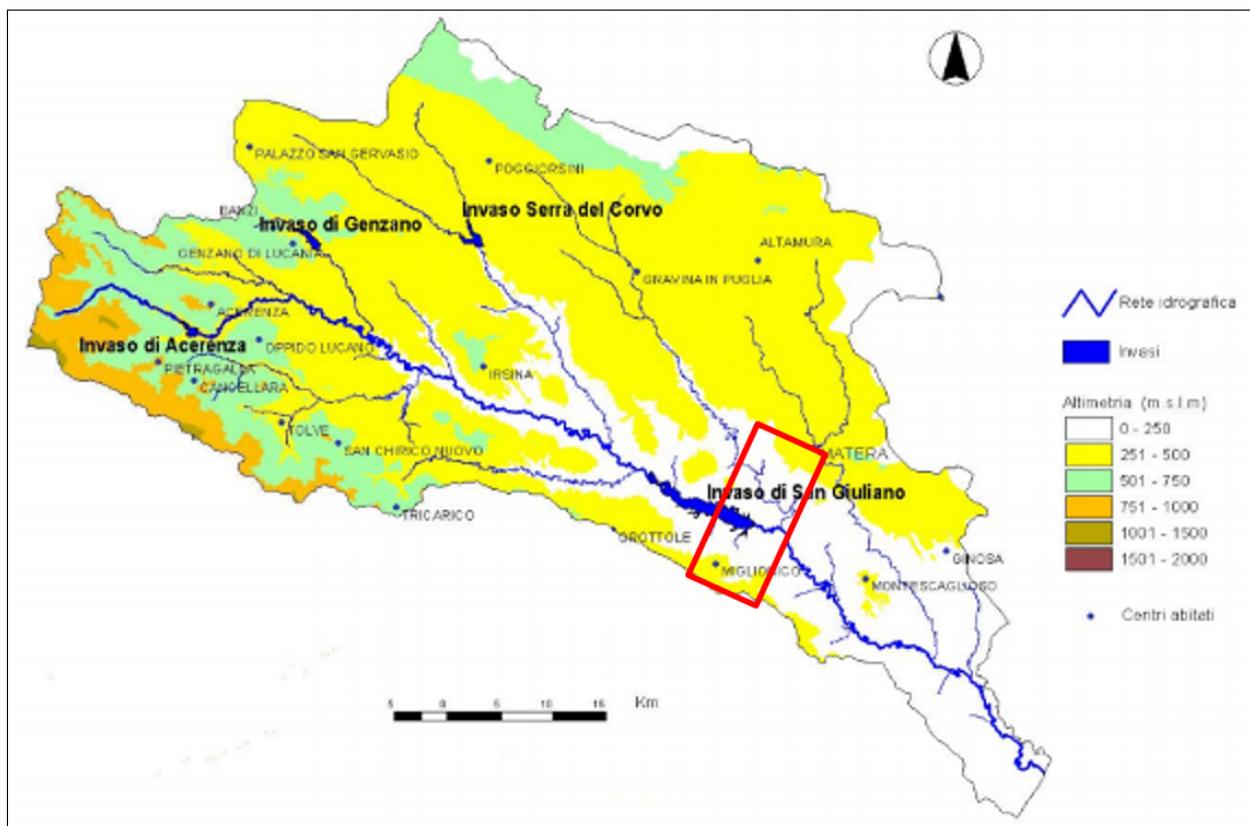


Figura 4-7 - Carta morfologica del Bacino del fiume Bradano. Il riquadro rosso evidenzia l'area di studio.

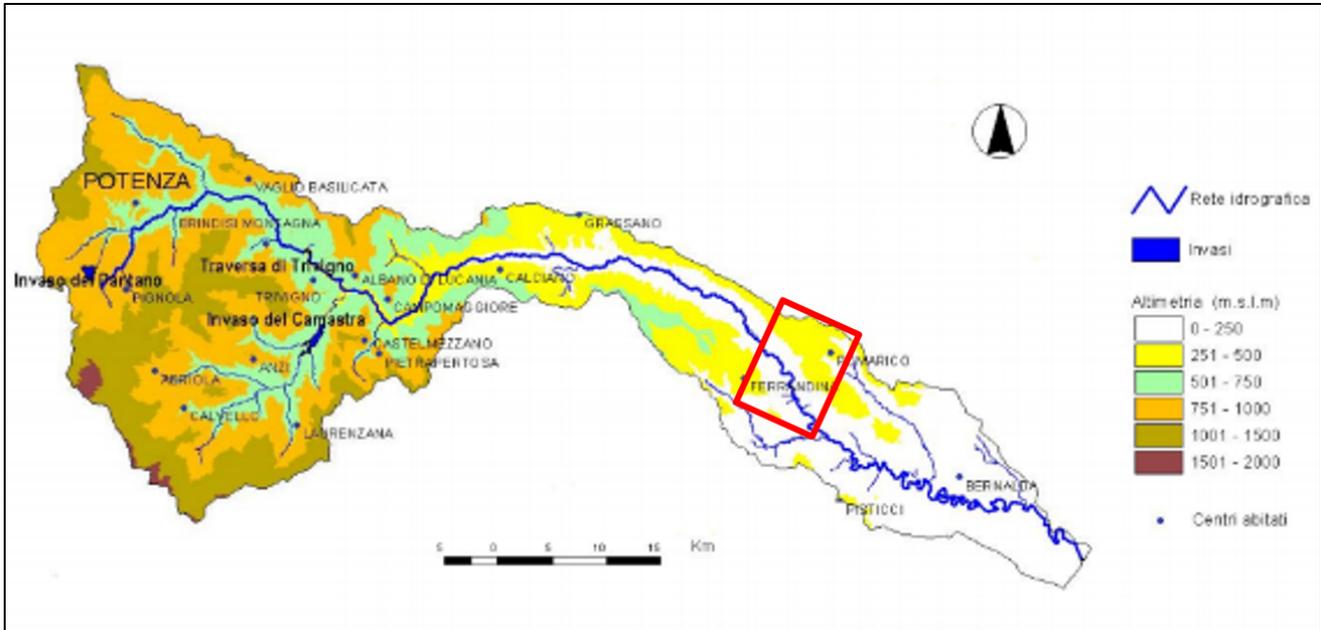


Figura 4-8 – Carta morfologica del Bacino del Fiume Basento. Il riquadro rosso evidenzia l’area di studio.

Dal punto di vista geomorfologico, si rinvencono nell’area di interesse le seguenti forme:

- *Forme strutturali.* Data la presenza di rocce con forti contrasti di competenza, sia all’interno della stessa formazione sia tra le diverse formazioni, i processi di erosione selettiva sono importanti nel modellamento del paesaggio dell’area. La serie pleistocenica affiorante nell’area di studio seppur prevalentemente argillosa, è caratterizzata dalla presenza di corpi arenacei e conglomeratici. In questi casi il forte contrasto di competenza influenza decisamente la formazione di rilievi con scarpate più o meno accentuate in corrispondenza delle principali bancate di strato, conducendo al modellamento di caratteristici versanti a gradini la cui continuità laterale costituisce un prezioso aiuto nella cartografia dei corpi arenacei corrispondenti. Esse infatti hanno consentito di rilevare, specialmente all’osservazione da foto aerea, eventuali anomalie giaciture e deformazioni all’interno di tali corpi, solitamente caratterizzati da un assetto monotono.
- *Forme gravitative.* La gravità costituisce uno dei principali agenti modellatori dei versanti, che si manifesta soprattutto attraverso fenomeni di frana. Sono state osservate diverse tipologie principali di frane, distinguibili nella maggior parte dei casi anche per il diverso grado di attività. In particolare, sono presenti fenomeni in cui la superficie di distacco non sempre è di facile individuazione né come localizzazione né come geometria, ed è marcata solo da avvallamenti e da aree depresse allungate interpretabili come trincee gravitative, tanto che lo spostamento della massa è spesso insignificante rispetto al volume interessato dal fenomeno. La tipologia relativa è riconducibile ad uno scorrimento biplanare ad andamento listrico della superficie di dislocazione. La loro presenza è stata rilevata attraverso l’osservazione di morfologie particolari quali trincee, contropendenze, sdoppiamenti di cresta. In alcuni casi i corpi di frana risultano successivamente reincisi dall’erosione lineare, tanto che del fenomeno si osservano solo delle morfologie relitte e una suddivisione in blocchi, ridotti dall’erosione calanchiva a caratteristici rilievi isolati. In qualche caso l’erosione di tali prismi si è spinta al punto di creare forme “a lama di coltello”.

I fenomeni descritti sono evidenti osservando i versanti che insistono sulla pianura del Basento, in cui si nota tra l’altro che la parte terminale dei versanti delinea delle faccette triangolari e trapezoidali caratterizzate da

un'elevata acclività, anomala per i normali processi di sedimentazione, quasi ad indicare che il versante abbia subito una "spinta" verso la pianura. In altri casi, invece, si apprezzano notevoli dislocazioni ed i movimenti si riconoscono, oltre che per le loro caratteristiche morfologiche talora non ben preservate, per le grandi masse di corpi rocciosi che appaiono dislocate rispetto alla loro posizione stratigrafica originaria. In quest'ultimo caso la giacitura dei suddetti corpi appare notevolmente disturbata e ruotata contro monte, in accordo col movimento di tipo rotazionale che hanno subito. I diversi meccanismi di deformazione della massa elencati sono accomunati dai grandi volumi spesso coinvolti in frana, tanto che si ritiene che si siano originati nella maggior parte in condizioni morfoclimatiche non attuali e non siano sempre direttamente riconducibili alla morfologia recente. Per questo, frequentemente, vengono indicati in letteratura come 'paleofrane'. L'importanza di tali fenomeni erosivi è stata attribuita in letteratura in parte alle oscillazioni delle linee di costa quaternarie che avrebbero approfondito il livello di base (Guerricchio & Melidoro, 1979), è lecito quindi in qualche caso aspettarsi che la superficie di scorrimento termini al di sotto del piano di campagna dell'attuale pianura alluvionale. Le suddette oscillazioni delle linee di costa quaternarie avrebbero provocato un relativo ringiovanimento con il conseguente approfondimento del reticolo idrografico ed aumento dell'energia del rilievo. I processi di decompressione dei fianchi vallivi legati a tale processo avrebbero così predisposto l'innescarsi dei fenomeni.

Un'altra causa predisponente i fenomeni suddetti è probabilmente costituita dalle caratteristiche litologiche delle formazioni affioranti, rappresentate da sedimenti in gran parte argillosi. In qualche caso la presenza in posizione geometricamente superiore di formazioni arenitiche può determinare un particolare assetto idrogeologico caratterizzato da due corpi sovrapposti a forte contrasto di permeabilità, con formazione, al contatto tra i due litotipi, di pressioni dovute al carico ed alle risorgenze idriche associate. Nei corpi delle paleofrane ricadenti nelle località Fontana di Noce (comune di Miglionico) e Manferrara Sottana (comune di Pomarico), versante sinistro Basento, numerosi e vari sono i segni di movimenti in atto, anche se trattasi di spostamenti interessanti solo modeste estensioni e profondità. Questi sintomi locali e saltuari potrebbero preludere ad una lenta mobilizzazione di masse dai volumi più considerevoli.

Masse franate altrettanto notevoli per estensione e profondità sono presenti in destra e sinistra del rio Conche, tributario del fiume Bradano. Ad esempio, in località Le Conche (destra rio Conche) sono presenti corpi di antiche frane, localmente attive. Sulle particolari tipologie di fenomeni descritti, caratteristiche dell'area e non comuni per gli stessi volumi coinvolti, si impostano inoltre fenomeni più circoscritti rappresentati da frane di scorrimento rotazionale, colamento, e tipologie complesse di scorrimento che evolve a colamento nella parte terminale. Gli spessori coinvolti in queste tipologie sono molto più ridotti dei fenomeni precedenti, si tratta comunque di processi in genere di molto più recente attivazione, che sono tuttora in evoluzione, ovvero caratterizzati da uno stato di attività quantomeno quiescente se non attivo. Le morfologie che caratterizzano questi movimenti sono più proprie dei colamenti, ovvero si tratta di corpi allungati con piccole contropendenze e gradini di frana, in cui talora si osservano rotture fresche del pendio e trincee aperte, specie al contatto tra due corpi di frana diversi. Tra gli altri processi gravitativi si osservano scarpate di degradazione nel caso in cui la gravità costituisca il processo morfogenetico predominante sia in atto sia inattivo, seppure sia in alcuni casi evidente l'influenza di altri processi. Questo è il caso di molte scarpate che denotano una chiara influenza strutturale (per erosione selettiva o assetto giaciturale, ma che evolvono o sono evolute per gravità). Sono infine frequenti processi di degradazione del suolo tipo soliflusso, spesso concentrati nelle piste di attraversamento del bestiame che favoriscono fenomeni di erosione e conseguente denudamento dei versanti.

- *Forme fluviali.* L'idrografia lungo i versanti è fortemente influenzata dal tipo di substrato presente. Si osserva un pattern di drenaggio caratterizzato da una densità variabile a seconda del grado di permeabilità delle rocce attraversate, si ha infatti una densità media in corrispondenza dei corpi sabbiosi conglomeratici ed una densità alta in corrispondenza dei litotipi prevalentemente argillosi. In particolare, in corrispondenza dei

secondi i corsi d'acqua sono ben confinati, secondo un reticolo che risente di processi complessi, in cui un ruolo importante è giocato dalla gravità. Sono presenti aree soggette ad erosione a rivoli e a solchi in cui i processi di ruscellamento si concentrano linearmente. L'erosione lineare comunque si manifesta in varie forme, determinando un approfondimento del reticolo che sarà maggiore o minore a seconda se siamo in presenza di rivoli, solchi di ruscellamento o di vere e proprie vallecicole a V. Talora le valli laterali risultano ancora più approfondite ed in tal caso esse sono delimitate da scarpate di erosione fluviale più o meno degradate a seconda del loro grado di attività. Sono presenti rare valli a fondo concavo, che rappresentano un grado di erosione lineare meno spinto, oppure un riempimento ad opera di depositi colluviali di forme precedentemente più incise ma ormai inattive. Particolare importanza rivestono le forme calanchive, associate nell'area a litologie argillose. Generalmente in letteratura queste vengono associate a processi quasi esclusivamente fluviali, anche se viene riconosciuta una componente dovuta a processi complessi come risultato della combinazione di una serie di fattori. Tuttavia, nell'area una stretta connessione con i processi gravitativi viene riconosciuta da Guerricchio & Melidoro (1979): la causa principale della formazione dei calanchi è costituita da paleofrane nelle masse argillose, dove si instaura un'erosione differenziata a causa dei due stati di resistenza, residua lungo le fessure e di picco nelle unità integre. Le valli a V si impostano ed approfondiscono su tali superfici, da cui traggono origine in uno stadio più avanzato della morfogenesi le varie forme calanchive. Ai litotipi argillosi inoltre sono associate frequenti e caratteristiche morfologie quali cavità ipogee, inghiottitoi e canali sotterranei ad andamento subverticale, a formare un reticolo sotterraneo collegato da canali suborizzontali. Anche essi si impostano e sviluppano sulle fessure generate da processi gravitativi. Lo scorrimento delle acque sotterranee contribuisce in un secondo momento all'approfondimento degli stessi. I depositi alluvionali sono associati a morfologie quali i terrazzi, sospesi se dovuti ad antichi livelli di base oppure ubicati nelle pianure di fondovalle se recenti. Nel caso invece che un corso d'acqua laterale si immetta sulle pianure di fondovalle principali si ha la formazione di conoidi alluvionali.

- *Forme antropiche.* Le forme antropiche presenti nell'area sono prevalentemente rappresentate da terrapieni e da opere di difesa di sponda nei corsi d'acqua. I primi raggiungono un'estensione apprezzabile in corrispondenza delle aree di imbocco della galleria, tanto da mascherare i sottostanti depositi alluvionali. Una morfologia simile è costituita dal rilevato ferroviario di grandi dimensioni presente di fronte all'imbocco lato Ferrandina. Gli alvei sono caratterizzati dalla presenza di briglie ed opere di difesa longitudinali volti a limitare l'attività erosiva sulle sponde e i fenomeni di sovralluvionamento in alveo. Molte di queste opere sono in degrado per fenomeni di erosione alla base della fondazione dell'opera. Numerose scarpate di origine antropica sono presenti soprattutto in corrispondenza dei tagli stradali.

Il tracciato oggetto del presente studio, come già descritto, attraversa la dorsale di Miglionico tramite l'omonima galleria. Tale area risulta quella maggiormente interessata da elementi geomorfologici potenziali fonti di criticità (si veda nel dettaglio il capitolo 13 in merito alle criticità geomorfologiche ed al rilievo di campo eseguito). Le opere in progetto sono interessate da fenomeni di instabilità di tipo complesso, da lenti movimenti superficiali di soliflusso e, più frequentemente, reptazione. I fenomeni più superficiali sono favoriti dalle naturali pendenze, mentre quelli più rapidi, quali frane per scivolamento e colamento, sono associati a processi di erosione che agiscono sul reticolo idrografico, determinando l'arretramento delle scarpate e l'aumento localizzato delle pendenze.

In particolare, l'imbocco della galleria dal lato di Ferrandina si trova ai piedi di un versante relativamente acclive che si affaccia sulla pianura alluvionale del Fiume Basento, creando un dislivello complessivo di circa 350 m. L'area di rilievo va da una quota di circa 85 m fino alla quota massima di quasi 200 m s.l.m. L'imbocco lato Matera si trova ad una quota di circa 175 m s.l.m., ed è sovrastato da un rilievo poco acclive la cui quota massima all'interno dell'area di rilievo è di 220 m s.l.m. Tale rilievo è delimitato ad Ovest dal Rio Conche e ad Est da una vallecicola sul cui fondo scorre un corso d'acqua effimero.

4.4 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

Allo scopo di acquisire le necessarie informazioni sulle condizioni idrogeologiche nell'area di interesse del tracciato, una parte dei sondaggi geognostici è stata attrezzata per l'esecuzione di rilievi piezometrici e prove di permeabilità, come spiegato nei capitoli successivi 9 e 10.

Le successioni stratigrafiche presenti nel bacino del Bradano e del Basento (Figura 4-9) possono essere raggruppate in complessi idrogeologici caratterizzati da differente tipo e grado di permeabilità. L'assetto stratigrafico-strutturale e le caratteristiche di permeabilità dei litotipi presenti nel bacino condizionano l'infiltrazione delle precipitazioni meteoriche e l'andamento della circolazione idrica nel sottosuolo.

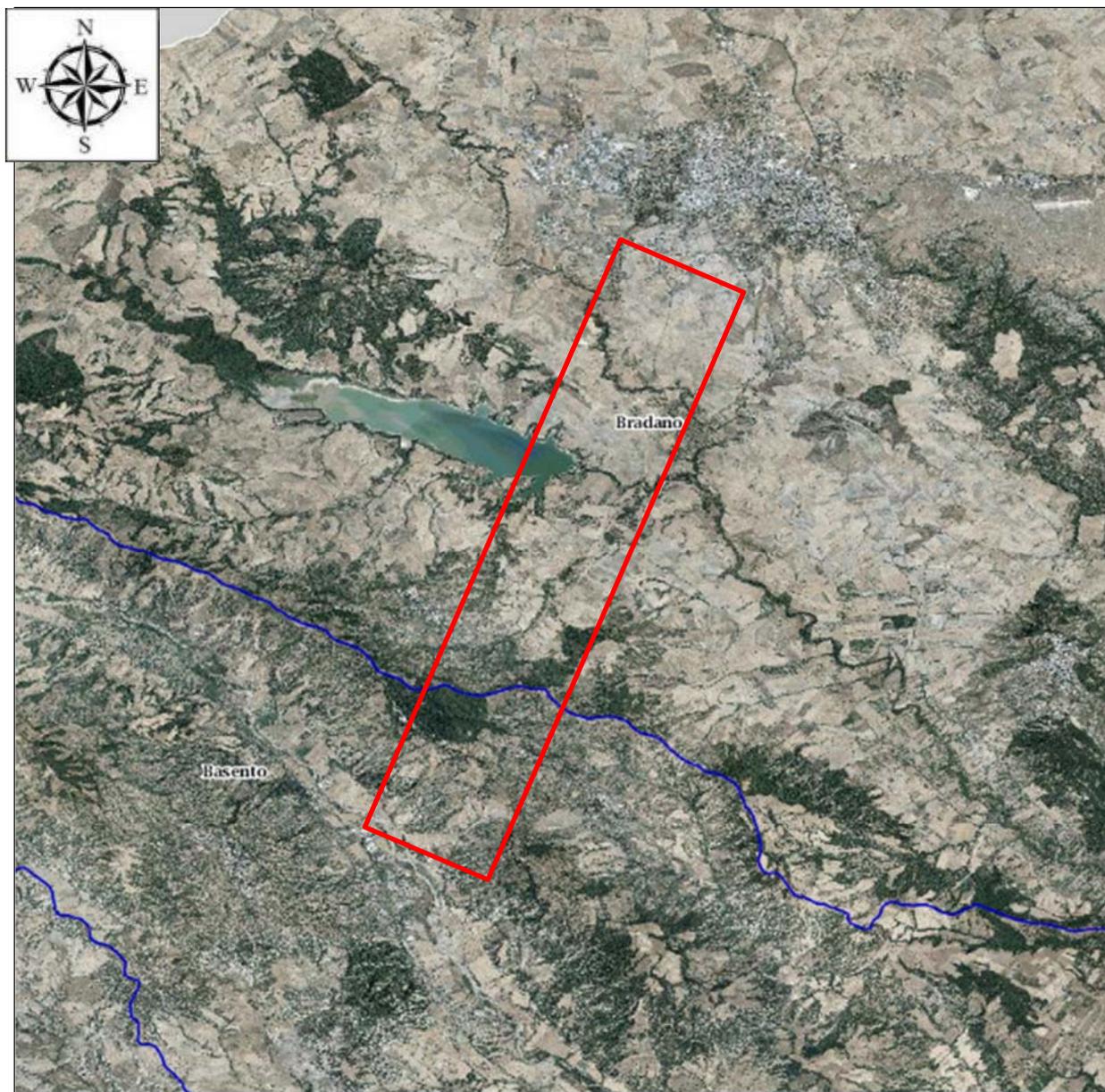


Figura 4-9 – Immagine aerea dei Bacini Bradano e Basento tratta dal Piano Stralcio per l'Assetto idrogeologico della Basilicata. Il riquadro rosso evidenzia l'area di studio.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>32 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	32 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	32 di 200								

Nel settore centro-orientale del bacino del Bradano e del Basento, il complesso idrogeologico maggiormente affiorante è il *Complesso argilloso-sabbioso*, che comprende le successioni argillose pleistoceniche dell'Avanfossa Bradanica e dei bacini intrappenninici pliocenici e che risulta caratterizzato da grado di permeabilità da basso a nullo.

I depositi sabbiosi e conglomeratici di chiusura dell'Avanfossa Bradanica sono inclusi nel *Complesso sabbioso-conglomeratico*, che si rinviene in corrispondenza dei rilievi di Serra del Cedro (Tricarico), di Grassano, di Grottole, di Coste dell'Abbate-Ferrandina, di Miglionico-Pomarico. Il grado di permeabilità di tale complesso è variabile, da medio a basso, in relazione alle caratteristiche granulometriche, allo stato di addensamento e/o cementazione dei depositi, ed allo stato di fratturazione, allorché le sabbie ed i conglomerati sono cementati. Tale complesso costituisce acquiferi di limitata estensione e potenzialità che alimentano sorgenti di portata ridotta in genere inferiore a 1-1,5 l/s (es. Sorgente Fonte Pubblica di Grassano con Q=1,1 l/s; Fonte Fichi con Q=1 l/s e Fonte Garramone con Q=0,4 l/s di Grottole; Fonte San Damiano con Q=1,6 l/s e Fonte delle Rose con Q=0,1 l/s di Ferrandina; Fonte Donna Rosa con Q=0,1 l/s, Fonte San Pietro con Q=0,25 l/s e Fonte Acqua Salsa con Q=0,05 l/s a Pomarico).

Sotto l'aspetto della permeabilità, i complessi idrogeologici presenti nell'area di studio possono essere raggruppate come segue:

- *Depositi a permeabilità medio-alta*: In questa categoria si possono includere depositi di versante di vario tipo, i depositi alluvionali attuali e recenti legati al fiume Bradano e ad altri rii minori e i depositi alluvionali terrazzati pleistocenici. Questi depositi condividono una composizione eterometrica di ghiaie e ciottoli, da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante. Si rinvengono, soprattutto nei depositi alluvionali, diffusi passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi e argillosi privi di struttura e abbondanti resti vegetali. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è localmente variabile da bassa ad alta in funzione della classe granulometrica prevalente ma si attesta mediamente tra $1 \cdot 10^{-5}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.
- *Corpi rocciosi a permeabilità media*: In questa categoria si possono includere i membri della Formazione di San Marco (ex Sabbie di Monte Marano e Conglomerato di Irsina). Questi corpi rocciosi condividono una composizione eterometrica di ghiaie, ciottoli e sabbie litificati. Nelle ex Sabbie di Monte Marano sono occasionalmente presenti letti argillosi che permettono la formazione di corpi idrici localizzati non trascurabili. Questi corpi d'acqua devono la loro esistenza alla porosità dei depositi sabbiosi e ghiaiosi di questa Formazione. La permeabilità è localmente variabile da bassa ad alta in funzione della classe granulometrica prevalente ma si attesta mediamente tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.
- *Corpi a permeabilità bassa*: A questa categoria appartengono le argille limose della formazione delle Argille Subappennine prive della componente marnosa. Questi corpi presentano una composizione molto poco variabile: essi sono infatti composti per la quasi totalità da argille e limi con occasionali lenti sabbiose di pochi centimetri di spessore, le quali permettono, una certa (bassa) trasmissività. La porosità di questi corpi sabbiosi sinsedimentari determina la presenza di una circolazione idrica all'interno dei materiali argilloso-limosi. La permeabilità è da bassa a molto bassa ed è definibile come compresa tra $1 \cdot 10^{-9}$ e $1 \cdot 10^{-7}$ m/s. A profondità che variano tra pochi metri e alcune decine di metri è presente il complesso argilloso-marnoso, composto da argilliti appartenenti alla formazione delle Argille Subappennine che presentano una percentuale rilevante di componente calcarea. Esse sono da ritenere l'espressione più compatta della formazione delle argille Subappennine (ASP) e sono da considerare oggettivamente impermeabili. In misura molto ridotta esse possono però essere considerate permeabili grazie a livelli di sabbia argillosa sinsedimentari di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Dato che raramente questi corpi sabbiosi risultano interconnessi, essi danno origine a piccoli corpi d'acqua in pressione che possono essere in alcuni casi anche ricchi di gas naturale.

- *Complessi rocciosi calcarei*: Calcareniti e calcilutiti in strati da sottili a spessi, a luoghi sono presenti livelli di brecciole calcaree, in particolare lungo il contatto tra le Calcareniti di Gravina (GRA) ed il Calcarea di Altamura (Cc11-8c). Questi corpi costituiscono acquiferi fessurati di discreta trasmissività, localmente piuttosto eterogenei ed anisotropi. Essi sono sede di falde idriche sotterranee rilevanti, contenute nelle porzioni più carsificate e fessurate dell'ammasso. La permeabilità è da considerare secondaria e dipendente dalle condizioni locali di fratturazione e carsismo. I valori ottenuti da prove di permeabilità in foro hanno restituito valori anche molto variabili, compresi tra circa $1 \cdot 10^{-9}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s. La permeabilità si può quindi definire come da media a molto bassa.

Le Unità idrogeologiche identificate lungo le sezioni, sono state così suddivise:

- *Depositi a permeabilità medio-alta*: Questa classe comprende i corpi sedimentari principalmente ghiaiosi attuali e recenti legati ai fiumi Basento e Bradano e ad altri rii minori, oltre che ai depositi alluvionali terrazzati pleistocenici. Questi depositi condividono una composizione eterometrica di ghiaie e ciottoli, da angolosi a sub-angolosi, con matrice sabbiosa e sabbioso-limosa da scarsa ad abbondante. La permeabilità, esclusivamente per porosità, si attesta mediamente tra 10^{-5} e 10^{-3} m/s.
- *Depositi a permeabilità media*: Questa classe comprende i corpi sedimentari prevalentemente sabbiosi (e a basso contenuto di frazione fine) attuali e recenti legati ai fiumi Basento e Bradano e ad altri rii minori, oltre che ai depositi alluvionali terrazzati pleistocenici. La permeabilità, esclusivamente per porosità, si attesta mediamente tra 10^{-6} e 10^{-5} m/s.
- *Depositi a permeabilità medio-bassa*: Questa classe comprende i corpi sedimentari prevalentemente sabbioso-limosi attuali e recenti legati ai fiumi Basento e Bradano e ad altri rii minori, oltre che ai depositi alluvionali terrazzati pleistocenici. La permeabilità, esclusivamente per porosità, si attesta mediamente tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-6}$ m/s.
- *Corpi a permeabilità bassa*: Questa classe comprende le argille limose della formazione delle Argille Subappennine prive della componente marnosa e i corpi argilloso-limosi attuali e recenti legati ai fiumi Basento e Bradano e ad altri rii minori, oltre che ai depositi alluvionali terrazzati pleistocenici. La permeabilità è da bassa a molto bassa ed è definibile come compresa tra 10^{-9} e 10^{-7} m/s.
- *Rocce calcaree a permeabilità secondaria*: Calcareniti e calcilutiti in strati da sottili a spessi con a luoghi livelli di brecciole calcaree, in particolare lungo il contatto tra GRA e Cc11-8c. Questi corpi costituiscono acquiferi fessurati di discreta trasmissività, localmente piuttosto eterogenei ed anisotropi. Essi sono sede di falde idriche sotterranee rilevanti, contenute nelle porzioni più carsificate e fessurate dell'ammasso. La permeabilità è da considerare secondaria e dipendente dalle condizioni locali di fratturazione e carsismo. I valori ottenuti da prove di permeabilità in foro hanno restituito valori anche molto variabili, compresi tra circa 10^{-9} e 10^{-5} m/s. La permeabilità si può quindi definire come da media a molto bassa.
- *Complesso argilloso-marnoso impermeabile*: Argilliti appartenenti alla formazione delle Argille Subappennine che presentano una percentuale rilevante di componente calcarea. Esse sono da ritenere l'espressione più compatta della formazione ASP e sono da considerare oggettivamente impermeabili. In misura molto ridotta esse possono però essere considerate permeabili grazie a livelli di sabbia argillosa sinsedimentari di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Dato che raramente questi corpi sabbiosi risultano interconnessi, essi danno origine a piccoli corpi d'acqua in pressione che possono essere in alcuni casi anche ricchi di gas naturale.

Dal punto di vista idrogeologico, la presenza di discontinuità e di livelli e lenti di terreni più permeabili all'interno delle Argille subappenniniche ha suggerito un potenziale collegamento idraulico. Come risultato, questa formazione è stata considerata come un unico sistema acquifero. Un sistema acquifero con una bassa permeabilità, con ridotte

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 34 di 200

possibilità di alimentazione e pertanto con quantitativi d'acqua immagazzinati modesti, a cui però si possono associare "sacche" permeabili.

Nel complesso argilloso-marnoso appartenente alla stessa formazione, invece, tali sacche permeabili possono essere generalmente considerate non interconnesse. Tale dato si evince dalla documentazione storica e dalle informazioni ricevute in merito alla progettazione e costruzione della galleria esistente. Inoltre, non essendo idraulicamente isolata, allo stato attuale la galleria rappresenta un contorno drenante, responsabile di una sicura alterazione delle condizioni idrauliche nell'ammasso nell'ambito del volume significativo al contorno del cavo, rispetto a quelle definite anteparam e successivamente incontrate al momento dello scavo.

Com'è noto i fenomeni d'infiltrazione e di ruscellamento superficiale sono legati da molteplici fattori di natura morfologica, geologica e biologica in modo contrapposto tra loro; infatti, maggiore è l'infiltrazione e minore è la quantità d'acqua che defluisce in superficie. I terreni affioranti, costituiti da sabbie e ghiaie, sono permeabili per porosità con un grado di permeabilità da medio ad alto. Essendo il grado di permeabilità legato alla disposizione ed associazione degli elementi a grana fine con quelli a grana media e grossa, la disposizione variabile di tali elementi rende difficile distinguere nettamente le aree a differente permeabilità. Le osservazioni compiute sull'idrografia di superficie e sotterranea hanno consentito una differenziazione, su grande scala, del tipo e del grado di permeabilità dei terreni. I terreni che affiorano nell'area possono essere classificati come rocce permeabili per porosità.

La natura prevalentemente sabbioso-ghiaiosa dei terreni presenti nell'area studiata condizionano i fenomeni d'infiltrazione e di ruscellamento superficiale, in parte legati anche alla morfologia del territorio stesso. La permeabilità dei depositi sabbiosi, sovrastanti le argille, consente il drenaggio delle acque superficiali la cui circolazione avviene all'interno di strati sabbiosi o nei livelletti ghiaiosi a permeabilità maggiore; tali acque si raccolgono quindi alla base di tali depositi, fuoriuscendo a contatto delle argille sottostanti o quando incontrano livelli argilloso-limosi a permeabilità minore.

Da quanto sopra esposto, quindi, è possibile riscontrare la presenza di piccole falde acquifere a contatto tra le argille di base e depositi sabbioso-ghiaiosi. Tali falde, che risentono dell'andamento stagionale delle precipitazioni, hanno emergenze sia diffuse, tipo stillicidio lungo il contatto litostratigrafico, sia, localmente, concentrate con portate basse dell'ordine di 0,1 – 1,0 l/min. Una di queste emergenze acquifere è stata rilevata nella zona più a valle dell'area in esame, in corrispondenza del passaggio stratigrafico tra i depositi sabbioso-ghiaiosi e le argille di base. Si tratta di una piccolissima venuta d'acqua, a carattere stagionale, con portata minore di 1 l/min.

4.4.1 *Campagna di Monitoraggio Idrogeologico 2019*

Tra settembre 2018 e febbraio 2019 Italferr ha realizzato n. 14 nuovi piezometri per il monitoraggio della falda lungo la linea Ferrandina-Matera La Martella. A partire da febbraio 2019, è iniziata una campagna di monitoraggio quantitativo della falda atta ad ottenere dati inerenti alle oscillazioni della falda stessa nell'area in progetto. Si riportano in Tabella 4-1 i dati di soggiacenza e piezometrici registrati sino al mese di giugno 2019.

Analizzando dunque i dati disponibili e confrontandoli con i dati bibliografici e le informazioni disponibili è possibile osservare quanto segue:

- Il piezometro S1 pz 30, posto in prossimità del fiume Basento a quota +78.58 m s.l.m., registra un valore piezometrico compreso tra di 71.28 nel mese di marzo 2019 e +69.93 m s.l.m. nel mese di giugno 2019 (soggiacenza da 7.30 m a 8.65 m da p.c.).
- Il piezometro S2 pz 50, posto a circa 800m in direzione ovest dall'imbocco della galleria "Lato Ferrandina", a quota 97.76 m s.l.m., mostra un valore piezometrico compreso tra +83.35 nel mese di marzo 2019 e di +83,36m s.l.m. nel mese di giugno 2019 (soggiacenza da 14.41 e 14.40 m da p.c.).

- Il piezometro S Gall PZ 135, posto a quota + 304.18 m s.l.m. nell'area di interesse della galleria di sfollamento Miglionico, mostra un valore piezometrico tra +264.44 nel mese di marzo 2019 e +265.67 m s.l.m nel mese di giugno 2019, (soggiacenza tra 39.74 e 38.51 m da p.c.).
- Il piezometro S2 pz 30, posto in prossimità della progressiva chilometrica 8+900 circa, a quota 168.97 m s.l.m., mostra un valore piezometrico tra +156.61 m s.l.m. nel mese di marzo 2019, e +161.67 m s.l.m. nel mese di giugno 2019, di (soggiacenza tra 12.36 e 7.30 m da p.c.).
- Il piezometro S3 pz 30, posto in prossimità della progressiva chilometrica 9+800 circa, a quota 150.29 m s.l.m., mostra valori piezometrici, compresi tra +149.54 e +148.85 m s.l.m nel mese di giugno 2019 (soggiacenza tra -0.75 e -1.44 da p.c.).
- Il piezometro S5 pz 35, posto in prossimità della progressiva chilometrica 11+100 circa, a quota 138.33 m s.l.m., mostra un valore piezometrico tra 134,30 nel mese di marzo 2019 e 135.00 m s.l.m. nel mese di giugno 2019 (soggiacenza tra 4,03 e 3.33 m da p.c.).
- Il piezometro S6 pz 39, posto in prossimità della progressiva chilometrica 12+000 circa, a quota 135.61m s.l.m., mostra valori piezometrici compresi tra +133,77 m s.l.m a febbraio 2019 e +134.22 m s.l.m. a giugno 2019 (soggiacenza compresa tra -1,84 e -1.39 m da p.c.).
- Il piezometro S7 pz 30, posto in prossimità della progressiva chilometrica 12+900 circa, a quota 126.47 m s.l.m. In questo piezometro non sono state effettuate, ad oggi, delle letture del livello piezometrico.
- Il piezometro S8 pz 50, posto in prossimità della progressiva chilometrica 13+800 circa, a quota 125.93m s.l.m., risulta essere secco per tutta la sua lunghezza di 22 metri per l'intera durata del monitoraggio piezometrico.
- Il piezometro S9 pz 30, posto in prossimità della progressiva chilometrica 14+900 circa, a quota 146.96 m s.l.m., mostra valori piezometrici compresi tra +143.75 a febbraio 2019 e +143.06 m s.l.m. a giugno 2019 (soggiacenza compresa tra 3.21 e 3.90 m da p.c.).
- Il piezometro S12 pz 30, posto in prossimità della progressiva chilometrica 17+500, a quota 187.13 m s.l.m. mostra valori piezometrici compresi tra +171.86 a febbraio 2019 e +171.11 m s.l.m. a giugno 2019 (soggiacenza compresa tra 15.27 e 16.02 m da p.c.).
- Il piezometro S13 pz 30, posto in prossimità della progressiva chilometrica 17+900, a quota 196.05m s.l.m., mostra valori piezometrici compresi tra +181.00 a febbraio 2019 e +180.05 m s.l.m. a giugno 2019 (soggiacenza compresa tra 15.05 e 15.55 m da p.c.).
- Il piezometro S14 pz 35, posto in prossimità della progressiva chilometrica 18+650 circa, a quota 197,44 m s.l.m., risulta essere secco per tutta la sua lunghezza di 7 metri per l'intera durata del monitoraggio piezometrico. Il piezometro è posto alla quota + 197,44m s.l.m.
- Il piezometro S15 pz 15, posto in prossimità della progressiva chilometrica 19+500 circa, a quota 199.56 m s.l.m., mostra valori piezometrici compresi tra +196.05 a febbraio 2019 e +196.59 m s.l.m. a giugno 2019 (soggiacenza compresa tra 3.51 e 2.97 m da p.c.).
- Il Piezometro S1 pz, posto ad inizio tratta a quota 84.69 m s.l.m., mostra valori piezometrici compresi tra 79.19 m s.l.m. ad arile 2019 e 79.76m s.l.m. a giugno 2019 (soggiacenza compresa tra 5.5 e 4.93 m da p.c.).

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 36 di 200

- Il piezometro S3 pz, posto presso la p.k. 1+560 ad una quota di 78.05 m s.l.m., mostra valori piezometrici compresi tra +74.69 m ad aprile 2019 e +74.85 m s.l.m. a giugno 2019 (soggiacenza compresa tra 3.36 e 3.20 m da p.c.).
- Il piezometro S6 pz, posto presso la p.k. 2+160 ad una quota di 87.93 m s.l.m., mostra valori piezometrici compresi tra +75.96 m ad aprile 2019 e 76.46 m s.l.m. a giugno 2019 (soggiacenza compresa tra 11.97 e 11.47 m da p.c.).

4.4.2 *Analisi dei dati di monitoraggio*

La maggior parte dei piezometri installati ricade nei materiali cartografati come Argille Subappennine. Grazie ai dati fino ad ora acquisiti durante la campagna di monitoraggio è possibile osservare una certa variabilità dei piezometrici registrati lungo la linea ferroviaria; in particolare, oltre ad una variabilità di valori di soggiacenza, si individuano, in taluni casi, piezometri totalmente secchi.

Ad ogni modo, i valori piezometrici (riportati in seguito), pur evidenziando una certa variabilità dovuta a condizioni locali, sembrano confermare quanto esposto nel paragrafo 4.4, ovvero che nell'area dominata dalle argille subappennine la presenza di livelli sabbiosi sinsedimentari determini la presenza di una circolazione idrica, identificando dunque il corpo delle argille subappennine come un unico sistema acquifero a bassa trasmissività.

Analizzando più nel dettaglio i dati, è possibile osservare dai grafici riportati in Figura 4-13 ed in Figura 4-14 come:

- all'interno dei piezometri installati in argille subappennine la soggiacenza varia di meno di un metro in 6 piezometri su un totale di 8, un piezometro rileva una variazione di soggiacenza di poco meno di 2 m, ed un piezometro rileva una variazione di oltre 6 m. Si ritiene che quest'ultimo dato potrebbe essere affetto da errore a causa della presenza di acqua di perforazione all'interno della verticale piezometrica ad inizio monitoraggio.
- all'interno dei piezometri installati in depositi alluvionali la soggiacenza varia tra 0.5 ed 1.0 m in 3 piezometri su 5 (in particolare i piezometri installati nei depositi alluvionali del Fiume Basento), di oltre 1.5 metri in 2 piezometri su 5 (ovvero uno installato in spessori modesti di depositi alluvionali recenti ed uno sempre in depositi alluvionali del fiume Basento).

I piezometri S1pz, S3pz ed S6pz ricadono nella piana alluvionale del fiume Basento; i dati relativi a tali piezometri dunque sono relativi ad una vera e propria falda impostata all'interno dei depositi alluvionali del fiume stesso.

 ITAFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 37 di 200

Tabella 4-1 – Moniotracciamento dei piezometri installati da Italferr nell'ambito del progetto definitivo della nuova linea Ferrandina- Matera La Martella (monitoraggio in corso)

Sondaggio	Coordinate WGS84 (ETRF-2000)		Quota (m. s.l.m.)	febbraio-19	marzo-19	aprile-19	maggio-19	giugno-19
	Long.	Lat.		19/02/2019	27/03/2019	19/04/2019	20/05/2019	28/06/2019
S1 pz 30	40°31'12.65737"N	16°28'18.88965"E	78,586	-	-7,30	-7,43	-7,39	-8,65
S2 pz 50	40°31'59.13773"N	16°28'34.65795"E	97,764	-	-14,41	-14,85	-14,51	-14,40
S Gall PZ 135	40°33'04.71731"N	16°30'58.56664"E	304,183	-	-39,74	-40,25	-39,50	-38,51
S2 pz 30	40°33'58.04681"N	16°32'06.89208"E	168,974	-	-12,36	-12,20	-6,15	-7,30
S3 pz 30	40°34'26.55455"N	16°32'13.57623"E	150,291	-0,75	-0,82	-0,90	-1,02	-1,44
S5 pz 35	40°34'59.01761"N	16°32'50.82930"E	138,336	-	-4,03	-4,33	-2,16	-3,33
S6 pz 39	40°35'24.38355"N	16°33'08.09041"E	135,616	-1,84	-0,96	-1,29	-1,11	-1,39
S7 pz 30	40°35'47.98518"N	16°33'31.15938"E	126,475	-	-	-	-	-
S8 pz 50	40°36'12.99662"N	16°33'40.56381"E	125,934	Secco -22,00				
S9 pz 30	40°36'49.83872"N	16°33'53.36842"E	146,967	-3,21	-3,15	-3,29	-3,11	-3,90
S12 pz 30	40°38'12.12646"N	16°33'51.13421"E	187,135	-15,27	-15,73	-15,84	-15,22	-16,02
S13 pz 30	40°38'23.67947"N	16°33'53.72970"E	196,053	-15,05	-15,00	-14,99	-14,84	-15,55
S14 pz 35	40°38'48.06118"N	16°33'57.33191"E	197,441	Secco -7,00				
S15 pz 15	40°39'14.65413"N	16°33'45.36516"E	199,561	-3,51	-2,91	-2,83	-2,27	-2,97
S1 pz prima fase	40°31'54" N	16°28'28" E	84+690	-	-	-5.50	-5.38	-4.93
S3 pz prima fase	40°31'43.78"N	16°28'7.51"E	78,05	-	-	-3.36	-4.00	-3.20
S6 pz prima fase	40°31'54.85"N	16°28'28.49"E	87,93	-	-	-11.97	-12,11	-12.47

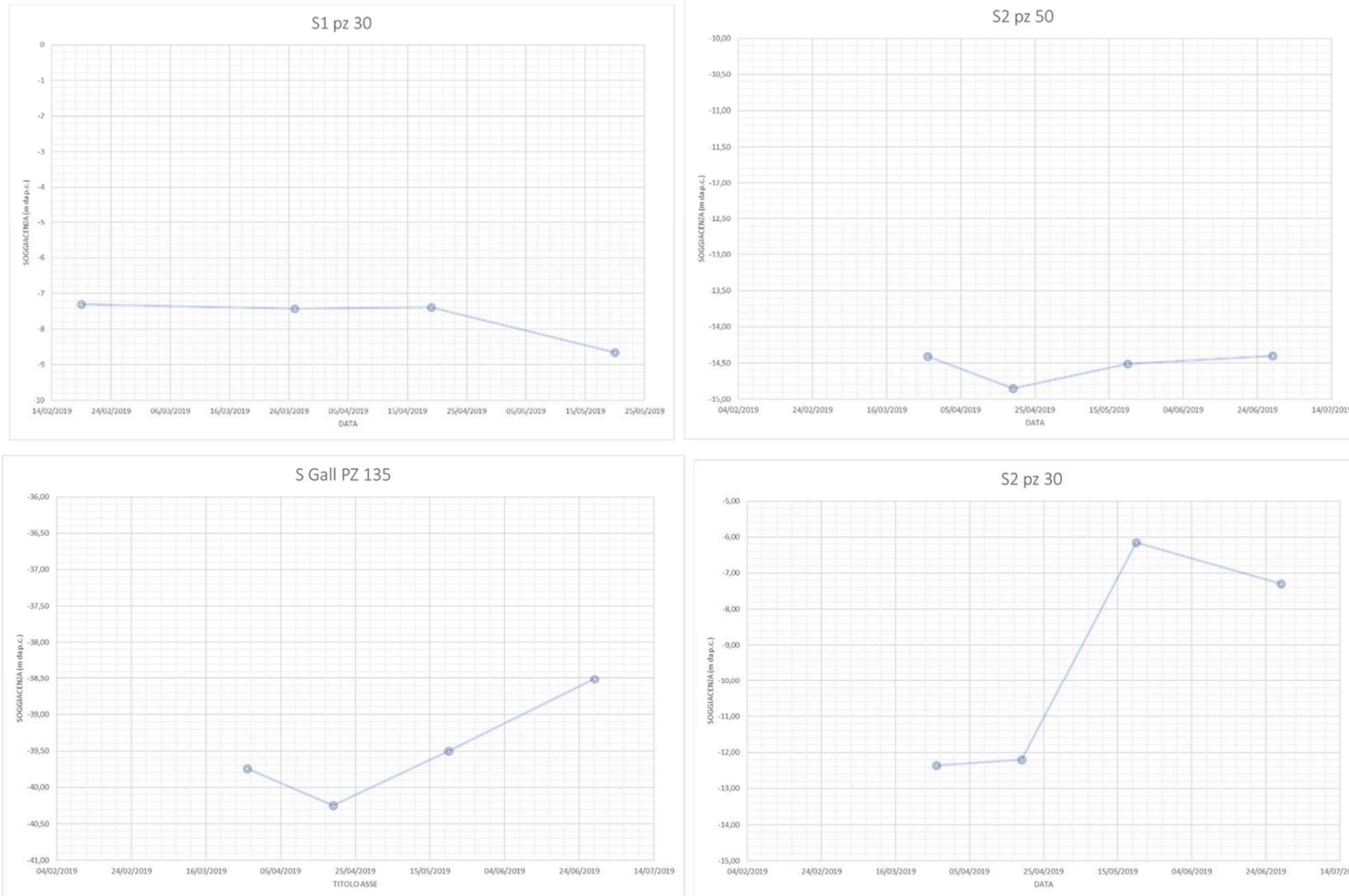


Figura 4-10 – Valori di soggiacenza misurati nei piezometri S1pz30, S2pz50, S Gall Pz 135, S2 Pz 30 nel periodo febbraio-giugno 2019

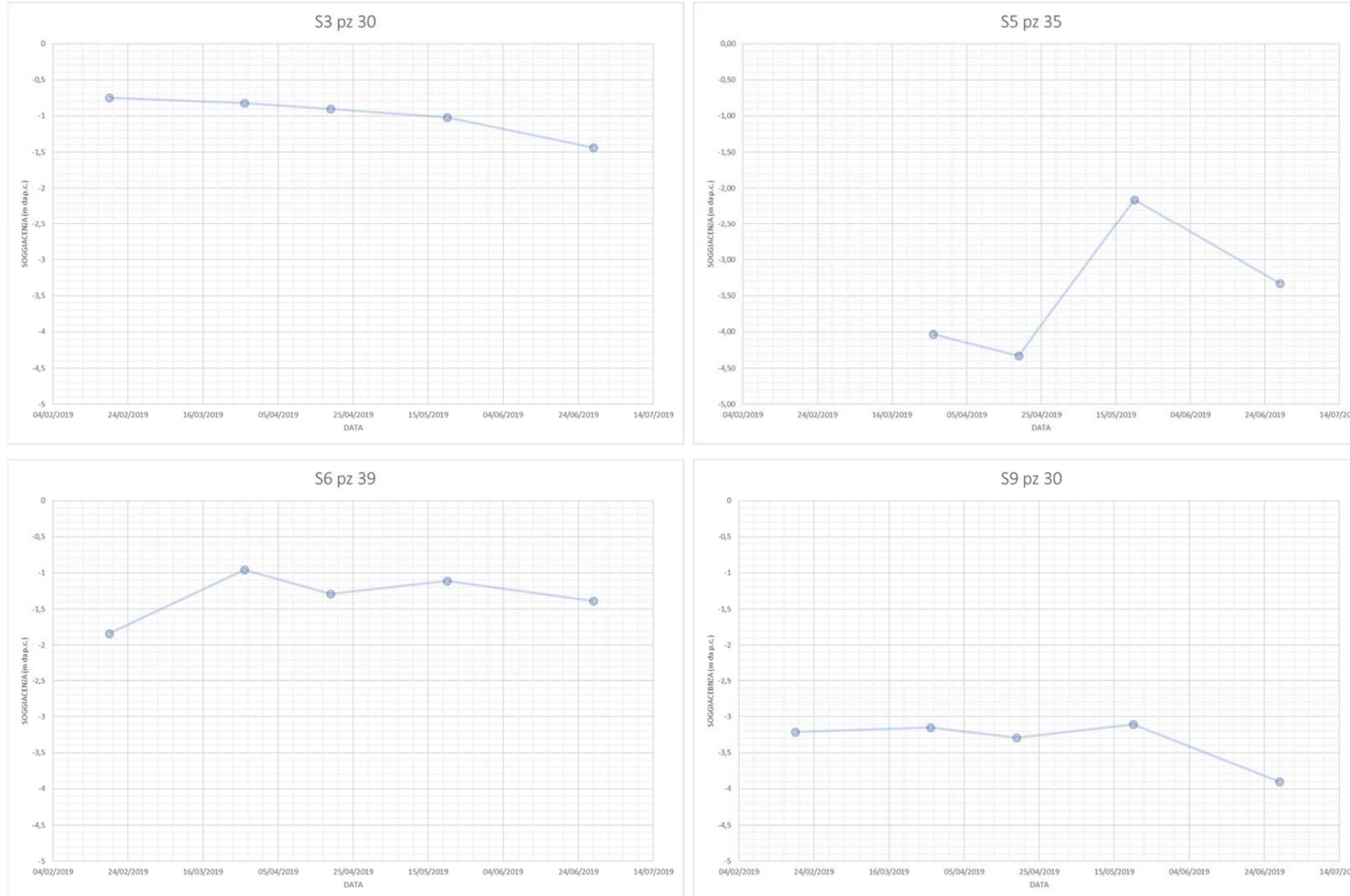


Figura 4-11 – Valori di soggiacenza misurati nei piezometri S3 pz30, S5 pz 35, S6 Pz 39, S9 Pz 30 nel periodo febbraio-giugno 2019

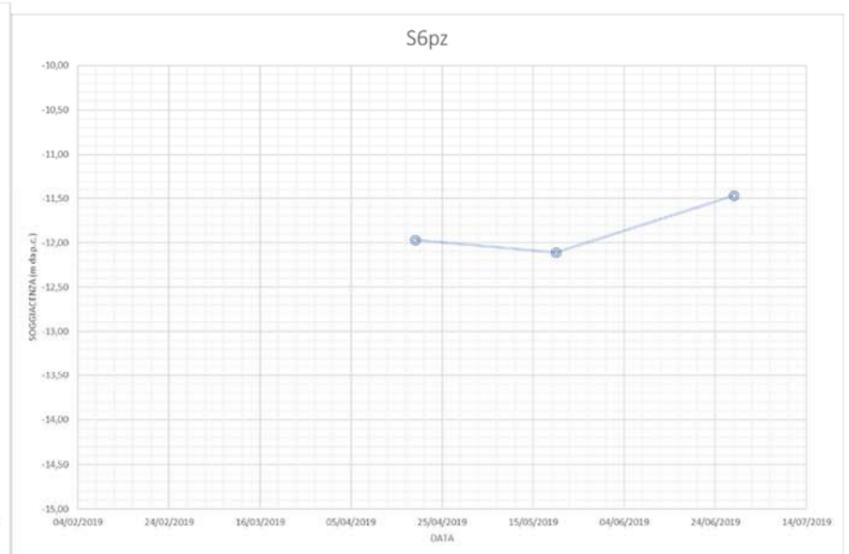
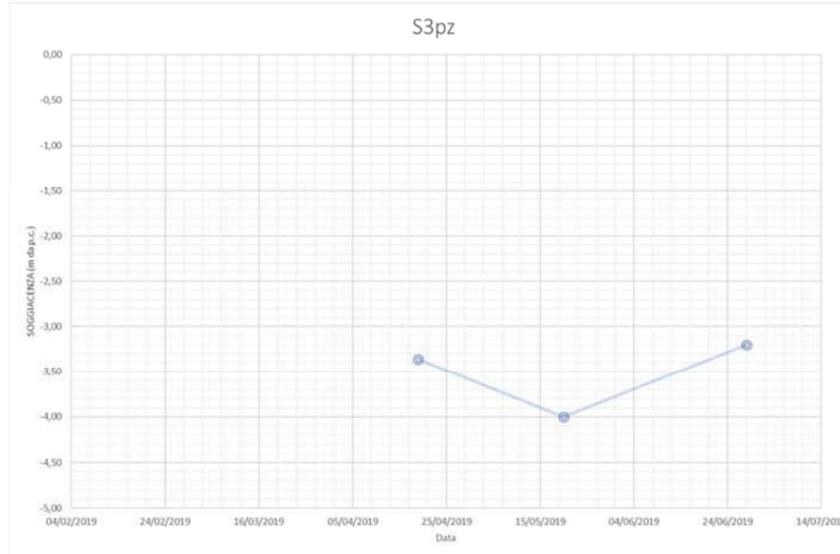
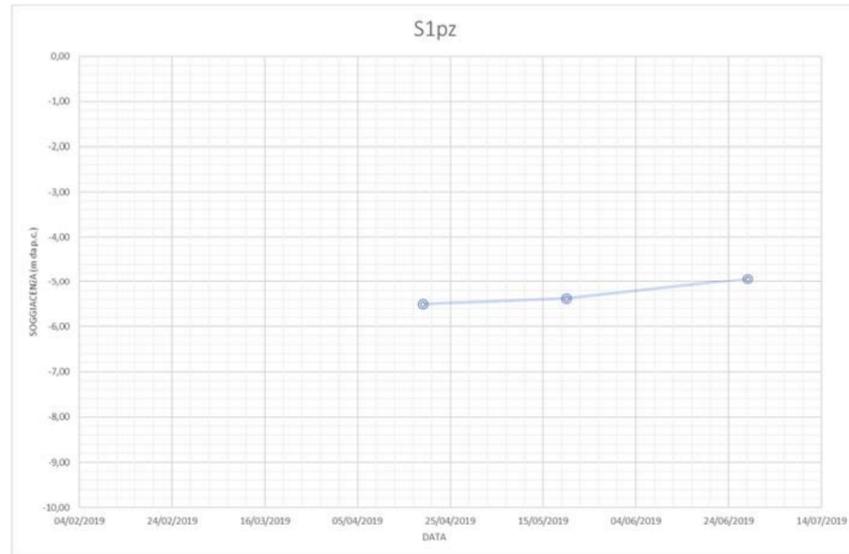
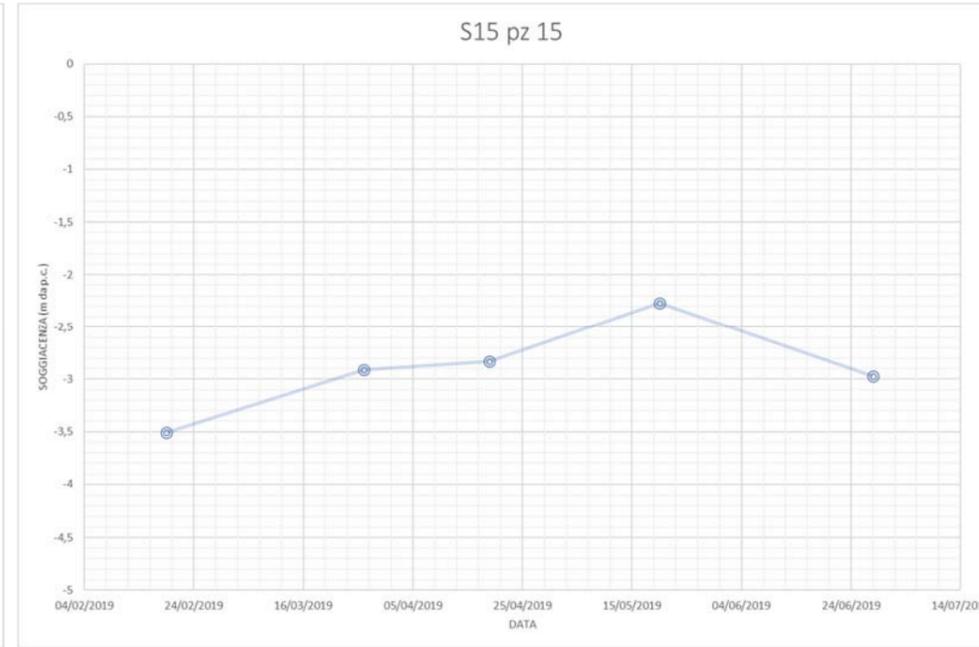
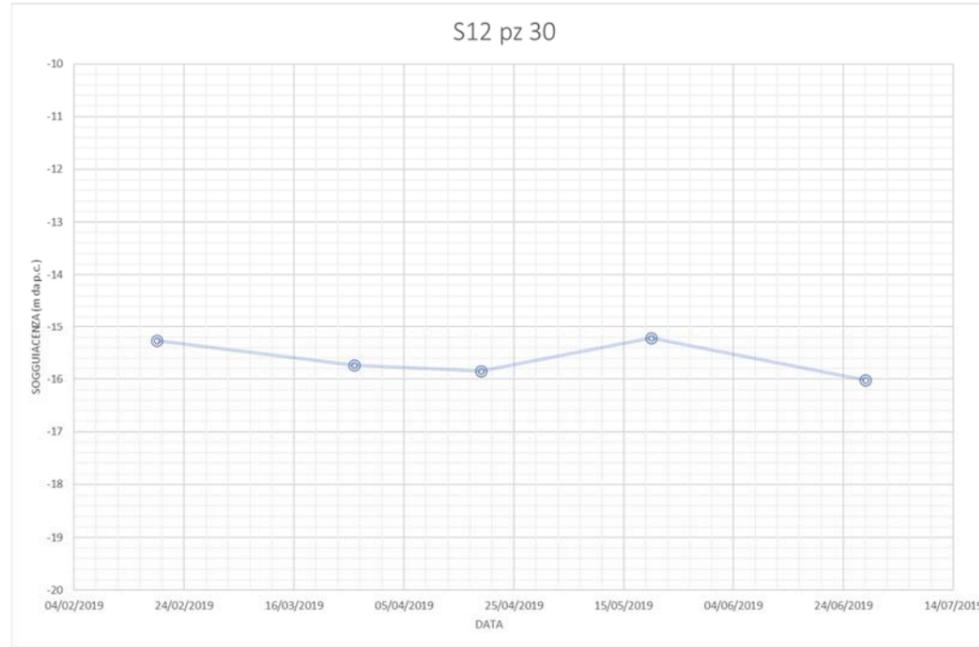


Figura 4-12 – Valori di soggiacenza misurati nei piezometri S12 pz 30, S15 pz 15, S1 pz, S3 pz, S6 pz nel periodo febbraio-giugno 2019

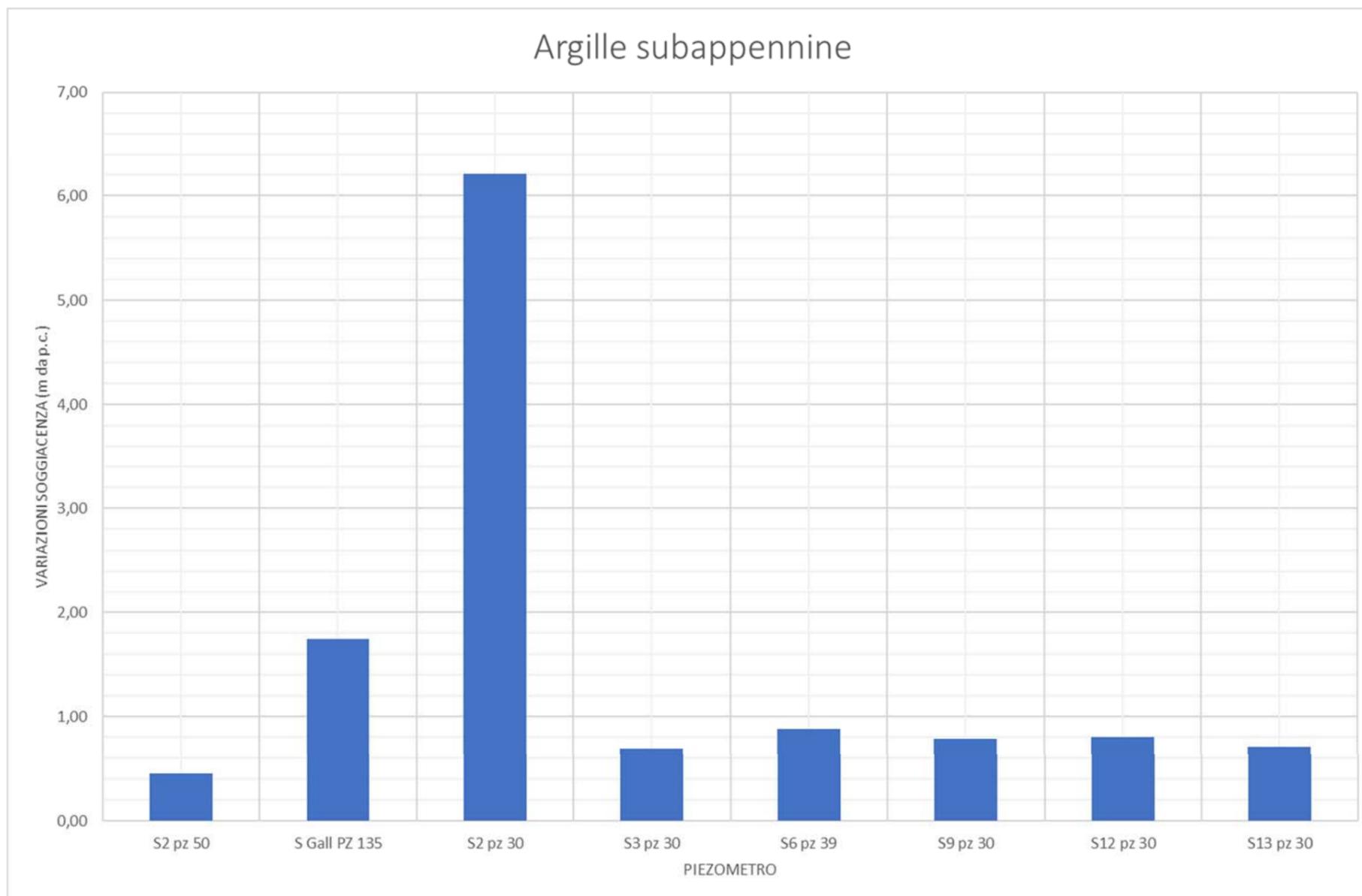


Figura 4-13 – Variazioni di soggiacenza rilevate nel periodo febbraio-giugno 2019 nei piezometri fenestrati in argille subappennine

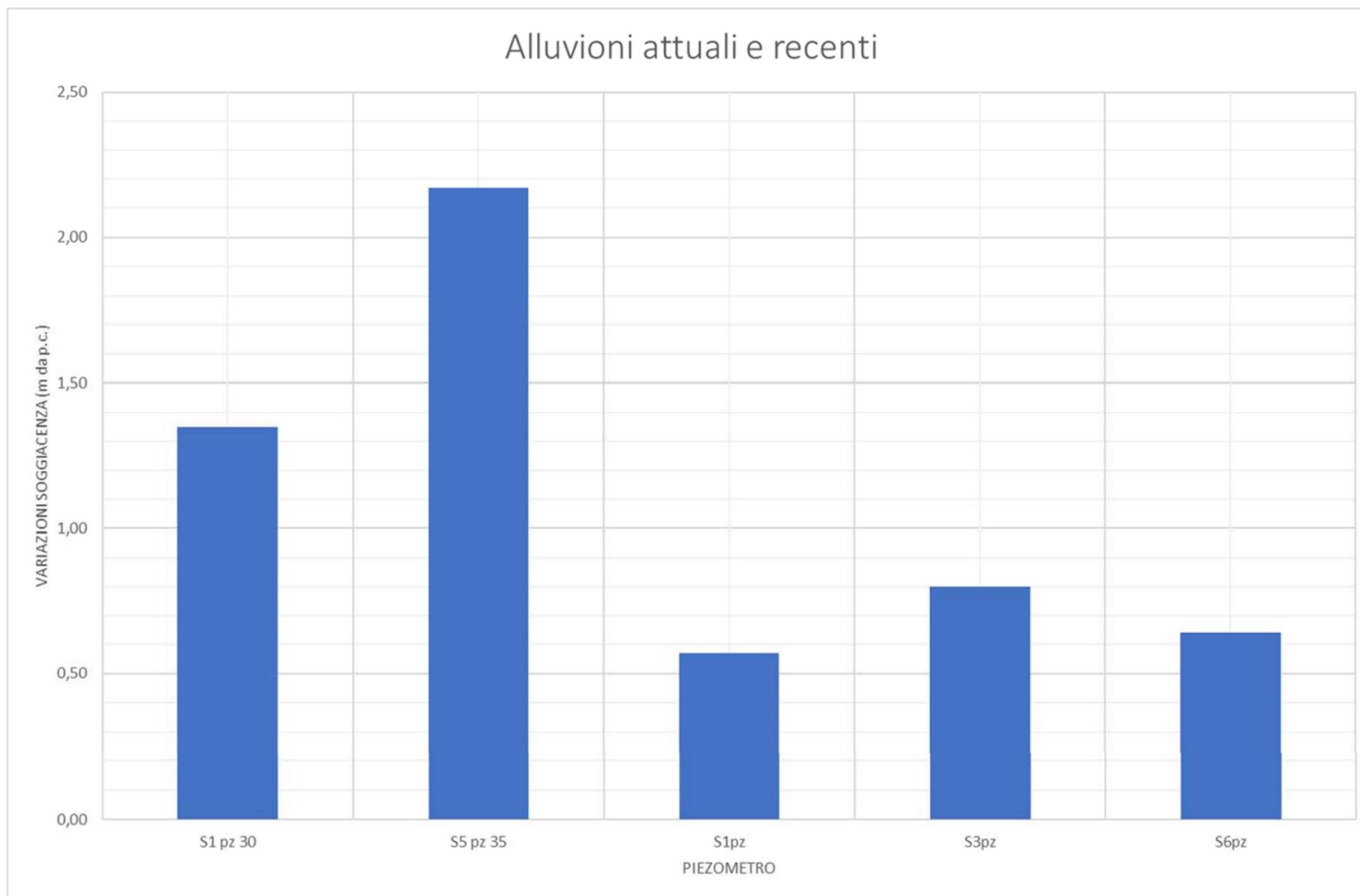


Figura 4-14 – Variazioni di soggiacenza rilevate nel periodo febbraio-giugno 2019 nei piezometri installati in alluvioni attuali e recenti

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>43 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	43 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	43 di 200								

4.5 PERMEABILITÀ DEI TERRENI

Durante la campagna di indagine seguita a supporto della presente progettazione sono state eseguite prove di permeabilità di tipo Lefranc al fine di determinare le caratteristiche di permeabilità dei litotipi presenti nell'area di studio. Sono state eseguite un totale di 63 prove a diverse profondità, delle quali:

- n. 49 prove all'interno della formazione delle Argille Subappennine;
- n. 14 prove all'interno dei depositi alluvionali recenti ed attuali.

I risultati delle prove vengono riportati nei due grafici riportati nelle pagine seguenti. Da tali grafici si evince come:

- per quanto concerne le argille subappennine la maggior parte delle prove hanno restituito valori di k compresi tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-9}$ m/s, con una minoranza di valori compresi tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-7}$;
- per quanto concerne i depositi alluvionali la maggior parte delle prove ha restituito valori di K compresi tra $1 \cdot 10^{-3}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s, con solo due prove comprese tra $1 \cdot 10^{-5}$ e $1 \cdot 10^{-7}$ m/s.

I risultati ottenuti dunque confermano i dati bibliografici e le caratteristiche intrinseche dei materiali indagati. Le argille subappennine sono caratterizzate da permeabilità bassa e molto bassa; va tenuto presente ad ogni modo come molte prove siano state realizzate probabilmente in corrispondenza di livelli a maggior contenuto sabbioso, dunque la permeabilità generale della formazione potrebbe essere ulteriormente inferiore.

Le alluvioni sono caratterizzate da permeabilità medio-elevata, comunque maggiormente variabile rispetto a quella delle argille a causa di una maggior variabilità delle caratteristiche granulometriche di tali depositi.

Si ricorda ad ogni modo come le prove di permeabilità in foro abbiano carattere puntuale e siano rappresentative solo di uno spessore limitato di terreno (tipicamente da 0.5 m a qualche metro). Ad ogni modo un numero significativo di prove eseguite come quello del presente progetto restituisce sicuramente un dato statisticamente piuttosto rappresentativo delle caratteristiche dei materiali.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	44 di 200

Tabella 4-2 – Valori di permeabilità ricavati da prove Lefranc eseguite in Argille Subappennine

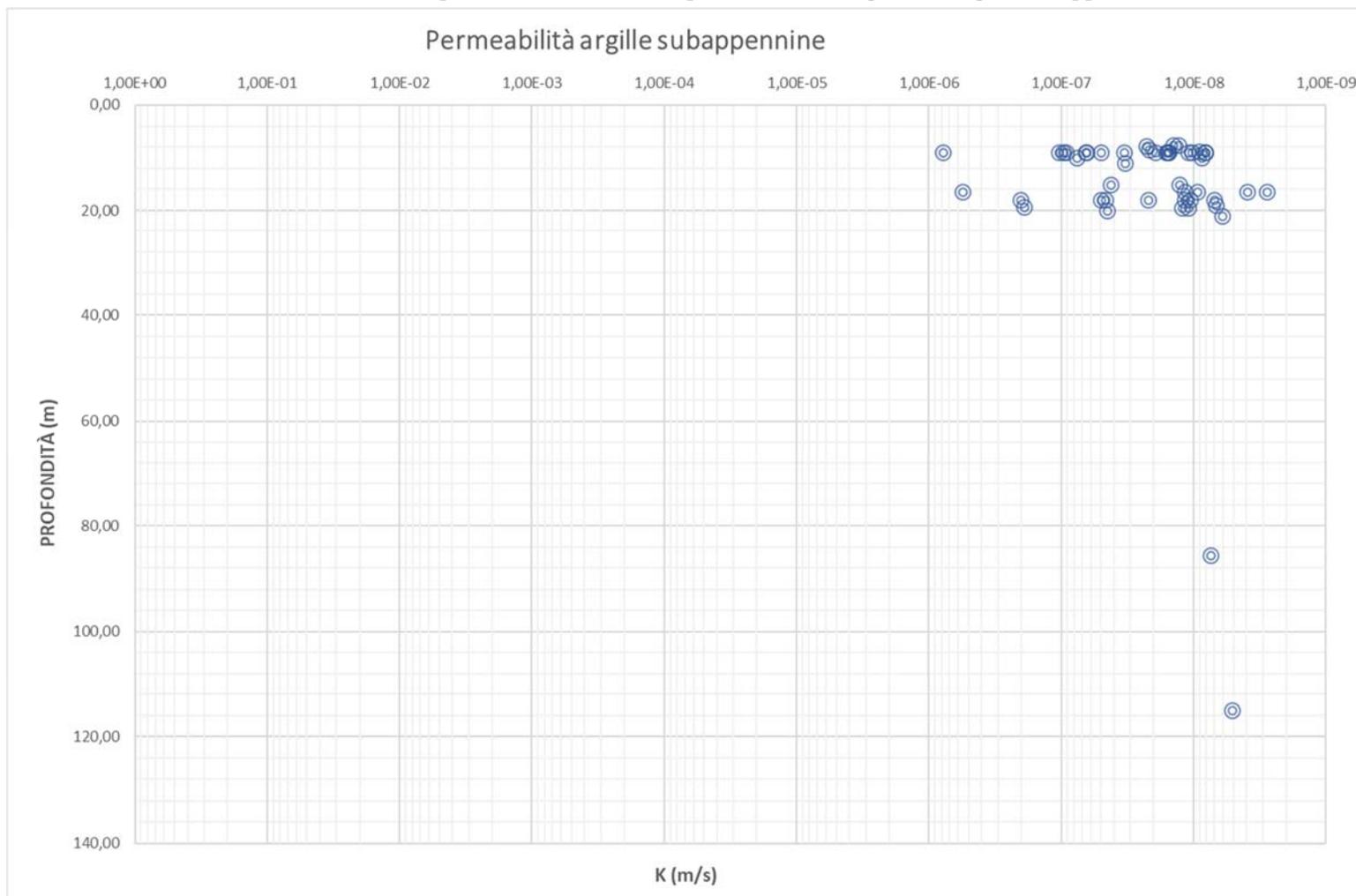
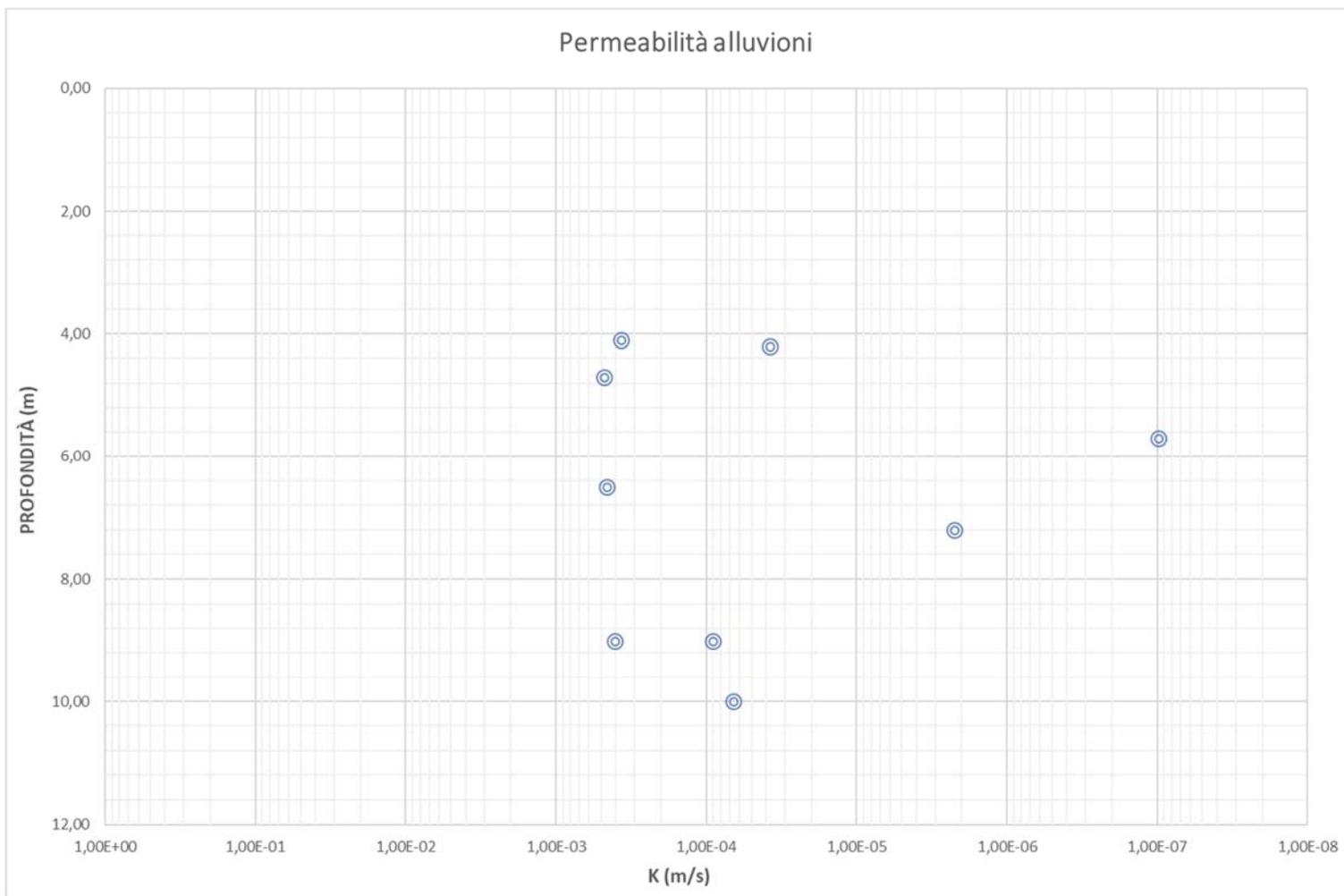


Tabella 4-3 – Valori di permeabilità ricavati da prove Lefranc eseguite in depositi alluvionali



	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 46 di 200

5 INTERAZIONE DELLE OPERE CON LA FALDA

A valle dell'analisi dei dati piezometrici rilevati durante la campagna di indagini 2018-2019 è possibile fornire indicazioni circa un'eventuale interazione della falda con le opere in progetto. In particolare:

- Per quanto concerne le opere ricadenti nell'area alluvionale del Basento, la soggiacenza media della falda in tale area è compresa tra 0 e 5 m da p.c., crescente in direzione dell'imbocco della galleria Miglionico sino a circa 12 m da p.c.. Considerato che il progetto prevede la realizzazione di un nuovo viadotto, è probabile un'interazione della falda stessa con eventuali opere di fondazione profonde ed eventuali scavi in prossimità dell'alveo del fiume.
- Per quanto concerne l'imbocco della galleria Miglionico lato Ferrandina, il piezometro S2_PZ_50 indica la presenza di falda a circa 15 m da p.c.. Non si conosce con precisione l'andamento di un'eventuale falda più a monte, entro la dorsale di Miglionico. Ad ogni modo si ritiene poco probabile un'interazione della falda con l'imbocco della galleria. Risulterà tuttavia utile proseguire con il monitoraggio piezometrico dell'area in modo da valutare eventuali oscillazioni della quota piezometrica.
- Per quanto concerne la galleria Miglionico, i soli dati a disposizione sono relativi ai piezometri elettrici installati nel 2006; si ritiene che tali dati indicassero la presenza di corpi idrogeologici localizzati nei livelli più sabbiosi delle argille subappennine, evidenza testimoniata dalla forte variabilità della quota piezometrica rilevata. Allo stato attuale delle conoscenze si ritiene che eventuali interventi sulla galleria che prevedano nuovi scavi, come nel caso della galleria di sfollamento, debbano tener conto della probabile interazione con tali livelli saturi, la cui produttività risulta tuttavia non prevedibile.
- Per quanto concerne l'imbocco della galleria di sfollamento di Miglionico, il dato a disposizione è relativo al piezometro S_Gall_Pz_30, il quale individua la quota piezometrica a 15.6 m dal p.c. attuale, dunque nettamente al di sotto della quota di realizzazione dell'opera. Un'interazione dunque della falda con l'opera in progetto nell'area risulta poco probabile. Tuttavia non è nota un'eventuale oscillazione di tale quota, si ritiene dunque utile proseguire con il monitoraggio piezometrico nell'area.
- Per quanto concerne la galleria di sfollamento, considerando il livello di falda rilevato nel piezometro S_Gall_30Pz ed ipotizzando la presenza di una superficie piezometrica continua all'interno del versante che si colleghi al sondaggio S_Gall_Pz135, essa risulta quasi certamente ricadere al di sotto di tale superficie. La progettazione e realizzazione di tale opera dovrà quindi tenere conto della presenza di falda lungo l'intera lunghezza, dal collegamento con la galleria Miglionico sino a poco prima l'imbocco.
- Per quanto concerne l'imbocco della galleria Miglionico lato Matera, il piezometro S2_PZ_30 indica la presenza di falda a circa 7 m da p.c, dunque poco al di sotto dello scavo in trincea esistente all'imbocco della galleria stessa. E' probabile un'interazione della falda nel caso di eventuali approfondimenti dello scavo o realizzazione di fondazioni profonde per opere di consolidamento.
- La tratta fino alla p.k. 11+568 è impostata in rilevato, la superficie di falda ipotizzata ricade tipicamente al di sotto della base dei rilevati stessi, è dunque poco probabile un'interazione con eventuali lavorazioni.
- La tratta fino alla p.k. 12+700 comprende i viadotti Croce e Sinatra, i quali attraversano avvallamenti ove è probabile l'accumulo idrico di acque meteoriche, e, nel caso del viadotto Sinatra, ove sono presenti spessori di depositi alluvionali probabilmente sedi di falda sospesa.
- Il viadotto sul Fiume Bradano attraversa una profonda incisione in ambiente carsico. Risulta dunque molto difficile comprendere la circolazione idrica in tale area. I dati a disposizione ad ogni modo indicano la presenza di falda notevolmente al di sotto del piano campagna attuale.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	47 di 200

- Tra le p.k. 13+195 e 14+959 il tracciato alterna tratte in rilevato, in scavo ed in viadotto. Anche in questo caso, vista la natura argillosa dei terreni, la presenza di una falda continua è da verificarsi. I dati a disposizione indicano una forte oscillazione delle quote piezometriche. Si ritiene possibile interazione con un'eventuale falda in caso di realizzazione di fondazioni profonde nelle aree dei viadotti, o nel caso di realizzazione di nuovi scavi.
- Per quanto concerne il viadotto sul Fiume Gravina valgono le stesse considerazioni espresse per il viadotto sul Fiume Bradano, dunque area dominata da carsismo e possibile presenza di falda nei depositi argillosi sovrastanti il substrato.
- Dalla p.k. 16+030 a fine tratta di progetto si alternano nuovamente tratte in rilevato, in scavo ed in viadotto. In tale area risulta probabile la presenza di falda sospesa a pochi metri dal piano campagna attuale ove presenti i depositi alluvionali (viadotto la Coperta), mentre per le restanti aree, dominate dalle argille subappennine, la circolazione idrica sotterranea risulta più irregolare, dunque da valutarsi caso per caso. Ad ogni modo, sulla base dei dati a disposizione, le quote piezometriche ricadrebbero tipicamente al di sotto dei rilevati esistenti.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 48 di 200

6 CARTOGRAFIA DEL RISCHIO

Per quanto concerne i rischi di natura geologico-geomorfologico ed idraulica è stata analizzata la cartografia tematica resa disponibile dal Piano Stralcio per l’assetto Idrogeologico della Basilicata (sul sito web <http://rsdi.regione.basilicata.it/viewGis/?project=45774E9D-93DF-6578-E022-46605663079B>).

Presa visione di tutta la cartografia l’area oggetto di intervento interseca, per brevi tratte, zone appartenenti alle classi di pericolosità definite dal PAI.

Nelle tavole del rischio del PAI della Basilicata (aggiornamento 2016), vengono individuate aree con differenti classi di rischio. Le classi di rischio attualmente presenti nel PAI sono le seguenti:

R4 = area in cui è possibile l’instaurarsi di fenomeni tali da provocare la perdita di vite umane e/o lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici ed alle infrastrutture, danni al patrimonio ambientale e culturale, la distruzione di attività socioeconomiche

R3 = area in cui è possibile l’instaurarsi di fenomeni comportanti rischi per l’incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici ed alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi, la interruzione delle attività socioeconomiche, danni al patrimonio ambientale e culturale.

R2 = area in cui è possibile l’instaurarsi di fenomeni comportanti danni minori agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, che non pregiudicano le attività economiche e l’agibilità degli edifici.

R1 = area in cui è possibile l’instaurarsi di fenomeni comportanti danni sociali ed economici marginali al patrimonio ambientale e culturale.

P = area che, pur presentando condizioni di instabilità o di propensione all’instabilità, interessano aree non antropizzate e quasi sempre prive di beni esposti e, pertanto, non minacciano direttamente l’incolumità delle persone e non provocano in maniera diretta danni a beni ed infrastrutture.

ASV = (aree assoggettate a verifica idrogeologica) aree nelle quali sono presenti fenomeni di dissesto e instabilità, attivi o quiescenti, da assoggettare a specifica ricognizione e verifica.

PAI Frane 2016 - Tipologie di Rischio	
	R4 - Rischio molto elevato
	R3 - Rischio elevato
	R2 - Rischio medio
	R1 - Rischio moderato
	ASV - Aree assoggettate a verifica idrogeologica
	P - Aree pericolose
	Rb - Aree bonificate

In Figura 6-1 viene riportato uno stralcio della carta del rischio geomorfologico redatta dal PAI della Basilicata, in cui è stato evidenziato in arancione l’intero tracciato ferroviario preso in esame. Come è possibile osservare dallo stralcio, l’area nella quale ricade la maggior parte degli elementi a rischio è quella della dorsale di Miglionico, ove il tracciato si immette in galleria, mentre procedendo verso Nord-Est, i due maggiori elementi di criticità risultano i fiumi Bradano e Gravina, caratterizzati dalla presenza di profonde incisioni all’interno delle calcareniti di Gravina.

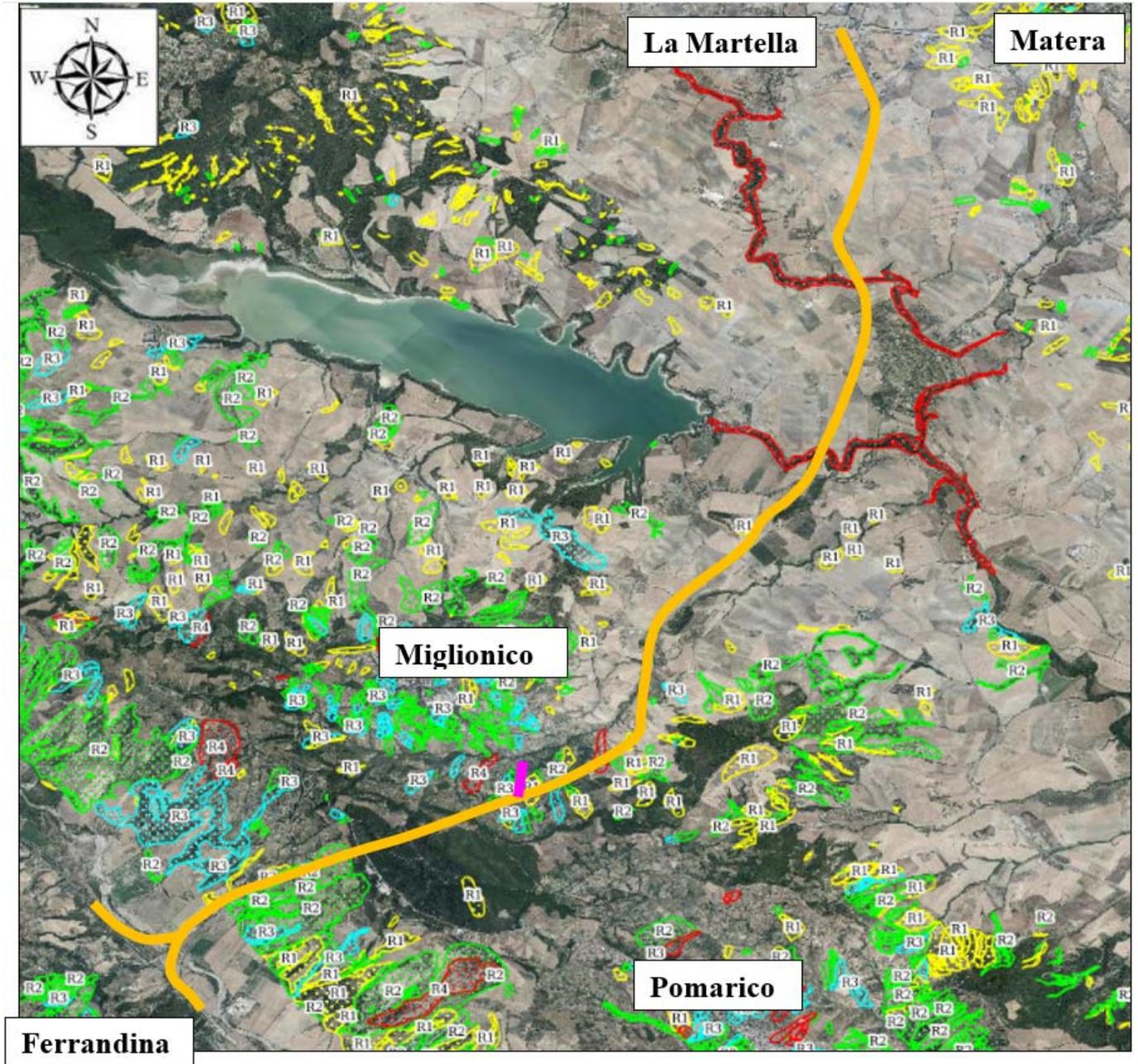


Figura 6-1 – Stralcio della carta del rischio geomorfologico tratto dal Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico della Basilicata. In arancione è stata evidenziata la tratta oggetto di studio, mentre i rosa è stata indicata la galleria di servizio (Finestra Miglionico).

L’immagine seguente, Figura 6-2, mostra in dettaglio il collegamento in progetto della linea ferroviaria Battipaglia – Potenza – Metaponto, con la linea Ferrandina – La Martella. La diramazione in esame, ricadente sui depositi alluvionali del Fiume Basento, non interseca aree soggette a rischio geomorfologico.

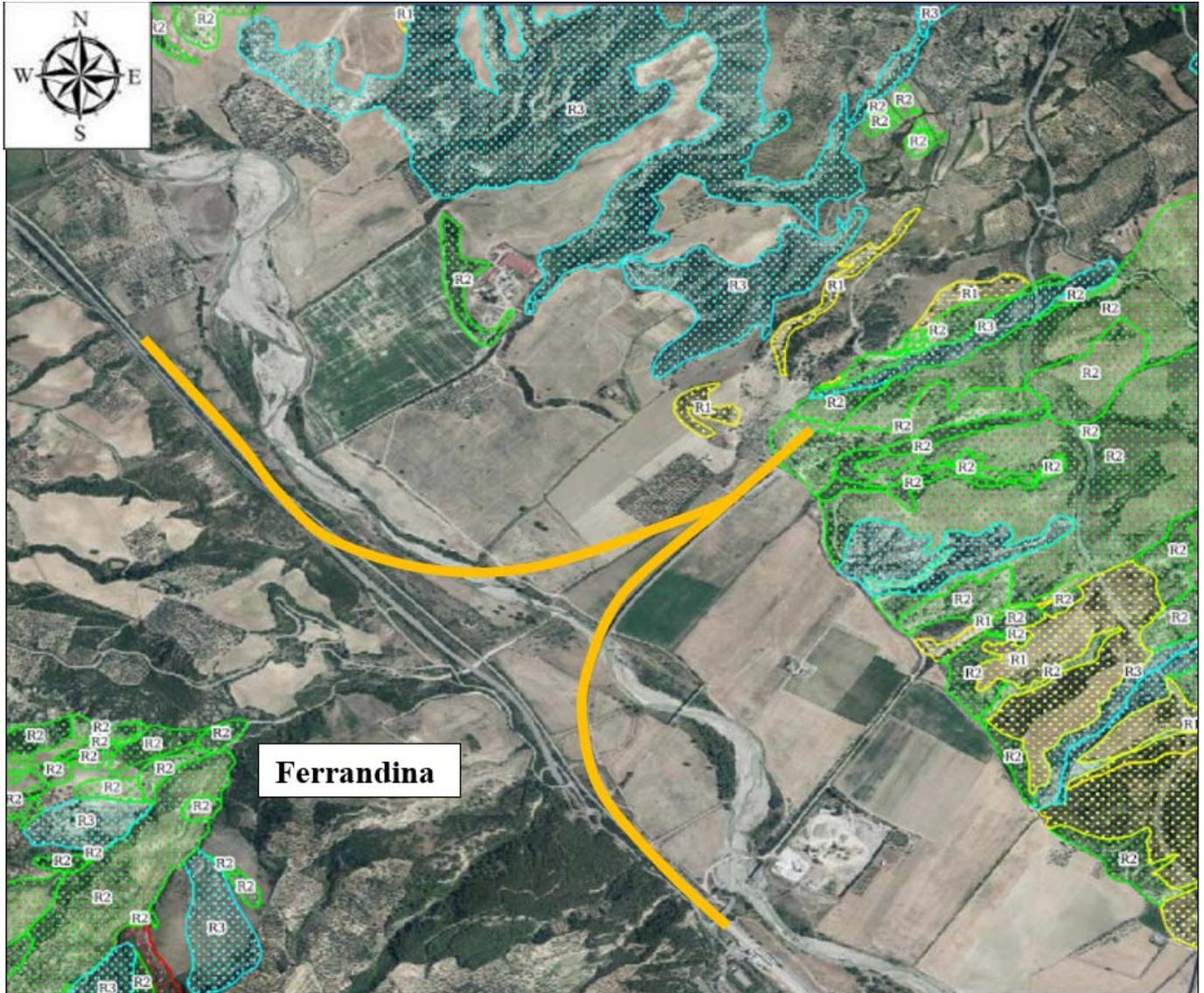


Figura 6-2 – Stralcio della carta del rischio geomorfologico tratto dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Basilicata. In arancione è stata evidenziata la tratta oggetto di studio.

La Figura 6-3 mostra la sezione di tracciato in galleria, al di sotto della dorsale Miglionico, in particolare tra l'imboccato Ferrandina (pk 2+340 circa) e l'imboccato lato Matera (pk 8+900 circa). Come è possibile notare dallo stralcio il PAI riporta la presenza di numerosi areali classificati a rischio variabile. Di particolare interesse per il presente studio risultano le aree che comprendono gli imbocchi della galleria; al fine di approfondire tale tematica in questi punti si rimanda al capitolo 12, nel quale vengono descritti gli elementi geomorfologici osservati durante il rilievo di campo.

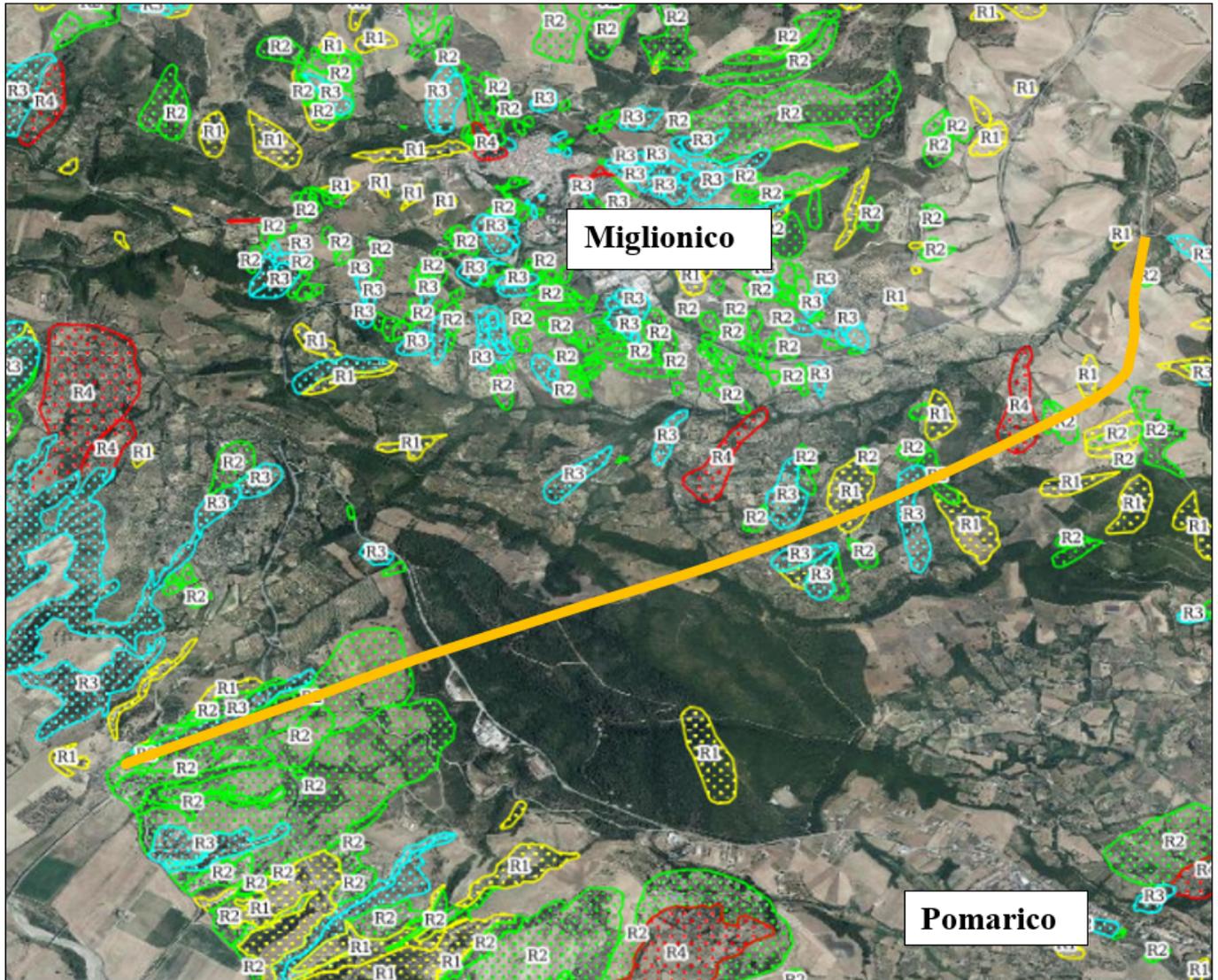


Figura 6-3 – Stralcio della carta del rischio geomorfologico tratto dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Basilicata. La linea ferroviaria, in questo tratto, si immette in galleria nella dorsale di Miglionico. In arancione è stata evidenziata la tratta oggetto di studio.

L'immagine in Figura 6-4 mostra il collegamento tra la linea ferroviaria Ferrandina – Matera La Martella e la galleria di servizio in progetto che sbocca in prossimità dell'abitato di Miglionico (evidenziata in rosa). Quest'ultima si collega alla galleria principale alla pk 6+245, per una lunghezza di circa 600 m. La galleria di servizio, secondo la carta del rischio geomorfologico del PAI, non interseca aree soggette a rischio, ma si inserisce tra zone con un range di rischio da moderato ad elevato. Si rimanda al capitolo 1212 sul rilievo geologico di campo per un'analisi più approfondita di tali aree.

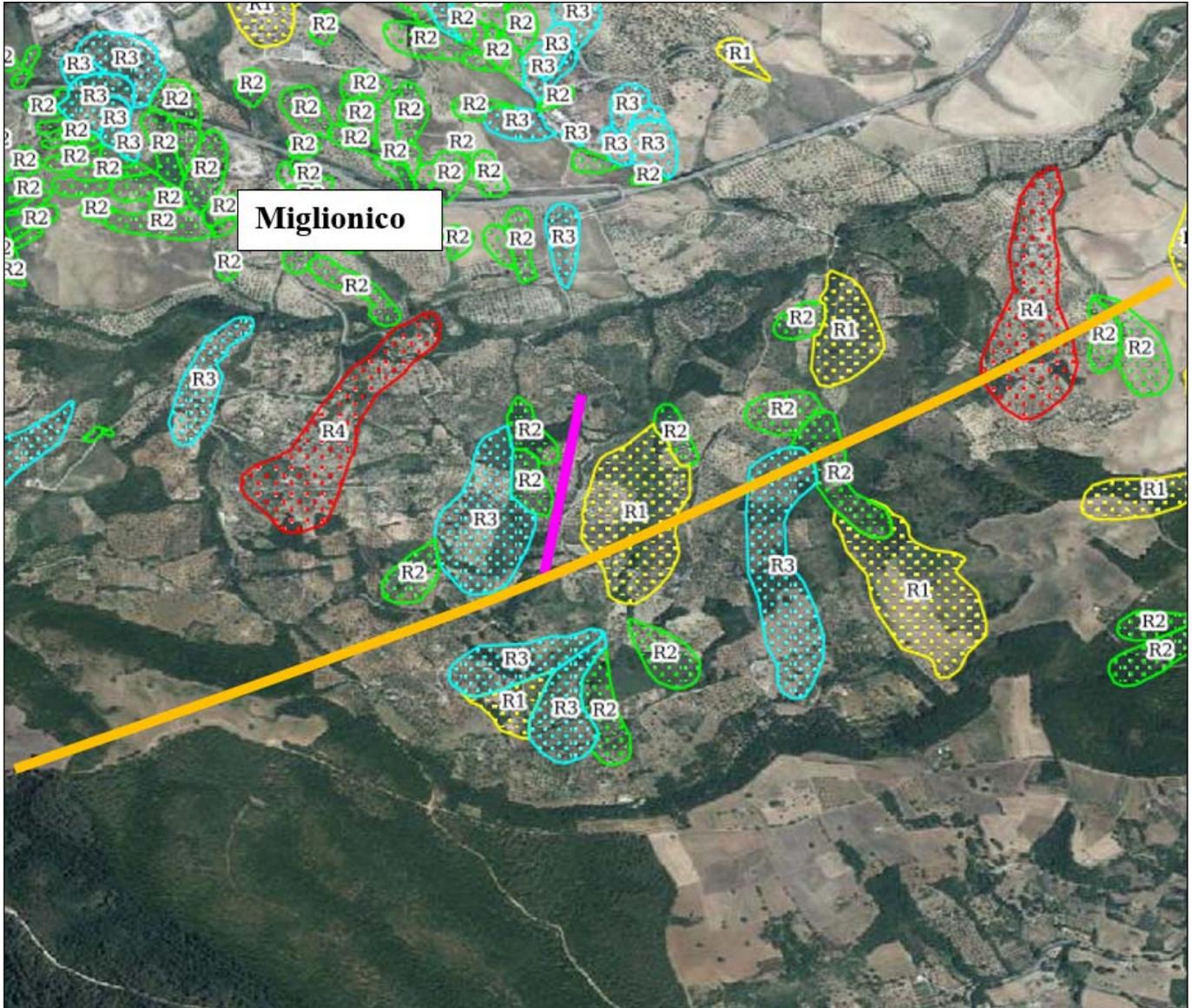


Figura 6-4 – Stralcio della carta del rischio geomorfologico tratto dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Basilicata. In rosa è stata evidenziata la tratta della galleria di servizio, che si innesta in corrispondenza della tratta ferroviaria Ferrandina – Matera La Martella (linea arancione).

In Figura 6-5 infine, il tracciato interseca il Fiume Bradano, il cui alveo e la relativa profonda incisione viene valutato a rischio molto elevato (R4), così come il Torrente Gravina di Picciano (Figura 6-6). Si rimanda anche in questo caso al capitolo 12 sul rilievo geomorfologico di campo per un'analisi più approfondita di tali aree.

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	53 di 200



Figura 6-5 – Stralcio della carta del rischio geomorfologico tratto dal Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico della Basilicata. In arancione è stata evidenziata la tratta oggetto di studio.

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	54 di 200

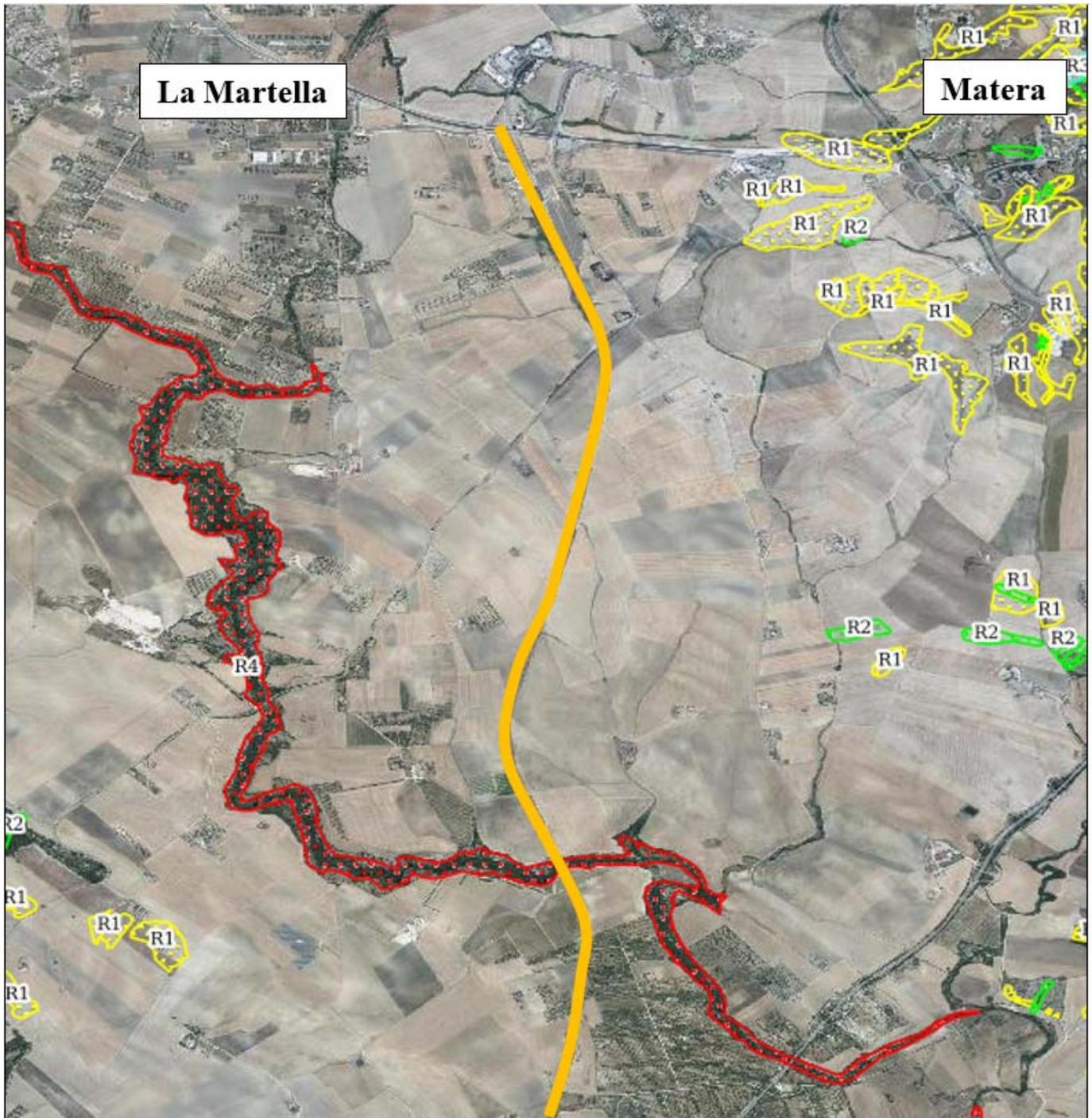


Figura 6-6 – Stralcio della carta del rischio geomorfologico tratto dal Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico della Basilicata. In arancione è stata evidenziata la tratta oggetto di studio.

6.1 AREA DI IMBOCCO DELLA GALLERIA DI SFOLLAMENTO E VIABILITÀ DI ACCESSO

Per quanto concerne l'area di imbocco della galleria di sfollamento presso Miglionico, la cartografia tematica del PAI individua alcune forme in prossimità dell'opera stessa, ovvero alcune aree a rischio medio (R2) immediatamente ad ovest dell'imbocco, ed un'area a rischio in parte moderato (R1) ed in parte medio (R2) immediatamente ad est. Tali aree corrispondono a due vallecole lungo il versante della dorsale, il cui piede ricade proprio in prossimità dell'imbocco in progetto. Vista la natura dell'opera e la relativa vicinanza con tali aree si è provveduto ad eseguire degli studi di approfondimento dell'area in modo da comprenderne con maggior dettaglio la morfologia e la possibile interazione dei fenomeni cartografati con quest'ultima. Si rimanda dunque al paragrafo 14 per un'analisi più esaustiva dei fenomeni e delle indagini realizzate.

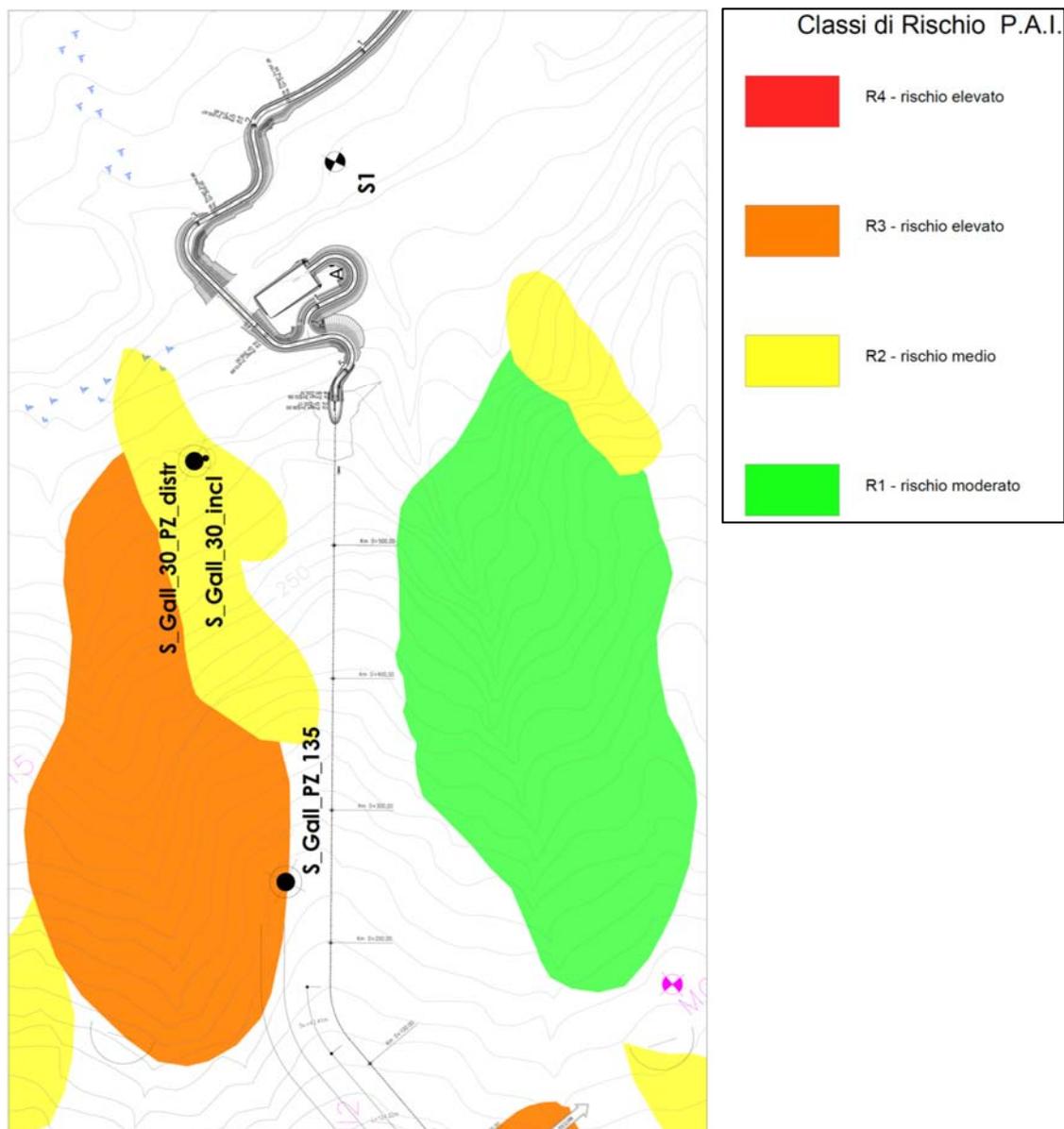


Figura 6-7 - Stralcio della carta del rischio geomorfologico tratto dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Basilicata per l'area di imbocco della galleria di sfollamento in progetto.

In Figura 6-8 si riportano invece due stralci della cartografia tematica PAI per l'area interessata dalla realizzazione della viabilità di accesso alla galleria di sfollamento (stralcio 2 consecutivo a stralcio 1). Dalla cartografia si evince come l'asse viario in progetto interseca una sola area classificata R4 (rischio elevato) tra le p.k. tra le p.k. 1+100 e 1+200. Tale area corrisponde ad un impluvio avente direzione S-N, caratterizzato da evidente erosione attiva ed evidenze di distacchi di materiale circa 70 m a monte dell'area della strada in progetto. In fase progettuale delle opere andrà considerato tale elemento al fine di preveder eventuali interventi di consolidamento e drenaggio.

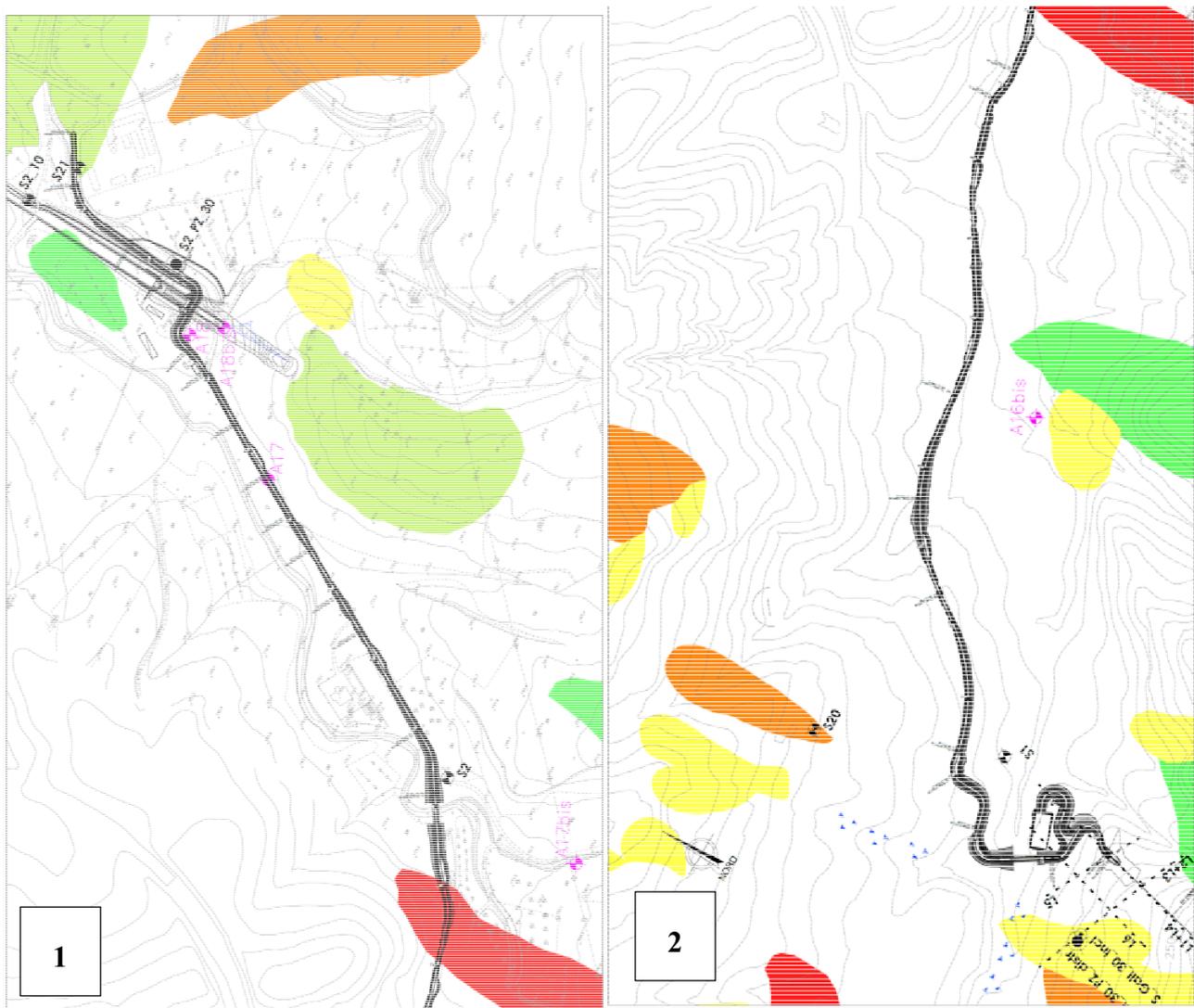


Figura 6-8 - Stralci della carta del rischio geomorfologico tratto dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Basilicata per l'area della viabilità di collegamento all'imbocco della galleria di sfollamento in progetto.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>57 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	57 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	57 di 200								

7 DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DI DETTAGLIO FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Nel presente paragrafo viene effettuata una descrizione di dettaglio della stratigrafia lungo il tracciato della linea, con particolare riferimento ai profili geologici elaborati a partire dai sondaggi e dalle prove geofisiche effettuati a supporto della progettazione.

Partendo dallo scalo ferroviario di Ferrandina, nel primo tratto la linea attraversa la piana del fiume Basento sino all'ingresso nella galleria Miglionico (tra le progressive chilometriche 0+000 e 2+015, profilo geologico di riferimento IA5F01D69FZGE0001009B). In quest'area in particolare il tracciato ferroviario è interamente impostato su depositi alluvionali attuali (ba) dell'Olocene. Tale evidenza stratigrafica viene confermata dai sondaggi eseguiti durante la campagna indagini svolta a supporto della progettazione definitiva, ovvero S1_PZ_30, S1_DH_50, S2_PZ_50. Il sondaggio S1_PZ_30 individua, al di sotto di materiali di riporto, sabbie limose mediamente addensate sino a circa 5 m da p.c., seguite da ghiaie sabbiose passanti a ghiaie in matrice limoso-argillosa sino a 10.5m. Tali depositi granulari sono associabili ai depositi alluvionali attuali, seguiti dunque a maggior profondità, da argille limose (da molto consistenti a dure) ed argille marnose dure facenti parte delle Argille Subappennine (ASP). Proseguendo lungo la linea il sondaggio S1_DH_50, localizzato immediatamente a sinistra idrografica rispetto al fiume Basento, in corrispondenza del viadotto previsto in progetto su tale corso d'acqua, conferma quanto individuato dal precedente, con depositi alluvionali attuali ghiaioso sabbiosi sino a 6.5 m da p.c., seguiti da argille limose molto consistenti ed argille marnose dure sino alla massima profondità investigata di 50 m da p.c.. L'ultimo sondaggio dell'area è l'S2_PZ_50, posto in prossimità dell'imbocco della Galleria Miglionico, è in un'area ove i depositi alluvionali attuali vanno rapidamente assottigliandosi a ridosso del versante argilloso della Dorsale Miglionico; esso infatti individua uno spessore di circa 10 m di materiale sabbioso-limoso mediamente addensato, passante ad argille marnose dure appartenenti alle Argille Subappennine sino a 50 m da p.c..

Proseguendo lungo la linea essa si immette in galleria all'interno della dorsale Miglionico a partire dalla progressiva 2+345 sino alla progressiva 8+905 (profili geologici di riferimento IA5F01D69FZGE0001002B, IA5F01D69FZGE0001003B e IA5F01D69FZGE0001004B). Lungo la galleria non sono disponibili indagini eseguite a supporto della progettazione definitiva; tuttavia l'abbondante bibliografia geologica a disposizione consente di affermare che l'intero tratto in galleria attraversa la formazione delle Argille Subappennine. Come già descritto nel paragrafo 4.4 all'interno della dorsale Miglionico esse comprendono frequenti livelli sabbiosi, uno dei quali viene riscontrato dalle fasi progettuali precedenti in particolare tra le progressive 6+780 e 6+920.

In uscita dalla galleria (IA5F01D69FZGE0001004B) la linea prosegue impostandosi su depositi alluvionali recenti (bb); il sondaggio S2_10 evidenzia la presenza di materiale appartenente a tale unità (principalmente sabbie addensate, ghiaie e limi) sino a 9 m da p.c., profondità alla quale si rinviene nuovamente la presenza delle argille subappennine caratterizzate da argille dure. A seguire, in prossimità del viadotto Conche, i sondaggi S3_DH_50 ed S3_PZ_30, (rispettivamente eseguiti a sud e nord del viadotto), evidenziano una stratigrafia differente. Il primo rinviene materiale granulare grossolano sino a circa 12 m da p.c., anche in questo caso interpretabile come appartenente ai depositi alluvionali recenti, seguito da argille da molto consistenti a dure appartenenti alle Argille Subappennine sino alla massima profondità investigata di 50 m da p.c., mentre il secondo al di sotto di circa 1 m di riporto, rinviene immediatamente le Argille Subappennine, caratterizzate da argille limose consistenti fino a circa 6 m di profondità e da argille marnose dure fino alla massima profondità investigata dal sondaggio.

Proseguendo in direzione di Matera (IA5F01D69FZGE0001005B), il terreno è stato investigato dai sondaggi S4_DH_35, S3_10, S5_PZ_30, S4_DH_50 e S6_PZ_30. Questi definiscono la stessa stratigrafia lungo tutto il profilo analizzato: presenza delle argille subappennine al di sotto di spessori di materiale di riporto variabili da 2 a 6 m costituenti il rilevato ferroviario. Il terreno investigato da questi sondaggi è caratterizzato da argille limose da molto consistenti a dure e da argille marnose dure. Il sondaggio S4_DH_50, in particolare, è stato eseguito in prossimità della spalla sud del viadotto La Croce, ed il sondaggio S6_PZ_30 in prossimità della spalla sud del viadotto Sinatra.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 58 di 200

Il sondaggio S5_DH_50 (IA5F01D69FZGE0001006B), eseguito in corrispondenza della parte terminale del viadotto Sinatra ed immediatamente dopo l'attraversamento della SS7, evidenzia una variazione stratigrafica, in particolare incontrando dapprima i depositi terrazzati del Fiume Bradano (at2), comprendenti alternanze di ghiaie sabbiose e limi argilloso-sabbiosi, e a partire da 13 m da p.c., seguiti dalle calcareniti di Gravina sino a circa 22 m da p.c., ed infine dai Calcari di Altamura. I valori di RQD registrati in tale sondaggio variano da 26 a 85 con una media di 53 nelle calcareniti, e da 29 a 97 con una media di 56 nei calcari.

Anche i successivi sondaggio S4_10 ed S7_PZ_30 individuano, al di sotto dei materiali di riporto, ghiaie sabbiose e sabbie limose (da addensate, nel primo sondaggio, a mediamente addensate nel secondo) ascrivibili ai depositi terrazzati del Fiume Bradano sino al fondo del sondaggio nel primo caso e fino a circa 7 m da p.c. nel secondo, seguiti dalle calcareniti del Monte Gravina. Il sondaggio S7_PZ_30 evidenzia la presenza di una cavità all'interno delle calcareniti tra 11 e 13 m da p.c..

I sondaggi S6_DH_50 ed S7_DH_50 sono stati eseguiti in prossimità delle scarpate nord e sud del canyon nel quale scorre il fiume Bradano. Essi incontrano una stratigrafia simile, con materiali argillosi ascrivibili alle Argille Subappennine nei primi metri di perforazione (nel primo metro per quanto riguarda l'S6 e nei primi 2.5 per quanto riguarda l'S7, le quali argille si presentano consistenti), seguiti da calcareniti del Monte Gravina sino rispettivamente a 16 e 18 m da p.c., e dai calcari di Altamura sino alla massima profondità investigata. I valori di RQD nel sondaggio S7_DH_50 variano da 63 a 100 nelle calcareniti, con una media di 84, e da 53 a 100 nei calcari, con una media di 81.

Al fine di verificare la possibile presenza di cavità ipogee in prossimità del canyon sono state eseguiti n. 2 profili di resistività elettrica denominati ET6 ed ERT 7, rispettivamente localizzati in prossimità del sondaggio S6-DH-50 e del sondaggio S7_DH_50. La tomografia ERT6 individua tipicamente un primo strato a bassa resistività probabilmente associabile ai limi argillosi presenti nei primi 2 m di spessore, seguito da una fascia che presenta valori di resistività piuttosto variabile, da 100 a 400 Ohm/m, indice probabilmente delle diverse fasce di alterazione e fratturazione della calcarenite. La tomografia ERT7 invece individua uno spessore maggiore di materiali superficiali a bassa resistività, seguiti più in profondità da materiali a resistività piuttosto costante associabile dunque alle calcareniti e alle calcilutiti. Nessuna delle due tomografie ha evidenziato contrasti di resistività molto forti, ciò indicherebbe l'assenza di particolari cavità ipogee nell'intorno del viadotto sul Fiume Bradano.

Il successivo sondaggio, S8_PZ_50, è posto in prossimità della spalla nord del Viadotto Dragone; esso conferma la stratigrafia evidenziata dalle precedenti verticali di sondaggio, con circa 8 m di materiale argilloso molto consistente nei primi 7 m e duro nell'ultimo metro, ascrivibile alle Argille Subappennine, seguito dalla calcareniti di Gravina sino a circa 18 m da p.c., e dai calcari di Altamura sino alla massima profondità investigata. I valori di RQD misurati in foro variano da 59 a 92 con una media di 78 nelle calcareniti, e da 19 a 97 con una media di 81 nei calcari.

Proseguendo in direzione Matera anche i successivi sondaggi S9_DH_50, S8_DH_30, eseguiti in prossimità rispettivamente della spalla sud e nord del viadotto Chiesa, confermano le evidenze stratigrafiche emerse in precedenza. Essi infatti rinvennero Argille Subappennine sino a 17-21 m da p.c. (in entrambi i sondaggi sono state individuate argille da consistenti a dure) seguite da calcareniti di Gravina sino a 35 m da p.c., e dai calcari di Altamura sino alla massima profondità investigata. I valori di RQD misurati in foro variano da 80 a 98 con una media di 85 nel sondaggio S8_DH_30 (solo calcareniti). Il sondaggio S5_10 invece, eseguito ove la linea taglia il versante collinare presente nell'area, ricade interamente all'interno delle Argille Subappennine caratterizzate da argille da consistenti (nella parte più superficiale del sondaggio), molto consistenti (nella zona centra del sondaggio) a dure (lungo la parte terminale del sondaggio), mentre il successivo sondaggio S9_PZ_30 rinviene il limite tra argille e calcareniti a circa 21 m da p.c.; le calcareniti hanno valori di RQD variabili tra 55 e 88 con una media di 74. Le argille limose investigate da quest'ultimo sondaggio si presentano da consistenti a molto consistenti fino alla profondità di 10 m circa, mentre le argille marnose rivelano valori di $N_{spt} > 30$.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	59 di 200

Il profilo IA5F01D69FZGE0001007B comprende il viadotto Gravina, presso il quale sono stati eseguiti i sondaggi S6_10, S10_DH_50, S11_DH_50. Il primo è stato realizzato all'interno della spalla sud del viadotto, attraversando dunque il corpo del rilevato, ed individuando al di sotto di esso un limitato spessore di depositi terrazzati del Torrente Gravina seguiti dalle Argille Subappennine. Il sondaggio S10_DH_50, eseguito al di sotto del viadotto, conferma la precedente verticale, individuando un sottile spessore di depositi alluvionali, seguiti dalle Argille Subappennine (argille limose che passano da molto consistenti a consistenti con l'aumento della profondità) sino a 8 m da p.c., dalle calcareniti di Gravina per un breve spessore (circa 2 m) e dai calcari di Altamura. Il valore di RQD disponibile nella calcarenite è di 83, mentre nei calcari varia da 41 a 93, con una media di 64. Il sondaggio S11_DH_50 è stato realizzato al limitare della travata metallica che attraversa il corso canyon formato dal Torrente Gravina. Esso rinviene argille subappennine (argille limose molto consistenti) per circa 3 m, seguite da calcareniti sino a 18 m da p.c., e dai calcari.

Come nel caso del canyon del Bradano, è stata eseguita una tomografia elettrica al fine di ricercare possibili cavità ipogee in prossimità delle spalle del viadotto. La sezione risultante (ERT 11), indica la presenza costante di materiali a resistività piuttosto bassa associabile in questo caso alle calcareniti e non individua forti contrasti di resistività; tale prova dunque non mostrerebbe la presenza di eventuali cavità ipogee.

Il profilo IA5F01D69FZGE0001008B comprende i sondaggi S12_PZ_30, S14_DH_50, S-CH_VI11, S13_PZ_30, S9_10, S-CH_VI12, S15_DH_50, S14_PZ_35, S10_10, S15_DH_30. Tutti i sondaggi evidenziano la presenza di Argille Subappennine a partire da p.c. (ad eccezione del sondaggio S9_10, eseguito nel corpo del rilevato ferroviario e che quindi rinviene circa 3 m di materiale granulare di riporto seguito dalle argille). I sondaggi S14_DH_50, S-CH_VI11 e S-CH_VI12 inoltre individuano il limite tra argille a circa 35 m da p.c., senza però spingersi sino ai calcari di Altamura. I valori di RQD misurati sono di 88 nel sondaggio S-CH_VI11, di 100 e 62 nel sondaggio S-CH_VI12. Le argille che caratterizzano il profilo 8 mostrano diversi valori di N_{spt}. Le argille limose e marnose del sondaggio S12_PZ_30 presentano valori riconducibili ad argille dure; le argille limose del sondaggio S14_DH_50 sono argille molto consistenti, mentre le argille marnose sono dure; le argille limose del sondaggio S-CH_VI11 sono argille consistenti nei primi 7 m di profondità, molto consistenti nei seguenti 3 m e dure fino a 24 m di profondità; il sondaggio S13_PZ_30 definisce la presenza di argille limose e marnose dure; il sondaggio S9_10 mostra la presenza di argille marnose molto consistenti; le argille limose del sondaggio S-CH_VI12 sono mediamente consistenti fino a circa 6 m di profondità, per poi essere dure fino alla profondità di 16 m circa, mentre le argille marnose mostrano valori di N_{spt} > 30; le argille limose del sondaggio S15_DH_50 si presentano da consistenti a dure; il sondaggio S14_PZ_35 è caratterizzato da argille limose da consistenti a dure e da argille marnose con valori di N_{spt} > 30; le argille limose del sondaggio S10_10 sono argille consistenti (intorno ai 4.5 m di profondità) e molto consistenti (nei restanti 5.5 m di profondità); il sondaggio S15_DH_30 rivela la presenza di argille limose, da consistenti a dure, lungo tutta la profondità investigata.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 60 di 200

7.1 GALLERIA DI SFOLLAMENTO E FINESTRA “MIGLIONICO”

La galleria di sfollamento in progetto si collega alla galleria principale Miglionico alla progressiva 6+245 ad una quota di circa 149 m s.l.m., corrispondente ad una profondità di circa 191 m dal piano campagna esistente. Essa è interamente inserita nella dorsale di Miglionico, dunque, come evidenziato dalla cartografia geologica disponibile, attraversa per tutta la sua lunghezza la formazione delle argille subappennine. A supporto del presente studio è stata realizzata una carta di approfondimento geologico-geomorfologica dell’area con profilo geologico, aggiornato sulla base del rilevamento eseguito a dicembre del 2020 (elaborato IA5F01D69NZGE0001010B). I dati stratigrafici disponibili per ricostruire la stratigrafia lungo il tracciato della galleria sono il sondaggio S_Gall_Pz135, realizzato ad una quota di 304 m s.l.m. sino ad intersecare la galleria di progetto, ed il sondaggio S_Gall_IN30, realizzato ad una quota di 225 m s.l.m. in prossimità dell’imbocco della galleria verso nord. Inoltre, a supporto delle evidenze geomorfologiche evidenziate dalla cartografia PAI e dal rilievo di campo sono state eseguite n.4 tomografie sismiche nella zona di imbocco (denominate da L1+L4, L2+L3, L5, L6). Come sopra accennato la galleria è interamente impostata nella formazione delle argille subappennine (le cui caratteristiche sono descritte in dettaglio nel paragrafo 4.2.2). Il sondaggio S_Gall_Pz135 (tratto fino a 55 m da p.c. eseguito a distruzione di nucleo) conferma tale evidenza individuando “Argilla limosa, umida, da molto consistente a dura, grigiastra. Presenti livelli sabbiosi fini, da millimetrici a centimetrici e livelli debolmente marnosi” sino a 78 m da p.c., corrispondenti ad una quota di +262 m s.l.m., seguita da “Argilla marnosa, grigiastra, poco umida, dura”.

Sulla base della cartografia geologica disponibile il tracciato prosegue all’interno di tale litotipo sino all’imbocco della galleria stessa, ubicato ad una quota di circa +235 m s.l.m..

Vista l’assenza di dati stratigrafici di dettaglio nell’area, il sondaggio S_Gall_In_30 è stato realizzato con lo scopo di approfondire la stratigrafia nella zona dell’imbocco e verificare le evidenze emerse dalle tomografie sismiche; esso è stato posizionato circa 100 m a sud-ovest dell’imbocco stesso. In particolare individua sino a 6.4 m da p.c., materiali limoso-argilloso-sabbiosi con clasti poligenici, mentre, al di sotto di questo strato, il sondaggio rinviene materiali via via più argillosi passanti ad argille marnose a partire da 11.5 m da p.c. e sino alla massima profondità investigata (30 m da p.c.).

Le prove SPT eseguite a 3 e 6 m da p.c. hanno restituito valori di N_{spt} di 15 e 14, dunque inferiori con quelli restituiti dalle prove a partire da 9 m da p.c.. (valore minimo 27, valore massimo 42). Tale dato, unitamente con le caratteristiche dei materiali rinvenuti, risulta generalmente in linea con quanto emerso dalle tomografie sismiche eseguite, in particolare, con lo stendimento L2+L3, passante in prossimità del punto di indagine. Lo stendimento evidenzia un aumento delle velocità di compressione e di taglio delle onde a circa 5 metri di profondità, coerentemente con quanto evidenziato dal sondaggio e valori N_{spt}. I depositi superficiali presentano velocità delle onde di compressione inferiori a 500 m/s e velocità delle onde di taglio comprese tra 150 e 200 m/s, valori corrispondenti a materiali granulari superficiali di bassa a media consistenza.

Tali materiali si identificano dunque come coltri eluvio-colluviali, ovvero depositi al piede del soprastante versante che potrebbero aver subito uno o più cicli di alterazione, rimaneggiamento, reincisione e trasporto e ancora sottoposti ad alterazione. Tali depositi sono attualmente interessati da processi di soliflusso e/o reptazione.

Per quanto concerne la falda il piezometro installato in prossimità dell’imbocco (S_Gall_PZ_30), ha rilevato la falda nel mese di luglio 2019 a 15.60 m da p.c., corrispondente ad una quota di circa 210 m s.l.m.. La cella di Casagrande installata all’interno del piezometro è localizzata a circa 28 m da p.c.. Il piezometro installato a monte, nel sondaggio S_Gall_PZ_135, ha rinvenuto la falda a 38.5 m da p.c., corrispondente ad una quota di 265 m s.l.m.. Il tratto fenestrato del piezometro a tubo aperto installato è tra 100 e 130 m da p.c..

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>61 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	61 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	61 di 200								

7.1.1 Viabilità di accesso

Il presente progetto comprende anche la realizzazione della viabilità di collegamento tra l'imbocco della galleria di sfollamento e l'imbocco della galleria principale lato Matera. La viabilità in particolare ha inizio alla p.k. 0+00 alla quota +172.60 m s.l.m. e termina in corrispondenza dell'imbocco della galleria di sfollamento alla p.k. 2+526 alla quota di 220.17 m s.l.m. A supporto della progettazione della suddetta viabilità sono state eseguite indagini geognostiche integrative, sulla base delle quali è stato redatto un profilo geologico di dettaglio lungo l'asse viario (IA5F01D69NZGE0001011B).

In particolare, partendo dunque dalla p.k. 0+000 i sondaggi disponibili in quest'area per la ricostruzione stratigrafica sono S21 ed S2_10. Il primo rinviene, al di sotto di circa un metro di materiale alluvionale ghiaioso, circa 2 metri di argilla limosa appartenente alle Argille Subappennine, seguite, sino al termine del sondaggio a 30 m da p.c., da argille marnose della stessa formazione. Proseguendo lungo l'asse della strada, alla p.k. 220+00 è presente il sondaggio S2_PZ30, il quale evidenzia un ispessimento dei depositi alluvionali ghiaiosi (circa 5 m), seguiti da argille limose Subappennine sino a 16 m da p.c., e da argille marnose sino a 30 m da p.c.. Il successivo sondaggio disponibile è il sondaggio S2, alla p.k. 960+00. Esso conferma la stratigrafia precedente, in particolare rinvenendo circa 6 m di materiali alluvionali ghiaioso-sabbiosi, seguiti da argille sabbioso-limose sino a 11 m da p.c., ed infine da argille marnose sino alla massima profondità investigata di 30 m da p.c.. Il tracciato prosegue impostato su depositi alluvionali sino alla p.k. 1+900, ove esso segue l'andamento del versante composto da argille subappennine; il sondaggio più prossimo al tracciato è l'S1, posto circa 60 m a sud del tracciato stesso, tuttavia eseguito all'interno dei depositi alluvionali recenti, quindi poco rappresentativo dell'assetto stratigrafico in corrispondenza dell'asse viario. Esso infatti evidenzia la presenza di oltre 10 m di spessore di alluvioni, non presenti lungo il versante, seguiti da argille e argille marnose. Si ipotizza per la medesima area in corrispondenza del tracciato la presenza dalla superficie di argille subappennine seguite da argille marnose (profondità ipotizzata dell'interfaccia tra argille e argille marnose circa 15 m da p.c.. Successivamente il tracciato devia verso sud, attraversando nuovamente, dapprima su rilevato, poi su viadotto, i depositi alluvionali recenti di fondovalle, per i quali si ipotizza uno spessore di massimo 10 metri, e terminando infine sul versante della dorsale di Miglionico presso l'imbocco della galleria di sfollamento, ove sono presenti argille subappennine a partire dal piano campagna.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 62 di 200

8 DESCRIZIONE STRATIGRAFICA DI DETTAGLIO DEL COLLEGAMENTO TRA LA LINEA STORICA BATTIPAGLIA – POTENZA – METAPONTO E LA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Nel presente paragrafo viene effettuata una descrizione di dettaglio della stratigrafia lungo la linea storica Potenza – Metaponto – Taranto che si collega alla linea Ferrandina - Matera, con particolare riferimento ai profili geologici elaborati a partire dai sondaggi e dalle prove geofisiche effettuati a supporto della progettazione.

Partendo dalla progressiva 0+000 di inizio progetto, fino alla progressiva 2+196.5, il terreno è stato investigato dai sondaggi S1, S2, S3, S4, S5 e S6 (profilo 1). Il tracciato ferroviario è impostato su depositi alluvionali attuali (ba) dell'Olocene, i quali poggiano sulle argille Subappennine. Il sondaggio S1 individua i depositi alluvionali attuali per una profondità di circa 4.5 m, seguiti da argille limose da molto consistenti a dure (fino a 21.5 m di profondità) e da argille marnose dure fino alla massima profondità investigata dal sondaggio.

Il Viadotto Basento1 si sviluppa dalla progressiva chilometrica 1+057.33 alla 2+189.31 e si imposta su depositi alluvionali attuali (ba) ed argille limose dure fino alla pk 1+417.67, per poi svilupparsi in depositi alluvionali recenti, caratterizzati da ghiaie e sabbie poco e mediamente addensate.

Proseguendo lungo la linea ferroviaria, il sondaggio S2, situato a destra idrografica del Fiume Basento ed all'inizio del viadotto Basento1 si estende in verticale, in corrispondenza della pk 1+134.94, per una profondità di 50 m. Questo sondaggio individua depositi granulari associabili ai depositi alluvionali recenti (ba), fino ad una profondità di 5 m, i quali poggiano su argille limose e marnose dure, appartenenti alle Argille Subappennine. Il sondaggio seguente S3 è situato in corrispondenza della pk 1+559.48, il quale definisce il terreno per una profondità di 50 m. I primi 6 m di profondità sono caratterizzati da materiale alluvionale attuale (ba) che poggia su argille limose dure, passanti ad argille marnose dure.

Superando la parte centrale del viadotto Basento1, la tratta ferroviaria interseca i sondaggi S4 e S5, i quali, similmente agli altri sondaggi, mostrano la presenza di materiale alluvionale recente (rispettivamente per uno spessore di 9 e 10.5 m), che poggia sulle argille Subappennine: argille limose da molto consistenti a dure passanti ad argille marnose dure.

In prossimità della zona terminale del Viadotto Basento1, è stato realizzato il sondaggio S6, che si sviluppa in verticale per una profondità di 50 m ed è posto alla pk 2+150.3. Questo sondaggio mostra la presenza di uno spessore di depositi alluvionali recenti di circa 17 m, caratterizzato da sabbie poco addensate alla profondità di 2.5 m e sabbie addensate intorno ai 15 m di profondità dalla testa del sondaggio. Oltre i 17 m di profondità il terreno investigato è caratterizzato da argille limose dure ed argille marnose dure.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 63 di 200

9 DESCRIZIONE DI DETTAGLIO DELLA COMPONENTE IDROGEOLOGICA ED IDROGRAFICA

Nel presente paragrafo viene effettuata una descrizione di dettaglio della componente idrogeologica lungo il tracciato della linea, con particolare riferimento ai profili idrogeologici elaborati dai sondaggi a supporto della progettazione. I sondaggi di nuova realizzazione (Tabella 11-1, sondaggi con codifica Sx_PZ_x) sono stati attrezzati con piezometri a tubo aperto da 2", ad eccezione del sondaggio S2_PZ_50 nel quale è stato installato un piezometro di tipo Casagrande, tra settembre e febbraio 2019, la cui campagna di letture piezometriche è iniziata nel febbraio 2019. Per quanto concerne i profili idrogeologici elaborati, la superficie piezometrica è stata rappresentata tramite una linea continua ove essa è considerata certa (principalmente all'interno delle aree alluvionali), e da una linea tratteggiata ove il contesto stratigrafico e idrogeologico mostrano orizzonti saturi discontinui. I bassi valori di permeabilità evidenziati nelle Argille subappennine portano ad escludere la presenza di una vera e propria falda all'interno di esse, a favore di falde, anche in pressione, nei livelli più sabbiosi. Questo è anche confermato dal monitoraggio piezometrico eseguito che, in alcuni sondaggi, ha evidenziato l'assenza del livello piezometrico, confermando una piezometrica a carattere discontinuo e fortemente variabile anche a breve distanza.

Nella descrizione seguente verranno indicati i valori piezometrici ottenuti dai monitoraggi eseguiti.

Partendo dallo scalo ferroviario di Ferrandina, area in cui la linea ferroviaria attraversa la piana del fiume Basento sino all'ingresso della galleria Miglionico (tra le progressive chilometriche 0+00 e 2+015, profilo idrogeologico di riferimento IA5F01D69F6GE0002009B) la tratta si imposta su depositi con permeabilità media e permeabilità medio-alta. In particolare la tratta incontra materiale di media permeabilità (con valori compresi tra 10^{-6} e 10^{-5} m/s) per una profondità di circa 5 m, per poi chiudersi in corrispondenza della pk 1+030 circa. Questi depositi poggiano su ghiaia, come evidenzia il sondaggio S1_PZ_30, caratterizzati da permeabilità medio-alta, come definito dalla prova Lefranc eseguita in foro di sondaggio alla profondità di 9 m che ha restituito un valore di $k=9.08 \cdot 10^{-5}$ m/s. Questi depositi, a loro volta, si impostano su uno spessore di circa 4.5 m di argille a permeabilità bassa ($10^{-9} < k < 10^{-7}$) seguite da argille marnose impermeabili per tutta la verticale investigata. Questo sondaggio è stato attrezzato di piezometro a tubo aperto fino a 15 m di profondità, microfessurato tra le profondità di 3 e 12 m e, per quanto concerne il livello della superficie piezometrica, essa è stata rilevata, a partire dal mese di marzo 2019, da 7.30 a 8.65 m da p.c..

Proseguendo verso l'imbocco della galleria la stratigrafia è stata indagata tramite il sondaggio S1_DH_50, localizzato immediatamente a sinistra idrografica rispetto al fiume Basento, in corrispondenza del viadotto previsto in progetto su tale corso d'acqua; esso individua la presenza di materiale con permeabilità medio-alta per una profondità di circa 6.5 m, seguito da argille con permeabilità bassa (3.5 m di spessore circa) e da argille marnose impermeabili per tutta la lunghezza del sondaggio. Il valore della conducibilità idraulica degli strati argillosi è stato definito dall'esecuzione di due prove Lefranc a carico costante a profondità di 8.8 e 16.4 m, che hanno restituito valori, rispettivamente, di $k=9.07 \cdot 10^{-9}$ m/s e $k=3.92 \cdot 10^{-9}$ m/s.

In prossimità della galleria Miglionico i depositi con permeabilità medio-alta tendono a passare a depositi a permeabilità media ($10^{-6} < k < 10^{-5}$) come è definito dall'ultimo sondaggio S2_PZ_50 dell'area. Questi ultimi depositi vanno rapidamente assottigliandosi a ridosso del versante a bassa permeabilità della Dorsale Miglionico, il sondaggio S2_PZ_50, infatti, individua uno spessore di circa 10 m di sabbia a permeabilità medio-alta, passante a materiale a bassa permeabilità (come definito dalla prova Lefranc eseguita in foro di sondaggio alla profondità di 16.5 m e che ha dato valori di conducibilità idraulica pari a $5.60 \cdot 10^{-7}$ m/s), che poggia sulle argille marnose Subappennine sostanzialmente impermeabili. Alla profondità di 28,50 è stata installata una cella Casagrande ed il livello della falda in corrispondenza di quest'ultimo sondaggio del profilo idrogeologico 1, è stato rilevato, a partire dal mese di marzo 2019, tra 14.41 e 14.40 m da p.c..

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 64 di 200

Proseguendo lungo la linea, essa si immette in galleria all'interno della dorsale Miglionico in corrispondenza della progressiva 2+345, sino alla pk 8+905 (profili idrogeologici di riferimento IA5F01D69F6GE0002002B, IA5F01D69F6GE0002003B, IA5F01D69F6GE0002004B). Lungo la galleria non sono disponibili indagini eseguite a supporto della progettazione definitiva; tuttavia l'abbondante bibliografia geologica a disposizione consente di affermare che l'intero tratto in galleria attraversa il complesso argilloso-marnoso appartenente la formazione delle Argille Subappennine, avente permeabilità primaria molto bassa. Esso, tuttavia, comprende numerose lenti e livelli sabbiosi saturi che sono intercettati dai piezometri elettrici installati nel 2006. Il livello rilevato è ubicato a quota più elevata in corrispondenza dell'ingresso della galleria lato Ferrandina, raggiungendo il valore massimo di 205 m s.l.m.; tende ad abbassarsi in prossimità dell'imbocco della galleria lato Miglionico raggiungendo una quota di circa 160 m s.l.m.. Queste variazioni evidenziate da picchi di quota visibili nei profili 2, 3 e 4, sono probabilmente dovute a livelli granulari permeabili saturi sedi di circolazione idrica.

All'imbocco della galleria lato Matera (IA5F01D69F6GE0002004B), la linea in esame prosegue impostandosi su depositi composti da ghiaia per uno spessore di 3 m circa, come si evince dal sondaggio S2_10, con valori di k compresi tra $10^{-5} < k < 10^{-4}$, poggianti su una lente di materiale a bassa permeabilità ($10^{-9} < k < 10^{-7}$) con spessore di circa 5 m, seguito nuovamente da uno strato, di 1 m, di materiale con una k medio-alta. Questa alternanza di materiali permeabili è seguita, a circa 9 m di profondità, da argille limose con bassi valori di permeabilità, che a loro volta si impostano su argille marnose sostanzialmente impermeabili. Spostandosi in direzione del sondaggio successivo, S3_DH_50, la lente di materiale a bassa permeabilità tende a passare a depositi a medio-bassa permeabilità ($10^{-7} < k < 10^{-6}$) fino alla spalla sud del Viadotto Conche. Questi depositi si impostano su materiali con una k medio-alta, la quale è stata definita da prove di permeabilità Lefranc eseguite in foro di sondaggio alla profondità di 10 m, e che hanno restituito un valore di k pari a $6.64 \cdot 10^{-5}$ m/s. Questo sondaggio, proseguendo lungo la verticale, da 12.5 m a 27 m di profondità, definisce la presenza di depositi a bassa permeabilità, poggianti su depositi impermeabili. A nord del viadotto Conche si rinviene, tramite il sondaggio S3_PZ_30, una permeabilità differente. Quest'ultimo sondaggio rivela la presenza di depositi con bassa conducibilità idraulica, per uno spessore di 4.5 m circa, seguiti da argille marnose impermeabili per tutta la profondità del sondaggio (30 m). Il valore delle prove Lefranc, eseguite in foro di sondaggio alla profondità di 10 e 19 m, con valori di k rispettivamente di $8.69 \cdot 10^{-9}$ m/s e $6.76 \cdot 10^{-9}$ m/s, confermano la presenza di depositi con valori di conducibilità idraulica molto bassi. Il piezometro a tubo aperto (sondaggio S3_PZ_30) è stato installato fino a 9 m di profondità e microfessurato fra i 3 e i 9 m. Il monitoraggio piezometrico eseguito in corrispondenza di quest'ultimo sondaggio a partire da febbraio 2019, ha definito la superficie della falda ad una profondità compresa tra 0.75 e 1.44 m da p.c..

Proseguendo in direzione Matera (IA5F01D69F6GE0002005B), il terreno è stato investigato dai sondaggi S4_DH_35, S3_10, S5_PZ_30, S4_DH_50 e S6_PZ_30. Questi definiscono la presenza di argille appartenenti alla classe di permeabilità bassa ($10^{-9} < k < 10^{-7}$), con spessori variabili lungo il profilo 5, sovrastanti le argille marnose impermeabili lungo tutte le verticali investigate in questo profilo. In corrispondenza dei sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità Lefranc. Per quanto riguarda il sondaggio S4_DH_35, le prove sono state eseguite a 7.5 m di profondità, che hanno rivelato una $k=1.31 \cdot 10^{-8}$ m/s, ed a 21 m di profondità in cui è stata riscontrata una $k=6.09 \cdot 10^{-9}$ m/s. Entrambi i valori, molto bassi, sono plausibili con i depositi presenti a quelle profondità. Anche le prove Lefranc eseguite in corrispondenza del sondaggio S5_PZ_30, effettuate alle profondità di 9 e 18 m, hanno definito valori, rispettivamente di $1.09 \cdot 10^{-8}$ m/s e $6.96 \cdot 10^{-9}$ m/s, verosimili ai depositi riscontrati. Gli ultimi due sondaggi, S4_DH_50 e S6_PZ_30 incontrati lungo questo profilo, sono stati soggetti, anch'essi, a prove di permeabilità Lefranc. Il primo è stato sottoposto a prove a profondità di 9 e 20 m, restituendo valori, rispettivamente, di $1.57 \cdot 10^{-8}$ m/s e $4.5 \cdot 10^{-8}$ m/s, mentre nel secondo sondaggio le prove sono state eseguite a 9 m, in cui si sono riscontrati valori di $k=8.17 \cdot 10^{-9}$ m/s, e a 16.5 m in cui la conducibilità idraulica è risultata pari a $2.78 \cdot 10^{-9}$ m/s. I sondaggi S5_PZ_30 e S6_PZ_30 sono dotati di piezometro a tubo aperto installato, in entrambi i casi, fino alla profondità di 6 m e microfessurati, rispettivamente, tra 1 e 3 m e 1.5 e 6 m. Le letture piezometriche effettuate in corrispondenza dei sondaggi S5_PZ_30 e S6_PZ_30 sono state effettuate a partire da marzo 2019 per il primo sondaggio, ottenendo un

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>65 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	65 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	65 di 200								

livello da 4.03 a 3.33 m da p.c., e da febbraio 2019 per il secondo sondaggio, rilevando valori tra 1.84 e 1.39 m da p.c..

Il sondaggio S5_DH_50 (IA5F01D69F6GE0002006B), eseguito in corrispondenza della parte terminale del viadotto Sinatra ed immediatamente dopo l'attraversamento della SS7, evidenzia alternanze di classi di permeabilità, in particolare incontrando dapprima depositi a permeabilità media per circa 1 m di spessore, seguiti da successioni di depositi a permeabilità bassa e depositi a permeabilità medio-alta fino alla profondità di 13 m dal p.c.. Questa alternanza poggia su depositi caratterizzati da permeabilità secondaria ($10^{-9} < k < 10^{-5}$) fino alla massima profondità, 50 m dal p.c., investigata dal sondaggio. Alla profondità di 7.2 m del sondaggio S5_DH_50 è stata eseguita una prova di permeabilità Lefranc, dalla quale è stato ottenuto un valore di k pari a $2.24 \cdot 10^{-6}$ m/s, valore attendibile in depositi caratterizzati da ghiaia sabbiosa; mentre tra le profondità di 25.5 e 27.5 m è stata eseguita una prova di permeabilità Lugeon che ha restituito un valore di k di $1.1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

Anche i successivi sondaggio S4_10 ed S7_PZ_30 individuano, al di sotto dei materiali di riporto, alternanze di classi di permeabilità. Il primo è caratterizzato da depositi appartenenti alle classi di permeabilità media e bassa, mentre il secondo mostra uno strato con permeabilità medio-alta (circa 2 m di spessore), seguito da circa 2 m di depositi a permeabilità media, i quali poggiano su calcareniti caratterizzate da permeabilità secondaria ($10^{-9} < k < 10^{-5}$).

I sondaggi S6_DH_50 ed S7_DH_50 sono stati eseguiti in prossimità delle scarpate nord e sud del canyon nel quale scorre il fiume Bradano. Entrambi i sondaggi rivelano la presenza, nei primi metri di perforazione (nel primo metro per quanto riguarda l'S6 e nei primi 2.5 per quanto riguarda l'S7) di depositi appartenenti alla classe di permeabilità bassa, i quali poggiano su depositi caratterizzati da permeabilità secondaria sino alla massima profondità investigata. In entrambi i sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità Lugeon. Nel primo sono state eseguite tra le profondità di 7.5 e 10.5 m dalle quali è stato ottenuto un valore di $k = 6.3 \cdot 10^{-8}$ m/s e tra le profondità di 18 e 20 m che ha restituito un valore di conducibilità idraulica pari a $2 \cdot 10^{-9}$ m/s. Nel secondo sondaggio la prova di permeabilità è stata effettuata tra i 5.6 e 8.6 m di profondità, ottenendo $k = 1.7 \cdot 10^{-7}$ m/s.

Il seguente sondaggio, S8_PZ_50, posto in prossimità della spalla nord del Viadotto Dragone, conferma la presenza di materiale con bassa conducibilità idraulica per uno spessore di circa 8 m, seguito da depositi caratterizzati da permeabilità secondaria ($10^{-9} < k < 10^{-5}$). Questo sondaggio è stato soggetto ad una prova di permeabilità Lefranc eseguita alla profondità di 8.4 m che ha restituito un valore di k pari a $2.15 \cdot 10^{-8}$ m/s, e ad una prova Lugeon eseguita tra l'intervallo di 14.8 e 17.8 m di profondità, dalla quale è risultata $k = 1.7 \cdot 10^{-7}$ m/s. Il sondaggio S8_PZ_50 è stato attrezzato di piezometro fino alla profondità di 21 m e fessurato fra i 3 e 18 m di profondità, ma non è stata rilevate nessuna superficie piezometrica durante i monitoraggi.

Proseguendo lungo la tratta, i sondaggi successivi S9_DH_50 e S8_DH_30, eseguiti in prossimità, rispettivamente, della spalla sud e nord del Viadotto Chiesa, investigano depositi a bassa permeabilità sino a 10.5-12 m dal p.c., seguiti da uno spessore di 6 e 9 m di argille marnose impermeabili. Queste argille, con valori differenti di conducibilità idraulica, poggiano su materiali con porosità secondaria lungo tutta la verticale esplorata. All'interno di entrambi i sondaggi sono state eseguite prove di permeabilità Lefranc. Nel primo sondaggio sono state eseguite alle profondità di 9 e 18 m, con valori di k, rispettivamente di $1.55 \cdot 10^{-8}$ m/s e $1.07 \cdot 10^{-8}$ m/s; nel secondo le prove sono state effettuate alla medesima profondità, ma hanno restituito valori differenti, rispettivamente di $1.05 \cdot 10^{-7}$ m/s e $5.06 \cdot 10^{-8}$ m/s.

Il sondaggio S5_10 invece, eseguito ove la linea taglia il versante collinare presente nell'area, interseca uno spessore di circa 0.5 m di depositi con valori di k compresi tra 10^{-5} e 10^{-4} , mentre i restanti 9.5 m di profondità del sondaggio si inseriscono in argille limose con un basso grado di permeabilità. Procedendo lungo la tratta ferroviaria, il sondaggio successivo, S9_PZ_30, definisce spessori di argille a bassa permeabilità (12 m di spessore), argille marnose impermeabili (10 m di spessore) ed infine calcareniti con porosità secondaria per i restanti 8 m di verticale investigata dal sondaggio. A questo sondaggio è stato installato un piezometro a tubo aperto fino a 6 m di profondità, fessurato

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 66 di 200

tra 1 e 6 m. Le letture piezometriche effettuate a partire da febbraio 2019 hanno rilevato valori di soggiacenza tra 3.21 m da p.c. e 3.90 m da p.c..

Il profilo 7 (IA5F01D69F6GE0002007B) comprende il Viadotto Gravina, presso il quale sono stati eseguiti i sondaggi S6_10, S10_DH_50, S11_DH_50. Il primo è stato realizzato all'interno della spalla sud del viadotto, attraversando dunque il corpo del rilevato, ed individuando al di sotto di esso un limitato spessore di depositi caratterizzati da una permeabilità media ($10^{-6} < k < 10^{-5}$), che poggiano su argille limose con un basso coefficiente di permeabilità. Il sondaggio S10_DH_50, eseguito al di sotto del viadotto individua un sottile spessore di depositi con k compresa tra 10^{-5} e 10^{-4} , seguiti da argille limose ($10^{-5} < k < 10^{-4}$) e depositi con porosità secondaria (10^{-9} e 10^{-5}), quest'ultimi lungo tutta la verticale investigata dal sondaggio. Durante l'esecuzione del sondaggio sono state eseguite prove di permeabilità Lefranc e Lugeon. Le prime sono state eseguite alla profondità di 7.7 m, dalle quali sono stati ottenuti valori di k pari a $2.27 \cdot 10^{-8}$ m/s, le seconde sono state effettuate nell'intervallo tra 20 e 23 m di profondità, dalle quali è stato restituito un valore di conducibilità idraulica di $9.62 \cdot 10^{-6}$ m/s. Il sondaggio S11_DH_50 è stato realizzato al limite della travata metallica che attraversa il corso canyon formato dal Torrente Gravina. Esso rinviene uno spessore di 4 m di depositi a bassa permeabilità (10^{-9} e 10^{-7}), che poggiano su materiali caratterizzati da porosità secondaria lungo tutti i 50 m investigati dal sondaggio. Le prove di permeabilità Lugeon sono state eseguite tra due intervalli di profondità. Il primo intervallo, tra 7 e 10 m, ha restituito valori di $9.5 \cdot 10^{-8}$ m/s, il secondo, tra 19 e 21.40 m, ha rilevato valori di conducibilità idraulica di $2.1 \cdot 10^{-9}$ m/s.

Il profilo idrogeologico IA5F01D69F6GE0002008B comprende i sondaggi S12_PZ_30, S14_DH_50, S-CH_VI11, S13_PZ_30, S9_10, S-CH_VI12, S15_DH_50, S14_PZ_35, S10_10, S15_DH_30. Tutti i sondaggi evidenziano la presenza di argille limose con bassi valori di conducibilità idraulica ($10^{-9} < k < 10^{-7}$) a partire da p.c. (ad eccezione del sondaggio S9_10, eseguito nel corpo del rilevato ferroviario e che quindi rinviene circa 3 m di materiale granulare di riporto seguito dalle argille caratterizzata da bassa permeabilità). Il sondaggio S12_PZ_30 individua il limite tra argille limose ed argille marnose impermeabili alla profondità di 20 m circa, senza spingersi fino ai calcari caratterizzati da porosità secondaria. I valori di conducibilità idraulica sono stati definite attraverso prove di permeabilità Lefranc eseguite a profondità di 9 e 16.5 m, le quali hanno restituito, rispettivamente, valori di k pari a $1.94 \cdot 10^{-8}$ m/s e $1.17 \cdot 10^{-8}$ m/s. In questo sondaggio è stato installato un piezometro a tubo aperto fino a 30 m di profondità, fessurato fra i 3 ed i 12 m. Le letture piezometriche effettuate a partire da febbraio 2019 hanno rilevato, rispettivamente, valori di soggiacenza tra 15.27 m e 16.02 m da p.c..

I sondaggi seguenti, S14_DH_50, S-CH_VI11 e S13_PZ_30 identificano il limite con le argille marnose impermeabili alla profondità, rispettivamente, di 15, 13 e 18 m. I sondaggi S14_DH_50 e S-CH_VI11 individuano materiale con porosità secondario alla profondità di 24 m. Quest'ultimi tre sondaggi sono stati sottoposti a prove di permeabilità Lefranc. Le prove all'interno del sondaggio S14_DH_50 sono state eseguite alla profondità di 9 e 18 m, con valori, rispettivamente di $k=6.53 \cdot 10^{-8}$ m/s e $k=1.17 \cdot 10^{-8}$ m/s, le prove del sondaggio S-CH_VI11 sono state effettuate a 9 e 15 m, dalle quali sono stati ottenuti i valori di $9.26 \cdot 10^{-8}$ m/s e $4.26 \cdot 10^{-8}$ m/s, ed infine il sondaggio S13_PZ_30 è stato oggetto di prove di permeabilità alla profondità di 18 m, dalla quale si è ottenuto un valore di conducibilità idraulica pari a $2.03 \cdot 10^{-7}$ m/s. Il piezometro a tubo aperto, installato nel sondaggio S13_PZ_30, alla profondità di 18 m, è stato fessurato fra i 3 ed i 15 m di profondità. Le misure del livello piezometrico registrate in quest'ultimo sondaggio sono state effettuate a partire da febbraio 2019, dalle quali si sono ottenuti valori di soggiacenza compresi tra 15.05 e 15.55.

Proseguendo verso Matera, i sondaggio che permettono di definire le caratteristiche di quest'ultima tratta sono: S-CH_VI12, S15_DH_50, S14_PZ_35, S10_10 e S15_DH_30. I primi due sondaggi individuano la presenza di materiale a bassa permeabilità fino alle profondità, rispettivamente, di 16 e 20 m, seguito da uno spessore di circa 15 m di argille marnose impermeabili che poggiano su depositi caratterizzati da permeabilità secondaria ($10^{-9} < k < 10^{-5}$). Questi due sondaggi sono stati sottoposti a prove di permeabilità Lefranc. Nel sondaggio S-CH_VI12 le prove sono state eseguite alle profondità di 9 e 19.5 m, le quali hanno restituito valori di k , rispettivamente, pari a $3.36 \cdot 10^{-8}$ m/s

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	67 di 200

e $1.1 \cdot 10^{-8}$ m/s, mentre il sondaggio S15_DH_50 è stato sottoposto a prove di permeabilità alle profondità di 9 e 19.5 m con $k=1.03 \cdot 10^{-8}$ m/s e $k=1.22 \cdot 10^{-8}$ m/s. Il sondaggio S14_PZ_35 interseca argille limose a bassa permeabilità fino a 21 m di profondità, che poggiano su argille marnose impermeabili lungo tutta la verticale investigata. Le prove di permeabilità Lefranc eseguite all'interno di questo sondaggio, alle profondità di 9 e 18 m, hanno dato come risultato una conducibilità idraulica pari a $1.58 \cdot 10^{-8}$ m/s e $4.67 \cdot 10^{-8}$ m/s. Questo sondaggio è stato attrezzato con piezometro a tubo aperto fino a 6 m e fessurato tra 1 e 6 m di profondità e non sono stati rilevati livelli piezometrici lungo la verticale indagata dal piezometro. Gli ultimi due sondaggi, S10_10 e S15_DH_30, intersecano lungo tutta la verticale definita dal sondaggio, argille con un basso coefficiente di permeabilità. Il sondaggio S15_DH_30 è stato sottoposto a prove di permeabilità Lefranc, eseguite alle profondità di 9 e 16.5 m, le quali hanno restituito valori di k pari a $7.81 \cdot 10^{-7}$ m/s e $9.45 \cdot 10^{-9}$ m/s.

10 DESCRIZIONE DI DETTAGLIO DELLA COMPONENTE IDROGEOLOGICA ED IDROGRAFICA DEL COLLEGAMENTO TRA LA LINEA STORICA BATTIPAGLIA – POTENZA – METAPONTO E LA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Nel presente paragrafo viene effettuata una descrizione di dettaglio della stratigrafia lungo la linea storica Battipaglia – Potenza – Metaponto che si collega alla linea Ferrandina – Matera La Martella, con particolare riferimento al profilo idrogeologico elaborato a partire dai sondaggi e dalle prove geofisiche effettuati a supporto della progettazione (IA5F01D69F6GE0002001B).

Partendo dalla progressiva 0+000 di inizio progetto, fino alla progressiva 2+196.5, il terreno è stato investigato dai sondaggi S1, S2, S3, S4, S5 e S6 (profilo idrogeologico 9). Il tracciato ferroviario è impostato su depositi caratterizzata da permeabilità media ($10^{-6} < k < 10^{-5}$) e medio-bassa ($10^{-7} < k < 10^{-6}$). Partendo dalla progressiva chilometrica 0+00, la tratta interessata interseca il sondaggio S1, il quale definisce la presenza di depositi, per uno spessore di 1.5 m circa, caratterizzati da permeabilità media che poggiano su uno strato di ghiaia e sabbia con valori di conducibilità idraulica compresi tra 10^{-5} e 10^{-4} . In quest'ultimo strato, alla profondità di 4.1, m è stata eseguita una prova di permeabilità Lefranc, a carico costante, che ha identificato un valore di k di $3,68 \cdot 10^{-4}$ m/s. Oltre questo strato sono presenti argille limose a bassa permeabilità (circa 25 m di spessore) ed argille marnose impermeabili per tutta la restante verticale investigata. Proseguendo in direzione del Viadotto Basento 1, che si sviluppa dalla progressiva chilometrica 1+057.33 alla 2+189.31 (fino all'innesto con la linea Ferrandina – Matera La Martella), esso si imposta su depositi caratterizzati da materiali con permeabilità medio-bassa ($10^{-7} < k < 10^{-6}$), media ($10^{-6} < k < 10^{-5}$) e medio-alta ($10^{-5} < k < 10^{-4}$). I sondaggi che identificano quest'ultima tratta sono: S2, S3, S4, S5, S6. Il sondaggio S2, eseguito in prossimità della pk 1+145, identifica ghiaie e sabbie nei primi 5 m di profondità con valori di permeabilità compresi tra ($10^{-6} < k < 10^{-5}$), alla profondità di 4,7 m è stata eseguita una prova Lefranc a carico costante che ha determinato un valore di k pari a $4,78 \cdot 10^{-4}$ m/s. Proseguendo in profondità sono presenti argille limose con permeabilità bassa (per uno spessore di 2.5 m) seguite da argille marnose impermeabili lungo tutta la verticale del sondaggio. Spostandoci verso il sondaggio S3, troviamo similarità con i materiali del sondaggio precedente, a parte un primo strato di sabbia limosa mediamente permeabile ($10^{-6} < k < 10^{-5}$) con uno spessore di circa 1 m che tende a chiudersi a ridosso del sondaggio successivo, seguito da ghiaia e sabbia ($10^{-5} < k < 10^{-4}$), argille limose con bassa permeabilità, la quale è stata definita da una prova Lefranc eseguita tra 5.7 e 8.2 m che ha ridato come risultato un valore di k pari a $9,76 \cdot 10^{-8}$ e da argille marnose per tutta la restante profondità investigata. Spostandoci di circa 180 m lungo il profilo, la tratta interseca il sondaggio S4 che identifica limo e sabbia ($10^{-7} < k < 10^{-6}$), per una profondità di circa 3.5 m, successivamente si incontra uno spessore di 6 m di depositi con permeabilità medio-alta, definita anche da una prova Lefranc eseguita alla profondità di 6.5 m che ha dato come risultato $k=4,57 \cdot 10^{-4}$ m/s. Questo strato poggia su materiali a bassa permeabilità fino a 20 m e da materiale impermeabili nei restanti 30 m indagati.

In corrispondenza della parte terminale del profilo sono stati effettuati i sondaggi S5 e S6. Il primo, in prossimità della pk 1+856, incontra depositi con permeabilità medio-bassa per una profondità di circa 2.5 m, seguiti da una lente a bassa permeabilità spessa 2 m. Dalla profondità di 4.5 a 10 m il sondaggio identifica la presenza di materiale caratterizzato da permeabilità medio-alta, come confermato dalla prova Lefranc eseguita a 9 m di profondità che ha restituito valori di $k=4,05 \cdot 10^{-4}$ m/s. Procedendo in profondità, il terreno investigato dal sondaggio S5 è caratterizzato da materiale a bassa permeabilità, fino a 26 m di profondità, e da materiale impermeabile fino alla massima profondità indagata (50 m). L'ultimo sondaggio (S6) del profilo idrogeologico 9, situato in corrispondenza della fine del Viadotto Basento1, in prossimità della pk 2+150, presenta uno spessore di circa 16 m di depositi con permeabilità medio bassa (la prova Lefranc eseguita alla profondità di 4.2 m ha restituito un valore di $k=3,75 \cdot 10^{-5}$ m/s) intercalati da uno spessore di circa 1.5 di materiale con permeabilità medio-alta che deriva dallo strato simile del sondaggio precedente che tende a chiudersi in prossimità della fine del profilo. Dalla profondità di 16 m a 30 m circa è presente materiale a bassa permeabilità, seguito da argille impermeabili lungo la verticale investigata.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	69 di 200

Lungo questo profilo è stato possibile ricostruire la superficie piezometrica. Il sondaggio S1, in corrispondenza della pk 0+00, interseca il livello piezometrico alla profondità di 4.10 m, il quale livello tende a rimanere pressoché costante in prossimità del sondaggio S2 che registra la superficie di falda intorno ai 4.20 m di profondità. Proseguendo verso il sondaggio S3 la superficie piezometrica, intercettata a 3.85 m, tende ad abbassarsi leggermente, per poi risalire in corrispondenza del sondaggio S4 (livello piezometrico situato a 5.75 m), S5 (livello piezometrico definito a 7.75 m) e S6 (Superficie di falda registrata a 11.75 m). Da quest'ultimo sondaggio, la superficie piezometrica è stata ipotizzata risalire in prossimità dell'innesto con la linea Ferrandina – Matera, verso la Dorsale Miglionico.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<p>COMMESSA IA5F</p>	<p>LOTTO 01 D 69</p>	<p>CODIFICA RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 70 di 200</p>

11 INDAGINI

11.1 PREMESSA

I dati stratigrafici a supporto del presente studio derivano dalle risultanze delle campagne di indagini in sito costituite da sondaggi e prove geofisiche eseguite, su incarico di Italferr, lungo o in prossimità della tratta ferroviaria oggetto del presente studio.

11.2 CAMPAGNE INDAGINI ITALFERR 2018-2019

11.2.1 *Indagini in Sito – linea Ferrandina – Matera la Martella*

A supporto della progettazione definitiva è stata condotta una campagna di indagini geognostiche e geofisiche da settembre 2018 ad aprile 2019. Essa comprendente l'esecuzione di:

- n. 52 sondaggi a carotaggio continuo dei quali:
 - o n. 16 con installazione di piezometro a tubo aperto;
 - o n. 1 con installazione di piezometro di tipo Casagrande;
 - o n. 26 con installazione di tubazioni per prove Cross-hole e Down-hole.
- n. 5 sondaggi a distruzione di nucleo

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove SPT nei terreni, prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati, prove dilatometriche e pressiometriche in roccia, prove di permeabilità Lefranc nei terreni e Lugeon in roccia.

- n. 60 prove geofisiche, delle quali:
 - o n. 15 prove in foro di tipo down-hole;
 - o n. 15 prove in foro di tipo cross-hole;
 - o n. 15 prove sismiche di tipo MASW;
 - o n. 15 prove di sismica passiva HVSR;
 - o n. 3 stendimenti di geoelettrica.

11.2.2 *Indagini in Sito – tratto di collegamento linea Ferrandina la Martella – Matera – linea Battipaglia-Potenza-Metaponto*

Lungo la tratta di collegamento tra la linea Ferrandina-Matera e la linea Battipaglia-Potenza-Metaponto sono stati eseguiti:

- n. 6 sondaggi a carotaggio continuo dei quali:
 - o n. 3 con installazione di piezometro a tubo aperto;
 - o n. 1 con installazione di tubazione per prova down-hole.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 71 di 200

Durante l'esecuzione dei sondaggi sono state eseguite prove SPT, prelievo di campioni rimaneggiati e indisturbati, prove di permeabilità Lefranc.

- n. 10 prove geofisiche, delle quali:
 - o n. 4 prove sismiche di tipo MASW;
 - o n. 3 stendimenti di sismica a rifrazione (SRT);
 - o n. 1 prova in foro di tipo down-hole;
 - o n. 2 stendimenti di resistività elettrica (ERT).

11.2.3 *Tabelle riassuntive*

Di seguito si riportano in tabella ubicazione e risultati di prove in foro eseguite, in particolare:

- Nella Tabella 11-1 è riportata la profondità dei sondaggi effettuati, la data di esecuzione, la quota e le coordinate in Gauss-Boaga;
- In Tabella 11-2 vengono riportati i risultati delle prove SPT eseguite in foro nei precedenti sondaggi (valori espressi in N_{spt}).
- In Tabella 11-3 si riportano le ubicazioni dei sondaggi realizzati per la verifica delle pile dei viadotti.
- In Tabella 11-4 i risultati delle prove SPT relative ai precedenti sondaggi.
- In Tabella 11-5 si riportano i risultati delle prove SPT eseguite all'interno dei sondaggi attrezzati con tubazioni per prove Down-hole.
- In Tabella 11-6 i risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi non strumentati addizionali.
- In Tabella 11-7 i risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi attrezzati a piezometro.
- In Tabella 11-8 le ubicazioni delle prove geofisiche effettuate.
- In Tabella 11-9 i risultati relativi alle prove pressiometriche eseguite in foro.
- In Tabella 11-10 i risultati relativi alle prove dilatometriche eseguite in foro.
- In Tabella 11-11 i risultati relativi ai rilievi geomeccanici eseguiti in foro.

Tabella 11-1 - Ubicazione dei sondaggi effettuati (Italferr 2018-2019)

SONDAGGIO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate Gauss-Boaga	
				E	N
S_CH_VI01 pila 34	42	marzo-19	84,304	2644812,561	4487742,955
S_CH_VI01 pila 36	42	marzo-19	85,164	2644851,142	4487790,151
S_CH_VI07 pila 4	24	marzo-19	131,204	2652205,214	4496300,481
S_CH_VI01 pila 34 distr	42	marzo-19	84,510	2644818,751	4487750,731
S_CH_VI01 pila 36 distr	42	marzo-19	85,435	2644856,157	4487796,314
S_CH_VI07 pila 4 distr	24	marzo-19	131,488	2652206,011	4496308,013
S_CH_VI11 pila 2	24	ottobre-18	176,856	2652322,173	4499763,083
S_CH_VI11 distr	24	ottobre-novembre-18	176,696	2652332,938	4499761,332
S_CH_VI12 pila 2	40	novembre-18	182,936	2652425,315	4500375,685
S_CH_VI12 distr	40	novembre-18	182,047	2652424,089	4500366,107
S_PALO_VI11_PILA1	26	aprile-19	194,273	2652346,273	4499759,071
S1_PZ_30	30	febbraio-19	78,186	2644694,283	4486540,749
S1_DH_50	50	gennaio-febbraio-19	77,630	2644546,058	4487376,030
S2_PZ_30	30	febbraio-19	168,974	2649970,735	4491731,942
S2_PZ_50	50	febbraio-19	97,364	2645041,357	4487980,156
S3_PZ_30	30	febbraio-19	150,291	2650112,592	4492613,721
S3_DH_50	50	febbraio-19	152,840	2650029,297	4492434,478
S4_DH_35	35	febbraio-19	145,131	2650666,283	4493314,022
S4_DH_50	55	gennaio-19	141,448	2651160,291	4493993,357
S5_PZ_30	35	febbraio-19	138,336	2650970,937	4493630,055
S5_DH_50	50	gennaio-febbraio-19	118,161	2651787,654	4494893,466
S6_PZ_30	30	gennaio-19	135,616	2651362,962	4494419,358
S6_DH_50	50	dicembre-18	112,911	2651906,902	4495254,845
S7_PZ_30	25	febbraio-19	126,475	2651892,374	4495156,696
S7_DH_50	50	ottobre-18	117,112	2651939,076	4495358,772
S8_DH_30	30	ottobre-18	133,275	2652215,851	4496385,587
S8_PZ_50	50	ottobre-18	125,934	2652099,757	4495931,852
S9_DH_50	50	ottobre-18	129,723	2652171,280	4496194,444
S9_PZ_30	30	ottobre-18	146,967	2652380,513	4497073,250
S10_DH_50	50	novembre-18	140,949	2652409,648	4497495,608
S11_DH_50	50	dicembre-18	134,580	2652308,178	4497894,876
S12_PZ_30	50	settembre-18	187,135	2652282,941	4499609,733
S13_PZ_30	30	ottobre-18	196,053	2652337,578	4499967,065
S14_PZ_35	35	ottobre-18	197,441	2652408,817	4500720,405
S14_DH_50	50	settembre-18	178,185	2652316,886	4499741,993
S15_PZ_15	15	novembre-18	199,561	2652113,194	4501535,429

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	73 di 200

SONDAGGIO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate Gauss-Boaga	
				E	N
S15_DH_30	30	novembre-18	199,53	2652111,637	4501540,137
S15_DH_50	50	ottobre-18	184,26	2652435,508	4500389,154
S2_10	10	febbraio-19	159,824	2649951,019	4491731,942
S3_10	10	febbraio-19	145,196	2650742,483	4493399,039
S4_10	10	febbraio-19	126,476	2651838,780	4494999,876
S5_10	10	novembre-18	141,567	2652276,271	4496552,679
S6_10	10	novembre-18	147,821	2652397,213	4497241,339
S7_10	10	marzo-19	171,744	2652124,732	4498940,302
S8_10	10	marzo-19	182,745	2652317,992	4499696,805
S9_10	10	novembre-18	187,808	2652378,351	4500055,747
S10_10	10	novembre-18	199,226	2652313,250	4501091,983
S1	29.5	agosto-18	84,69	2643247,456	4488403,692
S2+DH	50	luglio-18	79,68	2643977,213	4487501,850
S3	49.4	giugno-18	78,05	2644420,023	4487503,566
S4	50	luglio-18	80,24	2644588,628	4487584,290
S5	50	giugno-18	82,21	2644668,405	4487668,905
S6	50	giugno-18	87,93	2644898,000	4487853,000
S_Gall_PZ135	135	febbraio-19	304,183	2648392,311	4490059,716
S7L	30	aprile-19	80,813	4487908,813	2643615,179
S16	30	aprile-19	76,685	4486712,644	2644570,610
S17	30	aprile-19	93,687	4487699,594	2645166,323
S18	30	aprile-19	102,305	4487919,233	2645124,304
S20	35	aprile-19	236,044	4490801,117	2648468,596
S21	30	aprile-19	171,359	4491893,517	2650016,681
S22	35	aprile-19	155,523	4492242,329	2649971,833
S23	35	aprile-19	146,084	4492868,314	2650295,832
S24	35	aprile-19	129,426	4495740,190	2652054,952
S25	20	aprile-19	154,179	4496605,871	2652323,787
S26	30	aprile-19	143,923	4496731,810	2652329,603
S27	40	aprile-19	200,378	4501191,904	2652281,953

Tabella 11-2 – Risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi lungo il collegamento Ferrandina-Matera – Battipaglia-Potenza-Metaponto

Profondità prova (m) (*punta chiusa)	S1 (Nspt)	S2 (Nspt)	S3 (Nspt)	S4 (Nspt)	S5 (Nspt)	S6 (Nspt)	S7_L (Nspt)
2.6*	r-10cm	47					66
2,8						9	
2,95				42			
3,1					17		
3*			54				19
3.5*	r-24cm						
4.6*		29					
5*					r-10cm		
5,4						8	
5.7*				18			43
6,2	23						
6,25		46					
6,5			38				
7*					58		
8,7						9	
9	33			27			
9,6			47				44
9.7*					37		
10		62					
11,1				40			
12,1					31		
12.40*						42	
12,5	30						
12,6			56				
12,75		63					
14							54
14,5				47			
15*						33	
15,7					47		
15,9	41						
16		80					
16,3			61				
16,8						36	
17							60
17,5				49			
18,5	58				52		
18,7		89					
19,5			72				
20							77
20,1				63			
20,8						43	
21,5		88			60		
22,2	67						
23,2				64			
23,6							73
24,5		88	76		56		
24,8						59	

Profondità prova (m) (*punta chiusa)	S1 (Nspt)	S2 (Nspt)	S3 (Nspt)	S4 (Nspt)	S5 (Nspt)	S6 (Nspt)	S7_L (Nspt)
25,3	100						
27,7				74			
28,35			100				
28,6					66		
28,65		r-45cm					
28						64	

Tabella 11-3 – Risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi eseguiti per la verifica delle pile dei viadotti e dei fori di crosshole

Profondità prova (m)	S_CH VI01 pila 34 (Nspt)	S_CH VI01 pila 36 (Nspt)	S_CH VI07 (Nspt)	S_CH VI11 (Nspt)	S_CH VI12 (Nspt)
1,5	11	11			6
2				7	
2,7			3		
4,5	13	8	15	8	5
7,5	28	10	20	19	18
10,5	37	21	30	34	24
13,5	28	86	53	60	39
16,5	31	18	64	66	42
19,5	32	37		r-4cm	83
22		43			
22,5	35				96
25					r-9cm

Tabella 11-4 – Risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi a 10 metri (non attrezzati)

Profondità prova (m)	S2_10 (Nspt)	S3_10 (Nspt)	S4_10 (Nspt)	S5_10 (Nspt)	S6_10 (Nspt)	S7_10 (Nspt)	S8_10 (Nspt)	S9_10 (Nspt)	S10_10 (Nspt)
1	34	19	34	11	19	16	8	15	34
4		34		23	34		21	12	
4,2									12
4,5	19		19			12			
6				45					
6,6									18
7								16	
7,5	28		28			14	21		
8,4		30			30				
9				53					
9,5									24
9,6						14			
9,8			23						
9,8	42								
10		31			31		22	20	

Tabella 11-5 – Risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi con installazione di tubazioni per prove down-hole

Profondità prova (m)	S1 DH_50 (Nspt)	S3 DH_50 (Nspt)	S4 DH_50 (Nspt)	S4 DH_35 (Nspt)	S5 DH_50 (Nspt)	S7 DH_50 (Nspt)	S8 DH_30 (Nspt)	S9 DH_50 (Nspt)	S10 DH_50 (Nspt)	S11 DH_50 (Nspt)	S14 DH_50 (Nspt)	S15 DH_30 (Nspt)	S15 DH_50 (Nspt)
1,5	44	8	12	10	15	12	10	14	18	30	10	17	11
4,5	40	22	r-8cm	16	25		23	22	36		11	13	10
7,5			16	24	22		29	67	r-7cm		23	16	18
9		43											
9,2	42												
10,5		47	24	32			r-6cm	85			26	34	35
12	49				r-5cm								
13,5		28	27	45	25		r-2cm	90			28	54	34
16,5		46	30	50			r-2cm	98			r-2cm	53	39
15	67												
18	66						r-14cm						
19,5		45		55							r-14cm	69	44
20			70										
21,5	92												
22,5		49	79	68							r-1cm	80	69
25		52											
25,5			88	69								83	77
26	87												

Tabella 11-6 – Risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi aggiuntivi non strumentati (aprile 2019)

Profondità prova (m)	S16 (Nspt)	S17 (Nspt)	S18 (Nspt)	S20 (Nspt)	S21 (Nspt)	S22 (Nspt)	S23 (Nspt)	S24 (Nspt)	S25 (Nspt)	S26 (Nspt)	S27 (Nspt)
1,5	64	7	26	8	17	10	11		18	13	17
3	78							18			
4,5		37	22	36	21	12			10	20	39
4,9								26			
5,1							6				
7,5		32	44	31	22	32	10		12	25	22
8	29										
10			50								
10,5	36	34		35	26	31	33		13		
11,1											11
11,5										27	
13,5	59	44	44	29	35	39	25		14	81	22
16,5	48	44	39		39	34	45			r-10cm	25
19				37							
19,5	49				44	46	49		59		
20		52	60							87	43
22,5	52	60		43	45		58				56
23			39								
24						52					

Tabella 11-7 – Risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi con installazione di tubazioni piezometriche

Profondità prova (m)	S1 PZ_30 (Nspt)	S2 PZ_30 (Nspt)	S2 PZ_50 (Nspt)	S3 PZ_30 (Nspt)	S5 PZ_35 (Nspt)	S6 PZ_30 (Nspt)	S7 PZ_30 (Nspt)	S8 PZ_50 (Nspt)	S9 PZ_30 (Nspt)	S12 PZ_30 (Nspt)	S13 PZ_30 (Nspt)	S14 PZ_35 (Nspt)
1,5	12	23	25	10	17	21	14	21	16	14	12	10
4,5	14	34	12	16	25	25		23	14	13	28	18
5							16					
7,5	38		22	26	36	42			14	20	32	38
7,6							23					
8		44						75				
10				57								
10,5			21						50	40	40	46
11					45							
11,4		59				29						
11,9	28											
12,5			27									
13,5				52	50	33			92	50	50	47
14		65										
14,15	47											
16,5			30	61	57	39			r-7cm	59	56	55
17		55										
17,5	50											
18,5			47									
19,5					70	67			r-5cm		62	60
19,7				45								
19,8										65		
20	52	57										
21,5			35									
22										74		
22,5				58	77	75					70	83
23	91	66										
24,5			33									
25,5				64	72	80				79	77	83
26	95	77										

Tabella 11-8 - Ubicazione delle prove geofisiche effettuate

PROVA	Lunghezza	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota	Coordinate Gauss-Boaga	
	(m)			(m s.l.m.)	E	N
MASW 1	79	30	settembre-18	82	2643666,67	4487864,60
MASW 2	79	30	settembre-18	77	2644120,82	4487511,96
MASW 3	79	30	settembre-18	81	2644537,38	4487572,42
MASW 4	79	30	settembre-18	84	2644738,82	4487728,02
MASW 6		30	febbraio-19	95	2651895,017	4495259,144
MASW 1 + HVSR018			marzo-19	79	2133045,25	4513239,15
MASW 3 + HVSR019			Marzo-19	149	2138236,62	4518681,96
MASW4 + HVSR022			Marzo-19	135	2139241,64	4520409,75
MASW5 + HVSR020			Marzo-19	120	2139241,64	4520409,75

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	78 di 200

PROVA	Lunghezza	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota	Coordinate Gauss-Boaga	
	(m)			(m s.l.m.)	E	N
MASW6 + HVSR009			Marzo-19	95	2139872.34	4521637.81
MASW7 + HVSR023			Marzo-19	119	2139915.35	4521780.27
MASW8 + HVSR025			Marzo-19	124	2139997.70	4522197.45
MASW9 + HVSR029			Marzo-19	131	2140104.88	4522731.11
MASW10 + HVSR028			Marzo-19	143	2140227.93	4523923.82
MASW11 + HVSR029			Marzo-19	136	2140110.96	4524321.43
MASW12 + HVSR031			Marzo-19	157	2139857.40	4524848.21
MASW13 + HVSR032			Marzo-19	169	2139860.55	4525517.46
MASW14 + HVSR010			Marzo-19	173	2139999.24	4526164.83
MASW15 + HVSR033			Marzo-19	186	2140061.88	4526836.09
SRT 1	120	-	settembre-18		2643433,09	4488194,78
SRT 2	120	-	settembre-18		2644042,82	4487552,85
SRT 3	120	-	settembre-18		2644795,32	4487801,22
ERT 1	475	-	settembre-18		2643710,59	4487834,85
ERT 2	475	-	settembre-18		2644640,75	4487677,86
S_CH_VI01 pila 34		42	Marzo-19	84,304	2644812,56	4487742,95
S_CH_VI01 pila 36		42	Marzo-19	85.164	2644851,14	4487790,15
S_CH_VI07 pila 4		24	Marzo-19	131,204	2652205,21	4496300,48
S_CH_VI01 pila 34 distr.		42	Marzo-19	84,51	2644818,75	4487750,73
S_CH_VI01 pila 36 distr		42	Marzo-19	85,43	2644856,15	4487796,31
S_CH_VI07 pila 4 distr		24	Novembre-19	176,696	2644856,15	4487796,31
S_CH_VII1 pila 2		24	ottobre-18	176.856	2652333,08	4499782,71
S_CH_VII1 distr		24	Novembre-18	176,696	2652332,93	4499761,33
S_CH_VII2 pila 2		40	Novembre-18	182.936	2652426,08	4500405,6
S_CH_VII2 distr		40	Novembre-18	182,047	2652424,08	4500366,10
S1_DH_50		50	marzo-19	77.630	2644546,058	4487376,03
S3_DH_50		50	marzo-19	152,840	2650029,297	4492434,478
S4_DH_35		35	marzo-19	145.131	2650666,283	4493314,022
S4_DH_50		55	marzo-19	141.448	2651160,291	4493993,357
S5_DH_50		50	marzo-19	118.161	2651787,654	4494893,466
S6_DH_50		50	gennaio-18	112.911	2651907,04	4495261,19
S7_DH_50		50	gennaio-18	117.112	2651934,82	4495365,33
S8_DH_30		30	gennaio-18	133.275	2652214,28	4496390,35
S9_DH_50		50	gennaio-18	129.723	2652168,27	4496201,37
S10_DH_50		50	gennaio-18	140.949	2652407,08	4497498,66
S11_DH_50		50	gennaio-18	134.580	2652313,55	4497907,86
S14_DH_50		50	gennaio-18	178.185	2652318,2	4499747,28
S15_DH_30		30	gennaio-19	199,53	2652111,61	4501548,09
S15_DH_50		50	gennaio-18	184.260	2652435,91	4500407,93

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	79 di 200

PROVA	Lunghezza	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota	Coordinate Gauss-Boaga	
	(m)			(m s.l.m.)	E	N
S2+DH		50	settembre-18	79,68	2643977,21	4487501,85

Tabella 11-9 – Risultati delle Prove Pressiometriche eseguite nei fori di sondaggio

Sondaggio	Profondità	Litologia	Em (Mpa)	Em/P*L	Cu (kPa)
S_CH_VI11	7.2	Argilla	3.3	5.66	83
S_CH_VI12	6.8	Argilla	7.5	14.36	78
S1_DH_50	8.4	Argilla	18.7	11.42	189
S1_PZ_30	10.1	Ghiaia	5.7	6.12	
S2_PZ_30	7.6	Argilla	19.8	8.39	261
S2_PZ_50	9.1	Limo	9.1	10.57	111
S3_DH_50	8.5	Sabbia	6.6	11.85	
S3_PZ_30	7.2	Argilla	26.7	15.10	202
S4_DH_35	7.2	Argilla	12.3	19.17	86
S4_DH_50	9.7	Argilla	23.6	14.77	185
S5_DH_50	10.5	S,A	12.9	8.96	169
S5_PZ_30	7.15	Argilla	37.7	18.54	228
S6_PZ_30	7.20	Argilla	27.2	19.02	168
S8_DH_30	7.2	Argilla	10.4	7.33	167
S8_PZ_50	7.5	Argilla	33	5.29	648
S9_DH_50	7.2	Argilla	42.5	13.91	331
S9_PZ_30	7.2	Limo	10.3	10.55	123
S10_DH_50	7.2	Argilla	41	14.5	307
S12_PZ_30	7.2	Argilla	14.6	16.6	113
S12_PZ_30	19.4	Argilla	55.2	17.28	345
S13_PZ_30	7.2	Argilla	22.3	15.02	174
S14_DH_50	7.2	Argilla	7.2	5.22	162
S14_PZ_35	7.2	Argilla	20.5	7.79	288
S15_DH_30	7.2	Argilla	10.8	11.52	119
S15_DH_50	7.2	Argilla	7.6	5.89	155

Tabella 11-10 – Risultati delle Prove Dilatometriche eseguite nei fori di sondaggio

Sondaggio	Profondità	Materiale	EGm (Mpa)	E3 (MPa)
S_CH_VII1	22.5	Calcarenite	228	2.108
S_CH_VII2	34.5	Calcarenite	149	535
S5_DH_50	23.5	Calcilutite	494	5.631
S6_DH_50	3.1	Calcarenite	43	733
S6_DH_50	18.5	Calcilutite	511	2.659
S7_DH_50	9.5	Calcarenite	222	5.239
S7_DH_50	18.5	Calcilutite	657	8.610
S8_DH_30	24.5	Calcarenite	732	8.007
S8_PZ_50	12.5	Calcarenite	123	4.683
S8_PZ_50	20.5	Calcilutite	1.009	5.796
S9_DH_50	20.5	Calcarenite	1.445	5.197
S9_PZ_30	24.5	Calcarenite	285	791
S11_DH_50	6.5	Calcarenite	347	3.124
S11_DH_50	22.5	Calcilutite	1.952	5.545
S14_DH_50	43.5	Calcarenite	666	2.2
S15_DH_50	37.5	Calcarenite	533	3.674
SGALPZ135	108.5	Argillite	EGm =48 T3=39	135
SGALPZ135	119	Arg.deb marnosa	EGm=35 T3=51	100
SGALPZ135	125	Argilla marnosa	EGm=85 T3=139	282
S7_PZ_30	16.5	Calcarenite	EGm=159 T3=181	276

Tabella 11-11 – Parametri geomeccanici rilevati in corso di perforazione dei sondaggi all'interno del substrato roccioso

Sondaggio	Intervallo (m)	TCR %	SCR %	RQD %
S_CH_VI11	20-22	100		
	22-24	100	88	88
S_CH_VI12	35-36	100	100	100
	36-39	100	62	62
	39-40	100		
S5_DH_50	12-13,5	100	46	46
	13,5-15	100	26	26
	15-15,8	100	47	47
	15,8-17,4	100	56	56
	17,4-20	100	63	60
	20-22	100	85	85
	22-23,65	100	90	84
	23,65-25,9	100	58	45
	25,9-27,5	100	56	54
	27,5-30	100	78	66
	30-32,7	100	84	78
	32,7-35,5	100	64	60
	35,5-37,3	100	90	73
	37,3-40	100	100	97
	40-41	100	54	46
	41-43	100	47	40
	43-43,7	100	29	29
	43,7-45	100	59	36
	45-46,8	100	66	43
	46,8-47,5	100	40	33
47,5-47,8	100	6		
47,8-48,5	100			
48,5-49	100			
49-49,5	100			
49,5-50	100			
S7_DH_50	3,7-4,7	100	75	75
	4,7-5,6	100	100	100
	5,7-7	100	63	63

Sondaggio	Intervallo (m)	TCR %	SCR %	RQD %
	7-8,6	100	83	73
	8,6-11,1	100	100	100
	11,1-14	100	94	94
	14-14,5	100		
	14,5-15	100	76	76
	15-16			
	16-17,35	100	81	77
	17,35-18,5	100	100	100
	18,5-20,9	100	97	97
	20,9-24	100	92	92
	24-27	100	74	71
	27-30	100	100	92
	30-33	100	97	93
	33-36	100	84	79
	36-39	100	98	92
	39-41	100	55	53
	41-44	100	74	73
	44-45,2	100	73	73
	45,2-48	100	75	75
	48-50	100	72	72
S8_DH_30	20-21	100	100	100
	21-23,7	100	98	98
	23,7-25,4	100	97	93
	25,4-27	100	69	84
	27-30	100	80	80
S8_PZ_50	8,4-9,35	100	100	100
	9,35-11,75	100	69	62
	11,75-14,6	100	92	92
	14,6-16,5	100	85	83
	16,5-17,7	100	88	77

Sondaggio	Intervallo (m)	TCR %	SCR %	RQD %
	17,7-18,7	100	59	59
	18,7-21,6	100	76	71
	21,6-23	100	71	71
	23-25	100	94	92
	25-26,5	100	73	73
	26,5-28	100	91	91
	28-29,8	100	91	86
	29,8-30,35	100	89	73
	30,35-33,2	100	98	92
	33,2-36,1	100	100	97
	36,1-36,9	100	19	19
	36,9-40	100	98	90
	40-41	100		
S9_PZ_30	23-25	100	88	87
	25-26,7	100	88	88
	26,7-28,6	100	81	66
	28,6-30	100	64	55
S10_DH_50	7,7-10,45	100	83	83
	10,45-12,45	100	88	88
	12,45-15,5	100	93	93
	15,5-18,2	100	81	79
	18,2-20	100	63	63
	20-23	100	57	57
	23-23,8	100	41	41
	23,8-26	100	45	45
	26-27,4	100	92	86
	27,4-28,9	100	62	62
	28,9-30	100	91	78

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 84 di 200

11.2.4 Indagini eseguite per la progettazione della galleria di sfollamento

A supporto della progettazione della galleria di sfollamento e relative opere di imbocco sono state eseguiti:

- n. 1 sondaggi a carotaggio continuo attrezzato con tubazione inclinometrica;
- n. 1 sondaggio a distruzione di nucleo attrezzato a piezometro a tubo aperto;
- n. 4 stendimenti di sismica a rifrazione simici ortogonali;

In Tabella 11-12 si riportano i dettagli relativi ai sondaggi realizzati, in Tabella 11-13 i risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi ed in Tabella 11-14 i dettagli degli stendimenti sismici realizzati.

Tabella 11-12 - Ubicazione dei sondaggi effettuati (Italferr 2018-2019)

SONDAGGIO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate Gauss-Boaga	
				E	N
S_Gall_Pz135	135	marzo-19	84,304	2644812,561	4487742,955
S_Gall_IN_30	30	marzo-19	85,164	2644851,142	4487790,151

Tabella 11-13 – Risultati delle prove SPT realizzate nel sondaggio S_Gall_IN_30

Profondità prova	Nspt
3.0	15
6.0	14
9.0	30
12.0	27
15.0	31
18.0	38
21.0	42
24.0	40
27.0	41

Tabella 11-14 – Dettagli relativi agli stendimenti di sismica a rifrazione (Italferr 2019)

	Stesa L1+L4	Stesa L2+L3	Stesa L5	Stesa L6
Direzione	SSO-NNE	ONO-ESE	ESE-ONO	SSO-NNE
Lunghezza	300 m	220 m	135 m	200 m
Numero geofoni	64	47	31	43

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 85 di 200

11.2.5 Indagini eseguite per la viabilità di accesso della galleria di sfollamento

A supporto della progettazione della viabilità di accesso della galleria di sfollamento sono state eseguiti:

- n.2 sondaggi a carotaggio continuo attrezzati con piezometro a tubo aperto.

In Tabella 11-15 si riportano i dettagli relativi ai sondaggi realizzati, in Tabella 11-16 i risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi.

Tabella 11-15 – Ubicazione dei sondaggi effettuati (Italferr 2019)

SONDAGGIO	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate Gauss-Boaga	
				E	N
S1	30	giugno-19	178,108	2649592,155	4491125,225
S2	30	giugno-19	203,141	2648558,266	4490578,677

Tabella 11-16 – Risultati delle prove SPT realizzate nei sondaggi S1 ed S2

Profondità prova	Nspt S1	Nspt S2
3.0	20	29
6.0	29	28
8.8	-	20
9.0	25	-
12.0	-	28
12.4	23	-
15.0	-	31
15.5	30	-
18.0	28	23
21.0	-	31
24.0	32	33
27.0	36	-

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 86 di 200

12 POSSIBILE PRESENZA DI GAS

Le precedenti fasi progettuali, con particolare riferimento alla galleria Miglionico, indicavano la possibile presenza di gas naturale all'interno delle formazioni argillose. In particolare, la possibilità di rinvenire gas tossici ed esplosivi in galleria è stata data per certa già durante gli studi e gli approfondimenti svolti per la redazione del progetto esecutivo Matefer del 1985, (cfr. documento “Nota preliminare per la scelta del tracciato definitivo”).

Del resto l'esecuzione di perforazioni per la realizzazione delle due campagne geognostiche 1985 ed i lavori di scavo della galleria hanno confermato l'ipotesi “presenza gas” attraverso effettive emissioni che attualmente perdurano in galleria. La zona attraversata dall'opera in sottterraneo ricade infatti in un'area caratterizzata da importanti giacimenti di olio e gas.

Nell'Avanfossa Bradanica, colmata di sedimenti legati allo smantellamento dei rilievi in emersione, il volume maggiore del suo riempimento è costituito da flysch miocenici delle successioni appenniniche, scollati dal loro substrato e sovrascorsi sull'avanfossa durante il Pliocene. Questo fenomeno dà luogo ad una tematica mineraria particolare, i principali giacimenti scoperti contengono:

- gas in livelli sabbiosi pliocenici sigillati da flysch miocenici sovrascorsi nell'avanfossa (Capello – S. Salvo, Pisticci);
- gas e/o olio in alti morfologici strutturali del substrato calcareo (Capello – S. Salvo, Pisticci, Ferrandina – Grottolle).

Il gas quasi sicuramente è di origine biogenica dai sedimenti di avanfossa, mentre l'olio deriva, probabilmente, da rocce madri mesozoiche non ancora definite.

Come evidenziato nel P.E. Matefer si ricorda che l'esecuzione di diversi pozzi esplorativi nell'area, da parte di alcune società come la Soc. Ricerche Petroliere e Agip M. ha condotto alla localizzazione di importanti giacimenti di olio e gas:

- pozzo “Ferrandina”, realizzato tra il 1958 e l'inizio dell'anno successivo dall'AGIP M. primo ritrovamento di metano nella zona;
- pozzi "Pisticci 1 - 2", individuazione di giacimenti di olio e gas, con i gas ubicati sia all'interno delle intercalazioni permeabili sabbiose della serie pliocenico-aternaria che alla sommità della formazione calcarea che ne forma il substrato, mentre l'olio esclusivamente nella formazione calcarea;
- pozzo “Pomarico”, modesti risultati minerari;
- pozzi “Nova Siri ScaIo” e “Rotondella 3” nei pressi di Pisticci, ritrovamento di forti quantità di gas nei livelli sabbiosi delle argille sub appennine.

Le trappole dei sedimenti pliocenico - quaternari che contengono idrocarburi sono del tipo: strutturale “anticlinale”; stratigrafico (Ienti); misto (strati sabbiosi in monoclinale chiusi verso l'alto da barriere impermeabili).

Dunque anche nella presente fase progettuale sono state eseguite misure in fase di perforazione dei sondaggi, per rilevare l'eventuale presenza di sacche di gas all'interno dei sedimenti. In Tabella 12-1 sui riportano dunque i sondaggi ove sono state eseguite le misure ed i risultati delle misure stesse.

Tabella 12-1 – Concentrazioni di gas rilevate da boccaforo durante la perforazione dei sondaggi geognostici

Sondaggio	Tipo di gas	Concentrazione (ppm)	Profondità (m da p.c.)	Formazione
S_CH_VI01_Pila34	CO	20	25.0	Argille subappennine
	CO	193	37.0	Argille subappennine
	CO	130	38.0	Argille subappennine
	CO	13	39.0	Argille subappennine
S_CH_VI 01_Pila 36	CO	1	33.0	Argille subappennine
S_Gall_PZ_135	CO	7	95.20	Argille subappennine
	CO	32	106.70	Argille subappennine
	CO	18	109.60	Argille subappennine
	CO	28	115.50	Argille subappennine
	CO	18	118.60	Argille subappennine
	CO	66	131.0	Argille subappennine
S1_DH_50	-	-	-	-

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	88 di 200

S1_PZ_30	CO	21	20.0	Argille subappennine
	CO	3	21.0	Argille subappennine
S2_PZ_30	CO	5	20.4	Argille subappennine
	CO	4	38.0	Argille subappennine
S3_DH_50	CO	14	3.0	Riporti
S3_PZ_30	CO	13	10.0	Argille subappennine
	CO	91	27.0	Argille subappennine

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 89 di 200

13 RILIEVO GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICO DI CAMPO

A supporto delle informazioni bibliografiche e della documentazione progettuale disponibile, è stato eseguito un rilievo di campo allo scopo di verificare i principali aspetti geologici dell'area di interesse ed individuare l'attuale stato degli elementi geomorfologici che insistono lungo la tratta, fonti di potenziale criticità per le opere in progetto. In particolare il rilievo si è concentrato sulle aree ove sono presenti gli imbocchi della galleria Miglionico (lato Ferrandina e lato Matera), sull'area ove è prevista la realizzazione di una galleria di servizio (lato Miglionico), sulle aree ove la linea ferroviaria attraversa la rete idrografica principale (in cui sono state precedentemente realizzate travate metalliche e ove è in progetto al realizzazione di un ulteriore viadotto sul fiume Basento).

Con l'obiettivo di eseguire un monitoraggio delle suddette aree di interesse, a dicembre 2020 è stato eseguito un sopralluogo con rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio degli stop geologici già rilevati nel 2019, che ha fornito ulteriori importanti elementi per la classificazione dei processi geomorfologici che possono interferire con le opere esistenti o in progetto.

Nel presente paragrafo, dunque, si riportano le evidenze emerse durante il rilievo di campo, con relativa documentazione fotografica e stralci cartografici.

Il paragrafo in particolare viene suddiviso in:

- Imbocco lato Ferrandina;
- Imbocco lato Matera;
- Imbocco della galleria di servizio lato Miglionico (al quale sarà dedicato il capitolo 14);
- Viabilità di collegamento tra la galleria di servizio e l'imbocco lato Matera;
- Travate metalliche.

Le evidenze emerse dal rilievo sono state riportate in cartografia tematica dedicata, oltre ad essere state caratterizzate con l'ausilio di sezioni geologico-geomorfologiche trasversali redatte sulla base delle indagini a disposizione.

Il tracciato oggetto del presente lavoro, come già descritto, attraversa la dorsale di Miglionico tramite l'omonima galleria. Tale area risulta quella maggiormente interessata da elementi geomorfologici potenzialmente fonti di criticità (si veda nel dettaglio il paragrafo **Error! No se encuentra el origen de la referencia.** in merito alle criticità geomorfologiche ed al rilievo di campo eseguito).

In particolare, l'imbocco della galleria dal lato di Ferrandina si trova ai piedi di un versante relativamente acclive che si affaccia sulla pianura alluvionale del Fiume Basento, creando un dislivello complessivo di circa 350 m. L'area di rilievo si sviluppa tra quote comprese fra 85 e 200 m s.l.m.. L'imbocco lato Matera si trova ad una quota di circa 175 m s.l.m., ed è sovrastato da un rilievo poco acclive la cui quota massima, all'interno dell'area di rilievo, non supera i 220 m s.l.m.. Tale rilievo è delimitato ad Ovest dal Rio Conche e ad Est da una vallecchia sul cui fondo scorre un corso d'acqua effimero.

13.1 IMBOCCO LATO FERRANDINA

L'area dell'imbocco della galleria, sul lato Ferrandina, è situato in prossimità del passaggio tra i depositi alluvionali olocenici del Fiume Basento e le argille Subappenniniche componenti la dorsale di Miglionico. Esso si trova, in particolare, ai piedi di un versante relativamente acclive che si affaccia sulla pianura alluvionale del Fiume Basento, creando un dislivello complessivo di circa 350 m. L'area di rilievo varia dunque da una quota di circa 85 m s.l.m. fino ad una quota massima di quasi 200 m s.l.m..

In tale area sono stati effettuati 3 stop geologici principali, grazie ai quali è stata evidenziata la presenza di numerose forme di erosione che coinvolgono l'area dell'imbocco della galleria. Il monitoraggio degli stessi stop geologici eseguito a dicembre 2020, inoltre, ha permesso di riclassificare accuratamente le forme geomorfologiche già rilevate nel 2019.

13.1.1 Punto di stazione 1

Il punto di rilievo viene individuato in **Figura 13-1** (Stop 1).

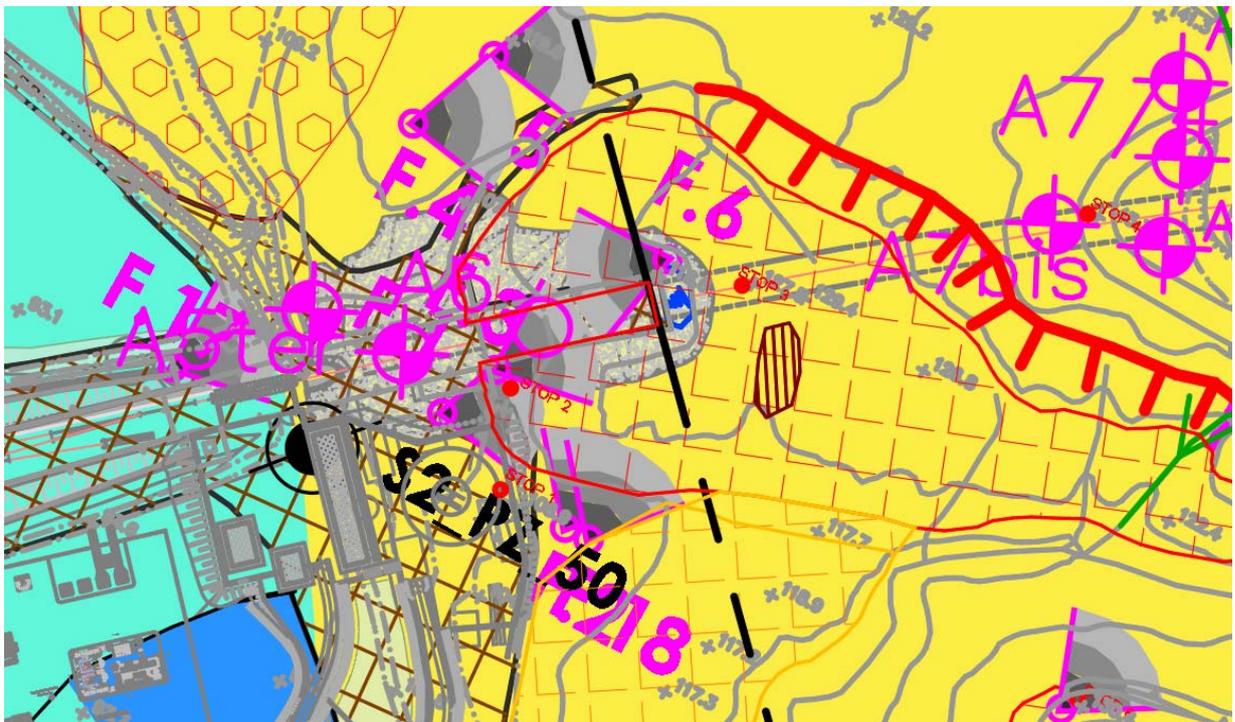


Figura 13-1 – Stralcio ubicazione punto di stazione (1 in rosso)

a. Dati generali:

Affioramento presente lungo la scarpata a lato dell'imbocco della galleria, l'estensione dell'affioramento è di circa 30 m di lunghezza per 4 m di altezza.

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

L'affioramento è composto dalle Argille Subappennine (Qa) (Figura 13-2): si tratta di Argille limose e limi argillosi, debolmente sabbiosi, con una componente marnosa, di colore grigiastro. Sono presenti rari ciottoli di diametro da 3 mm a 5 cm, sia carbonatici che silicei e rari frammenti di fossili marini. Si osservano concrezioni carbonatiche biancastre e bande di alterazione che determinano variazioni cromatiche tendenti al giallo.

c. Caratteristiche strutturali:

Non è osservabile una stratificazione evidente, la scarpata risulta infatti fortemente rimaneggiata dall'erosione superficiale.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>91 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	91 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	91 di 200								

d. Caratteristiche geomorfologiche:

L'area si inserisce in un contesto di deformazione gravitativa che determina l'innescarsi di una serie di processi secondari riscontrabili sull'affioramento: è possibile osservare diverse cavità fusoidali verticali, caratterizzate da lunghezze di circa 40 cm e larghezze di pochi centimetri (Figura 13-3). Tale elemento si realizza in seguito a processi gravitativi che determinano l'impostarsi di fratture. Queste cavità vengono poi approfondite e ingrandite dallo scorrere dell'acqua durante gli eventi piovosi lungo le linee preferenziali. La superficie dell'affioramento è caratterizzato da diffusi solchi di ruscellamento che, talvolta, vengono interrotti dalle sopraccitate cavità fusoidali, le quali incanalano l'acqua di scorrimento superficiale.

Infine, alla base della scarpata, è possibile osservare una cavità che probabilmente, durante intensi eventi precipitativi, raccoglie le acque di ruscellamento provenienti dalla scarpata (Figura 13-4).

e. Caratteristiche idrogeologiche:

La permeabilità dell'area di affioramento, intuibile dall'osservazione dei materiali argillosi presenti, è definibile come bassa permeabilità primaria. La presenza dei suddetti processi, di erosione ipogea e di erosione alla base dell'affioramento, suggeriscono invece la presenza di un reticolo di circolazione idrica interno all'affioramento che ne conferiscono una permeabilità secondaria.



Figura 13-2 - Vista generale dell'affioramento (F.1)



Figura 13-3 – Cavità Fusoidale (F.2)



Figura 13-4 - Particolare dell'affioramento

13.1.2 Punto di stazione 2

Il punto di rilievo viene individuato in Figura 13-5 (Stop 2).

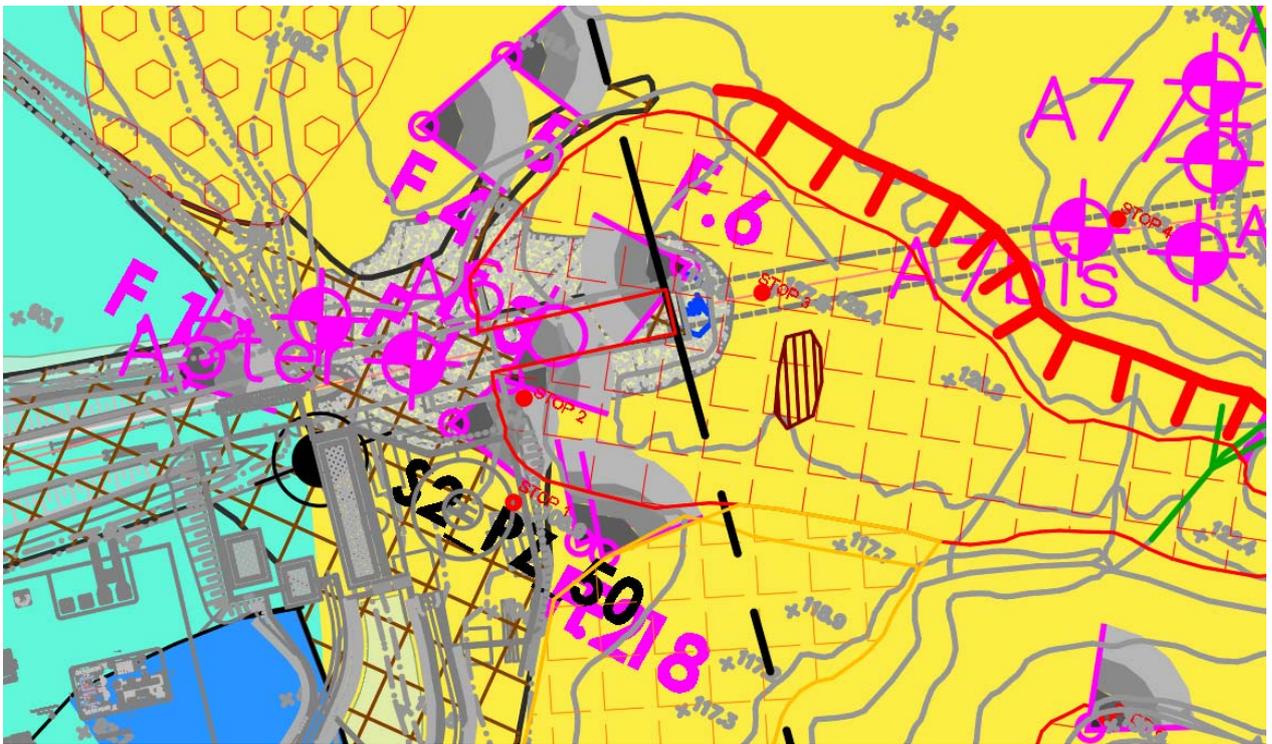


Figura 13-5 – Stralcio ubicazione del punto di stazione (2 in rosso)

a. Dati generali:

Il punto di stazione (Figura 13-5) è ubicato all'interno della vallecchia che costeggia il lato orografico destro dell'imbocco della galleria.

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

Anche in questa vallecchia affiorano le Argille Subappennine (Qa) (Figura 13-6): si tratta di Argille limose e limi argillosi, debolmente sabbiosi, con una componente marnosa, di colore grigiastro, con rari ciottoli eterometrici.

c. Caratteristiche strutturali:

Le argille presenti hanno un aspetto massivo e risultano fortemente vegetate, non si è pertanto potuto osservare lamine o strati su cui rilevare la giacitura di strato.

d. Caratteristiche geomorfologiche:

La vallecchia presenta differenti caratteristiche lungo i due versanti. Il versante orografico destro non presenta particolari forme di erosione o presenza di fenomeni gravitativi; esso è composto interamente da Argille Subappennine. Il lato del versante orografico sinistro presenta alcune forme di erosione causate dal drenaggio superficiale delle acque meteoriche.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 94 di 200

e. Caratteristiche idrogeologiche:

L'erosione concentrata in rivoli dimostra che si ha una bassa permeabilità primaria, in accordo con il tipo di sedimenti argillosi presenti. Una maggiore permeabilità di tipo secondario può essere dovuta alla presenza di fratture, le quali permettendo l'infiltrazione al di sotto delle coltri superficiali possono causare erosione sotterranea e conseguente sprofondamento degli strati più superficiali (Figura 13-7).



Figura 13-6 - Affioramento di Argille Subappennine (F.4)



Figura 13-7 - Sprofondamento del terreno causato dalla circolazione idrica sotterranea (F.5)

13.1.3 Punto di stazione 3

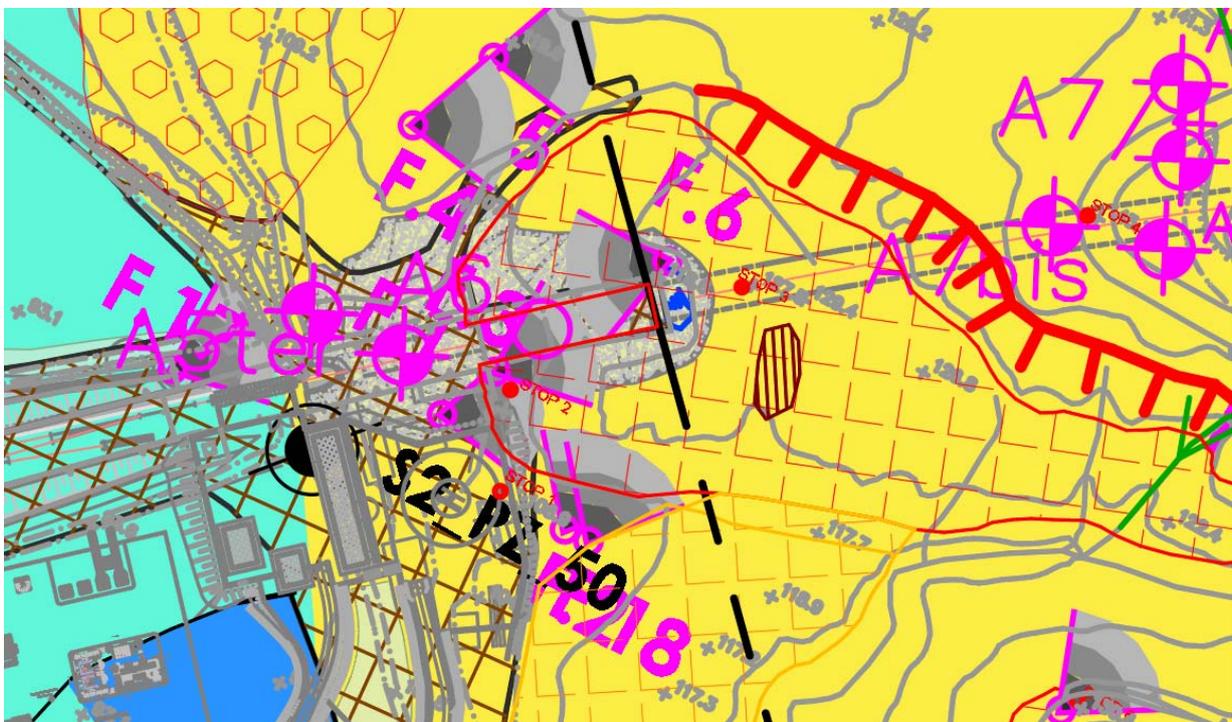


Figura 13-8 - Stralcio ubicazione punto di stazione (3 in rosso)

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<p>COMMESSA IA5F</p>	<p>LOTTO 01 D 69</p>	<p>CODIFICA RG</p>	<p>DOCUMENTO GE 0001 001</p>	<p>REV. B</p>	<p>FOGLIO 96 di 200</p>

a. Dati generali:

Il punto di stazione (Figura 13-8) si trova sul versante sovrastante l'imbocco della galleria, sulla scarpata di scavo dell'imbocco.

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

Nell'affioramento emergono le Argille Subappennine (Qa): si tratta di Argille limose e limi argillosi, debolmente sabbiosi, con una componente marnosa, di colore grigiastro.

c. Caratteristiche strutturali:

Le argille hanno un aspetto massivo, non si è pertanto potuto osservare lamine o strati su cui rilevare la giacitura di strato.

d. Caratteristiche geomorfologiche:

Il punto di stazione si trova sulla scarpata antropica derivante dallo scavo dell'imbocco della galleria (Figura 13-9).

Sono ben osservabili fenomeni di erosione da ruscellamento superficiale e fenomeni di circolazione idrica sotterranea che ha portato alla formazione di inghiottitoi.

e. Caratteristiche idrogeologiche:

Data la frazione granulometrica dei sedimenti si stima una permeabilità primaria bassa. E' però quantomeno verosimile la presenza di una rete di circolazione sotterranea che comporta una permeabilità secondaria medio alta. Con evidenze di infiltrazione sotterranea della acque di ruscellamento ed erosione che i taluni punti comporta lo sprofondamento delle coltri superficiali (Figura 13-10).



Figura 13-9 - Scarpata sovrastante l'imbocco lato Matera. Visibili in primo piano solchi da ruscellamento (F.3).



Figura 13-10 – Inghiottoio causato dall'infiltrazione delle acque superficiali (F.15).



Figura 13-11 – Inghiottitoio causato dall’infiltrazione delle acque superficiali.

13.1.4 Punto di stazione 4

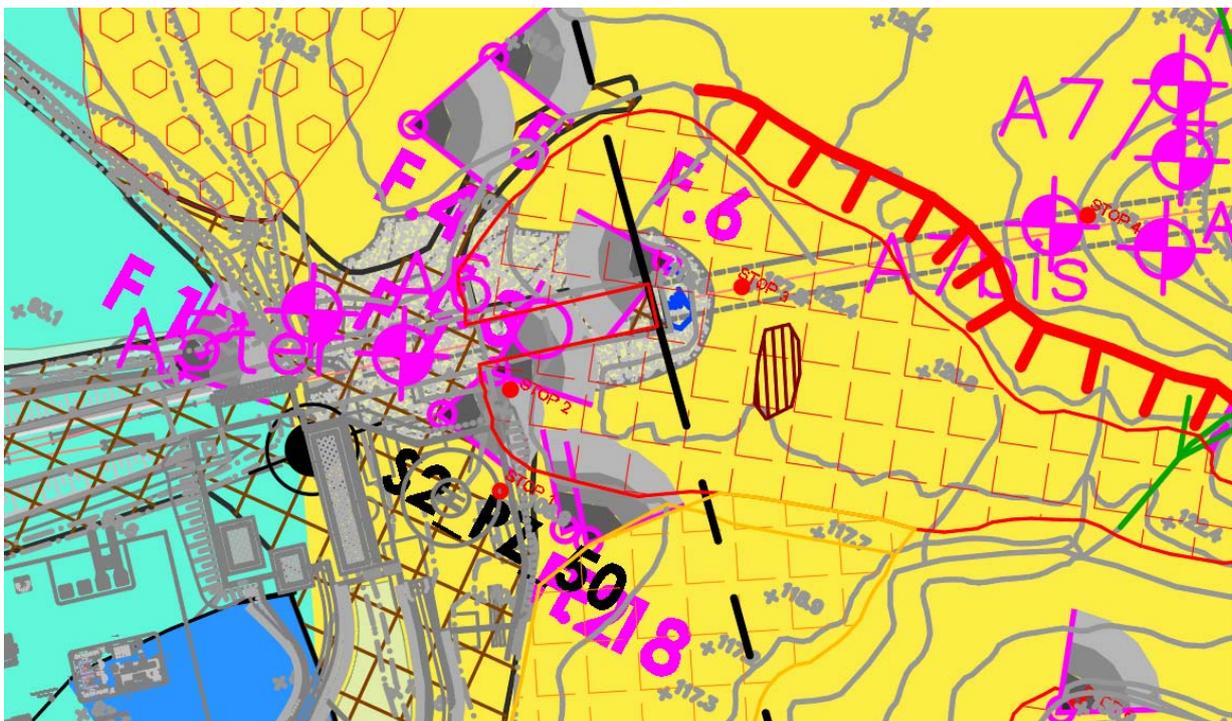


Figura 13-12 - Stralcio ubicazione punto di stazione (4 in rosso)

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>99 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	99 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	99 di 200								

a. Dati generali:

Il punto di stazione (Figura 13-12) è posto presso il tornante della strada a monte dell'imbocco della galleria, ove è possibile osservare, ad una scala più ampia, l'area oggetto del rilievo.

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

In alcuni punti, non coperti dalla coltre colluviale, è possibile osservare le Argille Subappennine. Si tratta di argille, argille marnose e marne argillose, di colore grigio azzurro, giallastro nelle fasce più alterate, con rari ciottoli eterometrici.

c. Caratteristiche strutturali:

Le argille hanno aspetto massivo, pertanto non è stato possibile rilevare alcuna giacitura.

d. Caratteristiche geomorfologiche:

L'area sovrastante l'imbocco della galleria risulta, morfologicamente, accidentata essendo presenti numerosi avvallamenti e rilievi di dimensioni modeste. Risulta piuttosto denso il reticolo di drenaggio. Si osserva in particolare, al bordo della strada, la formazione di una cavità che si presume continui al di sotto del ciglio stradale.

e. Caratteristiche idrogeologiche:

Si tratta di sedimenti con bassa permeabilità primaria data la granulometria fine, come si osserva anche dalla densità del drenaggio. Una permeabilità maggiore si può avere nelle fratture presenti.



Figura 13-13 – Pendio che degrada verso la piana alluvionale di Ferrandina. E' visibile la morfologia irregolare che caratterizza il versante.



Figura 13-14 - Particolare di sottoescavazione del muro di contenimento stradale.

13.1.5 Punto di stazione 5

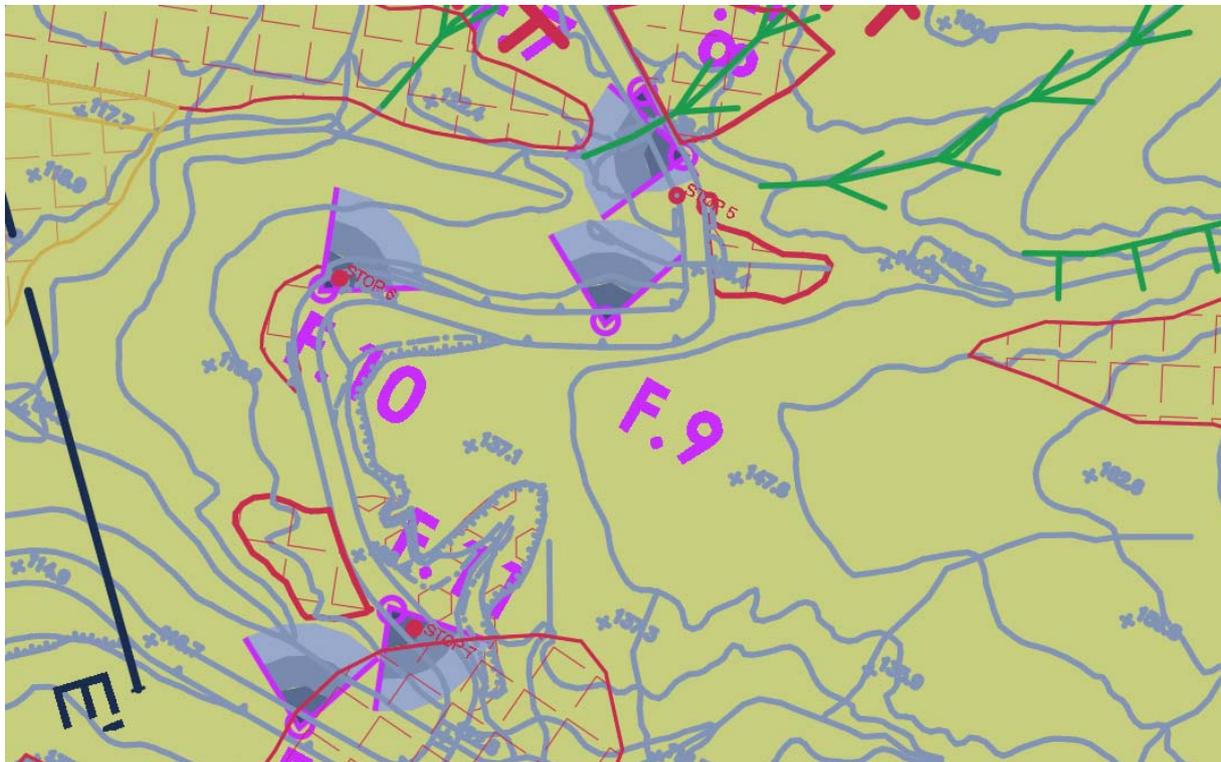


Figura 13-15 - Stralcio ubicazione punto di stazione (5 in rosso)

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 101 di 200

a. Dati generali:

Punto di stazione (Figura 13-15) in corrispondenza di una serie di inghiottitoi di notevoli dimensioni lungo il tratto stradale, in direzione SE.

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

Si osservano le Argille Subappennine, all'interno di una frana in evoluzione. I sedimenti sono di colore variabile, dal grigio al bruno al giallastro, a seconda dello stato di alterazione. Si tratta di argille ed argille limose, talora debolmente sabbiose.

c. Caratteristiche strutturali:

In questo caso le argille mostrano un aspetto totalmente massivo ed è impossibile osservarne lamine o strati e definirne la giacitura.

d. Caratteristiche geomorfologiche:

Siamo in presenza di due grosse cavità ipogee (Figura 13-16) con diametri compresi tra 40 e 80 cm. Queste dimensioni sono probabilmente dovute alla morfologia del versante che, originariamente, era sub orizzontale favorendo un accumulo maggiore di acqua piovana e quindi una maggiore circolazione all'interno delle fratture verticali.

e. Caratteristiche idrogeologiche:

La permeabilità secondaria, per la presenza delle cavità sopracitate, è da considerarsi medio alta.



Figura 13-16 - Imbocco della cavità ipogea (F.7)

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	102 di 200



Figura 13-17 - Particolare dell'affioramento (F.8)

13.1.6 Punto di stazione 6

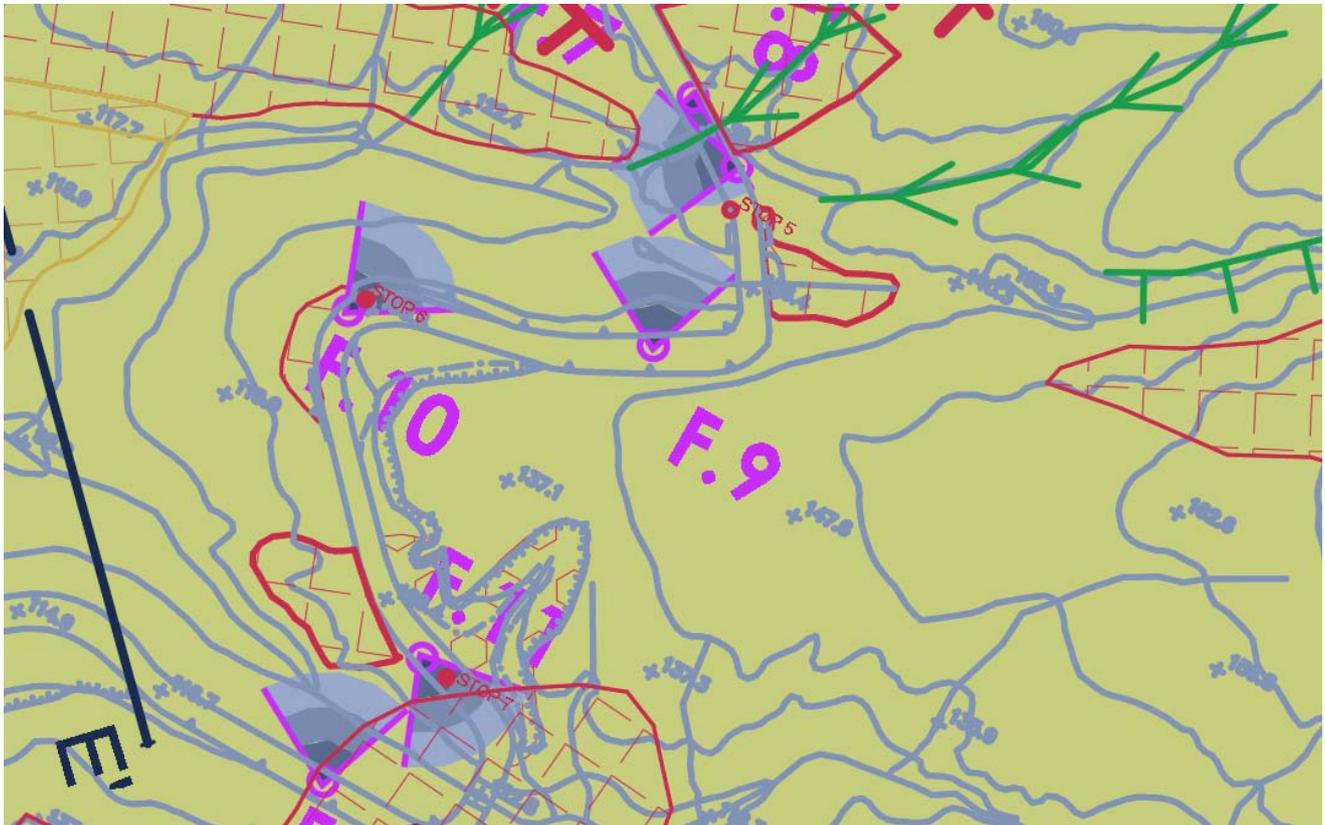


Figura 13-18 - Stralcio ubicazione punto di stazione (6 in rosso)

a. Dati generali:

Punto di stazione (Figura 13-18) in prossimità di una vallecchia mediamente profonda e posto dal lato opposto rispetto a un affioramento calanchivo in evoluzione lungo circa 30 metri e alto 6.

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

L'affioramento è composto dalle Argille Subappennine, si tratta di argille limose e limi argillosi, debolmente sabbiosi, marnosi di colore grigiastro, con rari ciottoli e frammenti di fossili marini. E' presente una variazione litologica costituita da un livello a granulometria più grossolana di sabbie fini. Non è possibile seguire tale livello con continuità nell'affioramento.

c. Caratteristiche strutturali:

Non state riscontrate alcune forme strutturali.

d. Caratteristiche geomorfologiche:

Da questo punto di stazione è possibile osservare come i fenomeni erosivi e gravitativi agiscano sulle argille subappennine. L'affioramento presenta una zona non coperta dai depositi colluviali, quindi esposta all'azione dell'acqua, in evidente stato di erosione, mentre spostandosi leggermente verso il basso si osserva un pinnacolo con

una nicchia di distacco (evidenziato in rosso in



Figura 13-19) da cui si è originata una piccola frana. Sui lati di questo pinnacolo è possibile vedere delle fratture verticali che suggeriscono come il fenomeno non sia ancora terminato.

e. Caratteristiche idrogeologiche:

Generalmente l'area in questione è interessata dalla sola permeabilità primaria, la quale, dato il tipo di materiale, rimane molto bassa. Non si escludono però delle fratture di piccole dimensioni che vanno a creare una permeabilità secondaria. Non si è osservata la presenza né di acqua né di una via di scorrimento preferenziale.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	105 di 200



Figura 13-19 - Vista dell'affioramento in questione (cerchio rosso) dal punto di stationamento (F.9)

13.1.7 *Punto di stazione 7*

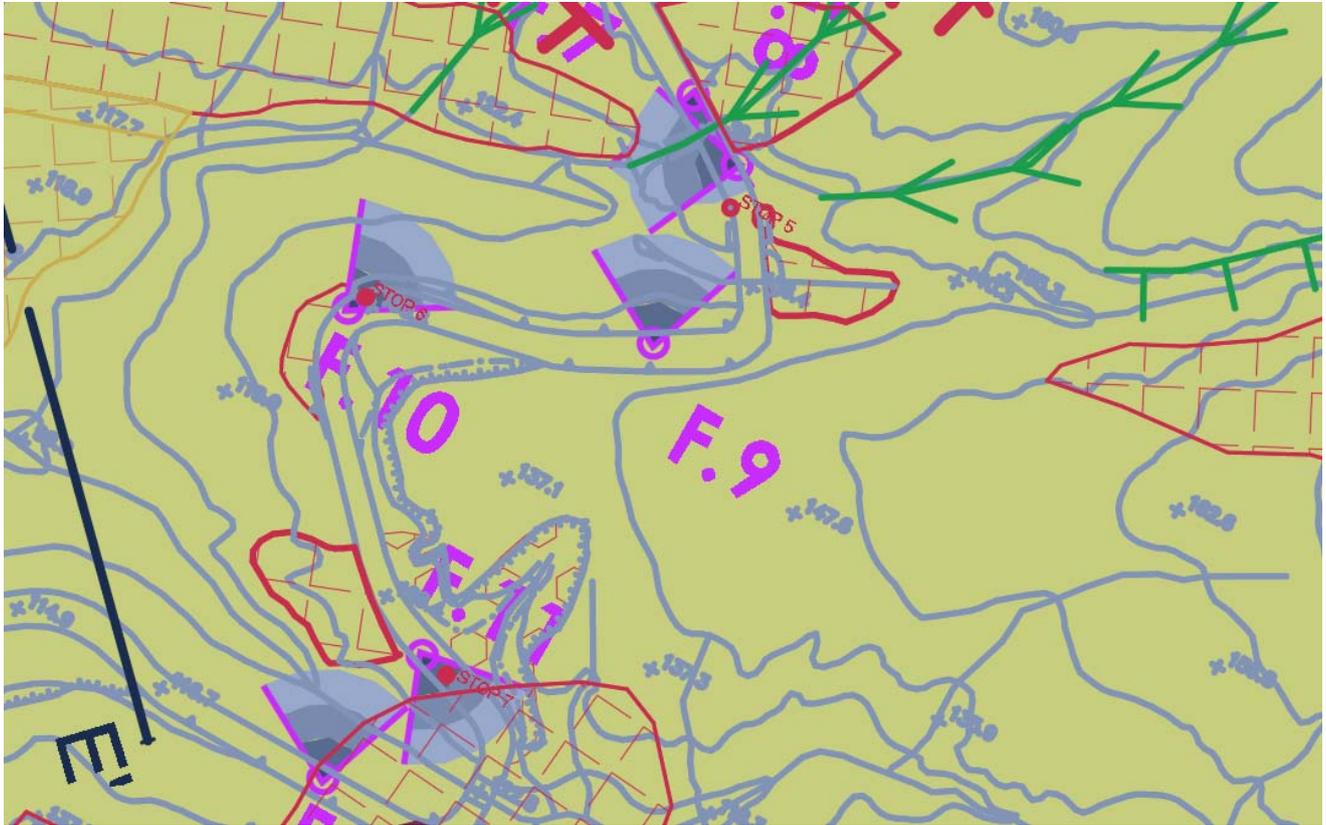


Figura 13-20 - Stralcio ubicazione punto di stazionamento (7 in rosso)

a. Dati generali:

Il punto di stazionamento 7 (Figura 13-20) si trova all'interno di una incisione valliva posta in destra orografica rispetto l'imbocco della galleria.

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

L'area in osservazione risulta essere totalmente ricoperta da deposito colluviale, ma in alcune zone affiorano piccoli depositi di Argille Subappennine, costituite da argille marnose e marne argillose, di colore grigio azzurro e giallastro nelle zone di alterazione.

c. Caratteristiche strutturali:

Data la forte presenza di copertura colluviale non è stato possibile osservare particolari strutture.

d. Caratteristiche geomorfologiche:

L'aspetto geomorfologico preponderante di quest'area è la forma a V creata dalla presenza di un corso d'acqua, regimato da un briglia a gabbionate, alta circa 3 metri e lunga 8, attualmente in stato di usura. A monte di questa briglia è possibile osservare una grossa cavità ipogea (Figura 13-21) da cui fuoriesce l'acqua di raccolta delle fratture superficiali all'interno delle argille Subappennine.

e. Caratteristiche idrogeologiche:

La presenza di una briglia (Figura 13-22) in stato di cedimento suggerisce come, in caso di forti piogge, la portata di questo corso d'acqua cresca di molto in tempi ristretti.



Figura 13-21 - Vista dell'imbocco di cavità ipogea (F.14)



Figura 13-22 - Particolare della briglia (F.16)

13.1.8 *Monitoraggio eseguito a dicembre 2020*

Il rilevamento eseguito a dicembre 2020 si è focalizzato sul monitoraggio degli stop 1, 2, 3, 4, ubicati nelle immediate vicinanze dell'imbocco della galleria e della sovrastante opera di stabilizzazione. In tale occasione si sono potute rilevare evidenti forme associabili a processi di instabilità attivi e quiescenti, cartografate così come riportato nella carta geologica e caratterizzate con la sezione geologico-geomorfologica E-E', trasversale all'asse ferroviario (si riporta uno stralcio in figura 13-23). Tali processi d'instabilità sono stati evidenziati per la presenza di fessure trasversali al corpo di frana, talora anche molto evidenti (Figura 13-24), tralicci dei servizi caduti con riparazione recente dei cavi, evidenti scarpate di frana con segnali di movimento recenti.

La sezione E-E', ricostruita sfruttando la buona esposizione della frana, evidenzia che la presunta superficie di scivolamento interessa la struttura sovrastante l'imbocco della galleria. Tale opera si è probabilmente resa necessaria nel momento in cui sono stati avviati gli scavi per la costruzione dell'imbocco, per stabilizzare il corpo di frana, classificabile come di tipo complesso, associando un movimento di scivolamento rotazionale al colamento/reptazione, tipico delle argille subappennine, che si osserva in tutta la dorsale. La porzione sud del corpo di frana è stata classificata come quiescente, visto che attualmente non ci sono le condizioni perché possa essere interessata da movimenti significativi per mancanza di pendenza.



IMBOCCO LATO
FERRANDINA

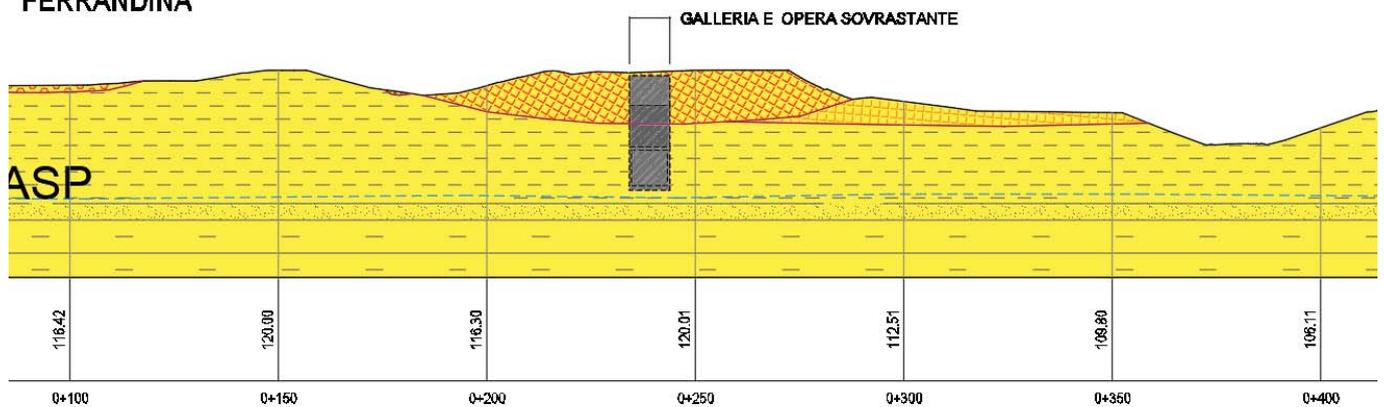


Figura 13-23 – Stralcio delle carta geologica e sezione in corrispondenza dell'imbocco della galleria lato Ferrandina.



Figura 13-24 – Fessure trasversali di distensione osservate in corrispondenza degli stop 1, 2 e 3.



Figura 13-25 – Scarpate di frana con evidenti segnali di recente movimento.

13.2 IMBOCCO LATO MATERA

13.2.1 Punto di stazione 1

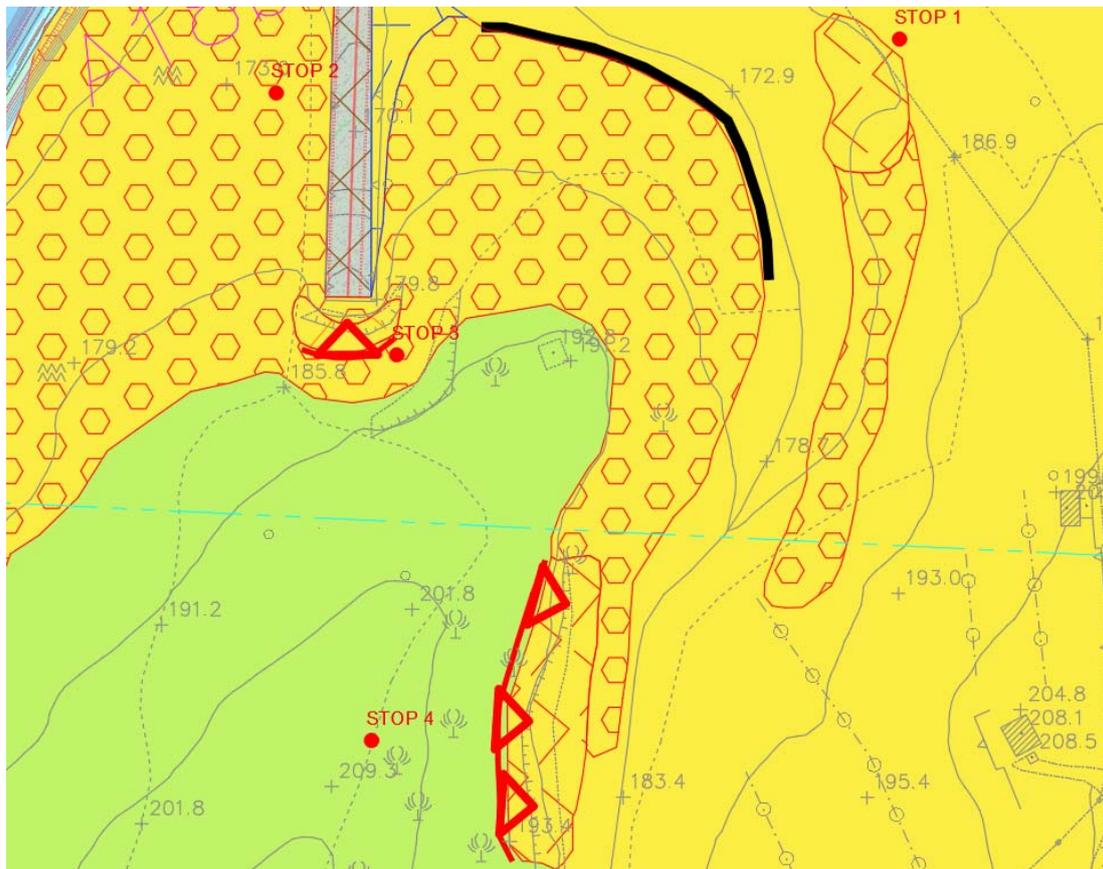


Figura 13-26 – Stralcio della carta geologica con ubicazione dello Stop 1 di rilievo.

a. Dati generali:

Affioramento presente lungo la scarpata, situato ad Est rispetto all'imbocco Matera (Figura 13-276). Le dimensioni totali della scarpata sono di circa 5 m di altezza per 15 m di lunghezza, mentre l'affioramento è caratterizzato da un'altezza di circa 2 m e da una lunghezza di 6 m.



Figura 13-27 - Scarpata ad Est dell'imbocco Matera (F.2)

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

L'affioramento è costituito dalla formazione delle Argille Subappennine (ASP) completamente caoticizzate, le quali non presentano una stratificazione riconoscibile in affioramento a causa dei movimenti franosi che la coinvolgono in questo punto.

c. Caratteristiche strutturali:

Non identificabili.

d. Caratteristiche geomorfologiche:

Dal punto di vista geomorfologico si rileva la presenza di una piccola scarpata che definisce, parzialmente, la nicchia di distacco di una frana di scivolamento di dimensioni ridotte, accumulatasi sul fondovalle. Al piede della scarpata è

presente l'accumulo terminale del corpo di frana con dimensioni di circa 10 per 20 m, la quale porta con sé anche alcuni arbusti.

e. Caratteristiche idrogeologiche:

Si tratta di depositi a granulometria molto fine con occasionali ciottoli arrotondati di dimensioni centimetriche, probabilmente derivanti da attività antropica di rimobilizzazione del detrito fluviale del fondo della valle principale. Nel complesso questi depositi sono caratterizzati da una permeabilità molto bassa ed al momento dell'osservazione essi non sono risultati saturi. Dal punto di stazione 1 è stata scattata la foto riportata in Figura 13-28, che ha permesso di identificare diverse condizioni geomorfologiche, successivamente confermate da un sopralluogo diretto sul versante Est della collina, entro il quale è stato realizzato l'imbocco Matera. Queste condizioni sono legate a:

- Cerchio azzurro in Figura 13-28: presenza di una scarpata di frana di dimensioni maggiori di quella descritta al punto di stazione 1 (di almeno 20 m di lunghezza e 6 m di altezza) che ha determinato un accumulo di frana al piede di dimensioni confrontabili.
- Cerchio verde e cerchio rosso in Figura 13-28: presenza di una zona di rimobilizzazione della copertura eluvio-colluviale, che determina la formazione di accumuli a metà versante ed una morfologia a piccoli dossi caotici alla base. Il cerchio rosso evidenzia i piccoli accumuli al disopra di una gabbionata antropica di contenimento.

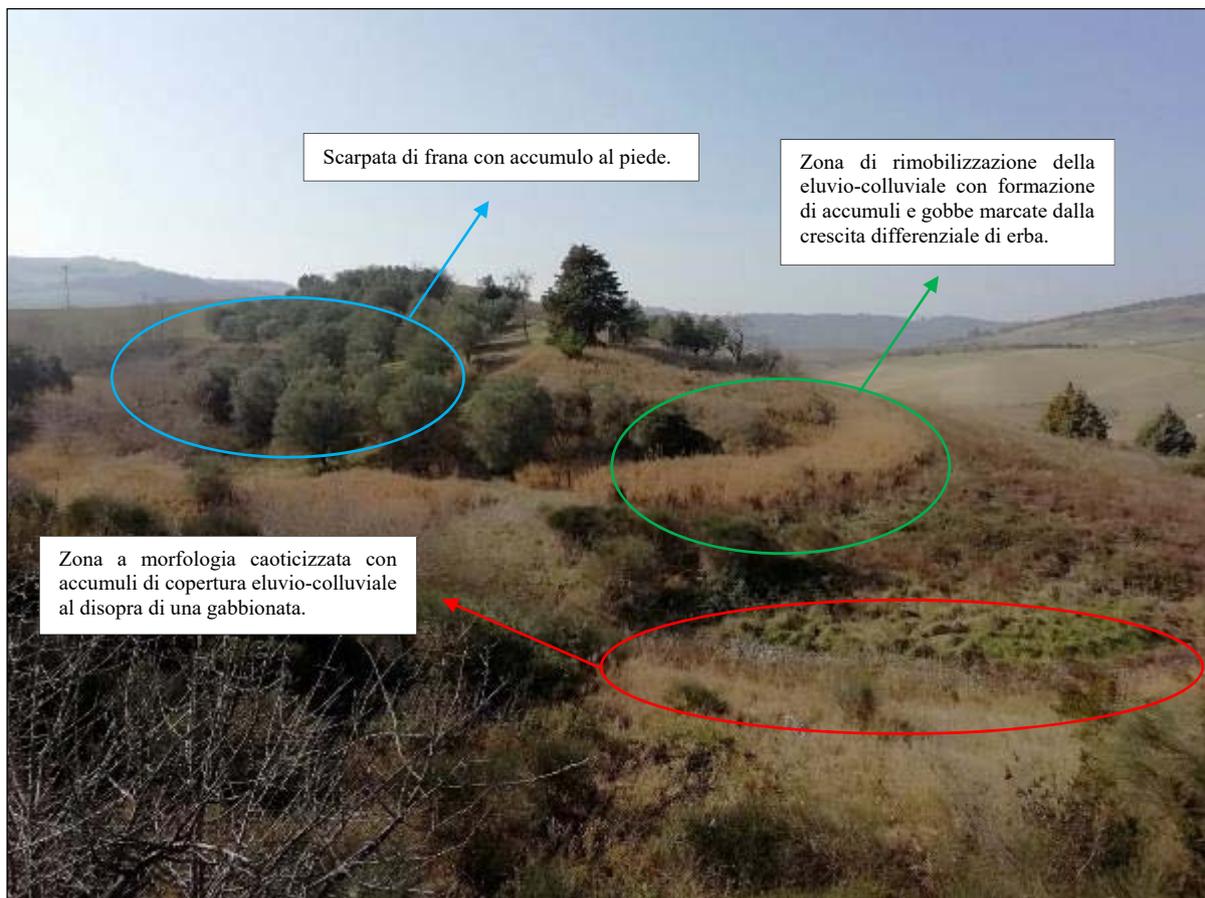


Figura 13-28 - Vista del versante orientale della collina entro la quale è stato realizzato l'imbocco lato Matera della Galleria Miglionico (F.1)

13.2.2 Punto di stazione 2

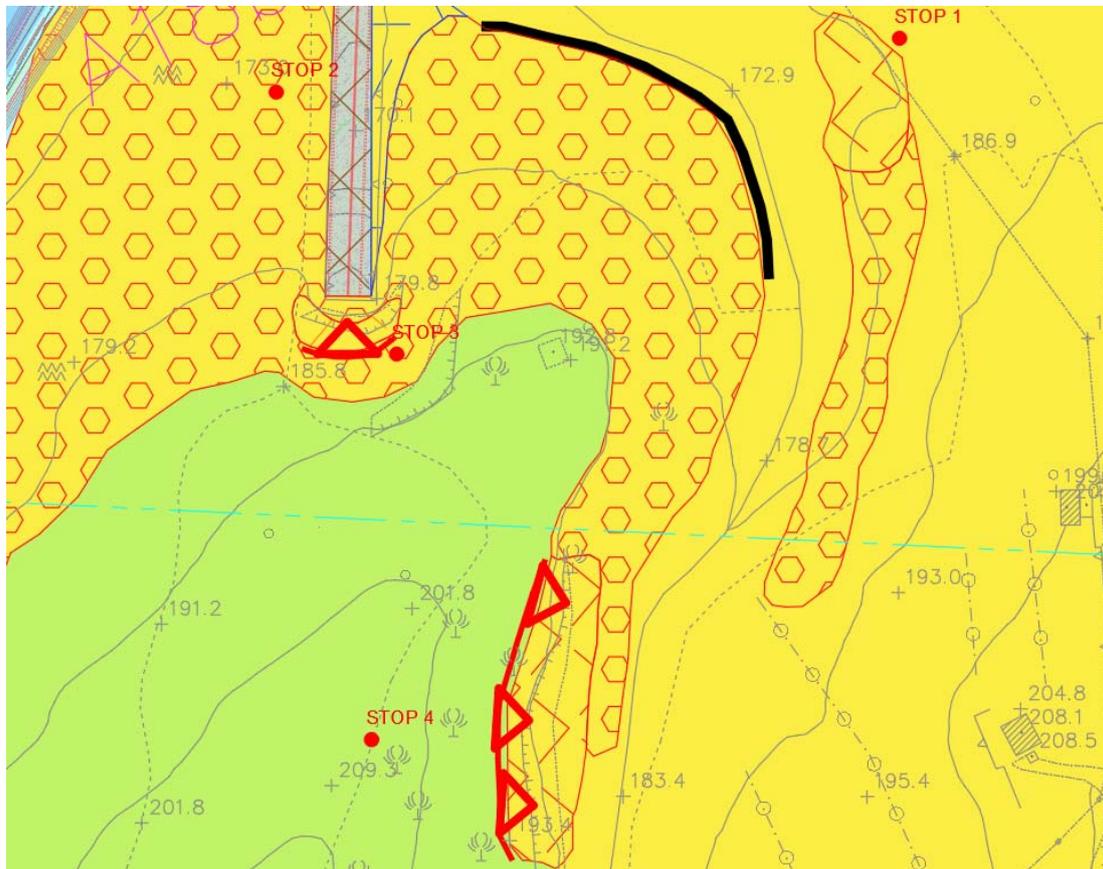


Figura 13-29 - Stralcio della carta geologica con ubicazione dello Stop 2 di rilievo.

a. Dati generali:

Questa zona è caratterizzata da colamento della coltre eluvio-colluviale superficiale risultante nell'erosione dei terreni alle spalle dei muri di sostegno dell'imbocco, lato Matera, della Galleria Miglionico (Figura 13-30) e dell'abbattimento della recinzione di protezione all'opera stessa (Figura 13-30 e Figura 13-3031). Le foto sono state scattate nella stessa posizione.



Figura 13-30 e Figura 13-31 - A sinistra erosione della spalla dell'opera con rimozione di materiale eluvio-colluviale e a destra recinzione di protezione abbattuta con accumulo di materiale in piccoli dossi (F.3).

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

Nella zona sono presenti coltri eluvio-colluviali completamente vegetate.

c. Caratteristiche strutturali:

Non identificabili.

d. Caratteristiche geomorfologiche:

Dal punto di vista geomorfologico si identificano forme legate a rimobilitazione gravitativa di coltri eluvio-colluviali.

e. Caratteristiche idrogeologiche:

Non identificabili

13.2.3 Punto di stazione 3

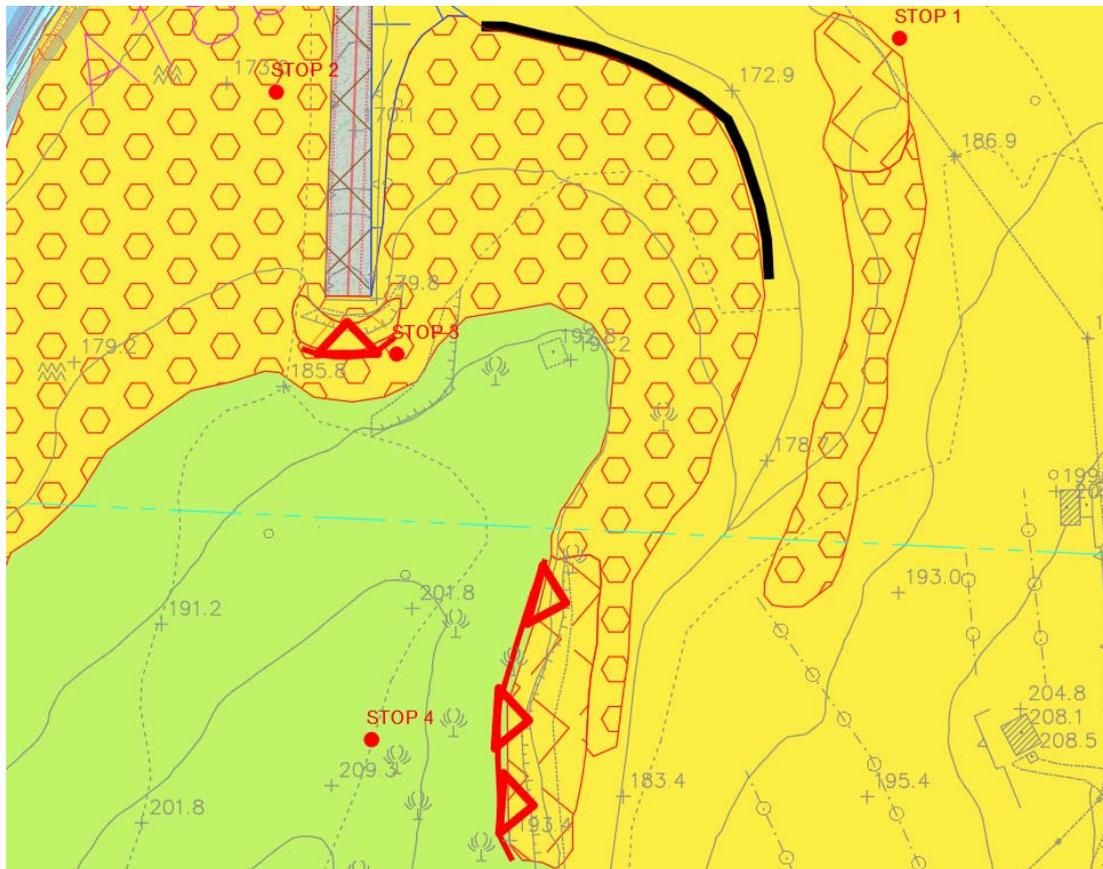


Figura 13-32 - Stralcio della carta geologica con ubicazione dello Stop 3 di rilievo.

a. Dati generali:

Quest'area è caratterizzata dalla presenza di una frana definita prevalentemente da scivolamento planare di blocchi di circa 3-4 m di lunghezza per mezzo metro di spessore, i quali sono raramente tendono a ribaltare verso l'opera di rinforzo superiore dell'imbocco Matera (e lo fanno solo se trattenuti da radici). Nella Figura 13-334 è mostrata la scarpata di frana attiva, mentre nella Figura 13-33 si può osservare un blocco trattenuto da radici di ulivo che si sta distaccando dalla scarpata.



Figura 13-33 e Figura 13-34 - A sinistra blocco in distacco dalla scarpata di frana trattenuto da un albero di ulivo, a destra scarpata di frana attiva al disopra dell'Imbocco Matera.

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

Nella zona sono presenti coltri eluvio-colluviali completamente vegetate, formazione di Argille Subappennine (ASP) e depositi alluvionali terrazzati appartenenti ai depositi terrazzati di quota elevata (at1).

c. Caratteristiche strutturali:

Non identificabili.

d. Caratteristiche geomorfologiche:

Dal punto di vista geomorfologico si identificano forme legate a rimobilizzazione gravitativa di coltri eluvio-colluviali e di depositi alluvionali terrazzati, particolarmente soggetti a franamenti di questo tipo come evidenziato da due distinti casi di questo tipo su due dei 3 versanti della collina.

e. Caratteristiche idrogeologiche:

Il deposito alluvionale che costituisce il colle consiste in un conglomerato a matrice sabbiosa che presenta quindi una permeabilità mediamente elevata.

13.2.4 Punto di stazione 4

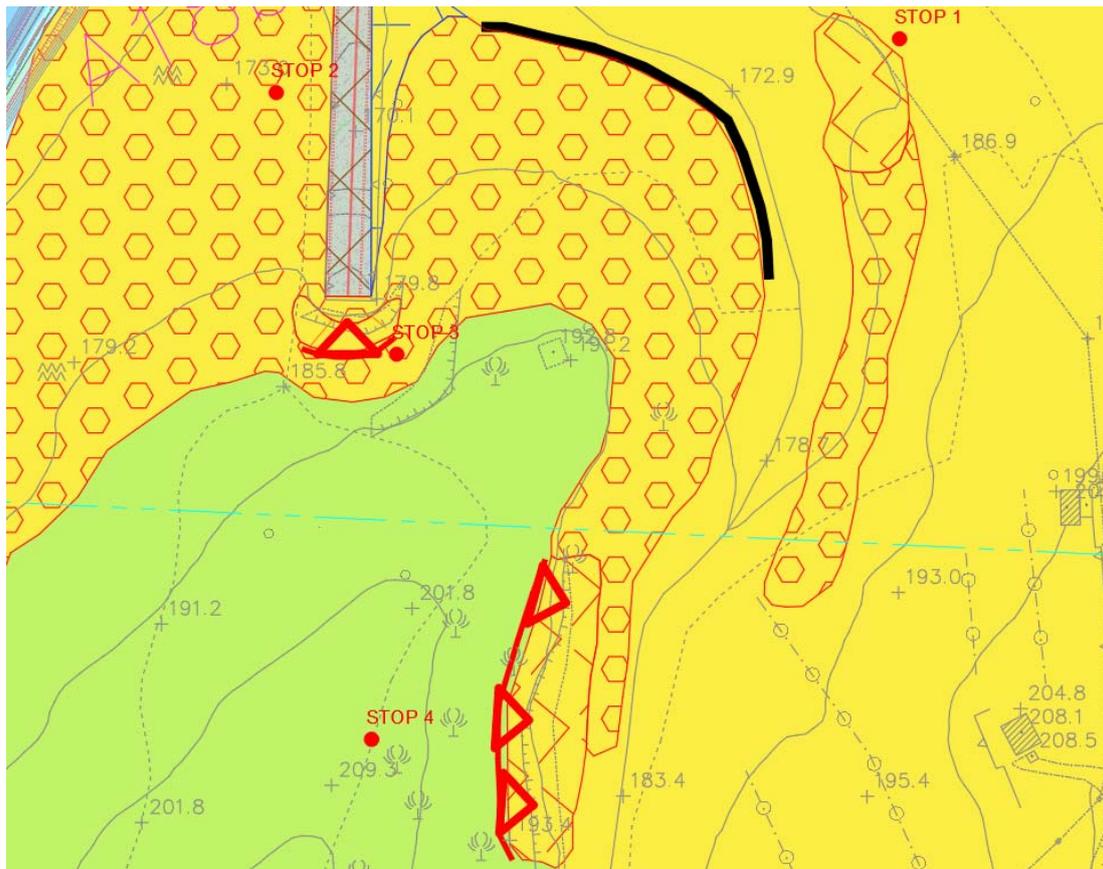


Figura 13-35 - Stralcio della carta geologica con ubicazione dello Stop 4 di rilievo.

a. Dati generali:

Questo stop è stato effettuato in corrispondenza del punto topograficamente più elevato, immediatamente al di sopra dell'imbocco Matera della Galleria Miglionico (versante Nord). In particolare, in quest'area, si identifica una grande scarpata di frana attiva, identificata in lontananza in Figura 13-28 (evidenziata in azzurro). Il movimento è impostato all'interno dei depositi alluvionali terrazzati, indicati in carta come depositi terrazzati di quota elevata (at1).

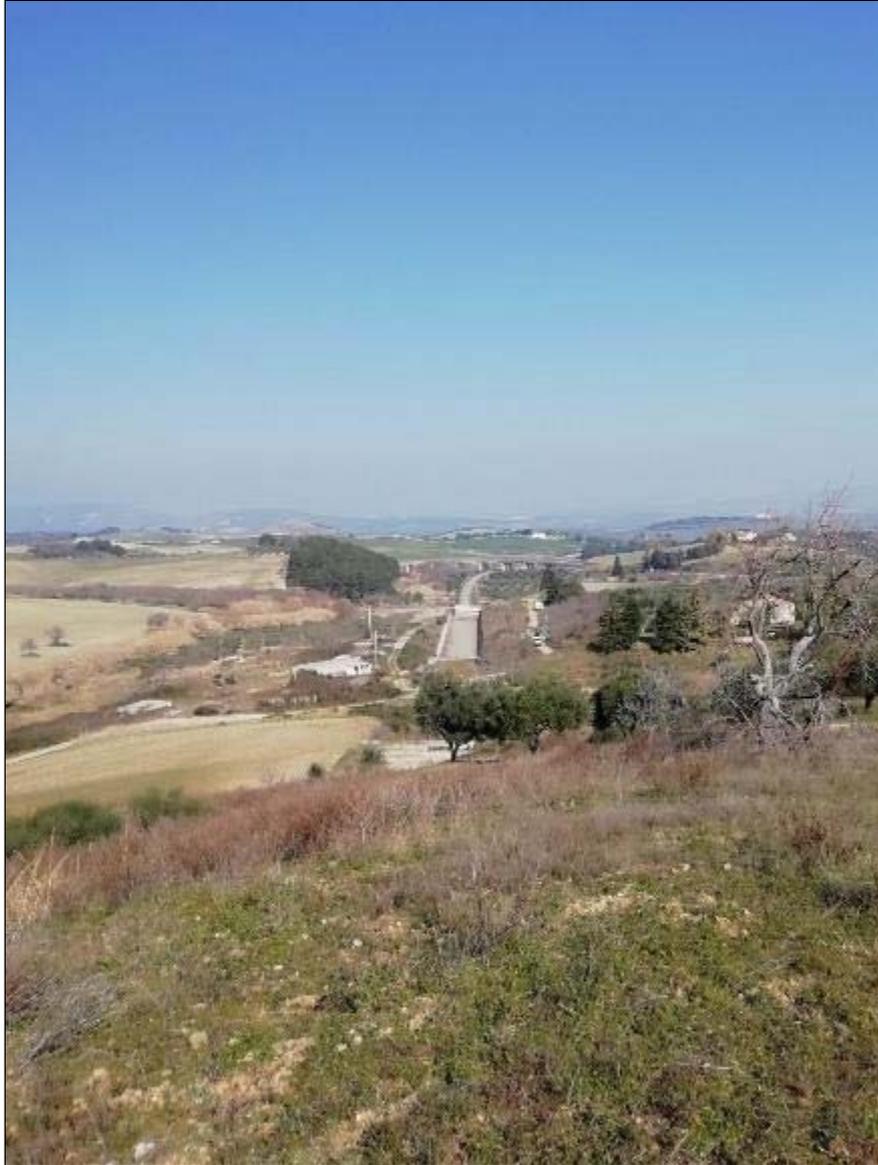


Figura 13-36 - Cima del colle in cui si inserisce la Galleria Miglionico, si possono osservare i ciottoli appartenenti al deposito terrazzato facente parte dei depositi terrazzati di quota elevata (at1).

b. Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:

Nella zona sono presenti depositi alluvionali terrazzati appartenenti ai depositi terrazzati di quota elevata (at1).

c. Caratteristiche strutturali:

Non identificabili.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>120 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	120 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	120 di 200								

d. Caratteristiche geomorfologiche:

Dal punto di vista geomorfologico si identificano forme legate a franamenti attivi di tipo complesso che vanno ad originare una scarpata di frana di dimensioni di circa 20 m di altezza e 10 m di lunghezza nel versante Est del colle, formato da deposito alluvionale. Al piede di questa scarpata si accumula gran parte del materiale, il quale è stato però presumibilmente rielaborato (almeno in parte) dal torrente a valle.

e. Caratteristiche idrogeologiche:

Il deposito alluvionale che costituisce il colle consiste in un conglomerato a matrice sabbiosa che presenta, quindi, una permeabilità mediamente elevata.

13.2.5 Sezione geologico-geomorfologica D-D'

Per una adeguata rappresentazione delle instabilità che interessano l'area dell'imbocco è stata redatta una sezione sull'imbocco della galleria, con direzione trasversale all'asse ferroviario. Tale sezione è contenuta nell'elaborato IA5F01D69F6GE0001012A.

L'analisi della sezione non evidenzia particolari criticità di tipo geomorfologico.

13.3 VIABILITÀ DI COLLEGAMENTO TRA FINESTRA MIGLIONICO E IMBOCCO LATO MATERA

Il tracciato della viabilità di collegamento è stato quasi totalmente impostato sul fondovalle, sfruttando il tracciato di una strada a sterro già esistente.

Lungo il tracciato dell'opera è stata rilevata una frana che, alla luce del monitoraggio eseguito a dicembre 2020, risulta interferire, seppur marginalmente, con la strada in progetto. Per un'adeguata caratterizzazione di tale criticità, si è realizzata una sezione geologico-geomorfologica (sezione C-C'), della quale si riporta uno stralcio in figura 13.37

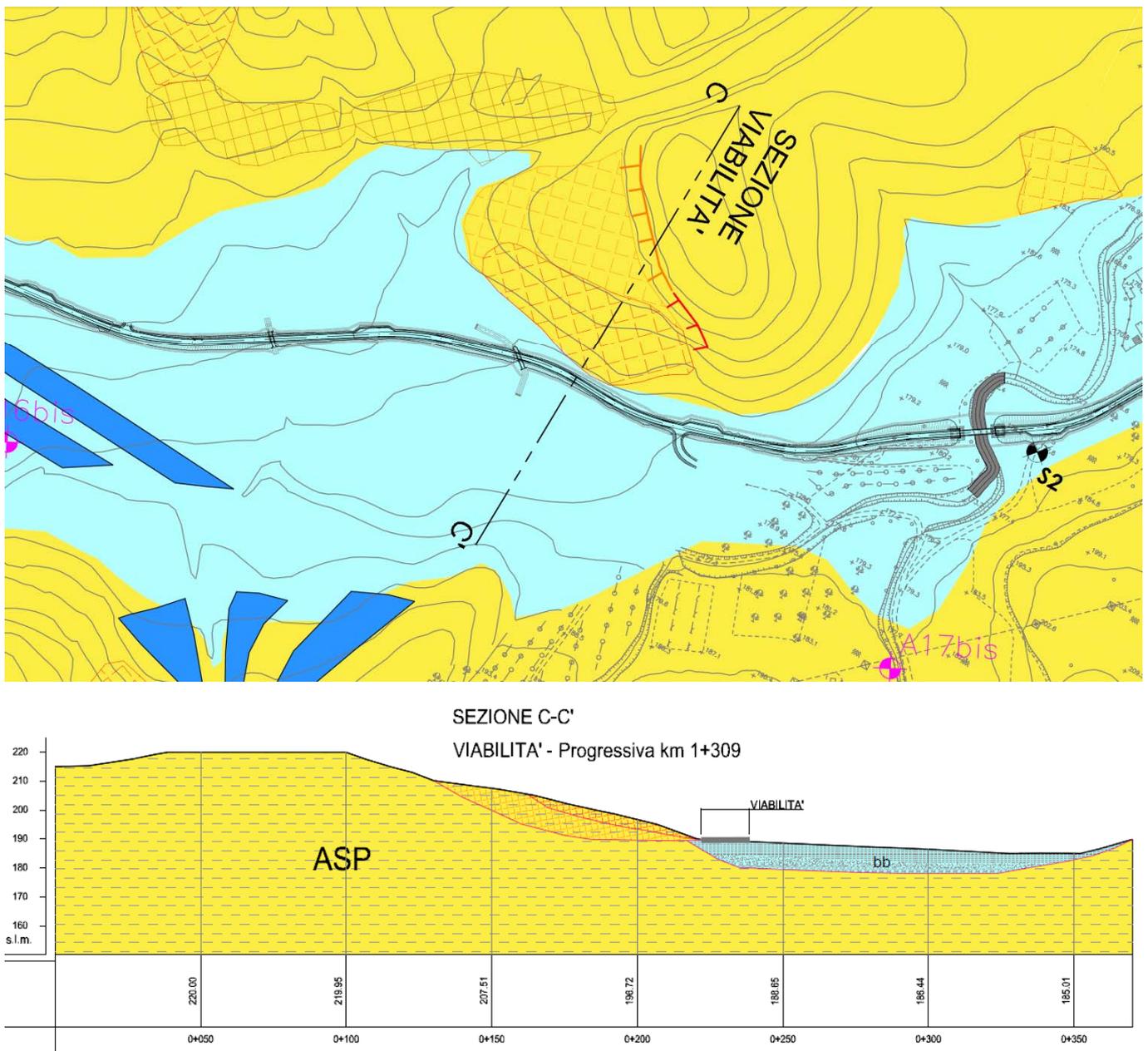


Figura 13-37 – Stralcio della carta geologica e della sezione C-C'.

La sezione geologico-geomorfologica è stata redatta sulla base del rilevamento geomorfologico di dettaglio eseguito a dicembre 2020.

La instabilità è testimoniata dalla presenza di una evidente scarpata di frana (Figura 13-38) che è anche stata oggetto di verifica per mezzo di foto satellitari, per la classificazione dello stato di attività e relativo movimento. In Figura 13-38 si osserva una panoramica del corpo di frana, con la porzione attiva e quella quiescente. La porzione nord del movimento franoso, infatti, può essere considerato quiescente per la sua momentanea stabilizzazione, dovuta a mancanza di pendenza e per la presenza di un deposito alluvionale che ha stabilizzato il piede.

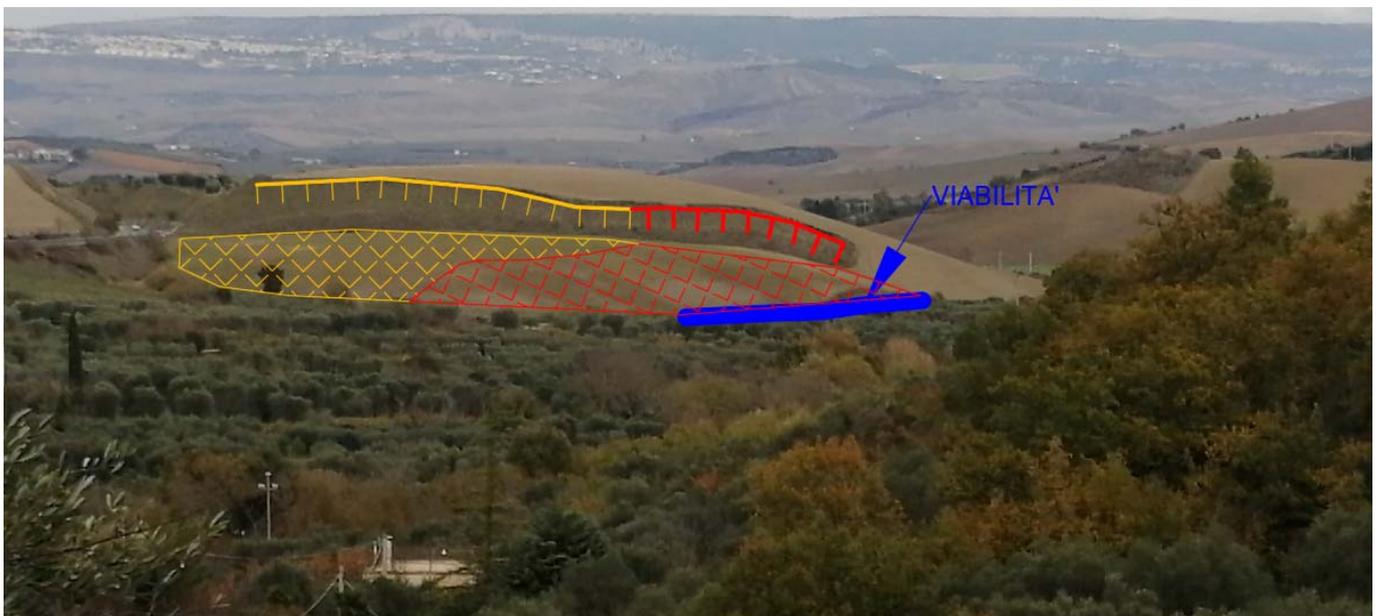


Figura 13-38 – Rappresentazione fotografica della frana osservata a contatto con la viabilità.

La porzione con movimento attivo, invece, è quella che arriva a lambire il percorso della viabilità, così come si mostra in sezione C-C' e in Figura 13-39/40. L'attività di tale movimento è anche confermata dalla presenza di un'opera di stabilizzazione artigianale danneggiata, posizionata a protezione di una precedente viabilità che, per tale motivo, è stata ora abbandonata, spostando il tracciato della strada a sterro più a ridosso dell'alveo fluviale.

Il corpo di frana potrebbe anche essere più profondo rispetto a quello rappresentato in sezione C-C' ma, alla luce delle evidenze attuali, quello ancora attivo si può considerare in scivolamento di tipo complesso a livello del piano stradale.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	123 di 200



Figura 13-39 – Posizione della viabilità rispetto al corpo di frana.

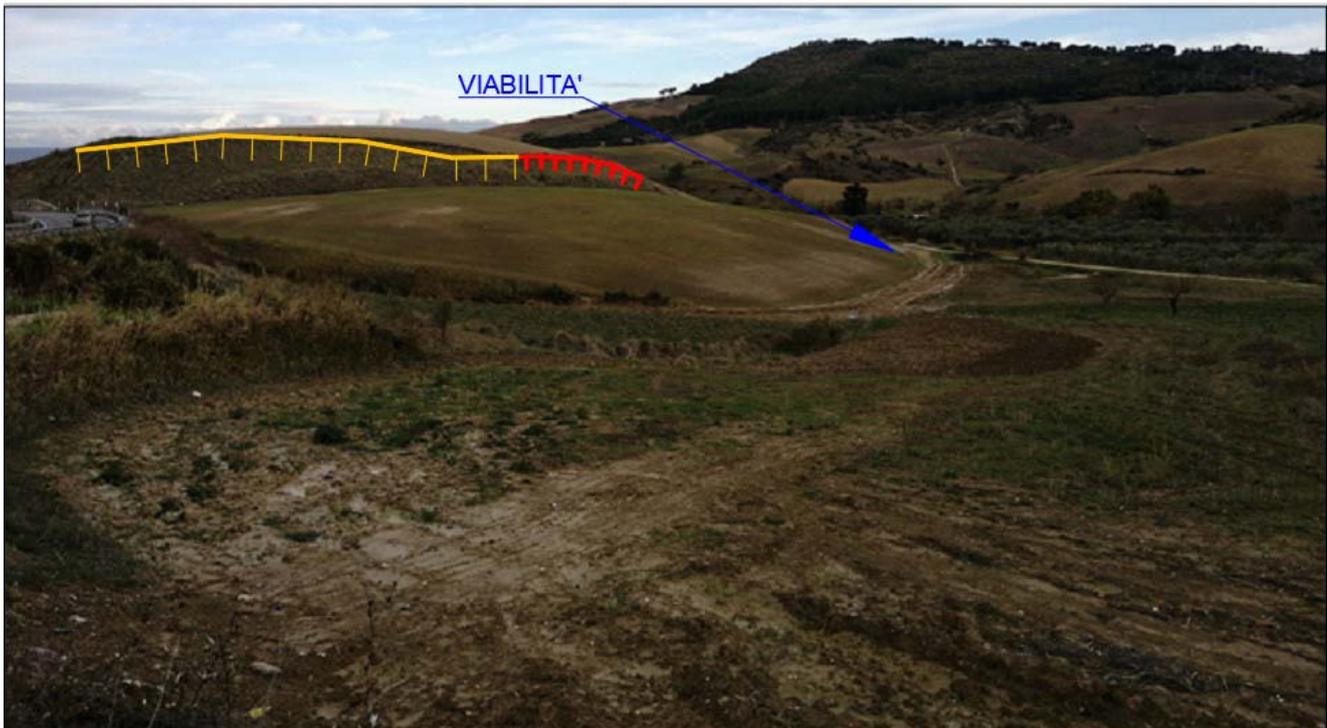


Figura 13-40 – Posizione della viabilità rispetto al corpo di frana.

13.4 TRAVATE METALLICHE

Lungo la linea sono presenti due travate metalliche che attraversano rispettivamente i torrenti Bradano e Gravina. Le due opere in particolare sono impostate su profonde incisioni (circa 30 m di profondità) all'interno dei materiali carbonatici costituenti il substrato. Le scarpate che bordano le incisioni costituiscono elementi geomorfologici di particolare importanza nel contesto del territorio e potenziale fonte di criticità per le opere presenti, per tale motivo sono state analizzate tramite rilievo di campo.

13.4.1 Travata sul Torrente Bradano

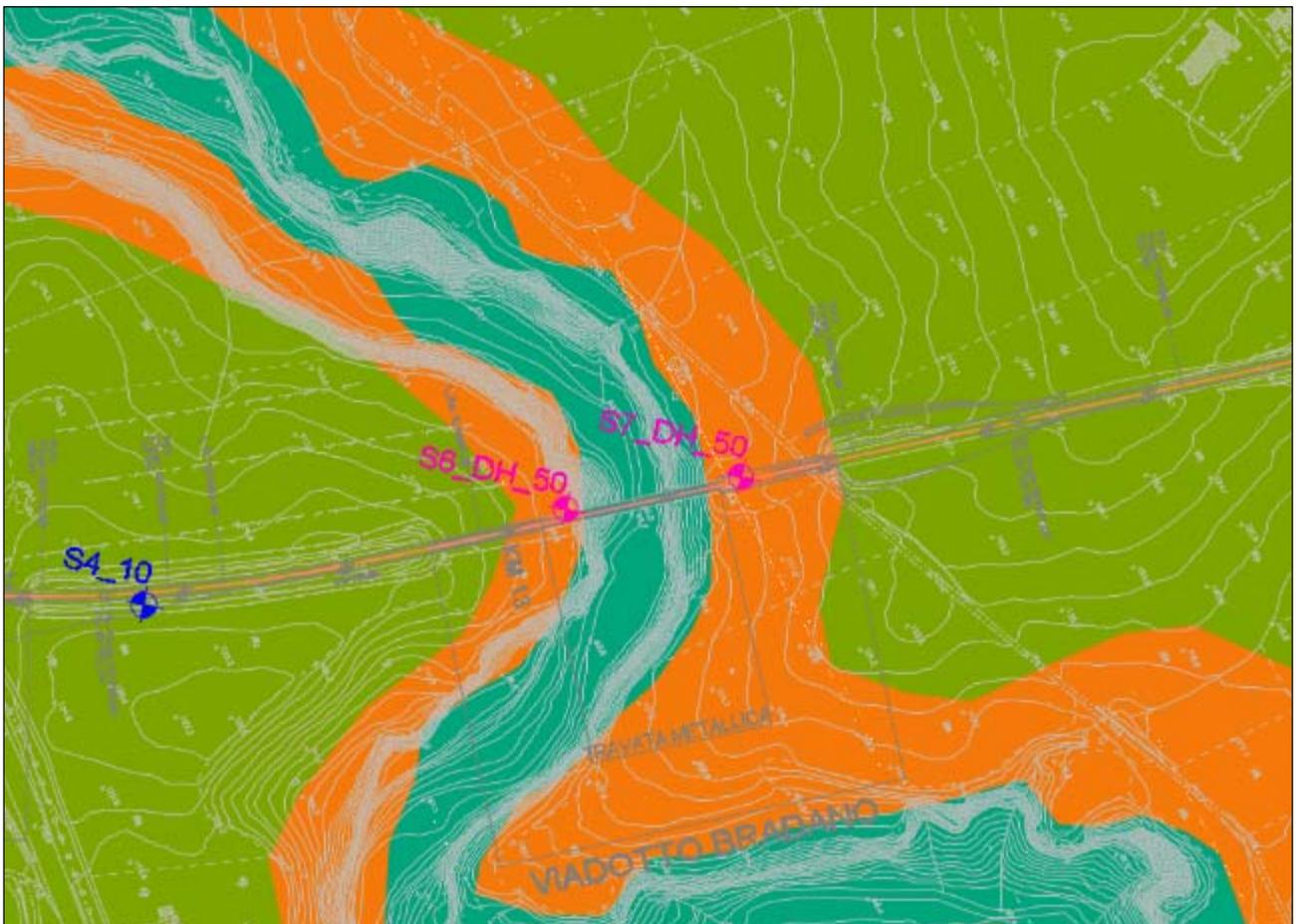


Figura 13-41 – Planimetria ubicativa della travata metallica sul fiume Bradano, posizione Gauss Boaga 2651924.48 E, 4495297.3382 N.

13.4.2 Dati generali:

Il Canyon del fiume Bradano (Figura 13-41) interseca la tratta Ferrandina-Matera con andamento Est-Ovest, tra la progressiva 13+000 e la progressiva 13+200. Esso è stato scavato dal fiume Bradano, erodendo completamente le formazioni delle Argille Subappennine (ASP), delle Calcareniti di Gravina (GRA) ed erodendo parzialmente la formazione dei Calcari di Altamura (Cc11-8c).

NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	125 di 200



Figura 13-42 - Canyon del fiume Bradano e travata metallica della linea Ferrandina-Matera



Figura 13-43 – Canyon del Torrente Bradano visto dal ponte della SS7, circa 500 m a est della travata metallica.

Il fiume Bradano scorre attualmente sulla Formazione dei Calcari di Altamura (Cc11-8c). In Figura 13-42 si può osservare come le pareti del canyon siano alte dai 20 ai 30 m nella zona della travata.

La roccia in affioramento, costituita da Calcareniti di Gravina sovrastanti i Calcari di Altamura, si presenta fortemente alterata e ricca di cavità carsiche di dimensioni molto variabili da decimetriche a decametriche. Le cavità, che in alcuni casi sono vere e proprie grotte, sono distribuite nell'ammasso ma sono legate principalmente alle zone di superficie di strato: queste zone di debolezza rappresentano qui, infatti, i luoghi preferenziali di generazione delle cavità. Esse risultano più abbondanti e di maggiori dimensioni nelle Calcareniti Gravina, litologia più tenera dei sottostanti calcari compatti appartenenti alla formazione dei Calcari di Altamura.

Dalle osservazioni effettuate a distanza la qualità geomeccanica dell'ammasso roccioso risulta di difficile valutazione; come già sopra descritto si nota la presenza di cavità carsiche anche di dimensioni metriche soprattutto localizzate lungo le superfici di strato, e di fratture aperte persistenti soprattutto in prossimità della parte superiore degli affioramenti. L'eventuale presenza di cavità in prossimità delle spalle del viadotto è stata indagata tramite esecuzione di stendimenti geoelettrici i cui risultati vengono riportati nel paragrafo 7 e nel documento IA5F01D69IGGE0005001A.

13.4.3 *Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:*

L'affioramento è costituito dalla formazione delle Calcareniti di Gravina (GRA), sovrastanti la formazione dei Calcari di Altamura (Cc11-8c).

13.4.4 *Caratteristiche strutturali:*

Non identificabili a causa della distanza, ma è bibliograficamente noto che le Calcareniti di Gravina (GRA) presentino un contatto di tipo stratigrafico con i sottostanti Calcari di Altamura (Cc11-8c).

13.4.5 *Caratteristiche geomorfologiche:*

Dal punto di vista geomorfologico si rileva la presenza di una forma di erosione di tipo canyon, generata dal fiume Bradano, che attualmente vi scorre sul fondo determinando una continua erosione della parte basale e conseguente indebolimento delle pareti. Questa condizione, unita alla scarsa qualità geomeccanica dell'ammasso roccioso ed alla diffusa presenza di cavità carsiche (anche di grandi dimensioni), porta a poter considerare questa zona come geomorfologicamente attiva sotto l'aspetto dei fenomeni franosi di crollo.

13.4.6 *Caratteristiche idrogeologiche:*

L'ammasso roccioso, costituito prevalentemente da calcari compatti e da calcareniti, si presenta fortemente carsificato. Questo trasforma due litologie, di per sé non molto permeabili in mezzi idrogeologicamente attivi, capaci di trasportare ed accumulare acque meteoriche, le quali a loro volta contribuiscono alla continua alterazione della roccia. Visto il grado di fratturazione elevato di queste due litologie è possibile ipotizzare anche la presenza di piccole falde idriche in roccia, confinate a zone di fratturazione intensa.

13.4.7 *Travata Gravina*

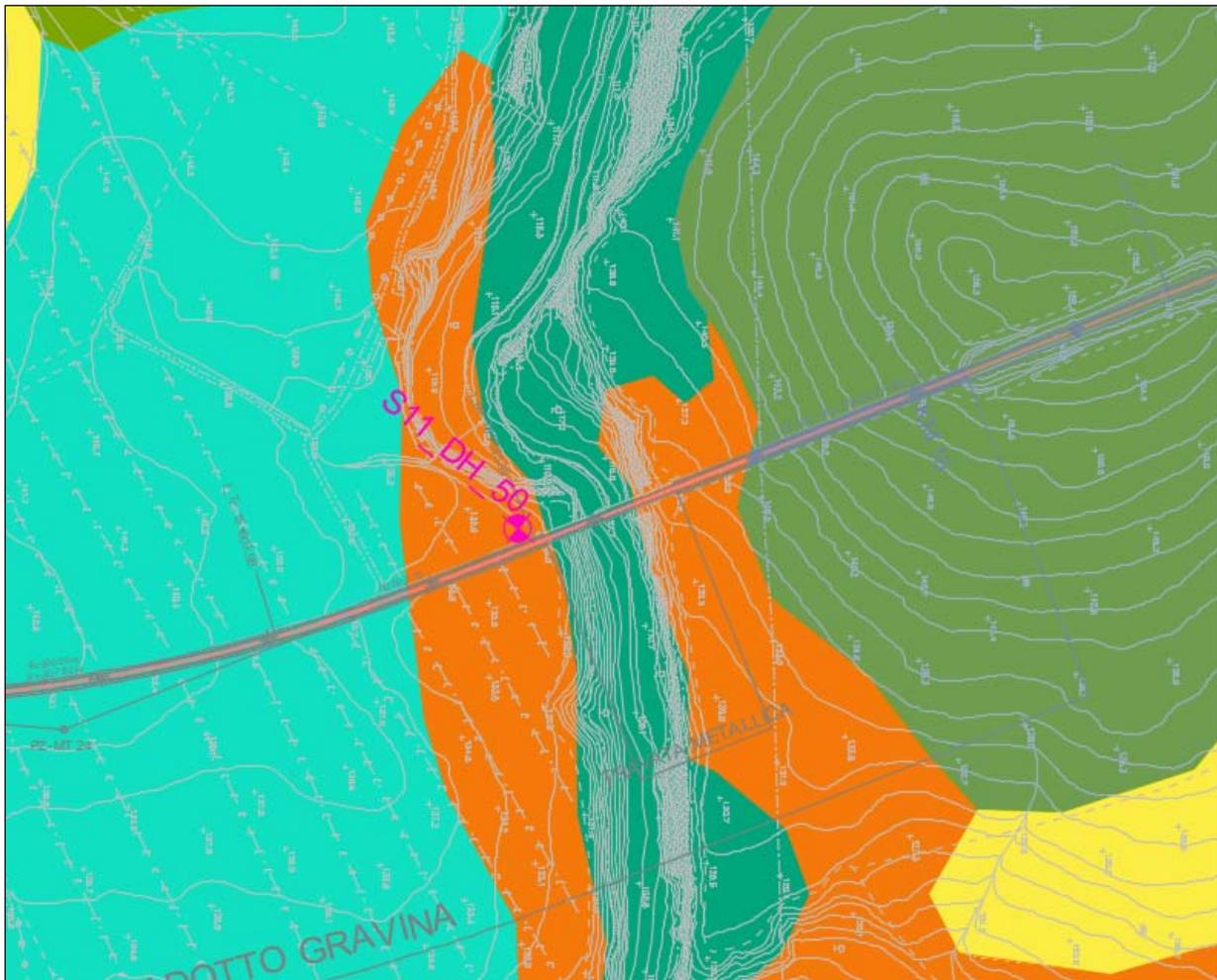


Figura 13-44 - Planimetria ubicativa della travata metallica sul torrente Gravina, posizione Gauss Boaga 2652302.5805 E, 4497941.7925 N.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 128 di 200

13.4.8 *Dati generali:*

Il Canyon del torrente Gravina (Figura 13-45) interseca la tratta Ferrandina-Matera con andamento Est-Ovest, tra la progressiva 15+700 e la progressiva 15+900. Esso è stato scavato dal torrente Gravina erodendo completamente le formazioni delle Argille Subappennine (ASP), delle Calcareniti di Gravina (GRA) ed erodendo parzialmente la formazione dei Calcari di Altamura (Cc11-8c).

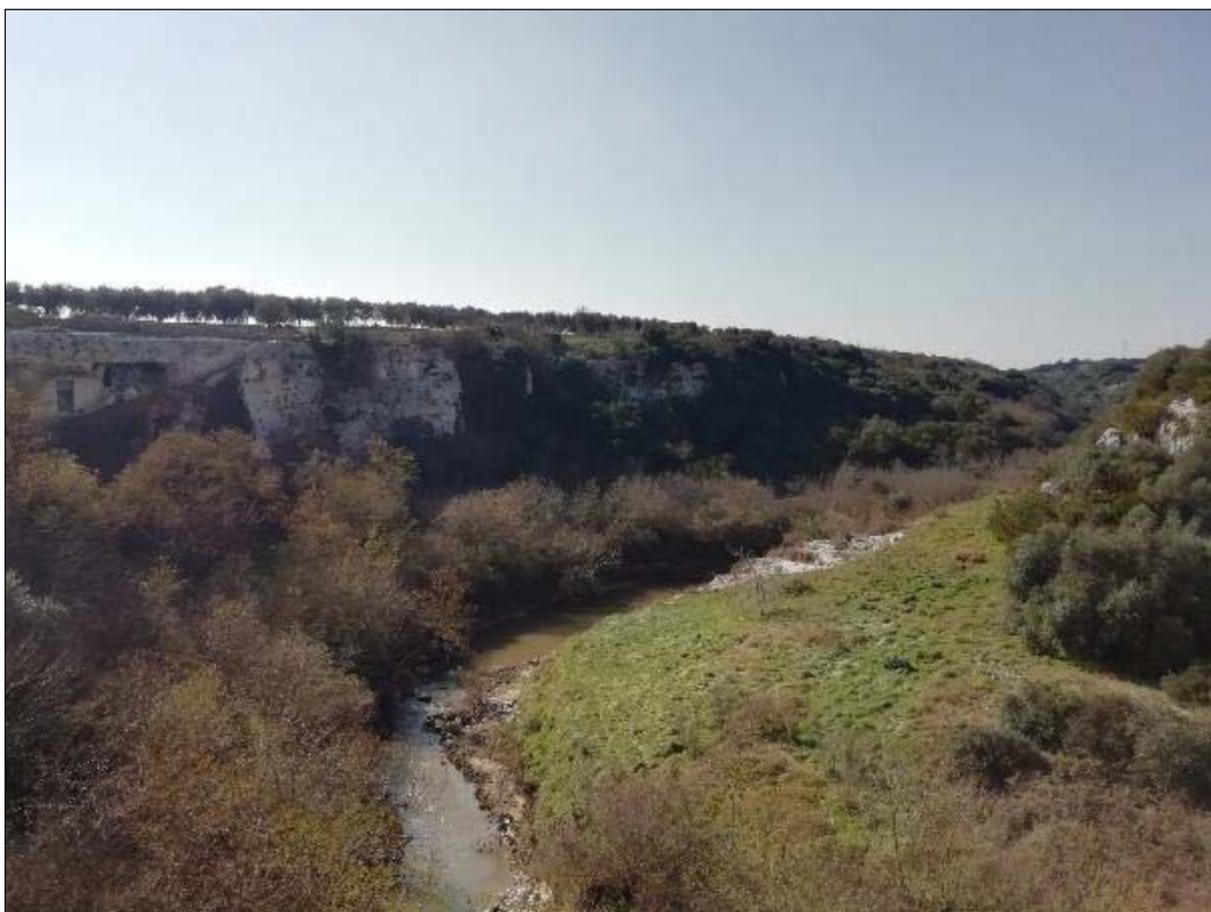


Figura 13-45 - Canyon del torrente Gravina

Il fiume scorre attualmente sulla Formazione dei Calcari di Altamura (Cc11-8c). In Figura 13-45 si può osservare come le pareti del canyon siano alte dai 15 ai 30 m nella zona della travata.

La roccia in affioramento, costituita da Calcareniti di Gravina sovrastanti i Calcari di Altamura, si presenta fortemente alterata e ricca di cavità carsiche di dimensioni variabili, da decimetriche a decametriche (Figura 13-46). Le cavità, che in alcuni casi sono vere e proprie grotte, sono distribuite nell'ammasso, ma sono legate principalmente alle zone di superficie di strato: queste zone di debolezza rappresentano qui, infatti, i luoghi preferenziali di generazione delle cavità. Esse risultano più abbondanti e di maggiori dimensioni nelle Calcareniti di Gravina, litologia più erodibile rispetto ai sottostanti calcari compatti appartenenti alla formazione dei Calcari di Altamura.

Dalle osservazioni effettuate, la qualità geomeccanica dell'ammasso roccioso in questa zona risulta di difficile valutazione, ad ogni modo essa appare medio-bassa, con frequenti cavità in corrispondenza delle superfici di strato

mentre non si notano classi di discontinuità persistenti verticalmente. L'ammasso roccioso appare abbondantemente vegetato, dunque le discontinuità e cavità sono caratterizzate dalla presenza di riempimento.

L'eventuale presenza di cavità in prossimità delle spalle del viadotto è stata indagata tramite esecuzione di stendimenti geoelettrici i cui risultati vengono riportati nel paragrafo 7 e nel documento IA5F01D69IGGE0005001A.

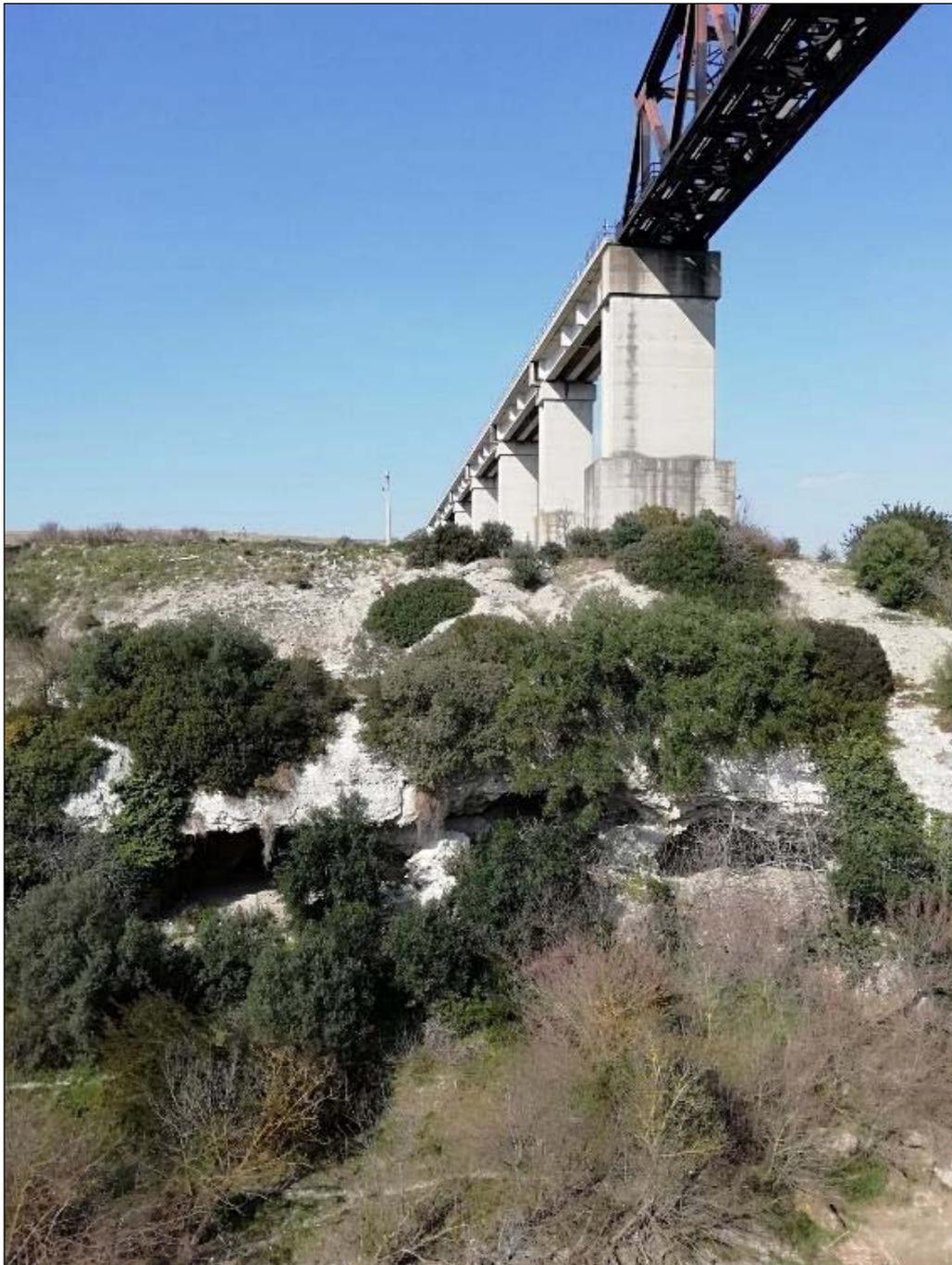


Figura 13-46 - Travata metallica della linea Ferrandina-Matera sul torrente Gravina. Al disotto della pila Nord si identificano cavità carsiche di decine di metri di profondità e larghezza e diversi metri in altezza.

In quest'area è stato possibile individuare il contatto tra le Calcareniti di Gravina (GRA) e i Calcari di Altamura (Cc11-8c), visibile in Figura 13-47. Il contatto si presenta netto e le Calcareniti di Gravina soprastanti si presentano fortemente alterate e con evidenti forme di erosione carsica, rappresentate in Figura 13-47 da vaschette di alterazione e cavità di dimensioni decimetriche. L'avanzato stato di alterazione ed il fatto che l'affioramento si trovi in una zona turistica, non ha permesso di raccogliere maggiori informazioni in questo punto. I calcari di Altamura sottostanti si presentano più compatti e duri, fortemente fratturati con isolamento di frammenti da centimetrici a decimetrici. Nonostante siano meno diffuse, anche in questa litologia, si possono osservare, in Figura 13-47, forme di alterazione carsica. In questo affioramento non è stato possibile distinguere una stratificazione ben definita nella calcilutite. Osservando questo affioramento si può ipotizzare che, lungo il contatto, le due litologie si presentino particolarmente deboli e fratturate, il che le rende più facilmente erodibili ed alterabili, generando così le cavità carsiche di dimensioni maggiori, come si può osservare in Figura 13-46. Si rende perciò necessario prestare particolare attenzione alla zona di contatto tra le formazioni delle Calcareniti di Gravina (GRA) e la formazione dei Calcari di Altamura (Cc11-8c).

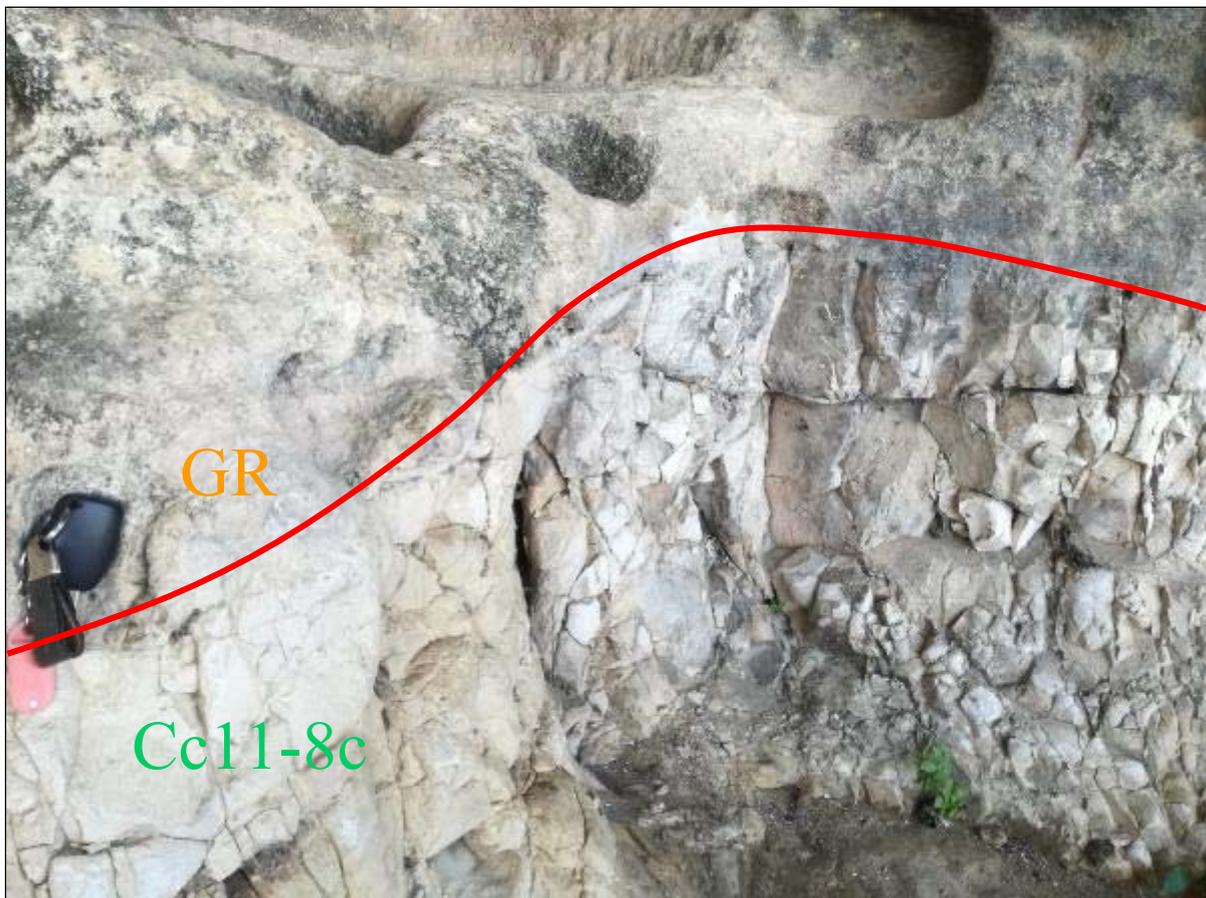


Figura 13-47 - Contatto netto tra le Calcareniti di Gravina (GRA) e i Calcari di Altamura (Cc11-8c)

13.4.9 *Caratteristiche litologiche e stratigrafiche:*

L'affioramento è costituito dalla formazione delle Calcareniti di Gravina (GRA) soprastanti la formazione dei Calcari di Altamura (Cc11-8c). Nella zona è stato possibile individuare il contatto tra le Calcareniti di Gravina (GRA) e i Calcari di Altamura (Cc11-8c), visibile in Figura 13-47. Il contatto si presenta netto e le Calcareniti di Gravina soprastanti si presentano fortemente alterate e con evidenti forme di erosione carsica rappresentate nella foto da vaschette di alterazione e cavità di dimensioni decimetriche. L'avanzato stato di alterazione e il fatto che

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>131 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	131 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	131 di 200								

l'affioramento si trovi in una zona turistica non ha permesso di raccogliere maggiori informazioni in questo punto. I calcari di Altamura sottostanti si presentano più compatti e duri, fortemente fratturati con isolamento di frammenti da centimetrici a decimetrici. Anche se meno diffuse, anche in questa litologia si possono osservare forme di alterazione carsica. In questo affioramento non si distingue una stratificazione ben definita nella calcilutite, probabilmente a causa del contatto così vicino. Osservando questo affioramento è possibile ipotizzare che, lungo il contatto, tra le due litologie si presentino particolarmente deboli e fratturate, il che le rende più facilmente erodibili ed alterabili, generando così le cavità carsiche di dimensioni maggiori, come si può osservare in Figura 13-46. Si rende perciò necessario prestare particolare attenzione alla zona di contatto tra le formazioni delle Calcareniti di Gravina (GRA) e la formazione dei Calcari di Altamura (Cc11-8c).

13.4.10 *Caratteristiche strutturali:*

Le Calcareniti di Gravina (GRA) presentano un contatto di tipo stratigrafico con i sottostanti Calcari di Altamura (Cc11-8c).

13.4.11 *Caratteristiche geomorfologiche:*

Dal punto di vista geomorfologico si rileva la presenza di una profonda incisione valliva di tipo canyon generata dal fiume Bradano che attualmente vi scorre sul fondo, determinando una continua erosione della parte basale e conseguente indebolimento delle pareti. Questa condizione, unita alla scarsa qualità geomeccanica dell'ammasso roccioso ed alla diffusa presenza di cavità carsiche (anche di grandi dimensioni), porta a poter considerare questa zona come geomorfologicamente attiva sotto l'aspetto dei fenomeni franosi di crollo.

13.4.12 *Caratteristiche idrogeologiche:*

L'ammasso roccioso, costituito prevalentemente da calcari compatti e da calcareniti, si presenta fortemente carsificato. Questo trasforma due litologie, di per sé non molto permeabili in mezzi idrogeologicamente attivi, capaci di trasportare ed accumulare acque meteoriche, le quali a loro volta contribuiscono alla continua alterazione della roccia. Visto il grado di fratturazione elevato di queste due litologie è possibile ipotizzare anche la presenza di piccole falde idriche in roccia confinate a zone di fratturazione intensa.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 132 di 200

14 APPROFONDIMENTO DELL'AREA DI IMBOCCO DELLA GALLERIA DI SFOLLAMENTO

L'area di imbocco della galleria di sfollamento di Miglionico è oggetto di un approfondimento a seguito del rilievo geologico-geomorfologico di campo e delle indagini di dettaglio eseguite nel 2019, aggiornati con il monitoraggio delle evidenze e del rilevamento superficiale di dettaglio eseguito a dicembre 2020.

Al fine di rappresentare con maggior dettaglio gli elementi emersi dall'approfondimento è stato redatto un profilo geologico-geomorfologico lungo l'asse ed è stata redatta una sezione geologico-geomorfologica sull'imbocco, con direzione trasversale all'asse della galleria (elaborati IA5F01D69F6GE0001010B e IA5F01D69W6GE0001001A).

Come già descritto nel paragrafo 7.1, l'area di imbocco della galleria ricade lungo il versante settentrionale della dorsale di Miglionico, il quale degrada progressivamente verso l'abitato omonimo. L'imbocco è situato alla quota di circa +235 m s.l.m., mentre il fondovalle si trova in quest'area, a circa +200 m s.l.m..

14.1 ELEMENTI GEOMORFOLOGICI CARTOGRAFATI

L'area dell'imbocco della galleria si trova lungo una dorsale che separa due impluvi aventi origine, a monte, ad una quota di circa 350 m s.l.m., dunque approssimativamente 120 m al di sopra dell'area di studio.

Lungo tali impluvi sono presenti elementi geomorfologici cartografati da:

- PAI della Basilicata (paragrafo 6.1): tale cartografia individua elementi classificati a rischio da R1, “moderato” a R3 “elevato”; tali elementi sono stati cartografati a partire dalla parte sommitale del versante sino a poco a monte dell'area dell'imbocco della galleria in progetto;
- Rilievo geologico a supporto della progettazione esecutiva per l'Adeguamento strutturale e alle linee guida sulla sicurezza della galleria Miglionico, eseguito nell'anno 2006. Il rilievo effettuato, il cui risultato è una cartografia geomorfologica di dettaglio, individua due forme nei medesimi impluvi, tuttavia con estensione maggiore rispetto a quelle cartografate dal PAI, ed in particolare:
 - o Una forma posta nell'impluvio ad ovest dell'imbocco della galleria, compreso tra le quote +350 e +210 m s.l.m., classificato come “Accumulo gravitativo di materiale prevalentemente fine con evidenze di movimenti in atto o recenti principalmente di tipo rotazionale.”. Essa è costituita da una zona di distacco posta alla sommità del versante avente una larghezza di circa 290 m, una zona di trasporto che dalla quota +320 si estende sino alla quota +240, ed una zona di accumulo corrispondente ad un ampio terrazzo posto tra le quote 240 e 210 ed avente larghezza di circa 250 m.
 - o Una forma posta nell'impluvio ad est dell'area di imbocco della galleria, composta da più corpi di dimensioni inferiori anche in questo caso definiti come “Accumulo gravitativo di materiale prevalentemente fine con evidenze di movimenti in atto o recenti principalmente di tipo rotazionale.” che, a partire dalla quota di circa +320 m s.l.m. si allungano in asse con l'impluvio sino alla quota +215 m s.l.m., lasciando il posto ad un ampio conoide di deiezione di larghezza massima alla base di circa 160 m.
- Rilievo geologico-geomorfologico a supporto della progettazione definitiva della nuova linea Ferrandina – Matera la Martella eseguito nell'anno 2019 al fine di verificare le precedenti evidenze.
- Rilievo geologico-geomorfologico per il monitoraggio dell'evoluzione delle evidenze emerse nel rilievo del 2019.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>133 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	133 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	133 di 200								

14.2 INDAGINI DI VERIFICA

Sulla scorta degli elementi già noti da fasi progettuali precedenti e dal rilievo effettuato nel 2019, si è deciso di approfondire la conoscenza sia stratigrafica che morfologica dell'area a supporto della progettazione delle opere di imbocco della galleria.

Utilizzando infatti la sola cartografia a disposizione e le evidenze ottenute tramite il rilievo, si sarebbe desunto che l'imbocco, nella posizione di progetto attuale, sarebbe ricaduto a soli 10 m sia dall'area di accumulo della presunta frana ad ovest, sia dalla conoide ad est. Un approfondimento di indagine risultava dunque necessario al fine di meglio definire tali elementi e di poter prevedere, in caso, in fase di progettazione delle opere adeguati accorgimenti. Purtroppo sia le caratteristiche morfologiche dell'area, sia difficoltà di accesso ai terreni privati intorno all'area stessa hanno limitato la possibilità di eseguire il numero di indagini geognostiche inizialmente preventivate; ad ogni modo sono stati comunque eseguiti due sondaggi, uno con installazione di tubazione inclinometrica, ed uno con installazione di piezometro, al fine sia di verificare possibili movimenti dell'area di accumulo, sia l'eventuale presenza di livelli saturi nei terreni, ed una serie di tomografie sismiche.

Come già descritto nel paragrafo 7.1, sono state eseguite dapprima una serie di stese tomografiche sismiche, denominate L2+L3, L1+L4, L5, L6, eseguite ortogonalmente (L2+L3 rispetto ad L1+L4, L5 rispetto ad L6) e con punto di intersezione localizzato circa 40 m a SSO dell'imbocco in progetto nel primo caso e circa 60 m a NO nel secondo.

Le stese hanno le seguenti caratteristiche:

- Stesa L2+L3
 - o Direzione: ONO-ESE
 - o Lunghezza: 220 m
 - o Numero geofoni: 47
- Stesa L1+L4
 - o Direzione: SSO-NNE
 - o Lunghezza: 300 m
 - o Numero geofoni: 64
- Stesa L5
 - o Direzione: ESE-ONO
 - o Lunghezza: 135 m
 - o Numero geofoni: 31
- Stesa L6
 - o Direzione: SSO-NNE
 - o Lunghezza: 200 m
 - o Numero geofoni: 43

La localizzazione delle tomografie è riportata su foto aerea in Figura 14-2, mentre i risultati delle tomografie sono riportati nelle Figure da Figura 14-3 a Figura 14-5 nelle pagine seguenti.

In particolare le stese sono state posizionate in modo da indagare la presunta area di accumulo di frana cartografata ad ovest dell'imbocco, e comprendere se la geometria di tale accumulo fosse confermata, e se esso non coinvolgesse effettivamente l'imbocco stesso della galleria. Tale verifica è principalmente demandata alla tomografia L2+L3 ed

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 134 di 200

alla tomografia L5, le quali sono state eseguite trasversalmente rispetto al corpo di accumulo sino ad intersecare il tracciato della galleria.

La tomografia L2+L3 evidenzia un primo spessore di circa 3-4 metri di spessore caratterizzato da velocità onde P inferiori a 500 m/s e delle onde S inferiori a 150 m/s. In profondità i valori di velocità aumentano gradualmente, coerentemente con i litotipi che conformano il sottosuolo. A maggior profondità, ovvero approssimativamente tra 10 e 30 m da p.c. la tomografia individua un'area caratterizzata da valori di rigidezza anomali, con l'isolinea di velocità 2000 m/s per le onde P, e 450 m/s per le onde S che si approfondisce spiccatamente per un intervallo di distanze limitato. Tale evidenza indicherebbe un'anomalia della rigidezza dei materiali, corrispondente con la possibile presenza di depositi aventi caratteristiche geotecniche più scadenti rispetto al materiale circostante. Ovviamente da tale indicazione non è possibile ricavare dati sulla natura di tale materiale.

La tomografia L5 conferma il modello delle velocità sia delle onde P che delle onde S, come nel precedente caso, indicando la presenza di materiale meno consistente in superficie e via via più consistente in profondità, tuttavia non individua alcuna area con caratteristiche anomale.

La tomografia L1+L4 è stata realizzata ortogonalmente alla tomografia L2+L3 con lo scopo sia di verificare il dato proveniente da quest'ultima, sia di indagare direttamente l'imbocco della galleria. Essa conferma quanto evidenziato dalla tomografia L2+L3, ovvero la presenza di uno spessore di materiale superficiale probabilmente più sciolto, seguito da materiale argilloso più consistente via via con la profondità. Anche in questo caso è presente la stessa area caratterizzata da valori di rigidezza anomali, dunque si conferma quanto evidenziato dalla tomografia L2+L3.

La tomografia L6 restituisce i medesimi risultati della tomografia L5, e nessuna individuazione di zone anomale dal punto di vista della rigidezza.

A supporto delle tomografie sismiche è stato in seguito realizzato il sondaggio S_Gall-In_30, eseguito in prossimità della tomografia L2+L3, approssimativamente in corrispondenza del geofono n. 39. Il sondaggio ha rinvenuto uno spessore di circa 6.4 m di materiale limoso-argilloso-sabbioso, all'interno del quale sono state eseguite due prove SPT, una a 3.0 ed una a 6.0 m da p.c.. Le prove hanno restituito valori di N_{spt} pari a 14 e 15, corrispondenti comunque a materiali coesivi "consistenti" ed a materiali granulari "mediamente addensati". Al di sotto di tale strato il sondaggio ha rinvenuto la presenza di argille subappennine, marnose a partire da 11.5 m da p.c., con valori di N_{spt} variabili da 27 a 42.

Il profilo stratigrafico evidenziato dal sondaggio risulta dunque conforme con il dato indiretto ricavato tramite tomografia sismica, ovvero la presenza di materiali dalle caratteristiche più scadenti nella parte superficiale, passanti a materiali argillosi via via più consistenti con la profondità. Risulta di un certo interesse il materiale rinvenuto tra 4.2 e 5.0 m da p.c., composto da "Sabbia fine limosa con ghiaia, asciutta, avana-biancastra", che appare come un livello di materiale piuttosto caoticizzato, possibilmente indice di un evento gravitativo successivamente mascherato da ulteriore materiale.

Il modello che scaturisce dall'analisi dei dati forniti dalle indagini porta ad associare i depositi superficiali a porzioni di sottosuolo instabili. Tale considerazione è determinata dalla presenza di litotipi con velocità sismiche che possono essere considerate coerenti con materiali sciolti o poco consistenti, confermati da valori di N_{spt} inferiori alla media di quelli osservati nelle argille subappennine e dalla presenza di un livello che potrebbe rappresentare la superficie di scivolamento. Il corpo franoso principale, che può essere definito attivo di tipo complesso, con spessore massimo di 7 metri, non interessa direttamente l'area dell'imbocco, essendo ubicato a ovest dello stesso. Nell'area dell'imbocco i dati indicano uno spessore di circa 3 metri di materiali che, considerando le evidenze superficiali, sono interessati da processi di reptazione.

Per quanto concerne l'area caratterizzata da valori di rigidezza anomali evidenziata dalle tomografie, il sondaggio è stato realizzato al di fuori di tale area, perciò non fornisce indicazioni dirette in merito ai materiali presenti.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>135 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	135 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	135 di 200								

14.3 CONFRONTO CON LE EVIDENZE DI CAMPO

E' possibile dunque, a valle delle due fasi del rilievo di campo effettuato e delle indagini, eseguire un confronto tra tutti i dati a disposizione per verificare lo stato geomorfologico e stratigrafico dell'area di imbocco della galleria di sfollamento.

In particolare:

- Il rilievo di campo ha identificato i principali elementi geomorfologici che erano stati cartografati nel 2006 come corpi di frana in evoluzione, sebbene l'estesa copertura arbustiva ne mascherasse parzialmente le forme. Il rilievo ha infatti messo in evidenza sia il corpo presunto di accumulo sulla sinistra orografica dell'imbocco in progetto, sia il conoide di deiezione alla base della vallecchia alla destra orografica. Secondo le evidenze di campo i corpi di frana circondano la zona di interesse ma non vi interagiscono direttamente, essendo quest'ultima localizzata su una cresta che costituisce uno spartiacque tra due impluvi. Alcune evidenze localizzate al piede del versante evidenziano possibili indicazioni di movimento del materiale argilloso verso valle. Nell'area di rilievo si sono rilevati alcuni aspetti particolari per quanto riguarda la giacitura dei sedimenti. Si registra una tendenza, per i livelli più competenti e quindi meno deformabili, ad un immersione verso Sud, ovvero contromonte, ma altrove si registrano giaciture anomale immergenti in varie direzioni, pieghe rilevabili anche alla scala dell'affioramento e livelli deformati e caoticizzati in modo spinto. Tali caratteristiche descrivono uno scenario deformativo che non può essere imputabile alla neotettonica data la frequenza e l'intensità di tali anomalie; sembra infatti che ciò sia piuttosto dovuto a deformazioni dovute a processi gravitativi, così come i livelli a giacitura più regolare, immergenti contromonte, sembrano essere stati tiltati da fenomeni gravitativi di tipo rotazionale. Il rilevamento eseguito nel dicembre 2020 ha permesso di osservare forme associate a movimenti superficiali e la presenza di una scarpata di erosione fluviale al piede del versante che non permette di considerarlo stabile, visto che sono ancora presenti gli elementi di attivazione del movimento franoso. Per tale motivo, il corpo franoso ubicato a ovest dell'imbocco è stato classificato come attivo, di tipo complesso (estratto dalla carta geologica in Figura 14-6).
- Il rilevamento eseguito a dicembre 2020 ha anche permesso di evidenziare forme associabili a processi geomorfologici di tipo superficiale, quali soliflusso e/o reptazione. Tali evidenze sono associate a leggera inclinazione di alberi e tralicci, pendenza molto variabile lungo tutto il versante con caratteristica formazione di gobbe, zone con anomala assenza di vegetazione di alto fusto (figura 14-1). Tali evidenze concordano con i bassi valori di velocità sismica osservati nella porzione superficiale delle linee sismiche L2+L3 e L1+L4. Tuttavia, in tale area non è stata rilevata nessuna scarpata di frana e, pertanto, la zona della cresta del rilievo dove è ubicato l'imbocco della galleria è stata classificata come di reptazione, interessando uno spessore troppo elevato per poter essere associata al solo suolo superficiale (soliflusso).
- L'analisi dell'area con sequenza fotografica temporale e il rilevamento del piede di tutti i versanti che circondano l'area dell'imbocco hanno evidenziato rapidi processi erosivi per erosione fluviale e ruscellamento concentrato. Tali processi alimentano l'instabilità globale del versante per scalzamento del piede, con la formazione di scarpate di degradazione. Tale processo è il principale responsabile dei movimenti franosi di tutta l'area ed è pertanto necessario prevedere opere di mitigazione e protezione per limitare l'incisione dei principali fossi e il conseguente arretramento delle scarpate.
- Due delle tomografie sismiche, eseguite lungo il tracciato della galleria di sfollamento e attraverso il teorico accumulo di frana precedentemente cartografato, hanno messo in evidenza un'area più profonda (oltre i 10-12 m) caratterizzata da valori di rigidità anomali. Tale area può indicare materiali aventi caratteristiche geotecniche scadenti, indice sia di una possibile lente di materiale in posto (argille subappennine) meno consistente, sia di materiale soggetto a mobilitazione e rimaneggiamento ed in seguito nuovamente sepolto.

Non si hanno evidenze di tale materiale nel sondaggio eseguito in prossimità dello stendimento L2-L3. Le rimanenti tomografie non hanno evidenziato la medesima anomalia, dato dal quale si può probabilmente dedurre come l'area interessata da tale anomalia possa essere di dimensioni piuttosto limitate.

Le forme geomorfologiche messe in evidenza dalle varie fasi di studio potranno anche essere rivalutate in quanto a classificazione con l'ausilio dei risultati del monitoraggio inclinometrico e piezometrico che inizierà nel gennaio del 2021.



Figura 14-1 – Forme associabili a instabilità superficiale nella zona dell'imbocco

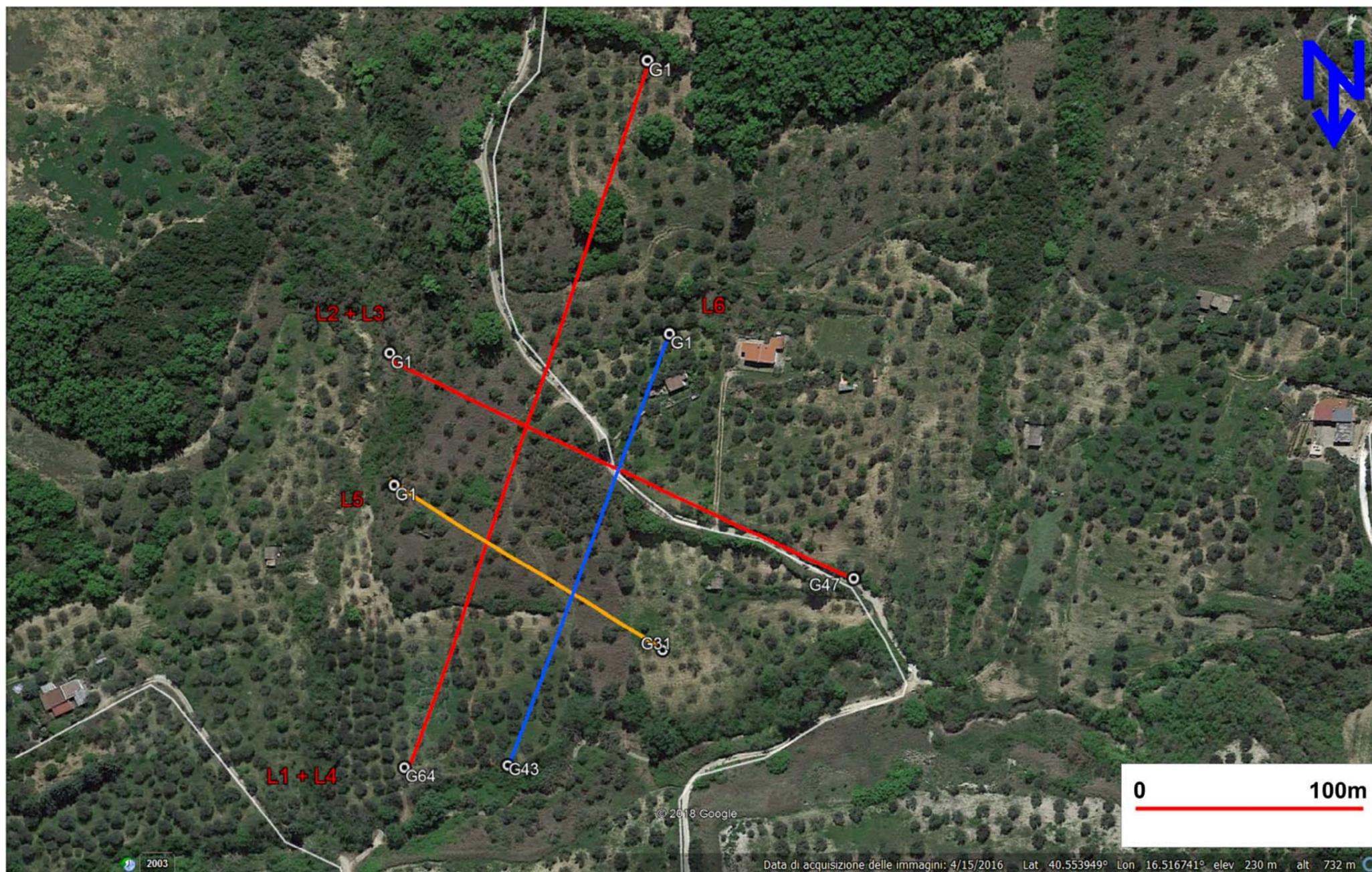
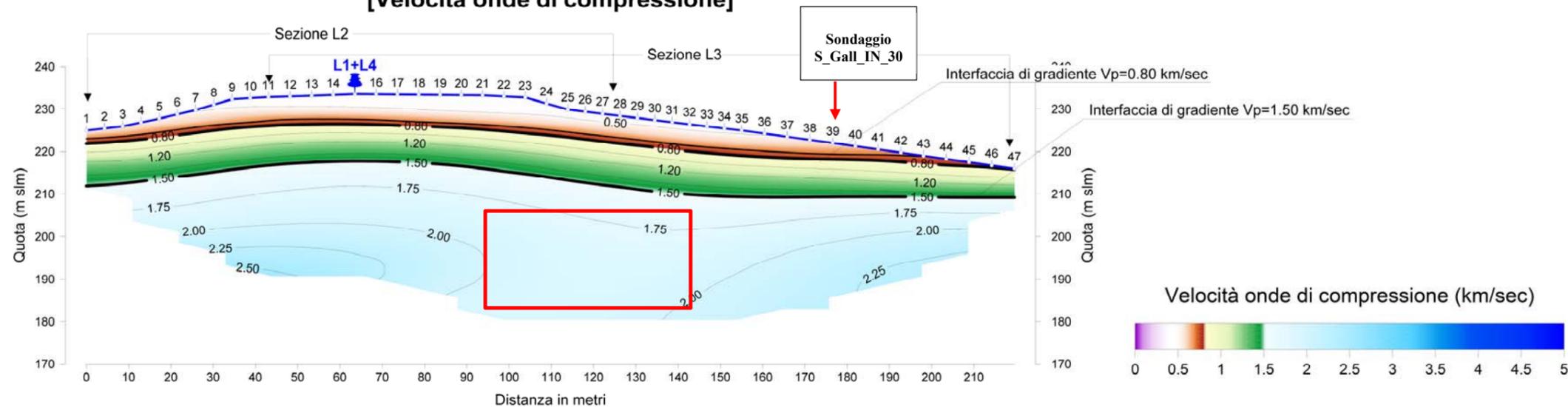


Figura 14-2 – Ubicazione delle indagini integrative eseguite all'imbocco della galleria di sfollamento

SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA L3+L2
[Velocità onde di compressione]



SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA L3+L2
[Velocità onde di taglio]

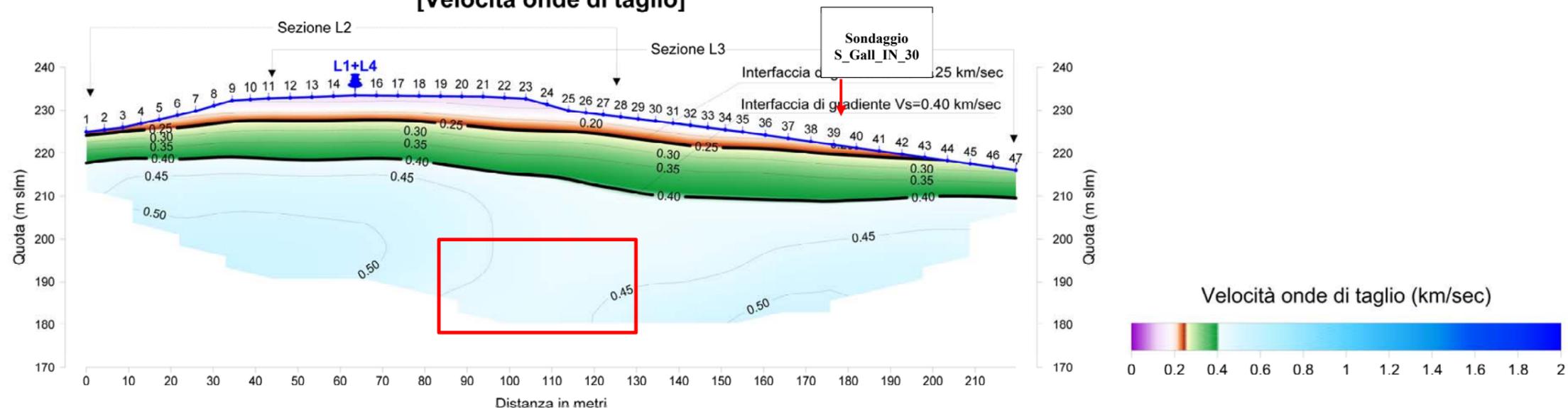


Figura 14-3 – Sezione sismica tomografica L2+L3 (onde P e onde S). In rosso si evidenzia zona anomala di rigidità dei materiali.

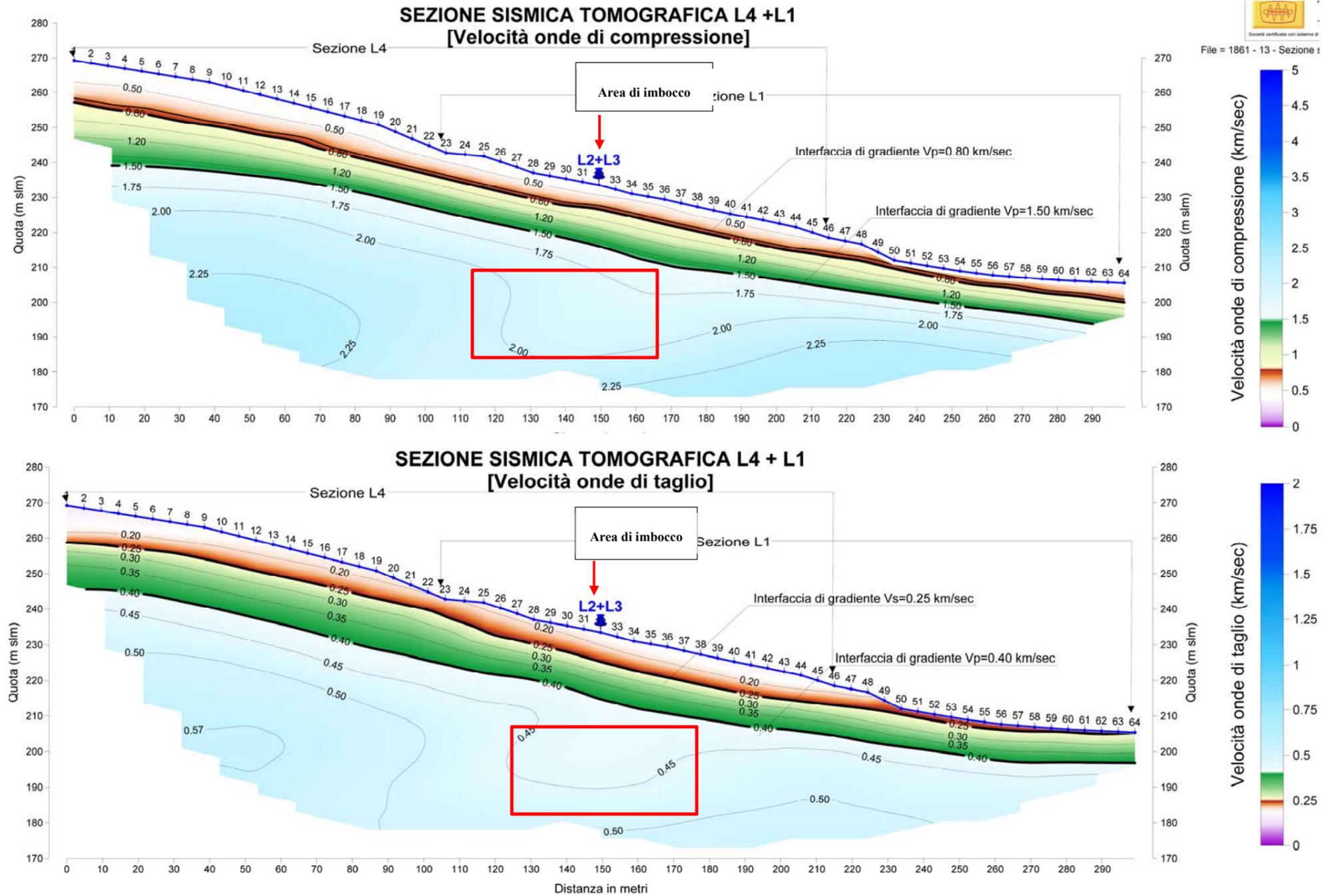
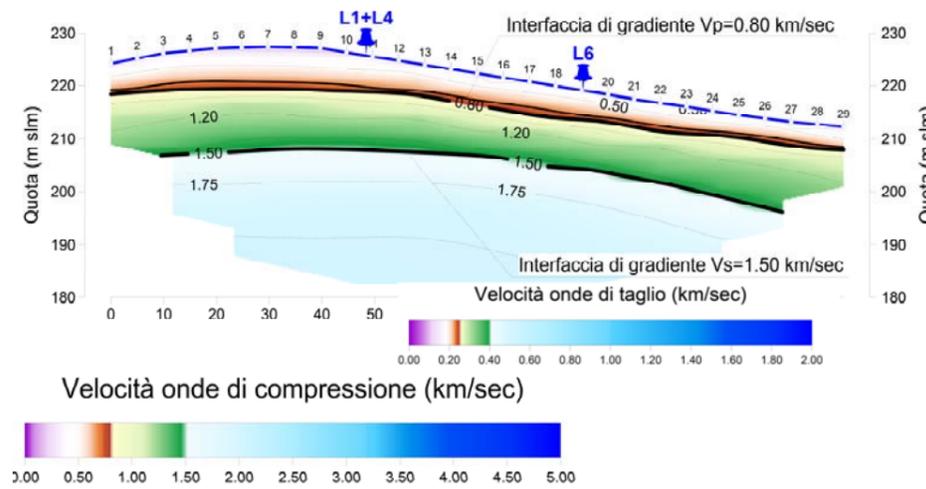
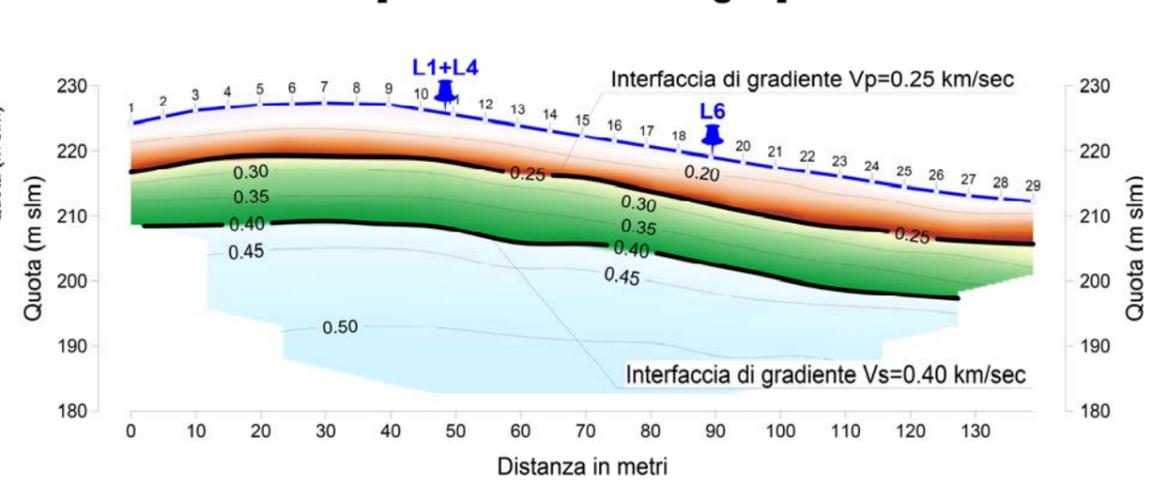


Figura 14-4 – Sezione sismica tomografica L1+L4 (onde P e onde S). In rosso si evidenzia zona anomala di rigidità dei materiali.

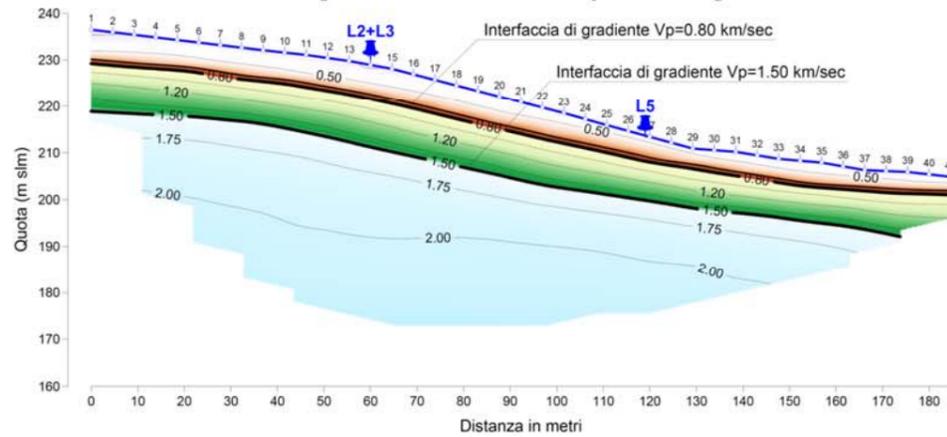
SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA L5
[Velocità onde di compressione]



SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA L5
[Velocità onde di taglio]



SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 6
[Velocità onde di compressione]



SEZIONE SISMICA TOMOGRAFICA 6
[Velocità onde di taglio]

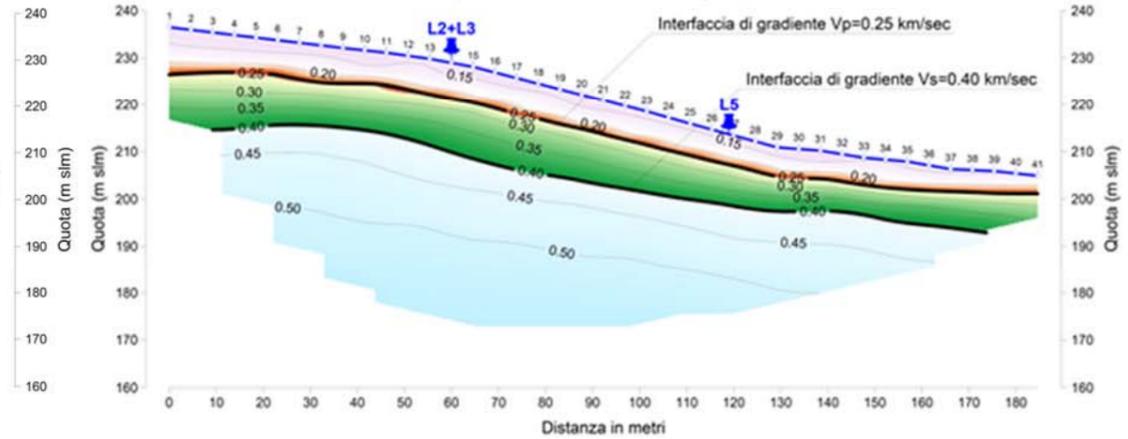


Figura 14-5 - Sezioni sismiche tomografiche L5 ed L6 (onde P e onde S).

15 INQUADRAMENTO SISMICO

15.1 PREMESSA

Nel seguito si fornisce un inquadramento dell'area interessata dalle opere dal punto di vista della sismicità locale, sulla base dell'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e degli effetti macrosismici registrati nel territorio circostante a seguito di terremoti storici.

Per la determinazione delle azioni sismiche di progetto si fa qui diretto riferimento alle indicazioni fornite dall'Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni¹ (nel seguito NTC2018) per ciò che concerne la definizione del periodo di ritorno del terremoto di progetto e dei relativi valori di pericolosità sismica. Sulla base delle indicazioni normative, viene definita l'accelerazione di progetto funzione delle coordinate geografiche e della vita nominale delle opere. Ai sensi delle NTC2018, l'azione sismica deve essere innanzitutto determinata in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1), facendo riferimento alle tabelle in allegato al testo di NTC2008; tali tabelle elencano i valori di accelerazione massima al suolo ed i parametri spettrali in corrispondenza dei punti di una griglia di maglia 5x5 km a coprire il territorio nazionale.

I valori relativi all'area estesa comprendente i tracciati di progetto sono mostrati graficamente nella Figura 15-1.

Sulla base dei parametri indicati dalla Norma, i progettisti definiranno successivamente le forme dello spettro di progetto per definite probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento dell'azione sismica (come descritto nei paragrafi seguenti) corrispondenti ai diversi stati limite.

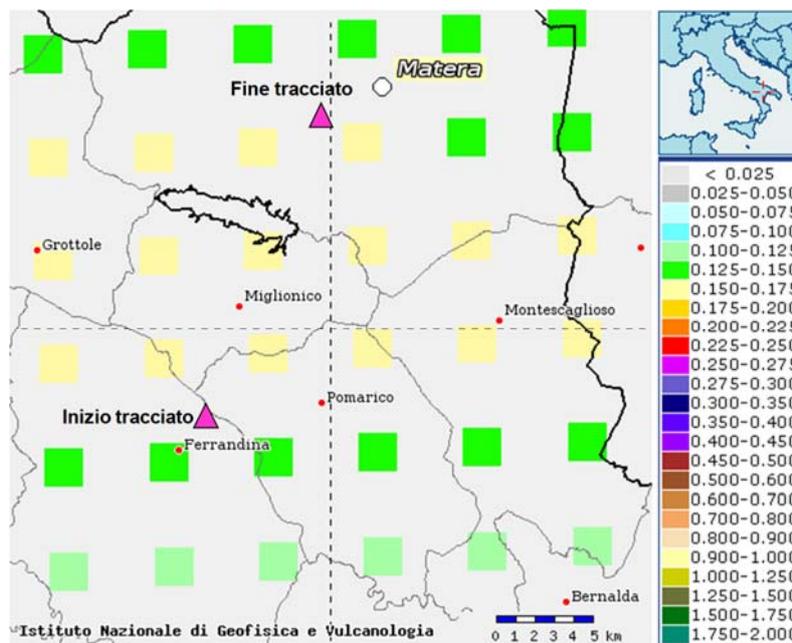


Figura 15-1: Valori di pericolosità sismica nell'intorno dell'area di progetto ($T_R = 475$ anni), da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>)

¹ Aggiornamento delle Norme Tecniche per le Costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 8 del 20.02.2018 – Supplemento Ordinario n. 8.

15.2 STRUTTURE TETTONICHE E AREE SISMOGENETICHE

Nell'area dell'Appennino meridionale, nella quale è compreso il territorio in esame, le zone maggiormente interessate nel tempo da eventi sismici con magnitudo superiore a 5 sono quelle ubicate prevalentemente in corrispondenza della catena appenninica. L'allineamento degli epicentri di questi eventi sismici è chiaramente collegato con la struttura geologica della regione, in particolare gli epicentri si concentrano prevalentemente a ridosso del confine tra la catena appenninica e l'Avanfossa bradanica, mentre il loro numero decresce nei settori interni della catena (prossimi al Mar Tirreno) e nel settore adriatico.

Dal punto di vista sismogenetico, in quest'area si localizzano:

- aree caratterizzate dal massimo rilascio di energia legata ai processi distensivi che hanno interessato l'Appennino meridionale a partire da circa 0,7 Ma. Tali aree coincidono con il settore assiale della catena. Per queste aree il meccanismo di fagliazione prevalente è del tipo faglia diretta (in prevalenza sistemi di faglie ad andamento NW-SE), e la profondità degli epicentri è compresa tra 8-12 km. I settori occidentali dei bacini del Bradano, Basento, dell'Agri del Sinni ed il settore orientale del bacino del Noce ricadono in questo tipo di zona sismogenetica;
- aree in cui il rilascio di energia è connesso prevalentemente a meccanismi di fagliazione tipici delle faglie trascorrenti; per queste aree la profondità degli epicentri è compresa tra 12 e 20 km. Queste zone sismogenetiche sono connesse a lineamenti tettonici ad andamento W-E.

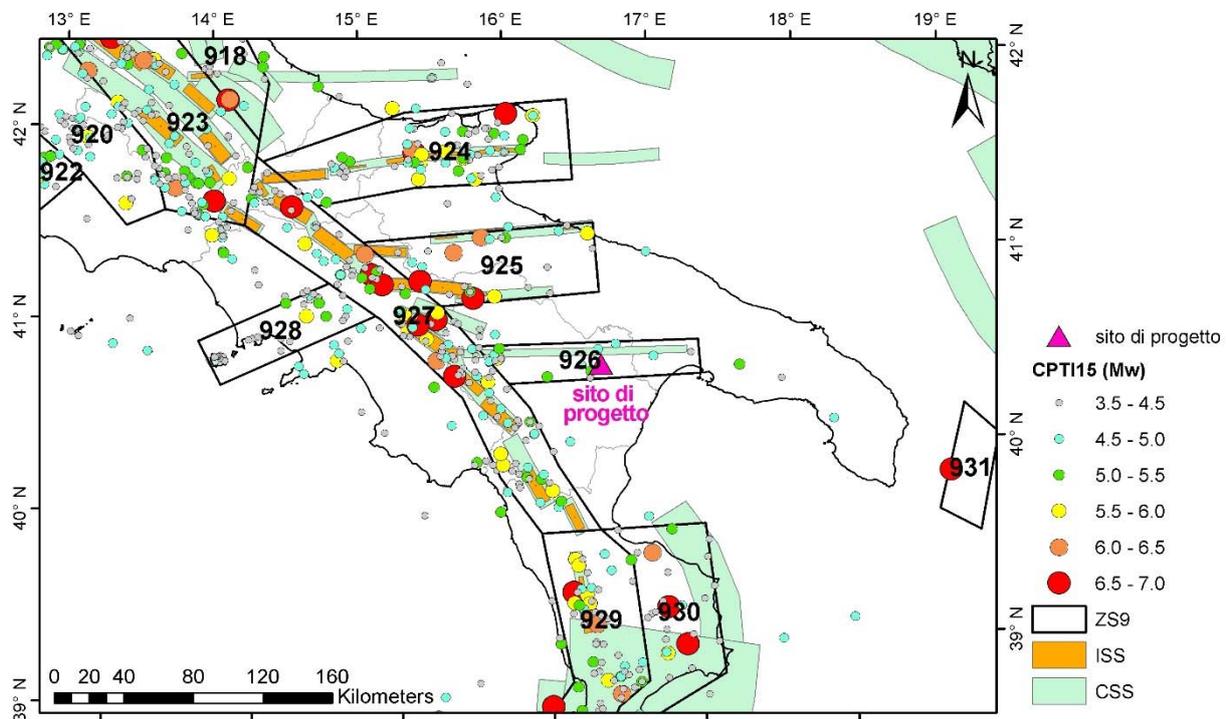


Figura 15-2: Contesto sismo-tettonico della regione estesa nell'intorno dell'area interessata dal progetto: i poligoni in nero rappresentano i confini delle sorgenti sismogenetiche del modello ZS9 (Meletti et al., 2008), i cerchietti colorati identificano gli epicentri dei terremoti 1000-2006 del catalogo CPTI15 e Iside fino al 2012 con le associate magnitudo momento. I rettangoli arancioni rappresentano le faglie individuali del modello DISS3 mentre quelli verdi i sistemi di faglie composite.

	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 144 di 200

Sulla base del breve inquadramento di cui sopra, in termini strettamente sismologici, la Figura 15-2 illustra la distribuzione degli epicentri dei terremoti storici tratta dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Rovida, 2011). Ivi, gli epicentri sono sovrapposti alle sorgenti sismiche del modello di zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al., 2008), alla base dell'attuale mappa di pericolosità del territorio italiano di cui alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 e NTC2018). Sono inoltre riportate le principali faglie individuali (ISS) e sistemi di faglie composite (CSS) tratti dal progetto DISS3 (Haller e Basili, 2011). Il modello sismogenetico racchiude pertanto informazioni sia di natura geologica, sia derivate dalla sismicità storica.

Di seguito si illustrano le caratteristiche delle varie zone sismogenetiche.

ZS925 – La zona 925, con andamento E-W, include la sorgente del terremoto dell'Irpinia del 1930. Il meccanismo di fagliazione prevalente in questa zona è trascorrente.

ZS926 – La zona 926, anch'essa con andamento E-W, è stata definita in base all'allineamento di terremoti di magnitudo medio-bassa tra cui gli eventi di Potenza del 1990 e 1991. Il meccanismo di fagliazione prevalente in questa zona è trascorrente. Si osserva che le due zone 925 e 926, con andamento E-W, sono caratterizzate da sismicità relativamente profonda (10-20 km), come mostrato chiaramente dai dati strumentali disponibili per i terremoti di Potenza del 1990-91 e del Molise del 2002 e come suggerito dai piani quotati dei principali terremoti storici (es. terremoto del Foggiano del 1731).

ZS927 - La zona 927 include l'area caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione generalizzata che, a partire da circa 700.000 anni, ha interessato l'Appennino meridionale. Tale zona comprende il settore assiale della catena, fino al confine calabro-lucano (massiccio del Pollino). Quest'ultimo settore non risulta caratterizzato dalla forte sismicità propria di altre aree incluse nella zona-sorgente 927. Dalle analisi paleosismologiche emerge tuttavia un potenziale sismogenetico confrontabile con quello dell'Irpinia e della Val d'Agri.

ZS928 - La zona 928 include le sorgenti sismogenetiche dell'area napoletana, caratterizzate da profondità superficiale.

ZS929 – La ZS929, sul lato tirrenico della Calabria, è una zona caratterizzata da meccanismi estensionali, che racchiude i terremoti di più elevata magnitudo dell'area, che hanno interessato i bacini del Crati, del Savuto e del Mesima fino allo Stretto di Messina. Tra questi eventi spiccano la sequenza del 1783 e i terremoti del 1905 e 1908.

ZS930 – La ZS930, sul lato ionico della Calabria, è caratterizzata anch'essa da meccanismi estensionali, ma ha una sismicità decisamente minore della precedente: solo 4 eventi hanno superato un valore di magnitudo pari a 6, e tra questi il terremoto del 1638 appare come l'evento più forte verificatosi.

I lineamenti di faglia più prossimi al sito di progetto (vedi l'estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS3.2 riportato nella Figura 15-3) sono costituiti da sistemi di faglie composite (CSS), all'interno dei quali si classificano alcune sorgenti individuali (ISS). Il sistema di faglie composite più prossimo all'area del progetto è il sistema ITCS0005 Baragiano-Palagianello, la cui proiezione in superficie attraversa la linea in progetto. Si tratta di un sistema di faglie esteso tra la città di Potenza ad Ovest e la zona a nord della città di Taranto ad Est, con geometria sub-verticale e profondità compresa tra 13 e 22 km circa; l'immersione è in direzione sud.

Nella stessa Figura 15-3 si osserva la relativa vicinanza dell'area interessata dal progetto alla zona di subduzione dell'arco calabro.

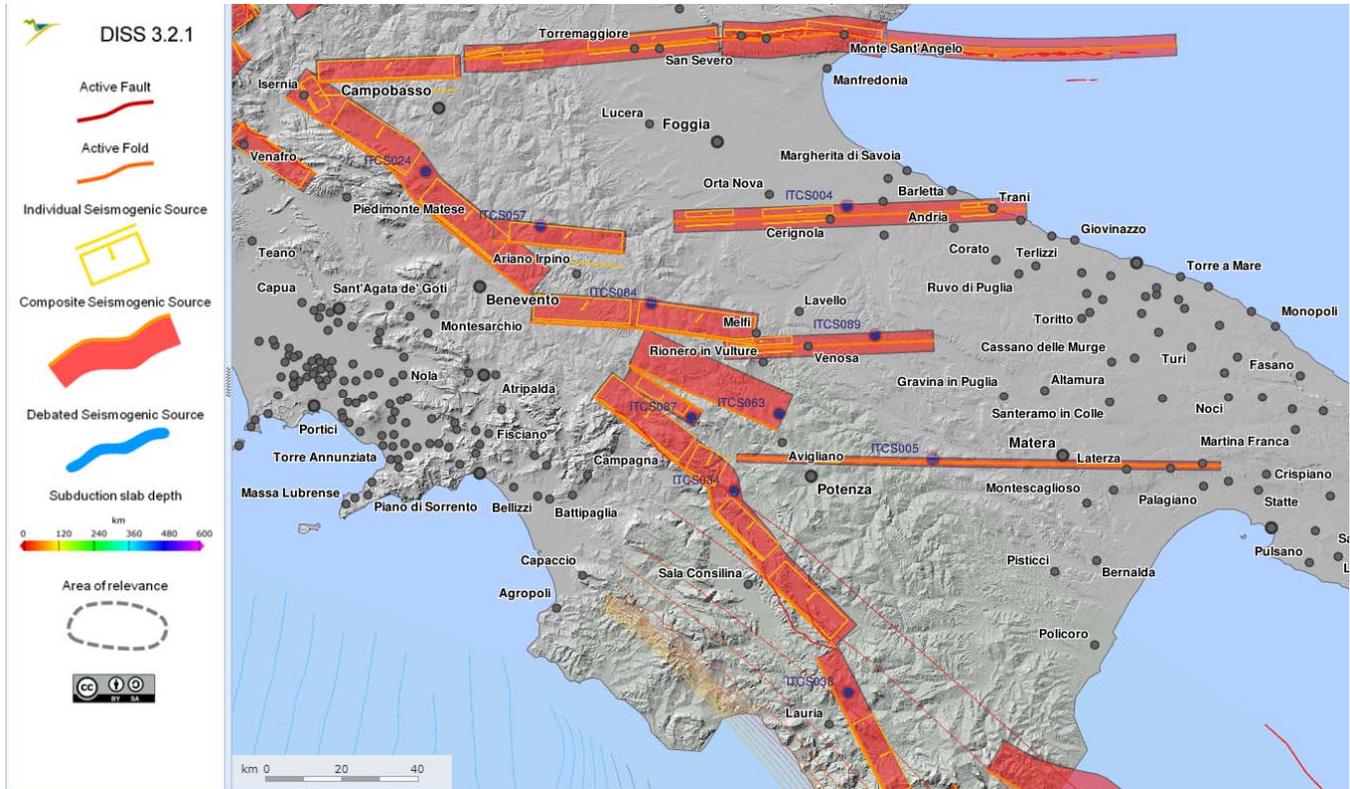


Figura 15-3: Sorgenti sismogenetiche individuali e composite dal “Database of Individual Seismogenic Sources” (DISS 3.2) rilevanti per l’area in oggetto.

15.3 SISMICITÀ STORICA

Per ricostruire un quadro della sismicità storica nell’area di interesse si è fatto riferimento al Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al., 2016), il quale contiene tutte le informazioni riguardanti le intensità macrosismiche osservate a seguito dei terremoti accaduti fino al 2014. Dall’analisi del database si deriva come l’area in esame sia stata in passato interessata da un importante numero di eventi sismici significativi; tra gli eventi più rilevanti si ricordano i seguenti:

- 1627 Capitanata $I_{MCS} = 10$.
- 1694 Irpinia-Basilicata $I_{MCS} = 10$.
- 1732 Irpinia $I_{MCS} = 10-11$.
- 1783 Calabria Centrale $I_{MCS} = 10-11$.
- 1805 Molise $I_{MCS} = 10$.
- 1826 Potentino $I_{MCS} = 8$.
- 1836 Calabria Settentrionale $I_{MCS} = 9$.
- 1851 Vulture $I_{MCS} = 10$.

- 1857 Basilicata $I_{MCS} = 11$.
- 1875 Gargano $I_{MCS} = 8$.
- 1887 Calabria Settentrionale $I_{MCS} = 8$.
- 1905 Calabria Centrale $I_{MCS} = 10-11$.
- 1910 Irpinia-Basilicata $I_{MCS} = 8$.
- 1913 Calabria Settentrionale $I_{MCS} = 8$.
- 1930 Irpinia $I_{MCS} = 10$.
- 1962 Irpinia $I_{MCS} = 9$.
- 1980 Irpinia-Basilicata $I_{MCS} = 10$.

Le seguenti figure mostrano la storia sismica in termini di intensità macrosismica associata ai tre centri abitati più prossimi al tracciato: Ferrandina, Miglionico e Matera.

Le tabelle ad esse annesse mostrano l'insieme dei dati disponibili nel catalogo DBMI 2016: I = intensità massima risentita, I_0 = intensità epicentrale, M_w = Magnitudo momento.

Si osserva che i maggiori risentimenti macrosismici sono associati a terremoti con area epicentrale in Irpinia, Basilicata o nello Ionio Settentrionale, e che le massime intensità risentite nei centri abitati più prossimi al tracciato sono generalmente pari a 7.

Tabella 15-1: Principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Ferrandina (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

Intensità	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	I_0	M_w
8	1857 12 16 21 15	Basilicata	11	7,12
7	1885 12 24 10 50	Basilicata	6-7	5,09
4	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	8	5,55
3	1889 12 08	Gargano	7	5,47
3	1894 05 28 20 15	Pollino	7	5,01
5-6	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	10-11	6,95
5	1908 03 26 13 49	Materano	5	4,31
4	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	8	5,76
2	1913 06 28 08 53 02.00	Calabria settentrionale	8	5,64
3	1917 06 12 18 44	Golfo di Taranto	4-5	5,35
5	1930 07 23 00 08	Irpinia	10	6,67
2	1932 03 30 09 56 26.00	Bassa Murgia	5	4,54
5	1956 01 09 00 44	Materano	6	4,72
5	1975 06 19 10 11	Gargano	6	5,02
5	1978 09 24 08 07 44.00	Materano	6	4,75
6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino		5,77

5-6	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	7	5,08
3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	6	4,9
3	2004 09 03 00 04 12.75	Potentino	5	4,41
NF	2006 06 22 19 34 58.34	Costa calabra settentrionale		4,7

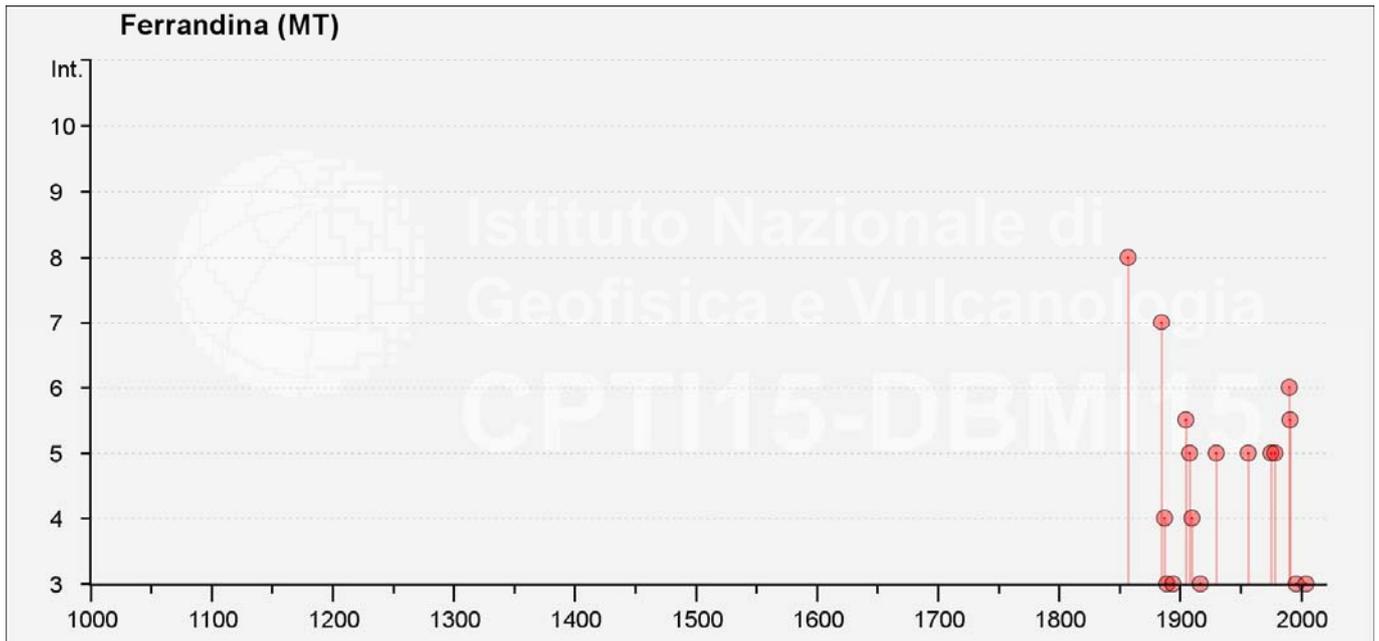


Figura 15-4: Sintesi grafica della storia sismica del paese di Ferrandina (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

Tabella 15-2: Principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Miglionico (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

Intensità	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw
7	1857 12 16 21 15	Basilicata	11	7,12
2-3	1894 05 28 20 15	Pollino	7	5,01
4	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	10-11	6,95
6	1956 01 09 00 44	Materano	6	4,72
4-5	1975 06 19 10 11	Gargano	6	5,02
5	1978 09 24 08 07 44.00	Materano	6	4,75
3	1982 03 21 09 44 01.59	Golfo di Policastro	7-8	5,23
3	1991 04 18 19 24 03.06	Piana di Metaponto		4,13
5-6	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	7	5,08
3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	6	4,9
3-4	2006 06 22 19 34 58.34	Costa calabra settentrionale		4,7

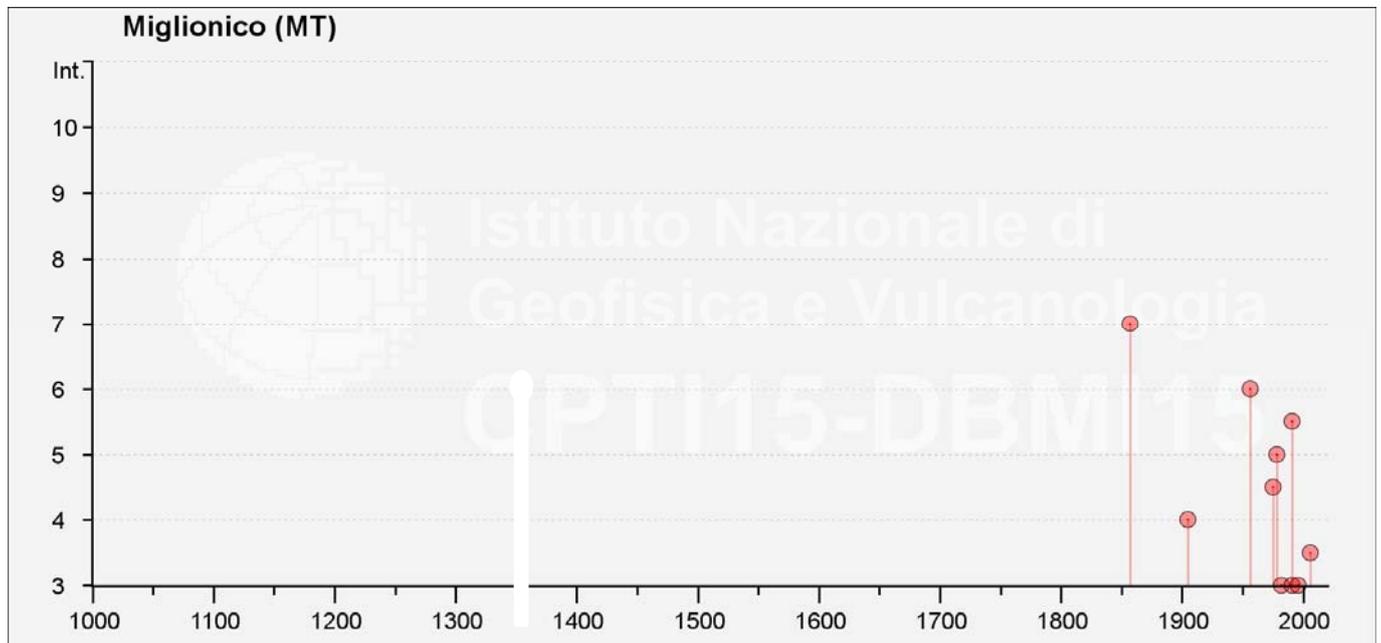


Figura 15-5: Sintesi grafica della storia sismica del paese di Miglionico (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

Tabella 15-3: Principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Matera (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

Intensità	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw
F	1627 07 30 10 50	Capitanata	10	6,66
6-7	1634 11 10	Matera	6-7	4,86
7	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	10	6,73
5	1722 09	Matera	5	4,16
5	1732 11 29 07 40	Irpinia	10-11	6,75
5	1733 01 29	Irpinia		
7	1743 02 20	Ionio settentrionale	9	6,68
4	1783 02 07 13 10	Calabria centrale	10-11	6,74
4	1805 07 26 21	Molise	10	6,68
3-4	1817 04 17	Potentino	4-5	3,97
F	1826 02 01 16	Potentino	8	5,74
5	1836 04 25 00 20	Calabria settentrionale	9	6,18
6	1845 08 10	Materano	5	4,51
6	1851 08 14 13 20	Vulture	10	6,52
7	1857 12 16 21 15	Basilicata	11	7,12
5	1875 12 06	Gargano	8	5,86
6-7	1885 12 24 10 50	Basilicata	6-7	5,09

Tabella 15-3: Principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Matera (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

Intensità	Anno Me Gi Ho Mi Se	Area epicentrale	Io	Mw
5	1889 12 08	Gargano	7	5,47
F	1897 05 28 22 40 02.00	Ionio	6	5,46
NF	1905 11 26	Irpinia	7-8	5,18
4-5	1908 03 26 13 49	Materano	5	4,31
5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	8	5,76
5	1910 10 03 11 04	Basilicata meridionale	5-6	4,62
2-3	1912 07 02 07 34	Tavoliere delle Puglie	5	4,55
3	1913 06 28 08 53 02.00	Calabria settentrionale	8	5,64
5	1930 07 23 00 08	Irpinia	10	6,67
4	1932 03 30 09 56 26.00	Bassa Murgia	5	4,54
2-3	1933 03 07 14 39	Irpinia	6	4,96
4-5	1956 01 09 00 44	Materano	6	4,72
5	1962 08 21 18 19	Irpinia	9	6,15
F	1967 12 09 03 09 56.00	Adriatico centrale		4,36
3	1973 08 08 14 36 26.00	Appennino campano-lucano	5-6	4,75
4-5	1975 06 19 10 11	Gargano	6	5,02
6	1978 09 24 08 07 44.00	Materano	6	4,75
F	1980 05 14 01 41	Alta Val d'Agri	5-6	4,83
6	1980 11 23 18 34 52.00	Irpinia-Basilicata	10	6,81
3	1982 03 21 09 44 01.59	Golfo di Policastro	7-8	5,23
NF	1984 04 29 05 02 59.00	Umbria settentrionale	7	5,62
4	1987 01 28 05 33 21.76	Potentino	5	4,54
4	1988 01 08 13 05 46.75	Pollino	7	4,7
3	1988 04 13 21 28 27.56	Golfo di Taranto	6-7	4,86
6-7	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino		5,77
4-5	1991 04 18 19 24 03.06	Piana di Metaponto		4,13
4-5	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	7	5,08
NF	1994 01 07 18 30 12.46	Golfo di Taranto		4,03
2-3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	6	4,9
3	1998 04 07 21 36 55.30	Valle dell'Ofanto	5	4,31
5	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano		4,64
NF	2006 06 22 19 34 58.34	Costa calabro settentrionale		4,7

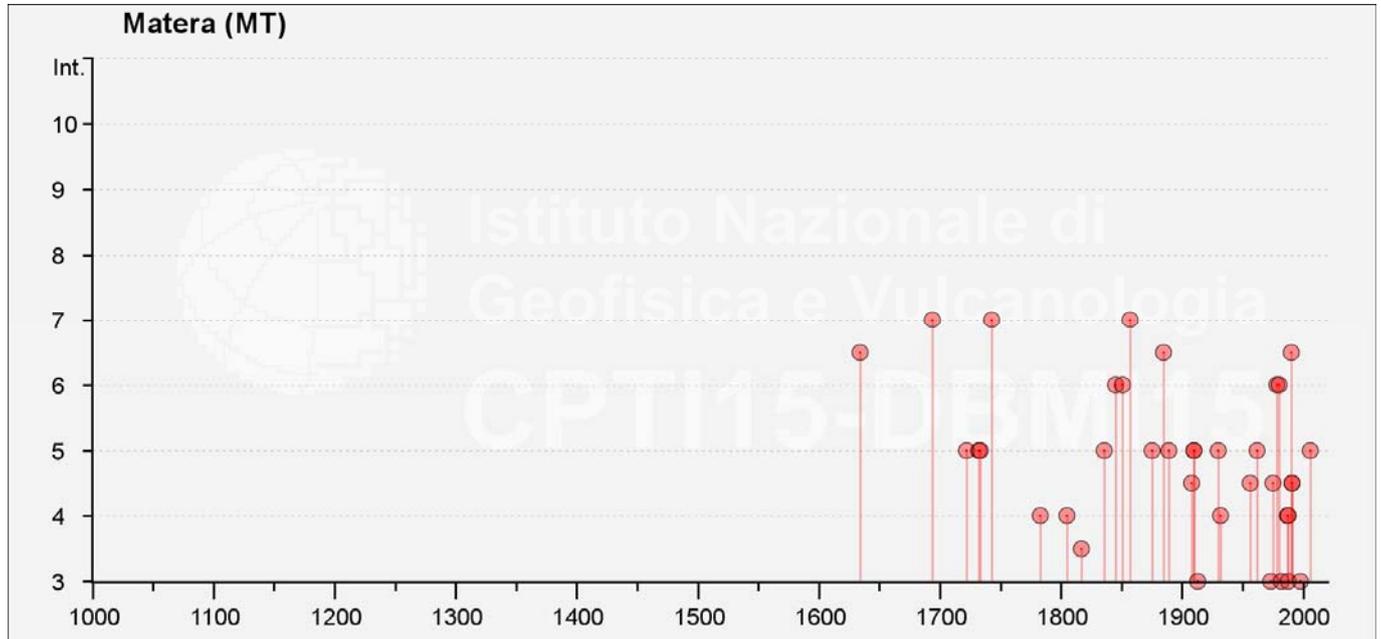


Figura 15-6: Sintesi grafica della storia sismica del comune di Matera (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

15.4 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

15.4.1 Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g

La definizione dell'azione sismica di progetto per l'opera segue quanto disposto dalla Norma di riferimento per il progetto, ossia le NTC2018. In particolare, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi Stati Limite (di esercizio – SLE e Ultimi - SLU) per le strutture in progetto deve essere definita a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione, a sua volta esprimibile in termini di accelerazione orizzontale massima attesa a_g in condizioni di campo libero su suolo rigido, con superficie topografica orizzontale.

La definizione dell'azione sismica comprende la determinazione delle ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione $S_e(T)$ con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza P_{VR} nel periodo di riferimento V_R per la vita utile della struttura. Data la probabilità di superamento nel periodo temporale di riferimento, funzione dello Stato Limite considerato per la verifica, la forma degli spettri di risposta di progetto è definita dai seguenti parametri:

- a_g accelerazione orizzontale massima per sito rigido e superficie topografica orizzontale;
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;
- T_c^* periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

In allegato alle NTC 2008 (richiamate dalle NTC 2018) i valori dei suddetti parametri sono forniti per ognuno dei 10751 nodi del reticolo di riferimento che copre il territorio nazionale. I valori di punti intermedi alla griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti.

Per definire i valori della pericolosità sismica di base sono stati confrontati i due estremi del tracciato, ossia:

- Ferrandina Scalo (long. 16,467 E, lat. 40,525 N)

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 151 di 200

- Matera La Martella (long. 16,562 E, lat. 40,657 N)

Il confronto fra i valori del parametro a_g per tali punti di riferimento per diversi stati limite, riportato nella Tabella 15-4 mostra come la variabilità dell'input sismico all'interno delle aree sede delle opere sia nel complesso ridotta (poco oltre il 3%). Si è assunto quale riferimento per la definizione della pericolosità sismica di progetto il punto corrispondente a Ferrandina Scalo, caratterizzato dai valori massimi di pericolosità. In Figura 15-7 si riporta l'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica (elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009), in corrispondenza di tale punto.

Tabella 15-4 Valori del parametro a_g per diversi periodi di ritorno alle due estremità del tracciato (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTC ver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per $V_R = 50$ anni.

	a_g T=30 anni	a_g T=50 anni	a_g T=475 anni	a_g T=975 anni
Ferrandina Scalo	0,041 g	0,054 g	0,150 g	0,194 g
Matera La Martella	0,039 g	0,052 g	0,146 g	0,187 g

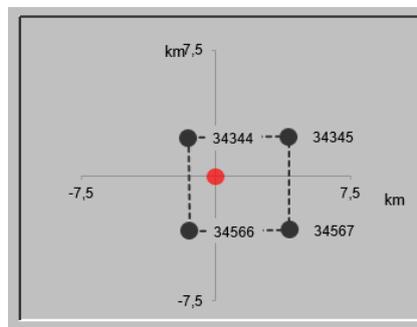


Figura 15-7 Nodi del reticolo di riferimento in corrispondenza al punto di riferimento. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009

La Vita Nominale V_N di un'opera, intesa come il periodo temporale entro cui l'opera stessa possa essere usata per lo scopo al quale è destinata, purché soggetta alla manutenzione ordinaria, è così definita dalle NTC2008:

- $V_N \leq 10$ anni, per opere provvisorie e opere provvisionali.
- $V_N \geq 50$ anni, per opere ordinarie, ponti, opere infrastrutturali e dighe di dimensioni contenute o di importanza normale.
- $V_N \geq 100$ anni, per grandi opere, ponti, opere infrastrutturali e dighe di importanza strategica.

Nel caso in esame (opera ordinaria), ai fini della definizione dell'azione sismica, i progettisti hanno assunto:

$$V_N = 50 \text{ anni}$$

Con riferimento alle conseguenze di un'interruzione di operatività o di un eventuale collasso in presenza di azioni sismiche, le opere sono suddivise dalle NTC2018 in classi d'uso, la cui appartenenza è stabilita in base all'importanza

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 152 di 200

dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. Nel caso in esame l'opera appartiene ragionevolmente alla Classe d'Uso II, ossia:

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

Pertanto, sulla base delle indicazioni NTC2018, alla Classe d'Uso II corrisponde un coefficiente d'uso C_U pari a:

$$C_U = 1.$$

L'azione sismica di verifica delle opere viene quindi definita in relazione ad un periodo di riferimento V_R ottenuto, per ciascun tipo di opera, moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Nel caso in esame:

$$V_R = V_N \times C_U = 50 \times 1.0 = 50 \text{ anni}$$

L'azione sismica di progetto va determinata in funzione degli Stati Limite di verifica ed alle corrispondenti probabilità P_{VR} di realizzarsi nel periodo di riferimento V_R .

Gli Stati Limite di riferimento per verifiche in presenza di sisma, così come definiti nelle NTC2018 al par. 3.2.1 sono:

- Stati Limite Ultimi (SLU):
 - Stato Limite di Salvaguardia della Vita umana, SLV, definito come lo stato limite in corrispondenza del quale la struttura subisce una significativa perdita della rigidità nei confronti dei carichi orizzontali ma non nei confronti dei carichi verticali. Permane un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali.
 - Stato Limite di Prevenzione del Collasso, SLC, stato limite nel quale la struttura subisce gravi danni strutturali, mantenendo comunque un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza a collasso per carichi orizzontali.
- Stati limite di Esercizio (SLE):
 - Stato Limite di immediata Operatività SLO per le strutture ed apparecchiature che debbono restare operative a seguito dell'evento sismico.
 - Stato Limite di Danno SLD definito come lo stato limite da rispettare per garantire la sostanziale integrità dell'opera ed il suo immediato utilizzo.

Il tempo di ritorno T_R dell'azione sismica di verifica è legato al periodo di riferimento V_R ed alla probabilità di superamento PVR dalla relazione:

$$T_R = - V_R / \ln(1-PVR)$$

I valori di periodo di ritorno dell'azione sismica, per i diversi Stati Limite, sono indicati nella seconda colonna di Tabella 15-5.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 153 di 200

I valori di a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_0 (valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale) e T_c^* (periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale) per le coordinate del punto di riferimento ed i periodi di ritorno di interesse sono riportati in Tabella 15-5.

Tabella 15-5 Valori dei parametri a_g , F_0 , T_c^* per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per $V_R = 50$ anni.

SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_c^* (s)
SLO	30	0,041	2,452	0,290
SLD	50	0,054	2,477	0,315
SLV	475	0,150	2,497	0,344
SLC	975	0,194	2,504	0,348

15.4.2 *Risposta sismica locale*

Le NTC2018 definiscono il fattore di sito S come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_s), sia dell'andamento della superficie topografica (S_T):

$$S = S_s \cdot S_T$$

L'area interessata dalle porzioni di tracciato all'aperto, in viadotto o rilevato, risulta sostanzialmente pianeggiante (categoria topografica T1), per cui il coefficiente di amplificazione topografica S_T assume valore 1. La parte di territorio collinare è attraversata dal tracciato ferroviario in galleria, ma per tale tipologia di opera non si ha ovviamente alcun fenomeno di amplificazione topografica delle onde sismiche.

Per quanto riguarda la definizione della categoria di sottosuolo, il tracciato è stato suddiviso in 7 sotto-tratte aventi caratteristiche stratigrafiche il più possibile omogenee, come di seguito illustrato (si rimanda per ogni approfondimento al capitolo 4 relativo alla descrizione stratigrafica di dettaglio della linea). Per ciascuna sotto-tratta, nei paragrafi seguenti sono riportati i risultati delle indagini di caratterizzazione geotecnica e la conseguente categoria di sottosuolo. Uno specifico paragrafo è dedicato alla viabilità di sffollamento.

15.4.2.1 *Tratta 1 - Da pk 0+000 a pk 2+345 (collegamento con scalo Ferrandina)*

Le opere di questa tratta sono già realizzate; il tracciato ferroviario è interamente impostato su depositi alluvionali attuali dell'Olocene, sovrapposti ad argille limose e argille marnose dure facenti parte della formazione delle Argille Subappenniniche. La definizione delle caratteristiche dinamiche dei terreni viene qui basata sui dati di indagine che comprendono:

- n.6 sondaggi con esecuzione di prove SPT (cfr. Tabella 15-6).
- n.1 prova down-hole: S1_DH_50
- n.1 prova MASW: MASW1.

Tabella 15-6 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 1

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
S1_PZ_30	1,5	12
	4,5	14
	7,5	38
	11,9	28
	14,15	47
	17,5	50
	20	52
	23	91
	26	95
S2_PZ_50	1,5	25
	4,5	12
	7,5	22
	10,5	21
	12,5	27
	16,5	30
	18,5	47
	21,5	35
	24,5	33
S1_DH_50	1,5	44
	4,5	40
	9,2	42
	12	49
	15	67
	18	66
	21,5	92
	26	87
S16	1.5	64
	4.5	78
	8	29
	10.5	36
	13.5	59
	16.6	48
	19.5	49
	22.5	52

Tabella 15-6 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 1

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
S_CH_VI01_Pila34	1.5	11
	4.5	13
	7.5	28
	10.5	37
	13.5	28
	16.5	31
	19.5	32
	22.5	35
S_CH_VI01_Pila36	1.5	11
	4.5	8
	7.5	10
	10.5	21
	13.5	86
	16.5	18
	19.5	37
	22	43

In Figura 15-8 vengono confrontati i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s derivate da:

- correlazioni sui risultati delle prove SPT;
- prova MASW;
- prova Down-Hole.

In linea generale i valori desunti sono tra loro coerenti: le prove Down-Hole e MASW mostrano a pari profondità valori della velocità V_s mediamente maggiori rispetto a quelli derivati dalle prove SPT.

L'insieme dei dati consente di assumere per la definizione dell'azione sismica di progetto la categoria di sottosuolo C (dalla Tabella 3.2.II-II delle NTC 2018: “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”).

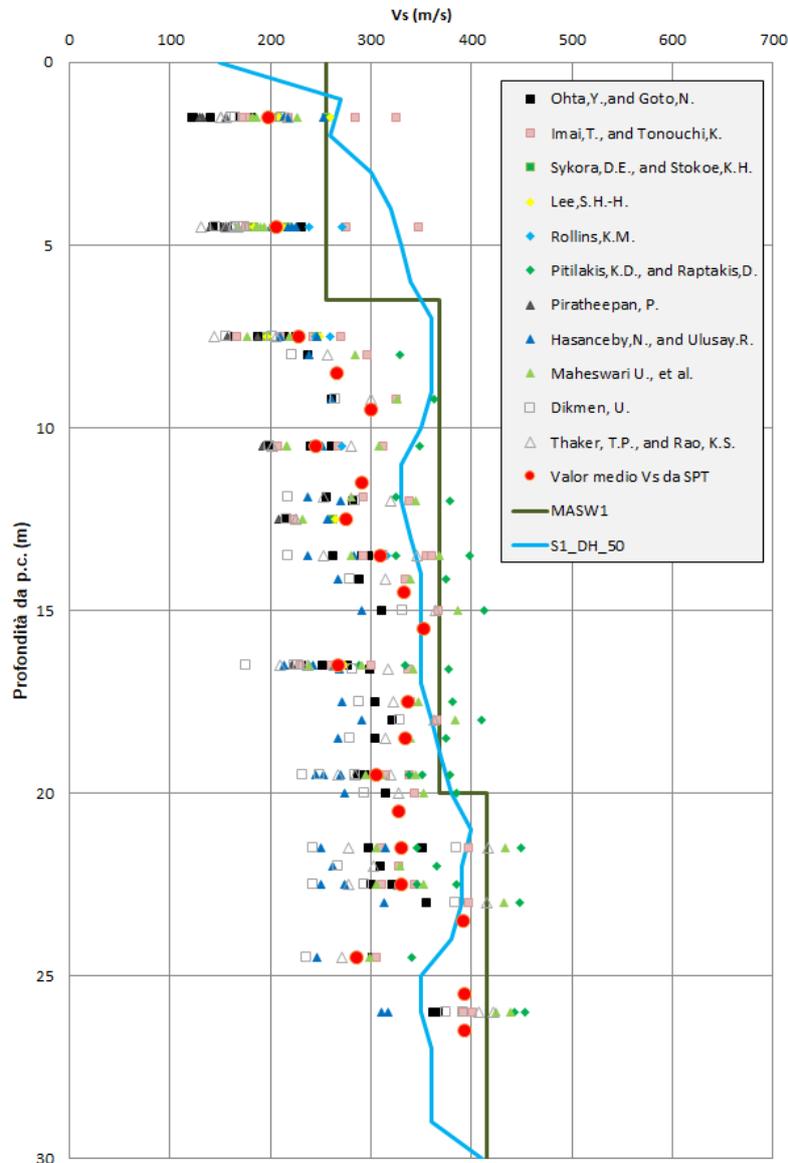


Figura 15-8: Tratta 1. Valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s calcolata da correlazioni sui valori SPT e misurata tramite prove geofisiche.

15.4.2.2 Tratta 2 - Da pk 0+000 a pk 2+196,5: nuovo tracciato in progetto fino ad imbocco galleria Miglionico

Anche in questa tratta, come nella precedente, il tracciato ferroviario è interamente impostato su depositi alluvionali attuali dell'Olocene, sovrapposti ad argille limose e argille marnose dure facenti parte della formazione delle Argille Subappenniniche. La definizione delle caratteristiche dinamiche dei terreni viene effettuata sulla base delle indagini, che comprendono, in questa tratta:

- n.7 sondaggi con esecuzione di prove SPT (cfr. Tabella 15-7).
- n.1 prova down-hole;

- n.4 prove MASW.

La tabella seguente riporta i risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi che interessano la tratta.

Tabella 15-7 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 2

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
S1	2,6	R
	3,5	R
	6,2	23
	9	33
	12,5	30
	15,9	41
	18,5	58
	22,2	67
	25,3	100
S2	2,6	47
	4,6	29
	6,25	46
	10	62
	12,75	63
	16	80
	18,7	89
	21,5	88
	24,5	88
	28,65	R
S3	3	54
	6,5	38
	9,6	47
	12,6	56
	16,3	61
	19,5	72
	24,5	76
	28,35	100
S4	2,95	42
	5,7	18
	9	27
	11,1	40
	14,5	47
	17,5	49

Tabella 15-7 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 2

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
	20,1	63
	23,2	64
	27,7	74
S5	3,1	17
	5	R
	7	58
	9,7	37
	12,1	31
	15,7	47
	18,5	52
	21,5	60
	24,5	56
S6	28,6	66
	2,8	9
	5,4	8
	8,7	9
	12,40	42
	15	33
	16,8	36
	20,8	43
24,8	59	
S7_L	28	64
	2,6	66
	5,6	19
	8	43
	11	44
	14	54
	17	60
	20	77
23,6	73	

In Figura 15-9 si mettono a confronto i valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs derivate:

- correlazioni sui risultati delle prove SPT;
- prove MASW;

- prova Down-Hole.

In linea generale i valori desunti sono tra loro coerenti; la prova Down-Hole e due delle prove MASW mostrano a profondità superiori a 20 m un maggiore incremento della velocità V_s . L'insieme dei dati consente di assumere per la definizione dell'azione sismica di progetto la categoria di sottosuolo C (dalla Tabella 3.2.II-II delle NTC 2018: “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”).

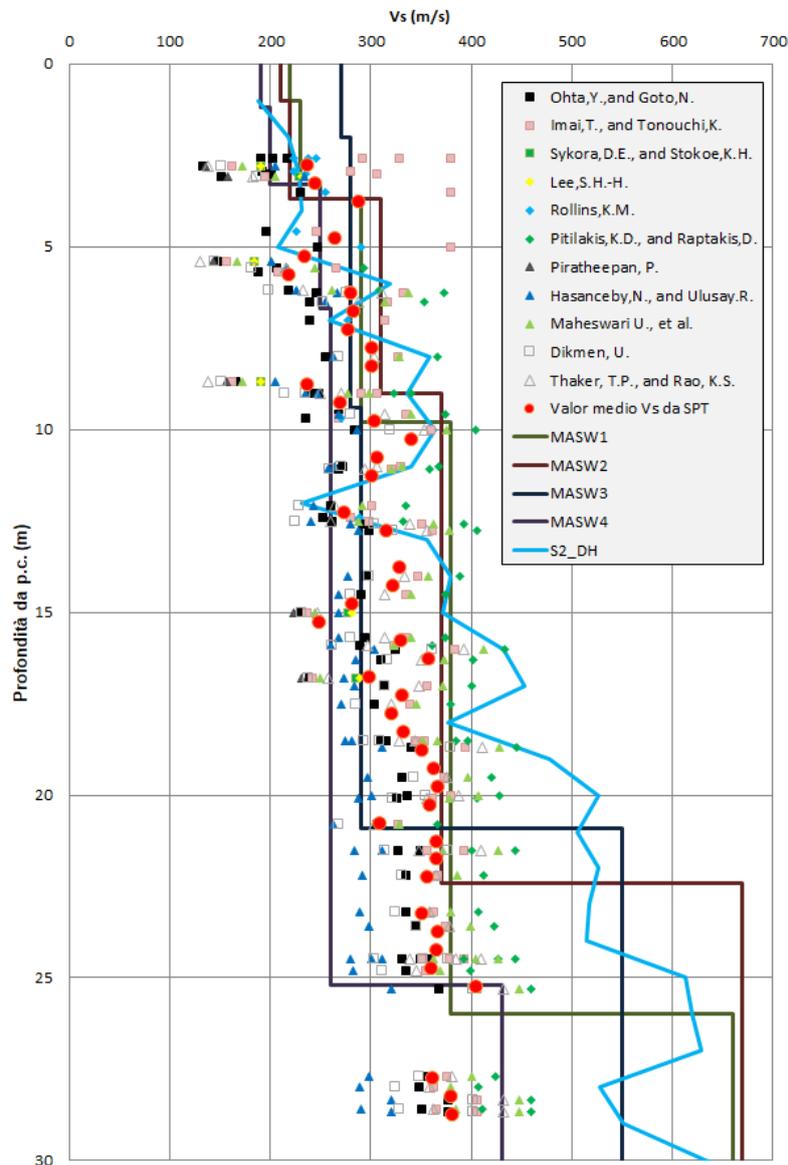


Figura 15-9 – Tratta 2 - Valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s calcolata da correlazioni sui valori SPT e misurata tramite prove geofisiche.

 GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 160 di 200

15.4.2.3 Tratta 3 - Da pk 2+345 a pk 8+905: galleria Miglionico e galleria di sfollamento

L'intero tratto in galleria attraversa la formazione delle Argille Subappenniniche. Non essendo prevista la realizzazione di opere in superficie, non sono state effettuate valutazioni specifiche in relazione alla risposta sismica locale.

La zona di imbocco della finestra di sicurezza della galleria Miglionico è anche essa impostata su materiali argillosi appartenenti alla formazione delle Argille Subappenniniche. La definizione delle caratteristiche dinamiche dei terreni viene effettuata sulla base delle indagini disponibili, che comprendono:

- n.1 sondaggio con esecuzione di prove SPT (vedere Tabella 15-8)
- n.4 sezioni sismiche tomografiche.

Tabella 15-8 Risultati delle indagini SPT eseguite nel sondaggio presso l'imbocco della finestra di sicurezza

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
S_GALL_IN_30	3,0	15
	6,0	14
	9,0	30
	12,0	27
	15,0	31
	18,0	38
	21,0	42
	24,0	40
	27,0	41

La seguente Figura 15-10 illustra i valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s derivate da una serie di correlazioni con le prove SPT, sempre compresi tra 180 e 360 m/s.

L'insieme dei dati, confrontato con i risultati delle sezioni sismiche tomografiche di cui sopra, consente di assumere ragionevolmente per la definizione dell'azione sismica di progetto la categoria di sottosuolo C (dalla Tabella 3.2.II-II delle NTC 2018: “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”).

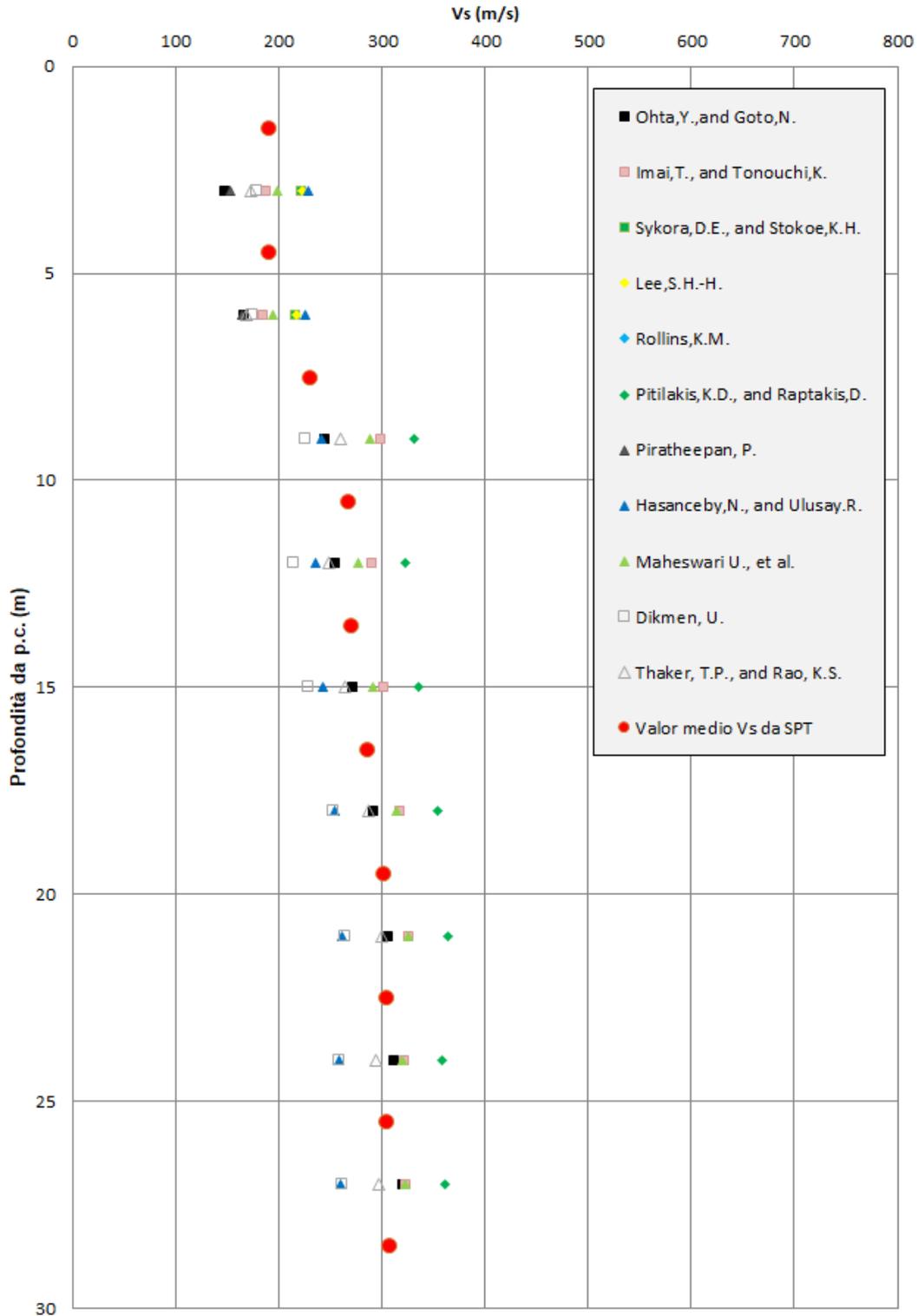


Figura 15-10 – Imbocco finestra di sicurezza galleria Miglionico. Valori di velocità di propagazione delle onde di taglio Vs calcolata da correlazioni sui valori SPT e misurata tramite prove geofisiche.

15.4.2.4 Tratta 4 - Da pk 8+905 a pk 12+400: da imbocco nord galleria Miglionico a viadotto Sinatra

Anche lungo questa tratta (come in quella precedente in galleria), il tracciato ferroviario risulta interamente impostato su depositi alluvionali attuali dell'Olocene, sovrapposti ad argille limose ed argille marnose dure facenti parte della formazione delle Argille Subappenniniche. In alcune porzioni del tracciato la sede ferroviaria (esistente) poggia direttamente sulla formazione argillosa, senza interposizione di depositi alluvionali.

La definizione delle caratteristiche dinamiche dei terreni viene effettuata sulla base delle indagini, che comprendono:

- n.12 sondaggi con esecuzione di prove SPT (vedere Tabella 15-9);
- n.3 prove down-hole: S3_DH_50, S4_DH_50, S4_DH_35;
- n.4 prove MASW: MASW3, MASW4, MASW101 e MASW104.

Tabella 15-9 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 4

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
S2_10	1	34
	4,5	19
	7,5	28
	9,8	42
	1	19
	4	34
	8,4	30
	10	31
S3 DH_50	1,5	8
	4,5	22
	9	43
	10,5	47
	13,5	28
	16,5	46
	19,5	45
	22,5	49
25	52	
S4 DH_50	1,5	12
	4,5	R
	7,5	16
	10,5	24
	13,5	27
	16,5	30
	20	70
	22,5	79

Tabella 15-9 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 4

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
	25,5	88
S4 DH_35	1,5	10
	4,5	16
	7,5	24
	10,5	32
	13,5	45
	16,5	50
	19,5	55
	22,5	68
	25,5	69
S3 PZ_30	1,5	10
	4,5	16
	7,5	26
	10	57
	13,5	52
	16,5	61
	19,7	45
	22,5	58
	25,5	64
S5 PZ_30	1,5	17
	4,5	25
	7,5	36
	11	45
	13,5	50
	16,5	57
	19,5	70
	22,5	77
	25,5	72
S6 PZ_30	1,5	21
	4,5	25
	7,5	42
	11,4	29
	13,5	33
	16,5	39
	19,5	67
	22,5	75
	25,5	80
S3_10	1	19

Tabella 15-9 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 4

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
	4	34
	8.4	30
	10	31
S2_PZ_30	1.5	23
	4.5	34
	8	44
	11.4	59
	14	65
	17	55
	20	57
	23	66
	26	77
S21	1.5	17
	4.5	21
	7.5	22
	10.5	26
	13.6	135
	16.5	39
	19.5	44
	22.5	45
S22	1.5	10
	4.5	12
	7.5	32
	10.5	31
	13.4	39
	16.5	34
	19.5	46
	24	52
S23	1.5	11
	5.1	6
	7.5	10
	10.5	33
	13.5	25
	16.5	45
	19.5	49
	22.5	58

La seguente Figura 15-11 mette a confronto i valori della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs derivate da correlazione sui valori SPT, e direttamente da prove MASW e downhole. In linea generale, i valori desunti sono

tra loro piuttosto coerenti, ad eccezione delle due prove MASW, le quali mostrano a profondità superiori a 20 m valori di velocità V_s superiori. L'insieme dei dati consente di assumere per la definizione dell'azione sismica di progetto la categoria di sottosuolo C (dalla Tabella 3.2.II-II delle NTC 2018: “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”).

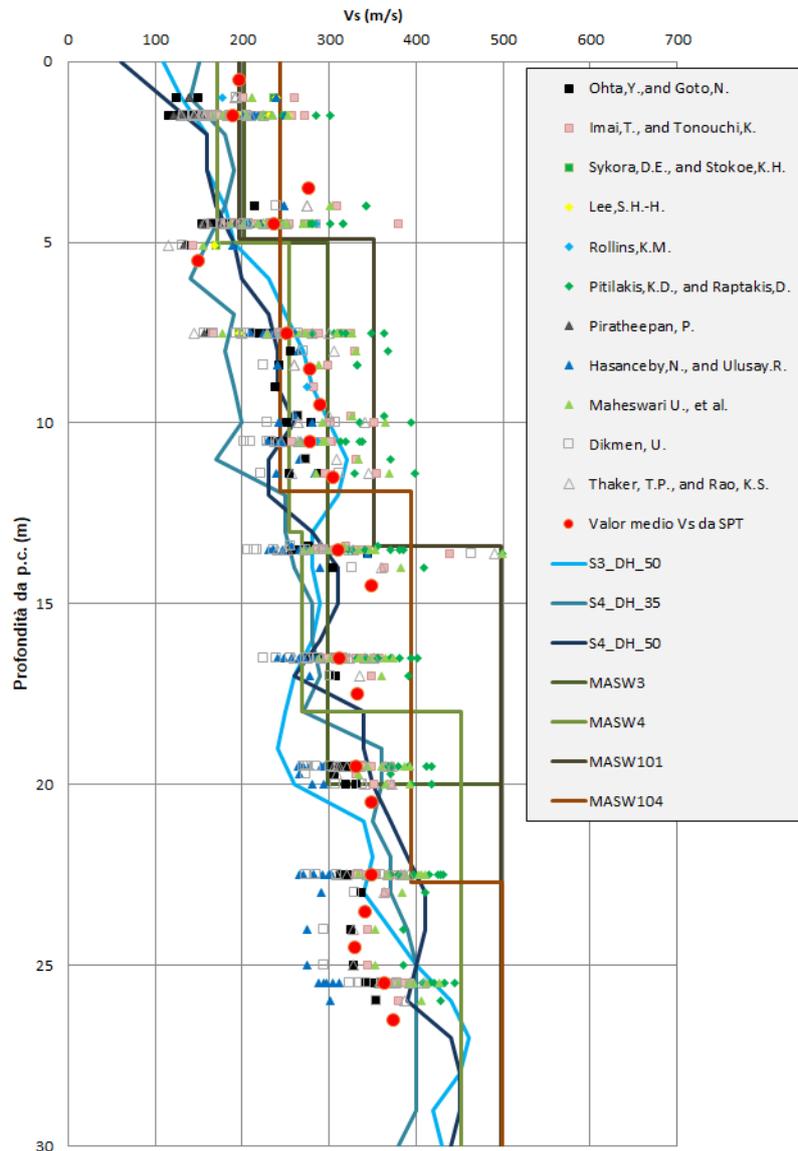


Figura 15-11 – Tratta 4 - Valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s calcolata da correlazioni sui valori SPT e misurata tramite prove geofisiche.

15.4.2.5 Tratta 5 - Da pk 12+400 a pk 16+000: da viadotto Sinatra a viadotto Gravina

In questa tratta il tracciato ferroviario si sviluppa per lo più a contatto con la formazione delle Argille Subappenniniche, al di sopra delle quali è possibile osservare localmente la presenza di depositi alluvionali. Al di sotto delle argille, troviamo la formazione delle Calcareniti di Gravina, che sovrasta a sua volta quella del Calcere di Altamura.

La definizione delle caratteristiche dinamiche dei terreni viene effettuata sulla base delle indagini, che comprendono:

- n.15 sondaggi con esecuzione di prove SPT (vedere Tabella 15-10)
- n.7 prove down-hole: S5_DH_50, S6_DH_50, S7_DH_50, S8_DH_30, S9_DH_50, S10_DH_50, S11_DH_50
- n.7 prove MASW: MASW5, MASW6, MASW7, MASW9, MASW10, MASW11, MASW102.

Tabella 15-10: Risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 5

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
S4-10	1	34
	4,5	19
	7,5	28
	9,8	23
S5_10	1	11
	4	23
	6	45
	9	53
S6_10	1	19
	4	34
	8,4	30
	10	31
S5 DH_50	1,5	15
	4,5	25
	7,5	22
	12	R
	13,5	25
S8 DH_30	1,5	10
	4,5	23
	7,5	29
	10,5	R
	13,5	R
	16,5	R
	18	R
S9 DH_50	1,5	14
	4,5	22

Tabella 15-10: Risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 5

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
	7,5	67
	10,5	85
	13,5	90
	16,5	98
S10 DH_50	1,5	18
	4,5	36
	7,5	R
S11 DH_50	1,5	30
S7 PZ_30	1,5	14
	5	16
	7,6	23
S8 PZ_50	1,5	21
	4,5	23
	8	75
S9 PZ_30	1,5	16
	4,5	14
	7,5	14
	10,5	50
	13,5	92
	16,5	R
S_CH_VI07_Pila4	2.7	3
	4.5	15
	7.5	20
	10.5	30
	13.5	53
	16.5	64
S24	3	18
	4.9	26
S25	1.5	18
	4.5	10
	7.5	12
	10.5	13
	13.5	14
S26	1.5	13
	4.5	20

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 168 di 200

Tabella 15-10: Risultati delle prove SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 5

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
	7.5	25
	11.5	27
	13.5	81
	16.5	Rif
	20	87

In Figura 15-12 vengono messi a confronto i valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s derivate da:

- correlazioni con le prove SPT;
- prove MASW;
- prove downhole.

Sia le prove downhole che le prove MASW evidenziano elevati valori di velocità V_s , corrispondenti al substrato roccioso posto ad una profondità di 15-20 m da piano campagna, sovrastato da terreni assimilabili a formazioni di categoria di sottosuolo C. Ciò porta ad assumere per la definizione dell'azione sismica di progetto la categoria di sottosuolo E (dalla Tabella 3.2.II-II delle NTC 2018: “*terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m*”).

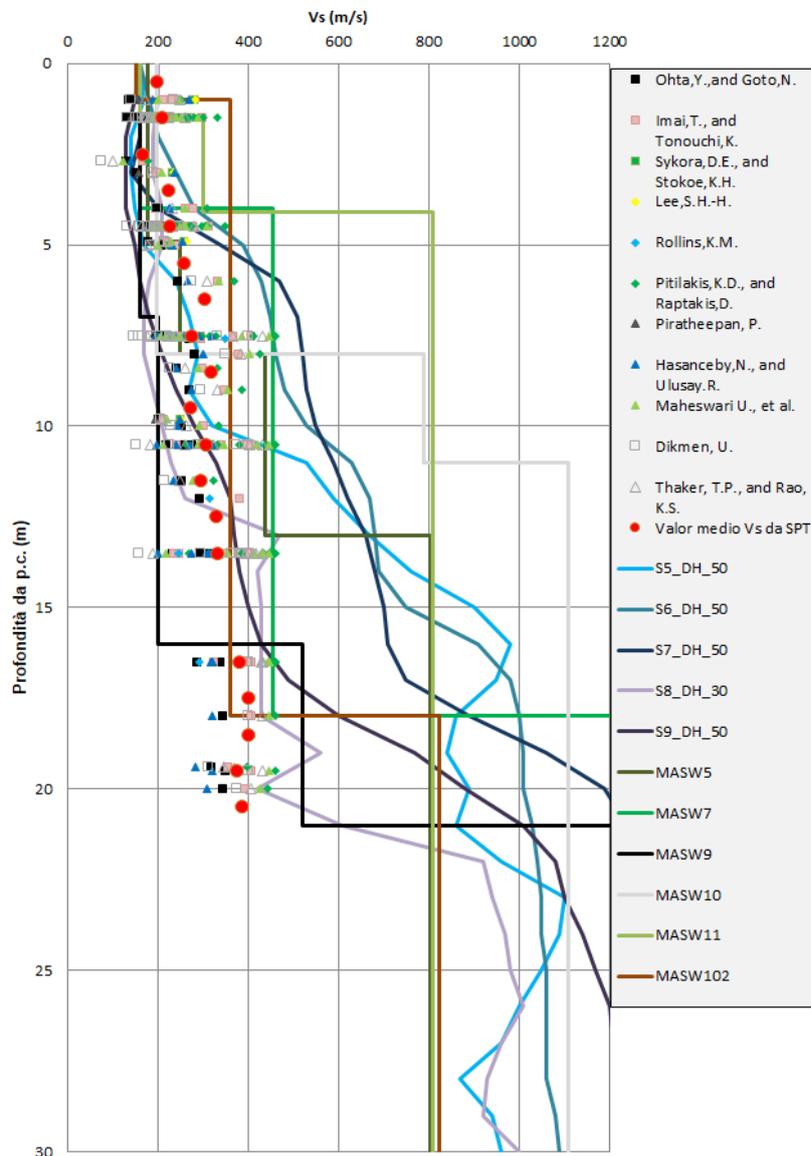


Figura 15-12 – Tratta 5 - Valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s calcolata da correlazioni sui valori SPT e misurata tramite prove geofisiche.

15.4.2.6 Tratta 6 - Da pk 16+000 a pk 17+750: da viadotto Gravina a viadotto Miragallo

In questa tratta il tracciato ferroviario si sviluppa a contatto con le Argille Subappenniniche, aventi spessore pari a circa 20 m, al di sotto della quali si trova la formazione delle Calcareniti di Gravina. La tratta insiste quindi su una successione stratigrafica del tutto analoga alla precedente, ma si caratterizza per lo spessore pressoché costante dei depositi così come definito da tutte le indagini. La definizione delle caratteristiche dinamiche dei terreni viene effettuata sulla base delle indagini, che comprendono, in questa tratta:

- n.5 sondaggi con esecuzione di prove SPT (cfr. Tabella 15-11)
- n.1 prova down-hole: S14_DH_50

- n.3 prove MASW: MASW12, MASW13, MASW14.

Tabella 15-11 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 6

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
S14 DH_50	1,5	10
	4,5	11
	7,5	23
	10,5	26
	13,5	28
	16,5	R
	19,5	R
	22,5	R
S12 PZ_30	1,5	14
	4,5	13
	7,5	20
	10,5	40
	13,5	50
	16,5	59
	19,8	65
	22	74
	25,5	79
S_CH VI11	2	7
	4,5	8
	7,5	19
	10,5	34
	13,5	60
	16,5	66
	19,5	R
S7_10	1	16
	4	12
	7,5	14
	9,6	14
S8_10	1	8
	4	21
	7,5	21
	10	22

In Figura 15-13 vengono messi a confronto i valori della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs derivate:

- correlazioni con le prove SPT;

- prove MASW;
- prove downhole.

Le prove MASW e la prova downhole sono concordi nell'indicare la presenza dello strato di bedrock ad una profondità di 20-25 m da piano campagna. Ciò porta ad assumere per la definizione dell'azione sismica di progetto la categoria di sottosuolo E (dalla Tabella 3.2.II-II delle NTC 2018: “*terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m*”).

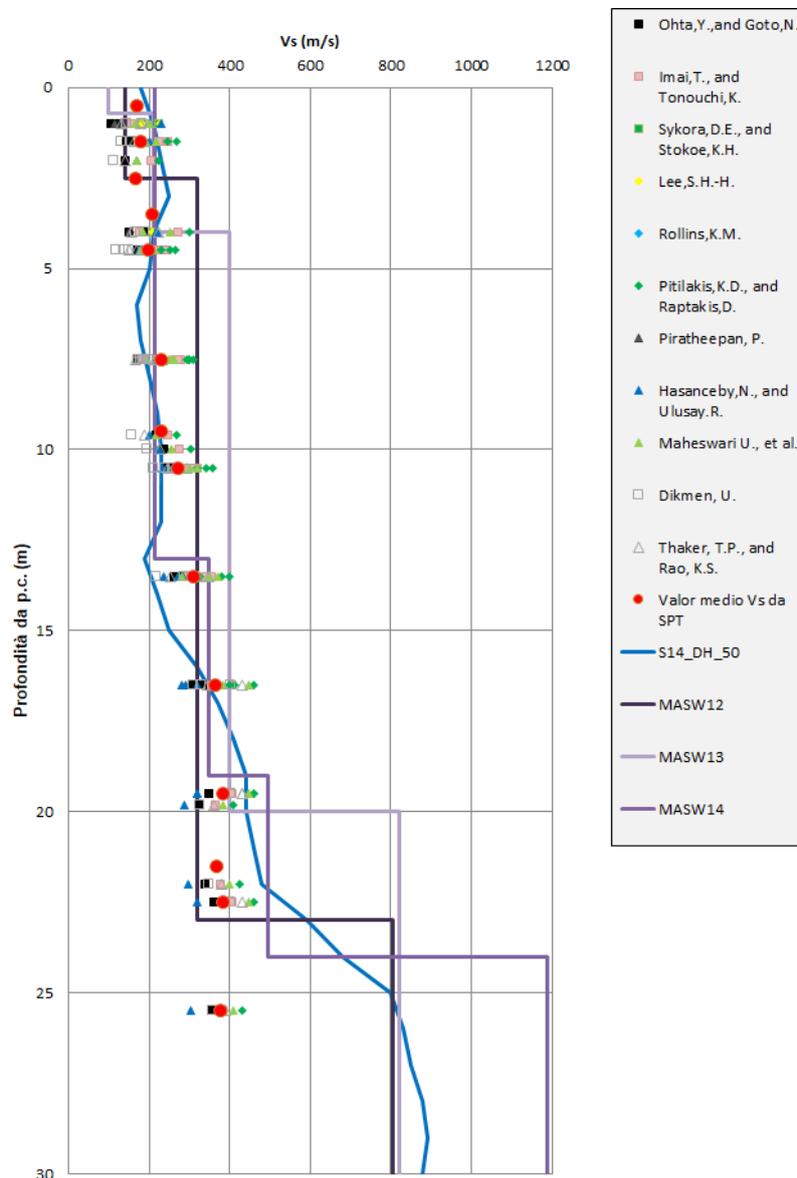


Figura 15-13 – Tratta 6 - Valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s calcolata da correlazioni sui valori SPT e misurata tramite prove geofisiche.

15.4.2.7 Tratta 7 - Da pk 17+750 a pk 19+959: da viadotto Miragallo a La Martella

In questa tratta il tracciato ferroviario si sviluppa al di sopra della formazione delle Argille Subappenniniche, con spessore sostanzialmente omogeneo e superiore a 30 m. La definizione delle caratteristiche dinamiche dei terreni viene effettuata sulla base delle indagini, che comprendono, in questa tratta:

- n.8 sondaggi con esecuzione di prove SPT (vedere Tabella 15-12)
- n.2 prove down-hole: S15_DH_30, S15_DH_50
- n.2 prove MASW: MASW15 e MASW103.

In Figura 15-14 vengono messi a confronto i valori della velocità di propagazione delle onde di taglio V_s derivate:

- correlazioni con le prove SPT;
- prove MASW;
- prove downhole.

In linea generale i valori desunti sono tra loro coerenti; solo la prova MASW15 mostra a profondità superiori a 20 m valori di velocità V_s superiori a quelli ottenuti da altre prove. L'insieme dei dati consente di assumere per la definizione dell'azione sismica di progetto la categoria di sottosuolo C (dalla Tabella 3.2.II-II delle NTC 2018: “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”).

Tabella 15-12 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 7

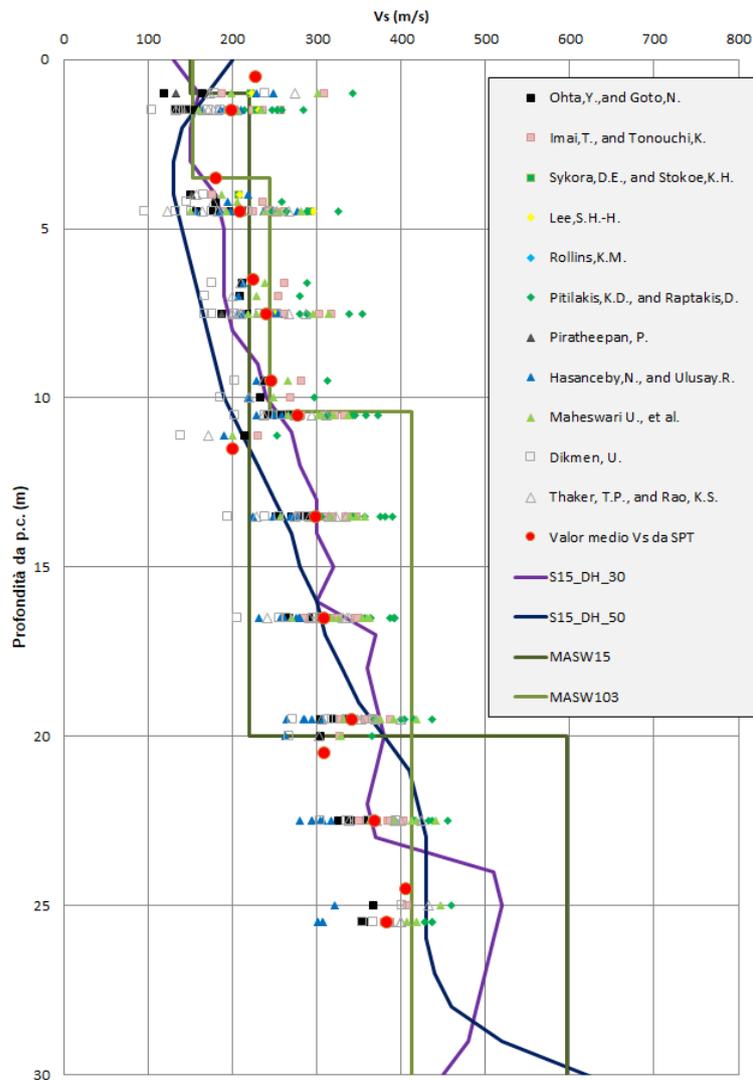
Sondaggio	Profondità da p.c.	N_{SPT}
S9_10	1	15
	4	12
	7	16
	10	20
S10_10	1	34
	4,2	12
	6,6	18
	9,5	24
S15 DH_30	1,5	17
	4,5	13
	7,5	16
	10,5	34
	13,5	54
	16,5	53
	19,5	69
22,5	80	

Tabella 15-12 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 7

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
	25,5	83
S15 DH_50	1,5	11
	4,5	10
	7,5	18
	10,5	35
	13,5	34
	16,5	39
	19,5	44
	22,5	69
	25,5	77
S13 PZ_30	1,5	12
	4,5	28
	7,5	32
	10,5	40
	13,5	50
	16,5	56
	19,5	62
	22,5	70
	25,5	77
S14 PZ_35	1,5	10
	4,5	18
	7,5	38
	10,5	46
	13,5	47
	16,5	55
	19,5	60
	22,5	83
	25,5	83
S_CH VI12	1,5	6
	4,5	5
	7,5	18
	10,5	24
	13,5	39
	16,5	42
	19,5	83
	22,5	96
	25	R

Tabella 15-12 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi della Tratta 7

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
S27	1.5	17
	4.5	39
	7.5	22
	11.1	11
	13.5	22
	16.5	25
	20	43
	22.5	56


Figura 15-14 - Tratta 7 - Valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s calcolata da correlazioni sui valori SPT e misurata tramite prove geofisiche.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 175 di 200

15.4.2.8 Viabilità di sfollamento

Il tracciato della viabilità si sviluppa per circa metà direttamente al di sopra della formazione delle Argille Subappenniniche e per la rimanente metà al di sopra di depositi alluvionali (di spessore massimo pari a circa 5 m) a sovrastare la stessa formazione di argille.

La definizione delle caratteristiche dinamiche dei terreni viene effettuata sulla base delle indagini, che comprendono, in questa tratta:

- n.2 sondaggi con esecuzione di prove SPT (vedere Tabella 15-13)
- n.1 prova MASW (denominata MASW Nuova Viabilità).

Tabella 15-13 Risultati delle indagini SPT eseguite nei sondaggi lungo la viabilità di sfollamento

Sondaggio	Profondità da p.c.	N _{SPT}
S20	1,50	8
	4,50	36
	7,40	31
	10,50	35
	13,50	29
	16,00	47
	19,00	37
	22,70	43
S2_viabilità	3	29
	6	28
	8,8	20
	12	28
	15	31
	18	23
	21	31
	24	32

In Figura 15-15 vengono messi a confronto i valori della velocità di propagazione delle onde di taglio Vs derivate da una serie di correlazioni con le prove SPT di cui alla tabella precedente e dalla prova MASW.

L'insieme dei dati consente di assumere per la definizione dell'azione sismica di progetto la categoria di sottosuolo C (dalla Tabella 3.2.II-II delle NTC 2018: “depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”).

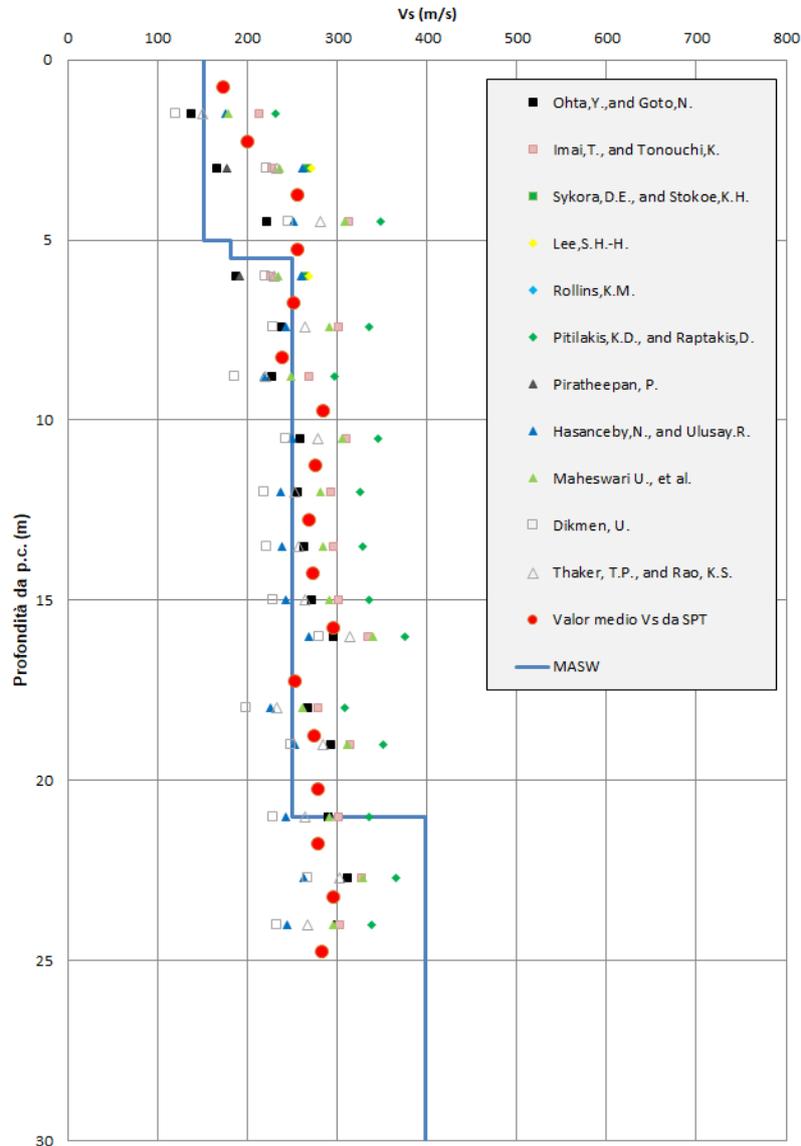


Figura 15-15 – Viabilità di sfollamento - Valori di velocità di propagazione delle onde di taglio V_s calcolata da varie correlazioni con i valori SPT e misurata da una prova MASW

15.4.2.9 Azioni sismiche di progetto lungo il tracciato

Sulla base di quanto indicato nei paragrafi precedenti, le categorie di sottosuolo lungo il tracciato sono le seguenti:

- da pk 0+000 a pk 12+400, da pk 17+750 a pk 19+959 (tratte 1, 2, 3, 4, 7) e viabilità sfollamento: Categoria C
- da pk 12+400 a pk 17+750 (tratte 5 e 6): Categoria E

Il coefficiente S_S di amplificazione stratigrafica si ottiene dalla seguente espressione (vedi Tabella 3.2.IV del par. 3.2.3 delle NTC2018):

$$\text{Categoria di sottosuolo C:} \quad S_S = 1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1.50$$

Categoria di sottosuolo E:

$$S_S = 1.00 \leq 2.00 - 1.10 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1.60$$

L'area interessata dalle porzioni di tracciato all'aperto, in viadotto o rilevato, risulta sostanzialmente pianeggiante (categoria topografica T1), per cui il coefficiente di amplificazione topografica S_T assume valore 1. La parte di territorio collinare è attraversata dal tracciato ferroviario in galleria, ma per tale tipologia di opera non sono da attendersi fenomeni sostanziali di amplificazione topografica delle onde sismiche.

Sulla base di quanto sopra, in Tabella 15-14 e Tabella 15-15 vengono sintetizzate le azioni sismiche di progetto per i 4 stati limite di riferimento, derivanti dalla pericolosità sismica locale e dalle condizioni stratigrafiche e topografiche di sito, per i diversi tratti considerati. Si rimanda al testo delle NTC2018 per ogni altra indicazione, ad esempio in merito alla definizione degli spettri elastici di risposta.

Tabella 15-14 – Valori dei parametri a_g , F_o , T_c , S_S , S_T , S , a_{max} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per $V_R = 50$ anni. Tratta da pk 0+000 a pk 12+400 e da pk 17+750 a pk 19+959 (Categoria di sottosuolo C)

SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (s)	S_S	S_T	S	a_{max}
SLO	30	0,041	2,452	0,29	1,5	1	1,5	0,061
SLD	50	0,054	2,477	0,315	1,5	1	1,5	0,081
SLV	475	0,15	2,497	0,344	1,47	1	1,47	0,221
SLC	975	0,194	2,504	0,348	1,41	1	1,41	0,273

Tabella 15-15 - Valori dei parametri a_g , F_o , T_c , S_S , S_T , S , a_{max} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLLPP (2009)) per $V_R = 50$ anni. Tratta da pk 12+400 a pk 17+750 (categoria di sottosuolo E)

SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_c^* (s)	S_S	S_T	S	a_{max}
SLO	30	0,041	2,452	0,29	1,60	1	1,60	0,066
SLD	50	0,054	2,477	0,315	1,60	1	1,60	0,086
SLV	475	0,15	2,497	0,344	1,59	1	1,59	0,238
SLC	975	0,194	2,504	0,348	1,47	1	1,47	0,284

15.5 ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

15.5.1 Criteri di esclusione secondo le NTC2018

Le NTC2018 al paragrafo 7.11.3.4.2 stabiliscono che la verifica alla liquefazione può essere omessa qualora si manifesti una delle seguenti circostanze:

1. Accelerazioni massime attese al piano campagna in condizioni di campo libero minori di 0.1 g;
2. Profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
3. Depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve rappresentate in Figura 15-16 (coefficiente di uniformità $U_c < 3.5$) e Figura 15-16 (coefficiente di uniformità $U_c > 3.5$).

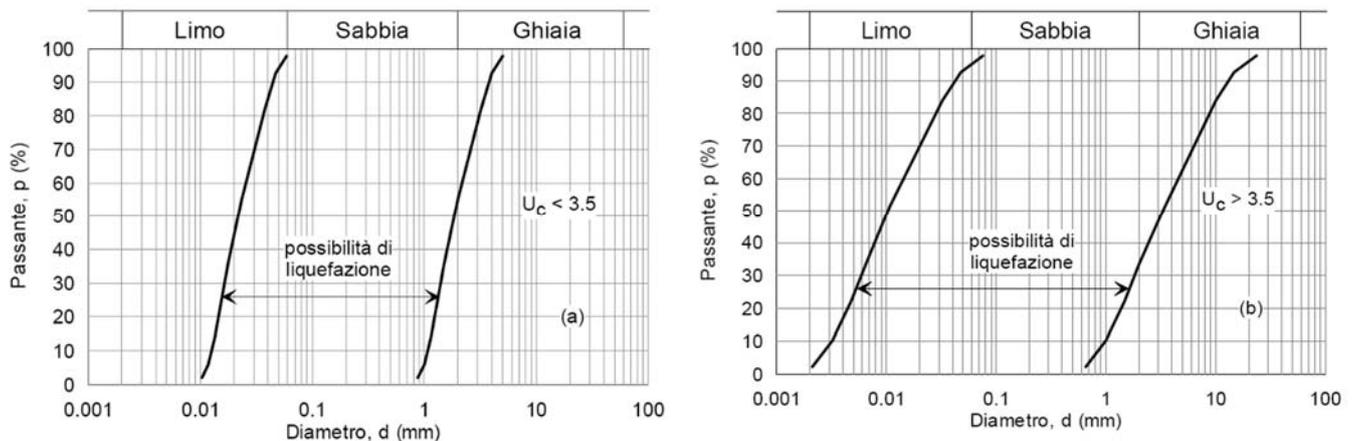


Figura 15-16: Ambito di potenziale liquefacibilità dei terreni (a sinistra per $U_c < 3.5$, a destra per $U_c > 3.5$).

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti, e con riferimento ai dati disponibili su falda e granulometria delle formazioni sature, nessuno dei criteri suddetti risulta verificato a priori sull'intera opera. Pertanto, si procederà come descritto ai paragrafi successivi alla verifica di suscettibilità alla liquefazione.

15.5.2 Metodo di analisi

La valutazione di suscettibilità alla liquefazione è stata condotta in accordo al "metodo semplificato" originariamente proposto da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), confrontando lo sforzo di taglio ciclico normalizzato rispetto alla pressione verticale in sito (CSR) e la resistenza normalizzata del terreno al taglio ciclico (CRR) così definiti:

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}}$$

Rapporto di tensione ciclica

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 179 di 200

$$CRR = \frac{\tau_l}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di resistenza ciclica}$$

Lo sforzo di taglio indotto ad ogni profondità in un sito a superficie piana durante l'evento sismico è dovuto essenzialmente alla propagazione delle onde di taglio polarizzate orizzontalmente. In accordo al metodo utilizzato, la tensione di taglio ciclico indotta dallo scuotimento sismico (sforzo di taglio ciclico normalizzato CSR) viene approssimata da un valore dell'accelerazione pari al 65% della accelerazione di picco a_{\max} come segue:

$$CSR = \frac{\tau_c}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{\tau_{\max}}{\sigma'_{v0}} = 0.65 \frac{a_{\max}}{g} \frac{\sigma_{v0}}{\sigma'_{v0}} r_d$$

dove:

a_{\max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

σ_{v0} tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni totali

σ'_{v0} tensione verticale alla profondità in esame, in termini di tensioni efficaci

r_d coefficiente di riduzione dello sforzo di taglio ciclico in funzione della profondità da piano campagna, calcolato come segue in accordo a Blake (Blake, 1996, riportato da Youd et al., 2001):

$$r_d = \frac{1 - 0.4113 \cdot z^{0.5} + 0.04052 \cdot z + 0.001753 \cdot z^{1.5}}{1 - 0.4177 \cdot z^{0.5} + 0.05729 \cdot z - 0.006205 \cdot z^{1.5} + 0.00121 \cdot z^2}$$

CSR può essere messo in relazione al numero di cicli significativi dell'azione sismica, funzione della magnitudo M . A tale riguardo, la seguente Figura 15-17 illustra l'analisi di disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (accelerazione su suolo rigido orizzontale) di cui alle NTC2008/NTC2018, fornita quale elaborazione aggiuntiva direttamente dal progetto INGV-DPC S1. I valori medi dell'analisi di disaggregazione risultano magnitudo 5.15 e distanza 14.8 km. Cautelativamente, viste le caratteristiche delle sorgenti sismogenetiche più prossime all'area di progetto, si assumerà per le analisi di verifica del rischio di liquefazione un valore di magnitudo $M = 6.0$.

Per $M \neq 7.5$ (nel caso in esame $M=6.0$) è necessario introdurre un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

$$MSF = \frac{CSR_M}{(CSR)_{M=7.5}} = \left(\frac{N_{M=7.5}}{N_M} \right)^b$$

dove CSR_M e N_M rappresentano i valori di CSR e numero di cicli equivalenti per il valore di magnitudo di progetto, mentre $(CSR)_{M=7.5}$ e $N_{M=7.5}$ sono riferiti all'evento con $M=7.5$.

Nel presente studio è stato identificato un valore di $MSF = 1.8$ per $M = 6.0$ in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8 Parte 5, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e Idriss e Boulanger (2004).

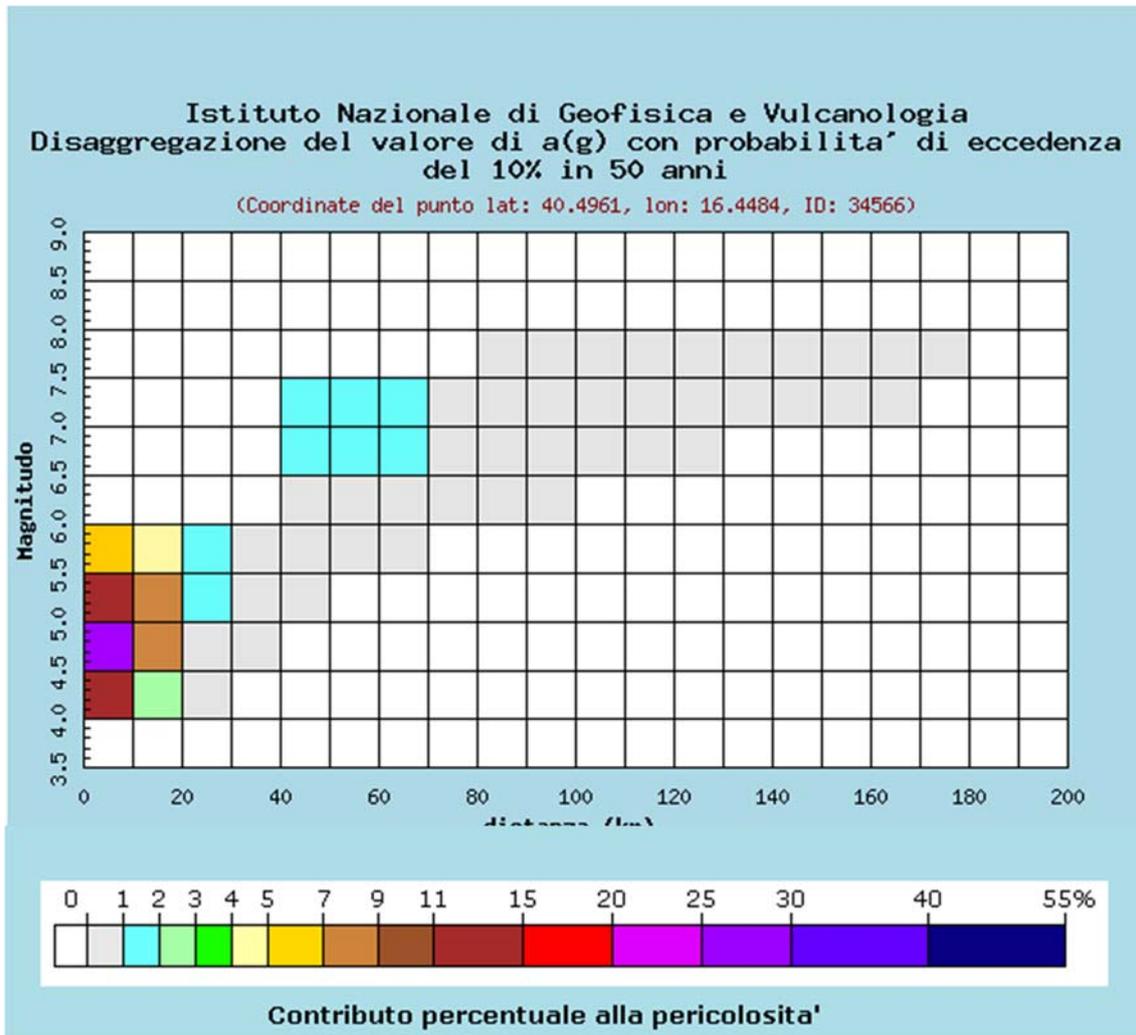


Figura 15-17: Analisi di disaggregazione del dato di pericolosità per il punto di griglia 34566 per $T_R = 475$ anni, da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).

Il rapporto di resistenza ciclica CRR può essere valutato mediante relazioni empiriche che correlino la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT. Il procedimento qui utilizzato si basa sulla relazione riportata in Figura 15-18, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 15-18, i risultati delle prove SPT sono espressi in termini di numero di colpi corretti $N_{1(60)}$, ossia i valori sono normalizzati per una pressione verticale efficace pari a 100 kPa e corretti per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale) come segue:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} C_N C_E C_B C_R C_S$$

dove:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 181 di 200

C_N = coefficiente correttivo che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace. In letteratura sono presenti diversi metodi per la valutazione del coefficiente correttivo C_N . Nel presente studio è stata applicata la relazione proposta da Liao e Whitman (1986):

$$C_N = \left(\frac{P_a}{\sigma'_{v0}} \right)^{0.5} \leq 1.7$$

in cui P_a è la pressione atmosferica, pari a 100kPa, e σ'_{v0} è la tensione verticale in sito, in termini di sforzi efficaci.

C_E = coefficiente correttivo che va a considerare il rendimento energetico dell'attrezzatura e riconduce le misure ad un rendimento energetico del 60 % e può essere valutato nel modo seguente:

$$C_E = \frac{ER_m}{60}$$

in cui ER_m è il fattore di rendimento (espresso in %) del trasferimento dell'energia del meglio all'attrezzo campionario, relativo alla macchina utilizzata per fare la prova; considerando che la configurazione di prova normalmente adoperata in Italia ha un rendimento energetico del 60 %, tale coefficiente è stato posto pari ad 1.

I coefficienti C_B (fattore correttivo per le dimensioni del foro di sondaggio), C_R (fattore correttivo per la lunghezza delle aste della macchina esecutrice) e C_S (fattore correttivo per il tipo di attrezzo campionario) sono stati assunti pari ad 1 dato che le prove sono state eseguite sulla base delle raccomandazioni fornite dall'AGI (1977).

Sempre in Figura 15-18, viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di $N_{1(60)}$ da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi simili avvenuti in passato, con Magnitudo pari $M = 7.5$. Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

Le curve sono valide per eventi simili di magnitudo pari a 7.5, per cui è necessario introdurre un fattore di scala (MSF) per adattare le curve di CRR alla magnitudo di riferimento per il caso in esame, come indicato in precedenza.

Si può osservare dalla Figura 15-18 come siano state sviluppate per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita ($FC < 5\%$).

La curva di riferimento per sabbie pulite è descritta dalla seguente equazione (Rauch, 1998, come riportato da Youd et al., 2001):

$$CRR_{7.5} = \frac{1}{34 - (N_1)_{60}} + \frac{(N_1)_{60}}{135} + \frac{50}{[10 \cdot (N_1)_{60} + 45]^2} - \frac{1}{200}$$

L'equazione è valida per $N_{1(60)} < 30$. Nel caso in cui sia $N_{1(60)} \geq 30$, le sabbie pulite sono classificate come non liquefacibili, a causa della loro elevata densità.

	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 183 di 200

La resistenza alla liquefazione aumenta meno che proporzionalmente al crescere della tensione di confinamento. Una rappresentazione di tale relazione è stata proposta da Hynes e Olsen (1999) e riportata da Youd et al. (2001), elaborata sulla base dei risultati di prove cicliche in laboratorio. In particolare, gli autori raccomandano di utilizzare il seguente coefficiente di correzione:

$$k_{\sigma} = \left(\frac{\sigma'_{v0}}{p_a} \right)^{(f-1)} \leq 1$$

dove:

σ'_{v0} = tensione verticale efficace

p_a = pressione atmosferica di riferimento

f = fattore che dipende dalla densità relative del materiale in sito.

In accordo a Youd et al. (2001) il fattore “f” si può stimare come segue, sia per sabbie pulite o limose e per ghiaie:

- 40% < DR < 60% $f = 0.7 \div 0.8$
- 60% < DR < 80% $f = 0.6 \div 0.7$

Pertanto, per ogni prova SPT dove non è disponibile il relativo contenuto di fini è stato ipotizzato conservativamente un valore di contenuto di fini ritenuto rappresentativo e pari al 5% per i materiali sabbiosi-ghiaiosi, mentre per i terreni argillosi è stato ipotizzato un contenuto di fini pari al 60%, in accordo alle prove granulometriche disponibili.

In accordo a Youd et al. (2001) il fattore di sicurezza FL rispetto al fenomeno della liquefazione vale:

$$FL = (CRR_{7.5}/CSR) MSF k_{\sigma}$$

15.5.3 Risultati delle analisi di liquefazione

I dati di base usati per le analisi di liquefazione, riportati nei paragrafi seguenti per le varie tratte in cui è stato suddiviso, dal punto di vista geotecnico e sismico, il tracciato di progetto, comprendono:

- la sismicità del sito di progetto, definita in termini di magnitudo e accelerazione massima a_{max} in corrispondenza dello stato limite SLV, per un tempo di ritorno di 475 anni;
- la stratigrafia del sito, e la caratterizzazione geotecnica dei singoli strati;
- le condizioni idrogeologiche del sito, ovvero la soggiacenza minima della falda.

I risultati delle analisi per la valutazione della suscettibilità alla liquefazione sono riportati nei paragrafi seguenti in termini di:

- Contenuto di fini CF misurato in laboratorio sui campioni prelevati nei sondaggi impiegato per le analisi.
- Valori di SPT normalizzati e corretti $N_{1(60)}$ impiegati nelle analisi.
- Andamento con la profondità dello sforzo di taglio ciclico CSR, riferito alla magnitudo di riferimento per l'analisi ($M = 6.0$) e i valori puntuali della resistenza allo sforzo di taglio sismico calcolati per tutti i valori di SPT che non siano stati esclusi dal calcolo di suscettibilità alla liquefazione perché classificati come non liquefacibili (si veda quanto indicato al paragrafo 15.5.2).
- Valore del fattore di sicurezza FL ottenuto come rapporto CRR/CSR per ogni dato. Si osserva a questo proposito che la verifica alla suscettibilità alla liquefazione deve tener conto del potenziale insorgere di deformazioni anche significative anche per valori di $FL > 1$ per cui si ritiene giustificato rappresentare la linea per $FL > 1.25$ in accordo alle prescrizioni dell'Eurocodice 8.

15.5.3.1 Tratta 1 - Da pk 0+000 a pk 2+345 (collegamento con scalo Ferrandina)

Per il tratto considerato, l'accelerazione massima vale

$$a_{\max} = 0,22 \text{ g}$$

Per quanto riguarda la quota della falda, è stato assunto cautelativamente un valore di soggiacenza pari a 5 m da piano campagna. A riguardo della caratterizzazione stratigrafica dei siti di progetto sono stati impiegati:

- i risultati delle prove SPT riportati nel paragrafo 15.4.2.1;
- i risultati delle analisi di classificazione granulometrica eseguite nell'ambito della tratta in esame riportati nella seguente Figura 15-19. Dalla figura si osserva come la stragrande maggioranza delle curve granulometriche si collochino al di fuori dell'ambito di potenziale liquefacibilità.

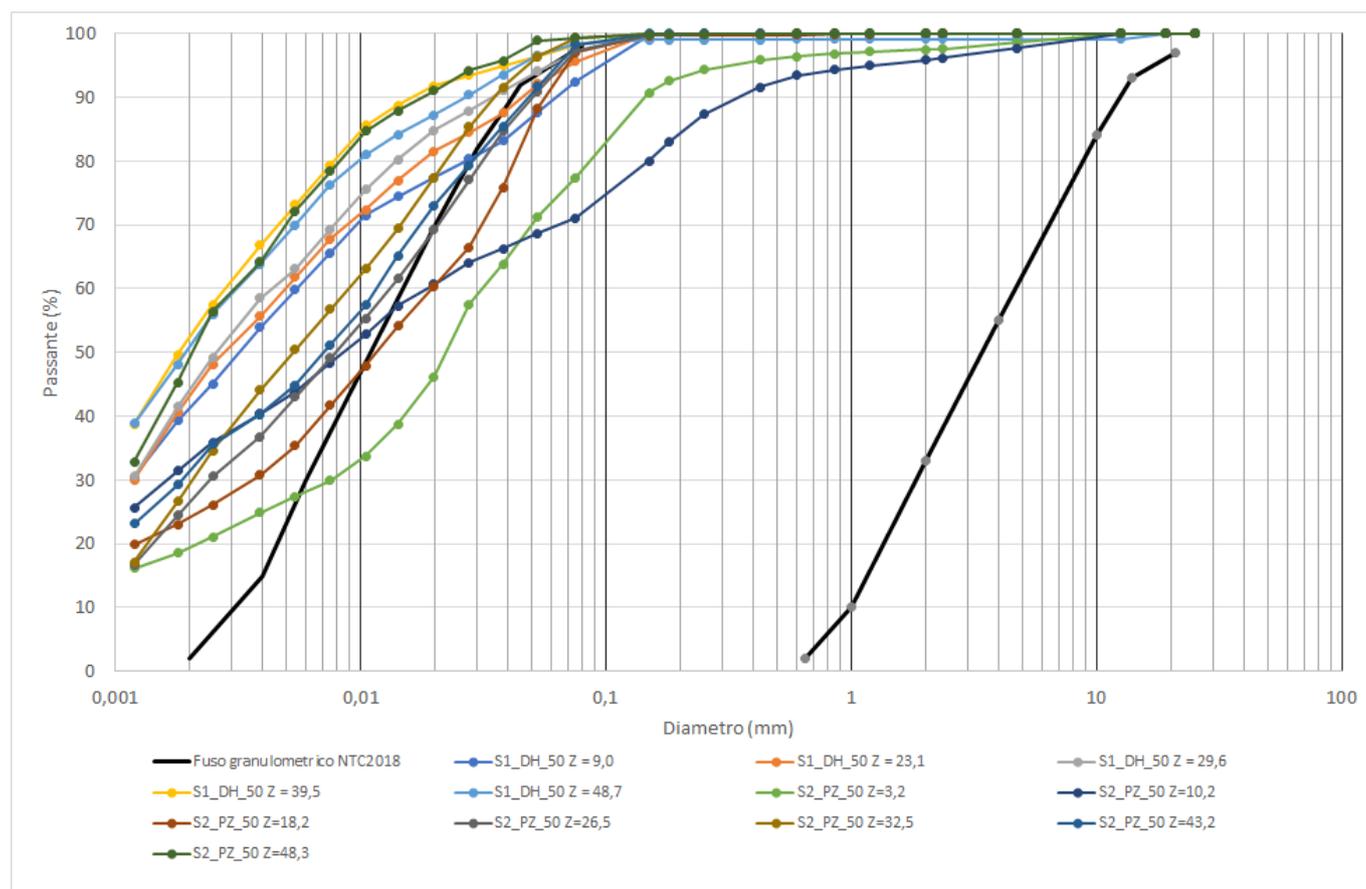


Figura 15-19 – Tratta 1 - Curve granulometriche da campioni prelevati nei sondaggi.

I risultati delle analisi sono riportati in Figura 15-20: in ragione dell'elevato contenuto in fini dei materiali essi consentono di escludere per la tratta in esame la suscettibilità dei terreni alla liquefazione (di fatto il fattore di sicurezza FL non viene calcolato).

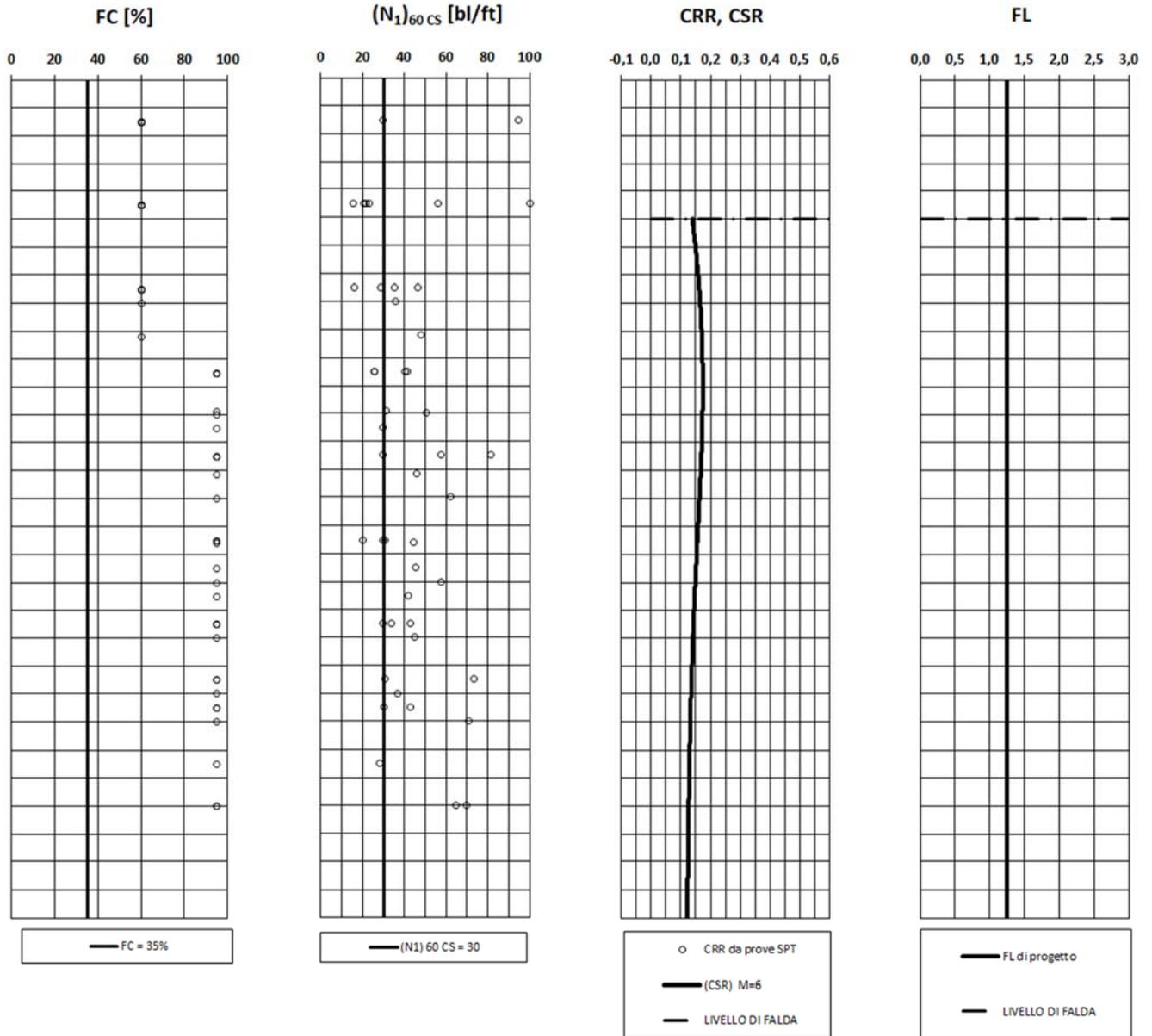


Figura 15-20 – Tratta 1 - Valutazione di suscettibilità alla liquefazione eseguita sulla base dei dati dei sondaggi: contenuto di fini CF, valori di SPT normalizzati, confronto tra CSR e CCR, fattore di sicurezza FL.

15.5.3.2 Tratta 2 - Da pk 0+000 a pk 2+196,5: nuovo tracciato in progetto fino ad imbocco galleria Miglionico

Per il tratto considerato, l'accelerazione massima vale

$$a_{\max} = 0,22 \text{ g}$$

Per quanto riguarda la quota della falda, è stato assunto cautelativamente un valore di soggiacenza pari a 3 m da piano campagna. A riguardo della caratterizzazione stratigrafica dei siti di progetto sono stati impiegati:

- i risultati delle prove SPT riportati nel paragrafo 15.4.2.2;
- i risultati delle analisi di classificazione granulometrica eseguite nell'ambito del progetto in esame riportati nella seguente Figura 15-21. In tale figura si osserva che anche se la maggior parte dei materiali sono caratterizzati da un significativo contenuto di fini, sono numerose le curve interne al fuso granulometrico definito dalle NTC2018 come riferimento per la valutazione del rischio di liquefazione (fuso derivato dalla Figura 15-16 per $U_c > 3,5$).

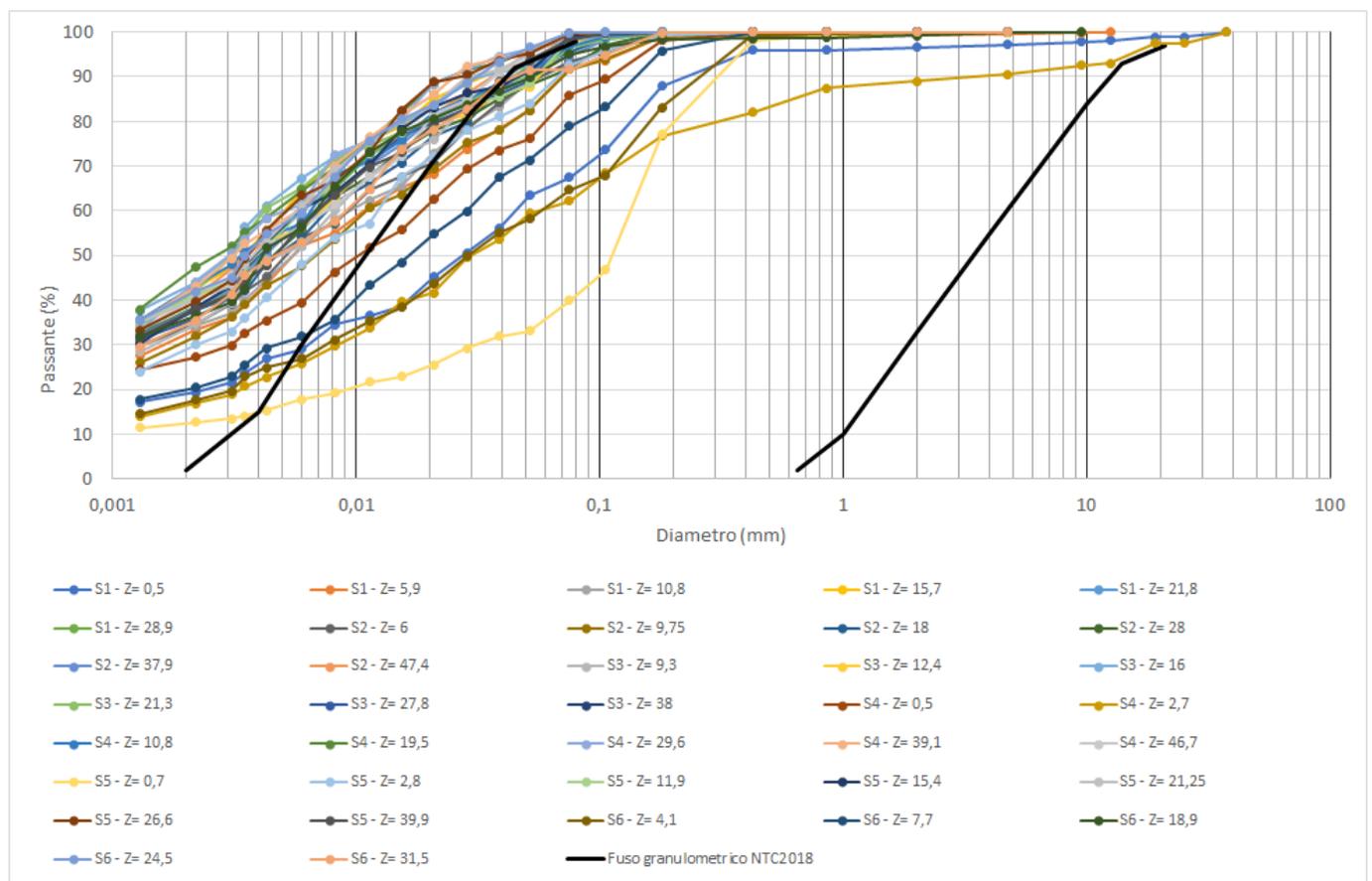


Figura 15-21 – Tratta 2 - Curve granulometriche da campioni prelevati nei sondaggi.

I risultati delle analisi sono riportati nella seguente Figura 15-22: in ragione dell'elevato contenuto in fini dei materiali essi consentono di escludere per la tratta in esame la suscettibilità dei terreni alla liquefazione (di fatto il fattore di sicurezza FL non viene calcolato).

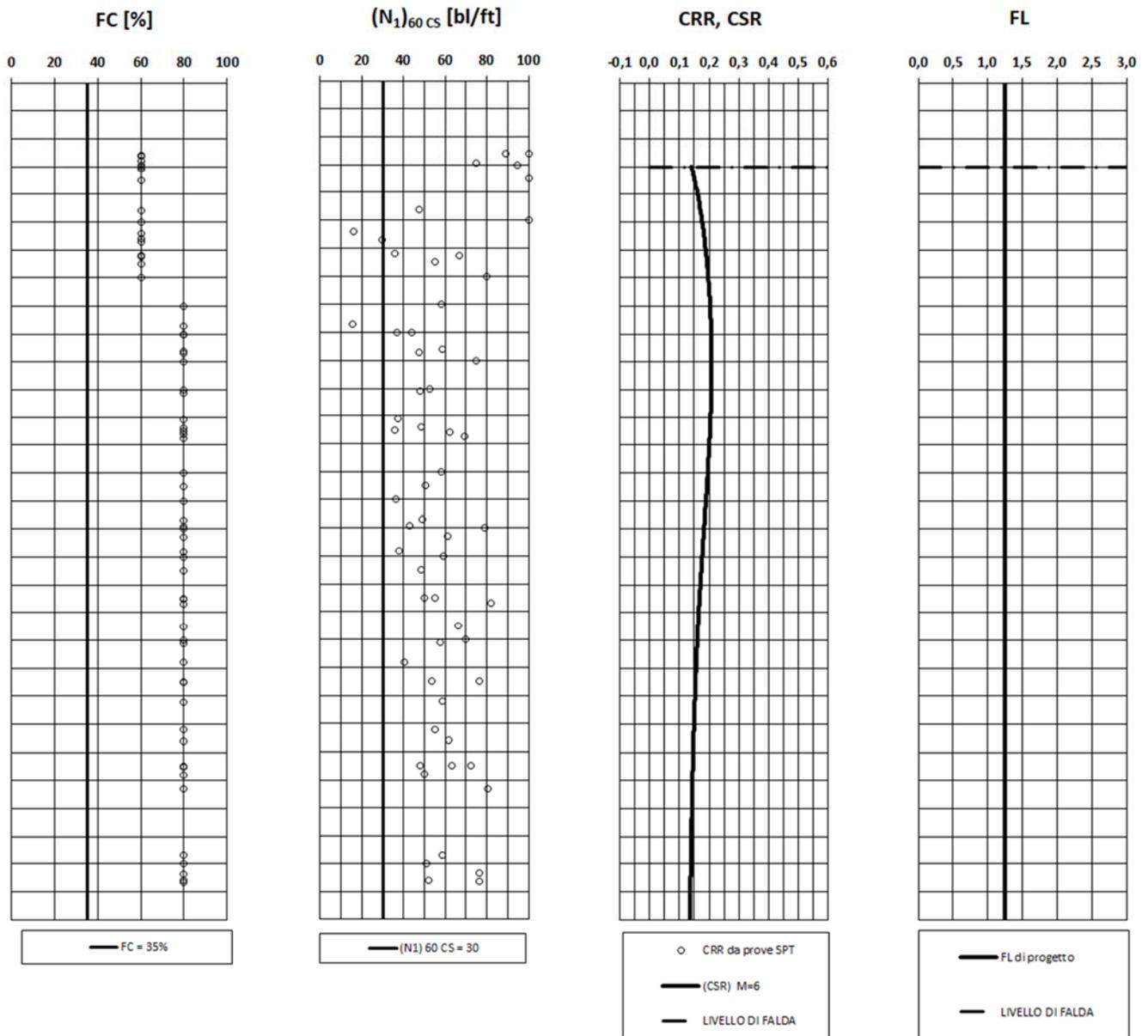


Figura 15-22 – Tratta 2 - Valutazione di suscettibilità alla liquefazione eseguita sulla base dei dati dei sondaggi: contenuto di fini CF, valori di SPT normalizzati, confronto tra CSR e CCR, fattore di sicurezza FL.

15.5.3.3 Tratta 3 - Da pk 2+345 a pk 8+905

La tratta in esame si sviluppa interamente all'interno di un ammasso roccioso di natura argillitica: si possono pertanto escludere rischi di liquefazione.

15.5.3.4 Tratta 4 - Da pk 8+905 a pk 12+400: da imbocco nord galleria Miglionico a viadotto Sinatra

Per il tratto considerato, l'accelerazione massima vale

$$a_{\max} = 0,22 \text{ g}$$

Per quanto riguarda la quota della falda, è stato assunto cautelativamente un valore di soggiacenza pari a 1 m da piano campagna. A riguardo della caratterizzazione stratigrafica dei siti di progetto sono stati impiegati:

- i risultati delle prove SPT riportati nel paragrafo 15.4.2.4;
- i risultati delle analisi di classificazione granulometrica eseguite nell'ambito del progetto in esame riportati nella seguente Figura 15-23. Si osserva che la maggior parte delle curve granulometriche sono esterne all'ambito di potenziale liquefacibilità: le poche interne sono relative a depositi localizzati a profondità inferiori a 12 m.

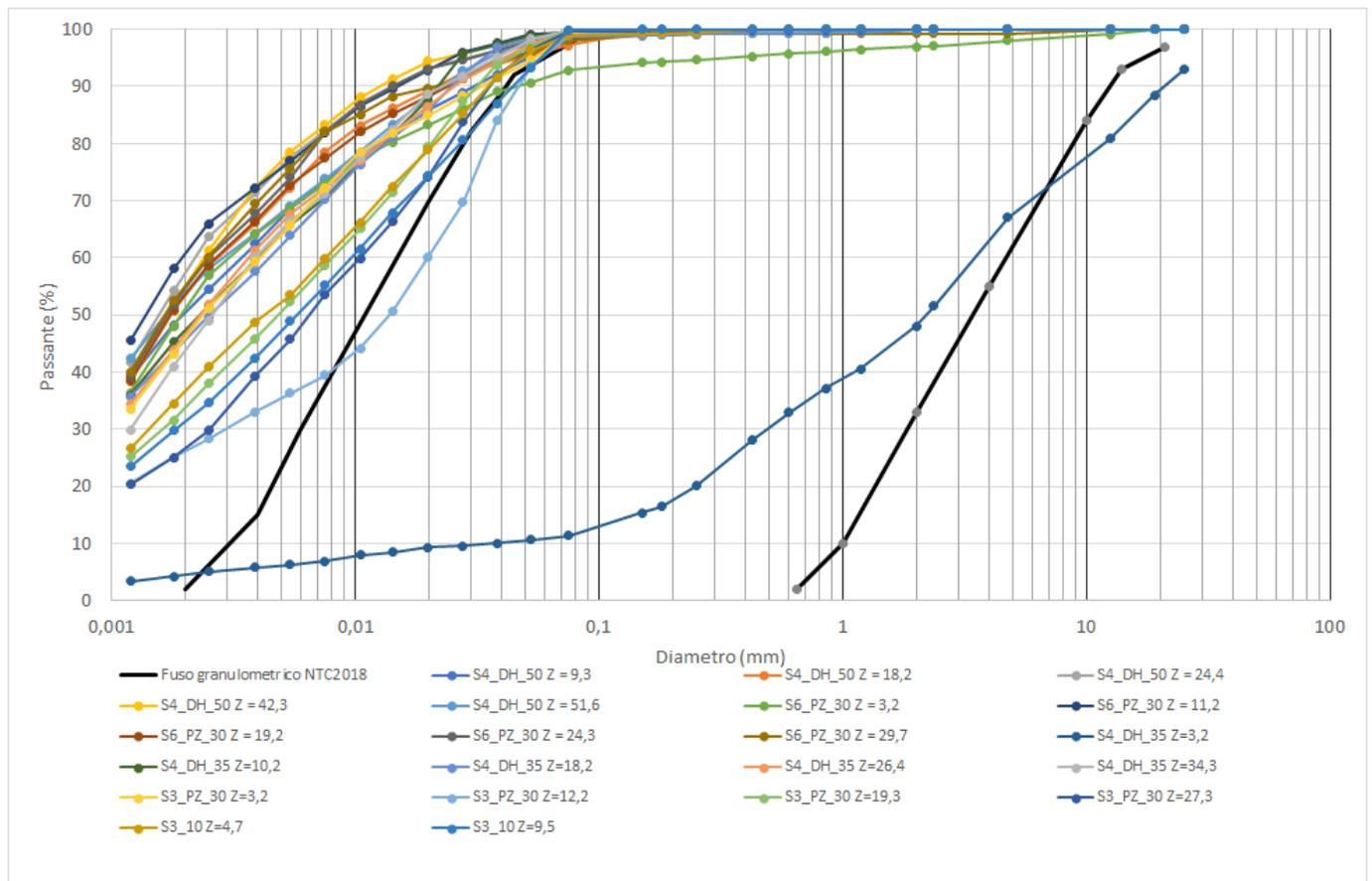


Figura 15-23 – Tratta 4 - Curve granulometriche da campioni prelevati nei sondaggi.

I risultati delle analisi sono riportati nella seguente Figura 15-24: essi consentono di escludere per la tratta in esame la suscettibilità dei terreni alla liquefazione.

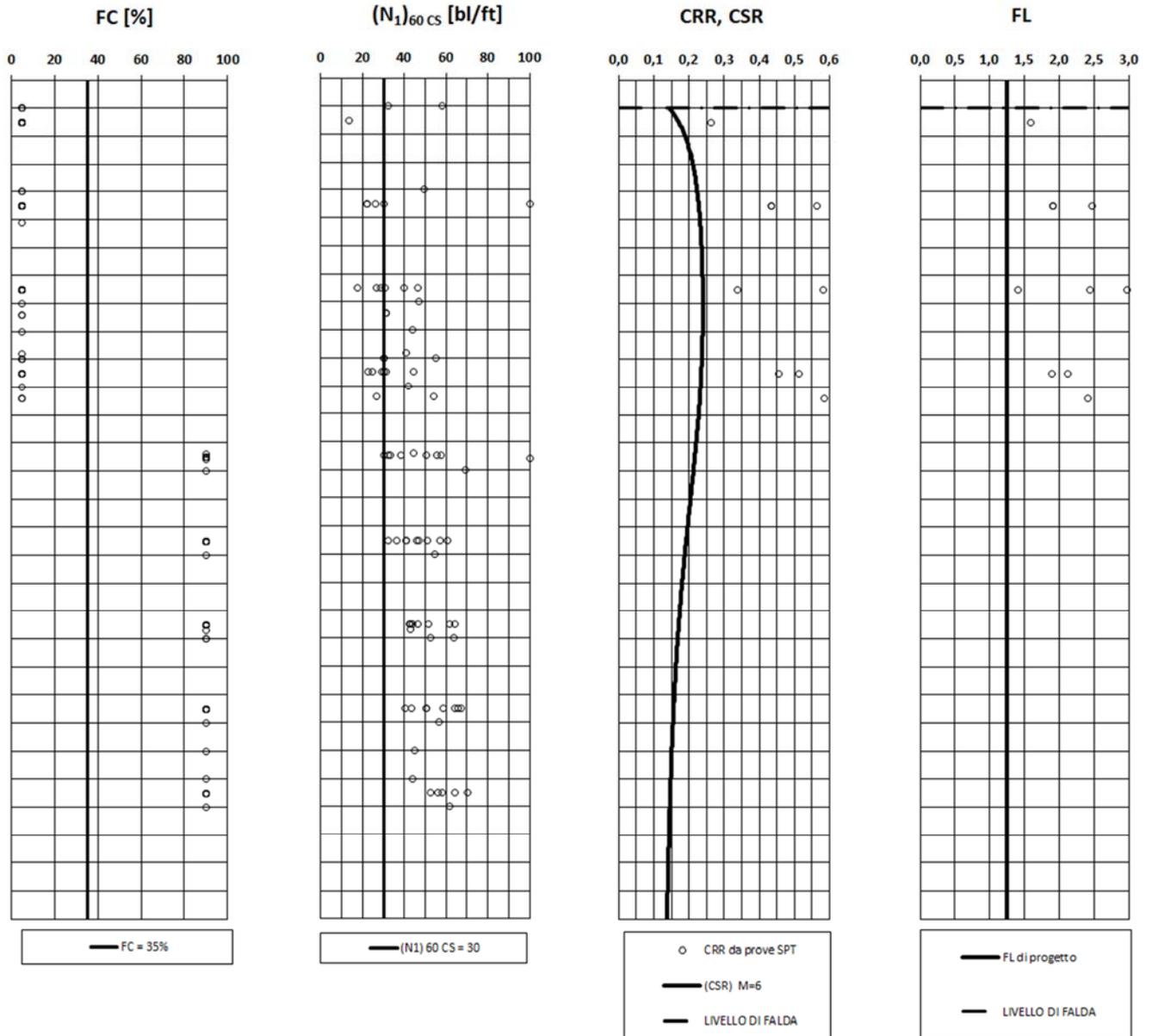


Figura 15-24 – Tratta 4 - Valutazione di suscettibilità alla liquefazione eseguita sulla base dei dati dei sondaggi: contenuto di fini CF, valori di SPT normalizzati, confronto tra CSR e CCR, fattore di sicurezza FL.

15.5.3.5 Tratte 5-6 - Da pk 12+400 a pk 17+750: da viadotto Sinatra a viadotto Miragallo

Per il tratto considerato, l'accelerazione massima vale

$$a_{\max} = 0,24 \text{ g}$$

Per quanto riguarda la quota della falda, è stato assunto cautelativamente un valore di soggiacenza pari a 1 m da piano campagna. A riguardo della caratterizzazione stratigrafica dei siti di progetto sono stati impiegati:

- i risultati delle prove SPT riportati nel paragrafo 15.4.2.5;
- i risultati delle analisi di classificazione granulometrica eseguite nell'ambito del progetto in esame riportati nella seguente Figura 15-25. Dal momento che il numero di prove eseguite è piuttosto limitato, sono state effettuate delle ipotesi cautelative sul parametro CF (contenuto in fini) impiegato per le analisi.

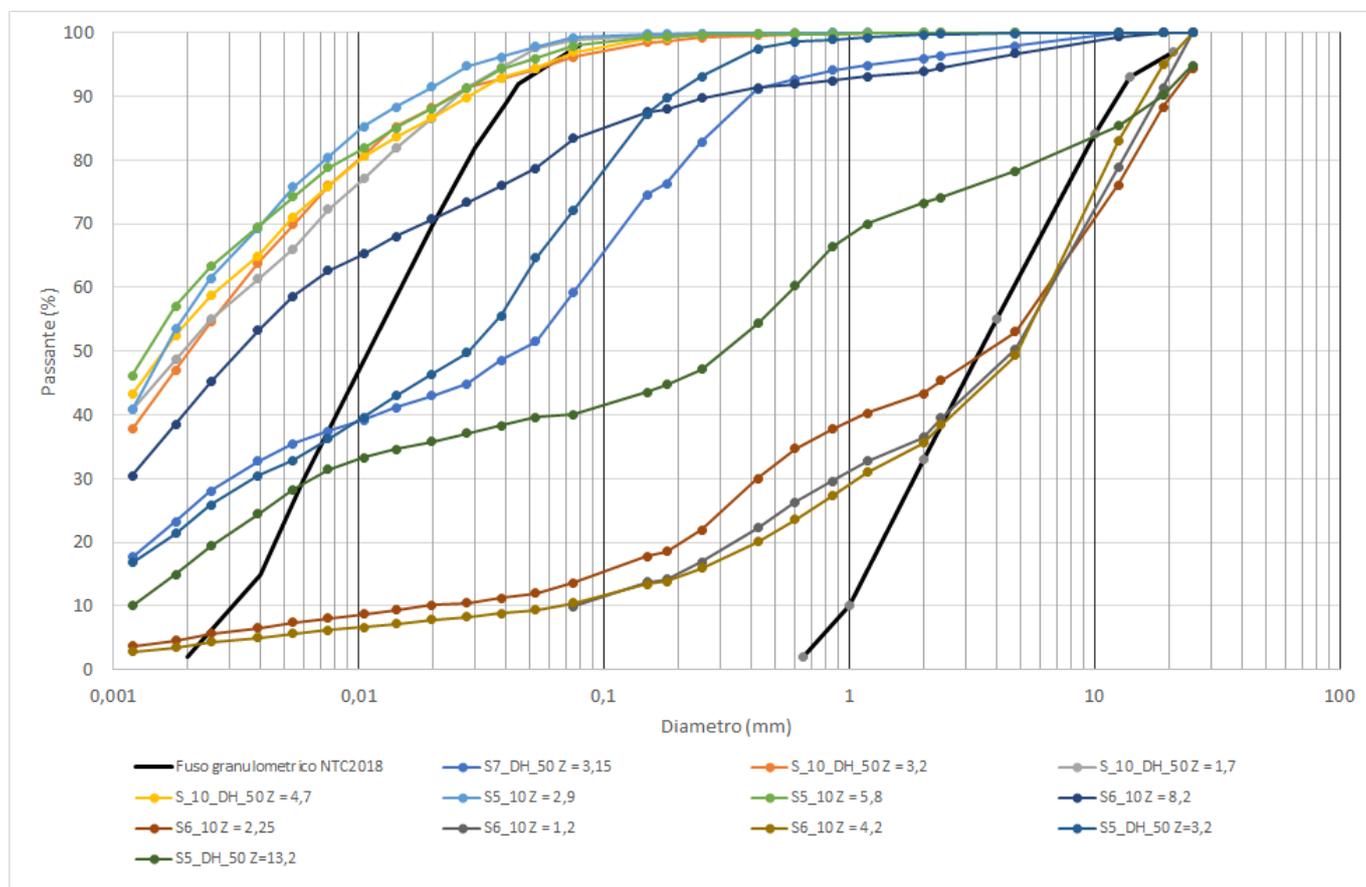


Figura 15-25 – Tratte 5-6 - Curve granulometriche da campioni prelevati nei sondaggi.

I risultati delle analisi sono riportati nella seguente Figura 15-26: essi consentono di escludere per la tratta in esame la suscettibilità dei terreni alla liquefazione.

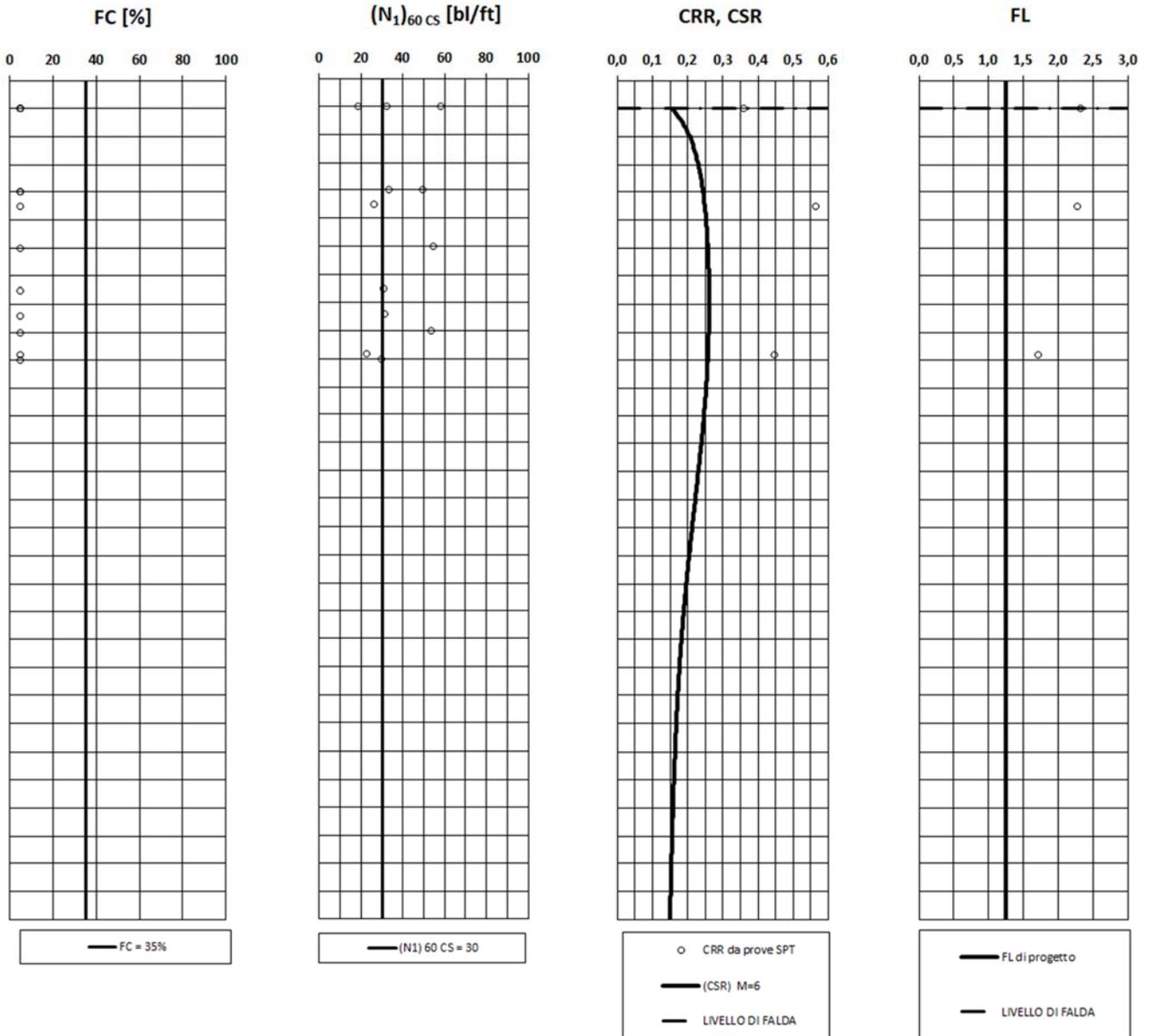


Figura 15-26 – Tratte 5-6 - Valutazione di suscettibilità alla liquefazione eseguita sulla base dei dati dei sondaggi: contenuto di fini CF, valori di SPT normalizzati, confronto tra CSR e CCR, fattore di sicurezza FL.

15.5.3.6 Tratta 7 - Da pk 17+750 a pk 19+959: da viadotto Miragallo a La Martella

Per il tratto considerato, l'accelerazione massima vale

$$a_{\max} = 0,24 \text{ g}$$

Per quanto riguarda la quota della falda, è stato assunto cautelativamente un valore di soggiacenza pari a 3 m da piano campagna.

A riguardo della caratterizzazione stratigrafica dei siti di progetto sono stati impiegati:

- i risultati delle prove SPT riportati nel paragrafo 15.4.2.7;
- i risultati delle analisi di classificazione granulometrica eseguite nell'ambito del progetto in esame riportati nella seguente Figura 15-27. Dal momento che il numero di prove eseguite è piuttosto limitato, sono state effettuate delle ipotesi cautelative sul parametro CF (contenuto in fini) impiegato per le analisi.

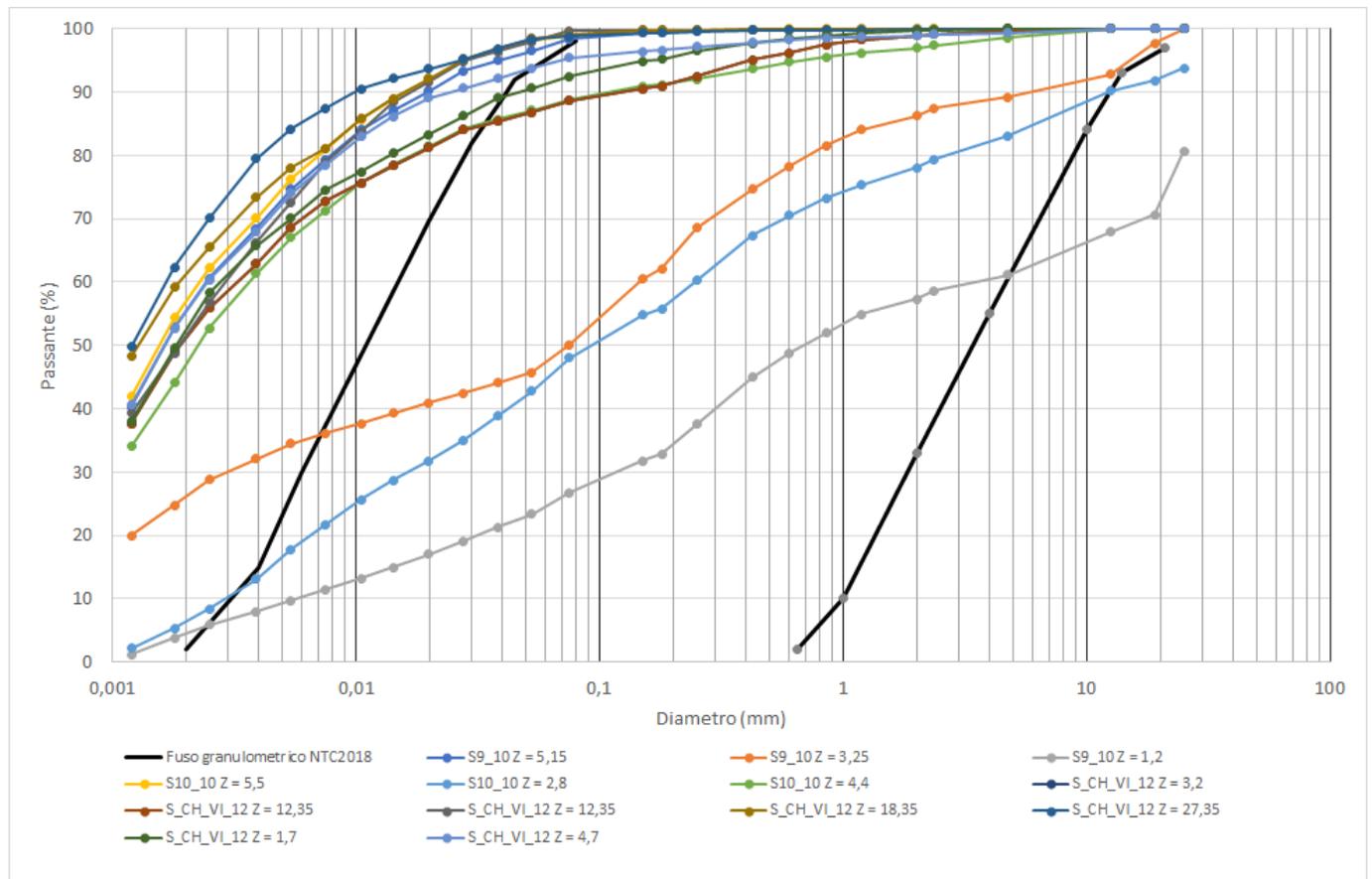


Figura 15-27 – Tratta 7 - Curve granulometriche da campioni prelevati nei sondaggi.

I risultati delle analisi sono riportati nelle seguenti

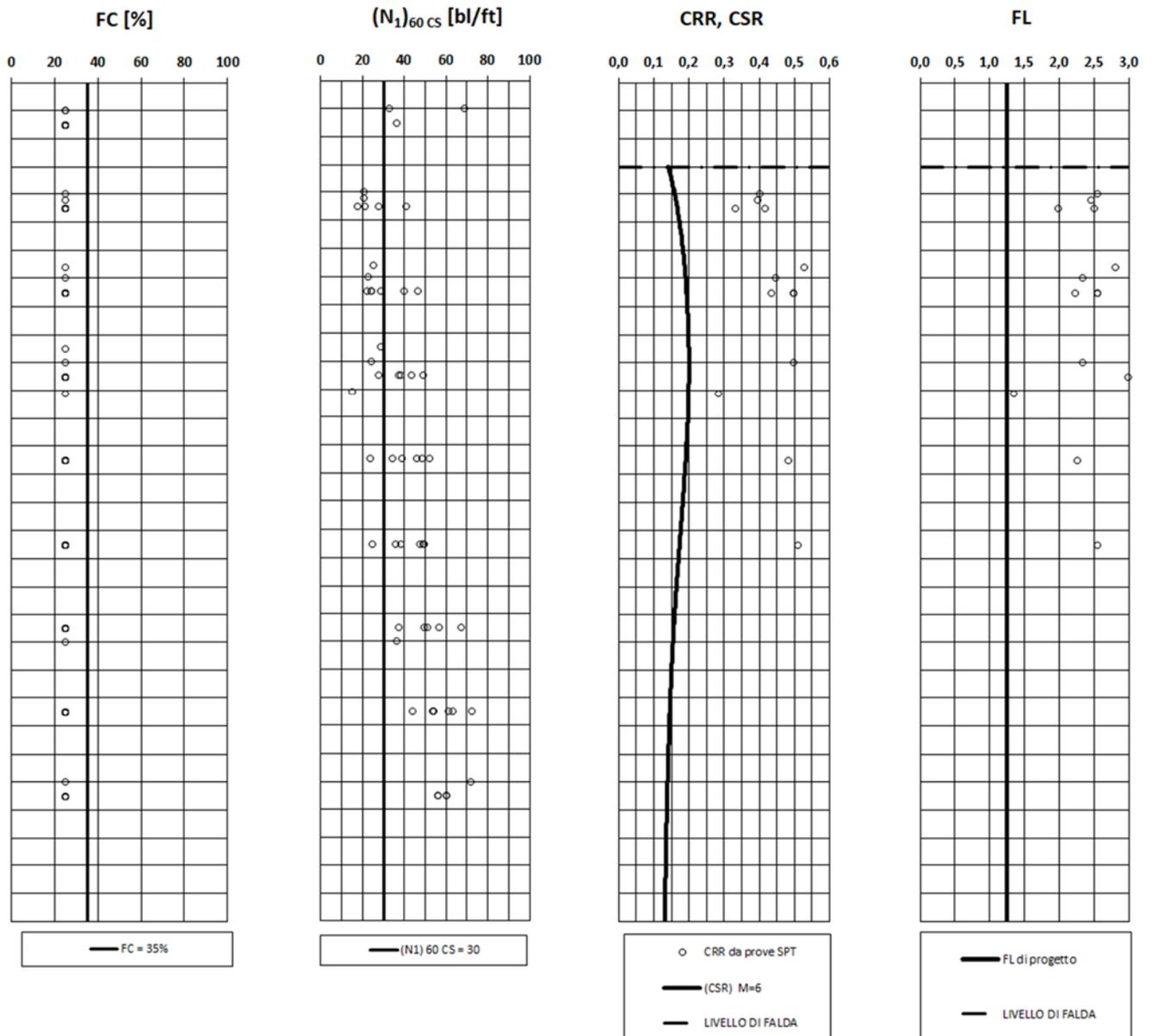


Figura 15-28: essi consentono di escludere per la tratta in esame la suscettibilità dei terreni alla liquefazione.

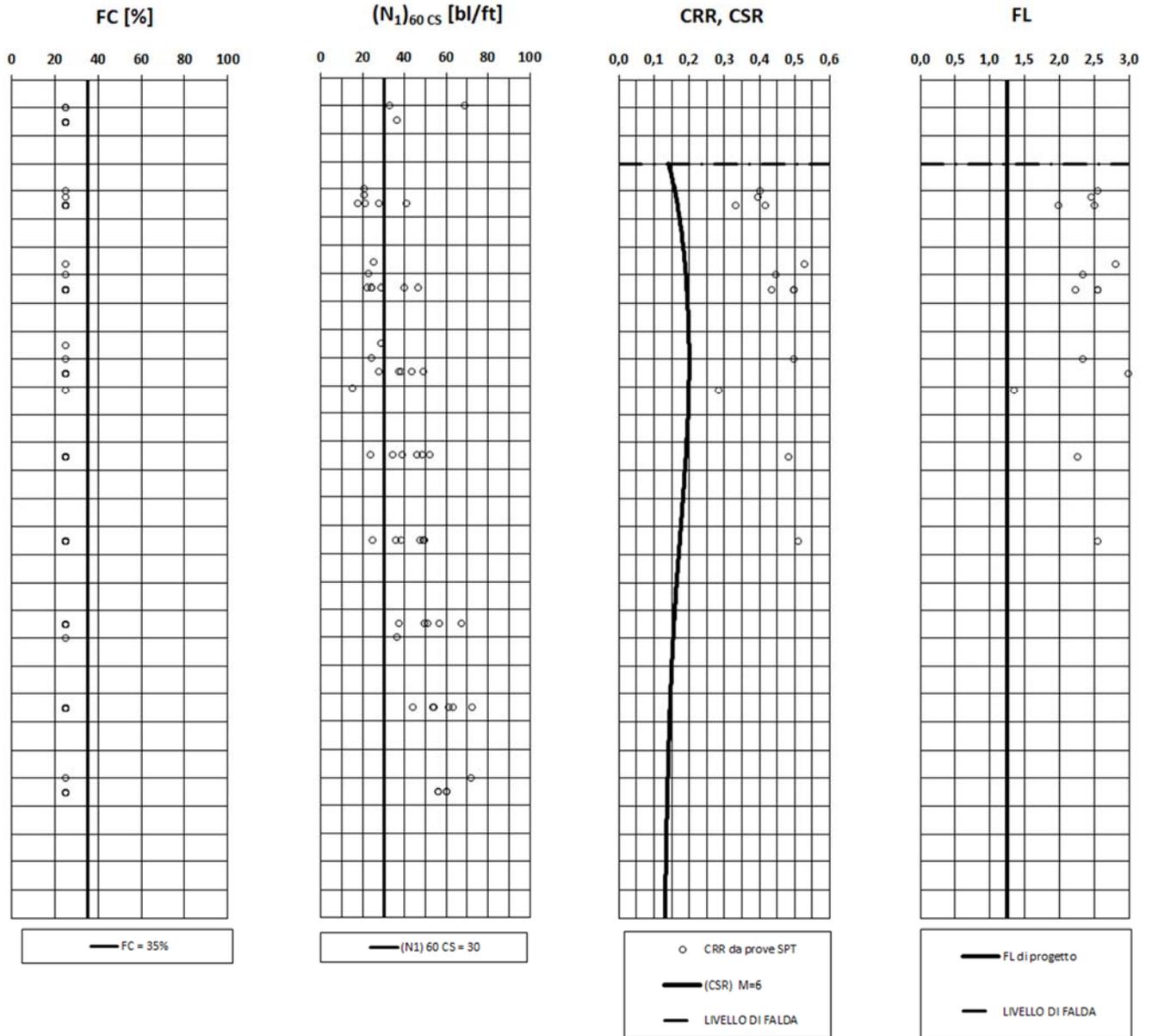


Figura 15-28 – Tratta 7 - Valutazione di suscettibilità alla liquefazione eseguita sulla base dei dati dei sondaggi: contenuto di fini CF, valori di SPT normalizzati, confronto tra CSR e CCR, fattore di sicurezza FL.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale					
	NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA IA5F	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE 0001 001	REV. B	FOGLIO 195 di 200

16 CONCLUSIONI

Le conclusioni elencate nel presente capitolo sono state formulate sulla base dell'analisi degli studi previ, delle indagini eseguite, il rilevamento geologico-geomorfologico eseguito nel 2019 e del monitoraggio eseguito durante il sopralluogo del dicembre 2020, che ha fornito ulteriori importanti elementi per la valutazione e classificazione dei processi geomorfologici che interessano le opere in progetto.

In conclusione, si può affermare che:

- Il territorio oggetto di indagine ricade nella regione Basilicata, attraversando i comuni di Ferrandina, Pomarico, Miglionico e Matera. La tratta in esame attraversa un rilievo collinare immettendosi nella galleria "Miglionico", la cui sommità corrisponde allo spartiacque fra i bacini idrografici dei Fiumi Basento e Bradano.
- La struttura geologica della Basilicata è il risultato di imponenti deformazioni tettoniche che hanno determinato accavallamenti e traslazioni di masse rocciose e terrigene. La regione può essere inquadrata nell'ambito del sistema orogenico appenninico che si estende dal margine tirrenico a quello adriatico e che si è formato a partire dall'Oligocene Superiore-Miocene inferiore. I tre domini del sistema orogenico sono la Catena (Appennino Campano-Lucano), l'Avanfossa (Avanfossa Adriatica) e l'Avampaese (regione Apulo-Garganica). L'area studiata ricade per intero nella Fossa Bradanica, una vasta depressione compresa tra l'Appennino e le Murge, il cui basamento è costituito da calcari mesozoici. Sull'evoluzione neotettonica della Fossa Bradanica, gli autori asseriscono che all'inizio del Pliocene un abbassamento del substrato carbonatico provocò una ingressione marina e la formazione di un bacino subsidente con sedimentazione terrigena con apporti appenninici. Nel Pliocene medio si è avuto un sollevamento con emersione di tutta l'area. Dal Pliocene medio al Pleistocene inferiore si è avuto un abbassamento del substrato carbonatico con conseguente migrazione del bacino e della linea di costa. Verso la fine del Pleistocene inferiore si è avuta una emersione dell'area accompagnata da riattivazioni di faglie e formazione di nuove dislocazioni.
- Dal punto di vista geologico e stratigrafico, l'area di intervento è localizzata nella parte centrale della Fossa Bradanica, un bacino sedimentario ensialico subsidente che s'individua durante l'evoluzione dell'orogene per subduzione di litosfera continentale. Sui calcari poggia in trasgressione la serie marina della Fossa Bradanica, riferibile al Plio-Pleistocene, che inizia con la Formazione calcarenitica appartenente alle "Calcareniti di Gravina", di età Calabriano-Pliocene Superiore. Notevoli per spessore ed estensione, seguono le "Argille Subappennine", di età Calabriana. Sulle Argille Subappennine poggiano in normale successione stratigrafica i termini di una serie pleistocenica regressiva, che sono, dal basso verso l'alto le "Sabbie di Monte S. Marco" ed un conglomerato di chiusura del ciclo sedimentario, la Formazione del "Conglomerato di Irsina" susseguita dai depositi alluvionali.
- Dal punto di vista geomorfologico, il territorio in esame è caratterizzato da un esteso ed articolato reticolo idrografico, i cui corsi d'acqua principali sono il Bradano ed il Basento. Le forme che si rinvencono nell'area di studio sono le forme strutturali (la serie pleistocenica affiorante nell'area di studio seppur prevalentemente argillosa, è caratterizzata dalla presenza di corpi arenacei e conglomeratici. In questi casi il forte contrasto di competenza influenza decisamente la formazione di rilievi con scarpate più o meno accentuate); forme gravitative (sono presenti fenomeni in cui la superficie di distacco non sempre è di facile individuazione né come localizzazione né come geometria, ed è marcata solo da avvallamenti e da aree depresse allungate interpretabili come trincee gravitative); forme fluviali (pattern di drenaggio caratterizzato da una densità variabile a seconda del grado di permeabilità delle rocce attraversate, si ha infatti una densità media in corrispondenza dei corpi sabbioso conglomeratici ed una densità alta in corrispondenza dei litotipi prevalentemente argillosi); forme antropiche (rappresentate da terrapieni e da opere di difesa di sponda nei corsi d'acqua). L'imbocco della galleria dal lato di Ferrandina si trova ai piedi di un versante relativamente

acclive che si affaccia sulla pianura alluvionale del Fiume Basento, creando un dislivello complessivo di circa 350 m. L'imbocco lato Matera si trova ad una quota di circa 175 m s.l.m., ed è sovrastato da un rilievo poco acclive la cui quota massima all'interno dell'area di rilievo è di 220 m s.l.m. Il rilievo geomorfologico di campo effettuato a supporto del presente studio ha evidenziato come numerose forme gravitative attive, principalmente impostate all'interno delle Argille Subappennine, interessino soprattutto l'imbocco della galleria Miglionico lato Ferrandina, e l'area ove è in progetto la galleria di sfollamento (tema approfondito separatamente). Tali forme dunque coinvolgono attivamente le opere già precedentemente realizzate, come risulta evidente dalle forme di movimento ed erosione osservate durante i rilievi; gli interventi di ripristino delle opere di imbocco dovranno dunque prevedere un adeguato monitoraggio degli aspetti più critici per la stabilità dei versanti nelle aree coinvolte, ovvero proseguire con il rilievo piezometrico in atto ed approntare un monitoraggio topografico e geomorfologico nella prossima fase progettuale, nonché nelle fasi di costruzione. Il rilievo eseguito ha infine evidenziato le profonde incisioni vallive in corrispondenza dei viadotti sui Fiumi Bradano e Gravina, forme erosive impostate all'interno sia delle calcareniti di Gravina, che dei Calcari di Altamura. Sono state osservate numerose cavità carsiche ed una generale qualità mediocre dell'ammasso roccioso in prossimità dei viadotti suddetti. Le tomografie elettriche realizzate lungo le scarpate in prossimità dei viadotti non hanno rilevato importanti contrasti di resistività, evidenza che consentirebbe di escludere la presenza di cavità in prossimità dei viadotti stessi.

- Dal punto di vista idrogeologico, le unità presenti lungo la tratta in esame comprendono:
 - depositi a permeabilità medio-alta, di cui fanno parte i corpi principalmente ghiaiosi legati ai fiumi Bradano e Basento e che presentano una permeabilità media compresa tra 10^{-5} e 10^{-3} m/s; depositi a permeabilità media che comprendono corpi sabbiosi, la cui permeabilità si attesta mediamente tra 10^{-6} e 10^{-5} m/s;
 - depositi a permeabilità medio-bassa che includono i corpi sedimentari prevalentemente sabbioso-limosi ($10^{-7} < k < 10^{-6}$); corpi a permeabilità bassa di cui fanno parte le argille limose della formazione delle Argille Subappennine prive della componente marnosa ed i corpi argilloso-limosi attuali e recenti legati ai fiumi Basento e Bradano ($10^{-9} < k < 10^{-7}$);
 - rocce calcaree a permeabilità secondaria composte da calcareniti e calciliti in strati da sottili a spessi che costituiscono acquiferi fessurati di discreta trasmissività, con una permeabilità che varia tra 10^{-9} e 10^{-5} m/s;
 - complesso argilloso-marnoso, considerabile scarsamente permeabile e impermeabile, composto da argille e argilliti appartenenti alla formazione delle Argille Subappennine che presentano una percentuale rilevante di componente calcarea ma che possono essere considerate permeabili grazie a livelli di sabbia argillosa sinsedimentari di dimensioni da centimetriche a decimetriche. Tali corpi sabbiosi possono risultare interconnessi, dando origine ad orizzonti saturi potenzialmente in pressione che possono essere in alcuni casi anche ricchi di gas naturale. Quest'ultima formazione è stata considerata come un unico sistema acquifero. Un sistema acquifero con una bassa permeabilità, con ridotte possibilità di alimentazione e pertanto con quantitativi d'acqua immagazzinati modesti, a cui però si possono associare "sacche" permeabili.
- La superficie piezometrica lungo la tratta in esame è stata ritenuta certa all'interno dei depositi alluvionali, mentre quella definita all'interno delle argille potrebbe risultare maggiormente variabile a seconda delle geometrie e caratteristiche dei corpi più granulari sinsedimentari. Il monitoraggio piezometrico in corso indica che all'interno dei piezometri installati in argille subappennine la soggiacenza varia tipicamente di meno di un metro (6 piezometri su 8), mentre all'interno dei piezometri installati in depositi alluvionali la soggiacenza varia tra 0.5 ed 1.0 m in 3 piezometri su 5 (in particolare i piezometri installati nei depositi

alluvionali del Fiume Basento), e di oltre 1.5 metri in 2 piezometri su 5 (ovvero uno installato in spessori modesti di depositi alluvionali recenti ed uno sempre in depositi alluvionali del fiume Basento).

Per quanto concerne l'area di imbocco della galleria di sfollamento, il piezometro realizzato ha evidenziato la presenza di falda a 15.6 m da p.c., possibilmente frutto di circolazione a più ampia scala all'interno dei livelli sabbiosi sinsedimentari presenti all'interno del complesso argilloso della dorsale di Miglionico.

- Per quanto concerne il rischio geomorfologico, è stata analizzata la cartografia tematica resa disponibile dal Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico della Regione Basilicata. La cartografia del PAI permette di definire le aree a rischio geomorfologico che sono state identificate tra l'imbocco della galleria lato Ferrandina e l'imbocco lato Matera con la presenza di numerosi areali classificati a rischio variabile, e nel tratto in cui la linea interseca il Fiume Bradano, il cui alveo e la relativa profonda incisione viene valutato a rischio molto elevato. Per quanto concerne l'area di imbocco della galleria di sfollamento, il PAI individua alcune forme in prossimità dell'opera stessa, ovvero alcune aree a rischio medio (R2) immediatamente ad ovest dell'imbocco, ed un'area a rischio in parte moderato (R1) ed in parte medio (R2) immediatamente ad est. Tali aree corrispondono a due vallecole lungo il versante della dorsale, il cui piede ricade proprio in prossimità dell'imbocco in progetto. Sulla scorta di tali elementi è stato predisposto un approfondimento geomorfologico separato relativa a tale area. La viabilità di accesso all'imbocco suddetto interseca un'area classificata a rischio elevato (R4), corrispondente ad un impluvio in erosione.
- In merito all'area dell'imbocco della galleria di sfollamento presso Miglionico, dalle considerazioni effettuate è possibile dunque affermare che sia le evidenze di campo che le prove geofisiche ed il sondaggio effettuati confermano l'elevata suscettibilità alla franosità di tutto il versante. Il rilevamento geologico-geomorfologico eseguito a dicembre 2020 ha permesso confermare la presenza di corpi franosi attivi sia di tipo complesso (scivolamento e colamento), sia di lenti movimenti di soliflusso e reptazione che interessano spessori fino a 3-4 metri.
- Lungo il tracciato della viabilità di collegamento tra l'imbocco della galleria di sfollamento e quello della galleria lato Matera è stata confermata la presenza di un movimento franoso attivo di tipo complesso che arriva a lambire il piano viario. Il monitoraggio eseguito a dicembre 2020 ha permesso di meglio definire la geometria di tale movimento, rappresentato nella sezione geologico-geomorfologica C-C'.
- Dal punto di vista sismico, il sito risulta caratterizzato da una media sismicità.
Sulla base dei risultati delle prove di tipo MASW, Down-Hole e SPT, la stratigrafia di progetto è classificabile nelle seguenti categorie di sottosuolo:
 - o da pk 0+000 a pk 12+400 e da pk 17+750 a pk 19+959: Categoria C
 - o da pk 12+400 a pk 17+750: Categoria E

Per quanto riguarda il potenziale liquefazione dei terreni, le verifiche condotte consentono di escludere tale rischio lungo l'intero tracciato.

 <p>ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</p>	<p>Nuova linea Ferrandina - Matera La Martella per il collegamento di Matera con la rete ferroviaria nazionale</p> <p>NUOVA LINEA FERRANDINA – MATERA LA MARTELLA</p>												
<p>Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica</p>	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IA5F</td> <td>01 D 69</td> <td>RG</td> <td>GE 0001 001</td> <td>B</td> <td>198 di 200</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	198 di 200
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	198 di 200								

17 BIBLIOGRAFIA

- Amato A., (2000) - *Estimating Pleistocene tectonic uplift rates in the South-eastern Apennines (Italy) from erosional land surfaces and marine terraces*. Geomorphology, Human Activity and Global Environmental Change. Edited by O. Slaymaker, John Wiley & Sons, Ltd., 67-87.
- Basili, R., and V. Kastelic (2011). D3.4 – *Database of active faults and seismogenic sources*, SHARE, 31.05.2011.
- Boenzi F., Radina B., Ricchetti G. & Valduga A., (1971) – *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia, Foglio 201: Matera*. Min. Ind., Com. e Art.. Serv. Geo. Naz.. Ed. N. Tec. Graf., Roma.
- Bolton. (1986). The strenght and dilatancy of sands. *Geotechnique*, 36(1).
- Brückner H., (1983) – *Holazane Bodenbildungen in der Alluvionen Südtalianschen Flüsse*. Z. Geomorph.N. F., suppl. Bd. 48.
- Carta geologica d'Italia, Foglio 201 Matera scala 1:100.000. Progetto CARG.
- Cherubini C., Margotta B., Sgura A., Walsh N., (1987) – *Caratteri geologico-tecnici dei terreni della città di Brindisi*. Memorie Società Geologica Italiana n. 37.
- Ciaranfi N., Maggiore M., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G. & Walsh N., (1979) – *Considerazioni sulla neotettonica della Fossa bradanica*. Contr. Prel. Realiz. Carta Neotettonica d'Italia. Pubbl. n° 251 del P. F. Geodinamica, 73-95, Napoli.
- Convenzione INGV-DPC 2004 – 2006, Progetto S1, Proseguimento della assistenza al DPC per il completamento e la gestione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 e progettazione di ulteriori sviluppi, Coordinatore: Carlo Meletti (INGV). Sito web: <http://esse1.mi.ingv.it/>.
- Cotecchia V., Magri G., (1967) – *Gli spostamenti della linea di costa quaternaria del mar ionico tra Capo Spulico e Taranto*. Geol. Appl. Idrogeol., 2, 1-27.
- Decreto Ministeriale del 17 gennaio 2018 - Aggiornamento delle «Norme tecniche per le costruzioni», G.U. n.42 del 20.2.2018, Supplemento Ordinario n.8.
- Funicello R., Montone P., Parotto M., Salvini F., Tozzi M., (1991) – *Geodynamical evolution of an intra-orogenic foreland: the Apulia case history (Italy)*. Boll. Soc. Geol. It., 110, 419-425.
- Galadini F., Poli M.E., Zanferrari A., (2005) – *Seismogenic source potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy)*. Geophys. J. Int., 161, 739-762.
- Giardini, D., J. Woessner, L. Danciu, G. Valensise, G. Grünthal, F. Cotton, S. Akkar, R. Basili, M. Stucchi, A. Rovida, D. Stromeyer, R. Arvidsson, F. Meletti, R. Musson, R., K. Sesetyan, M. B. Demircioglu, H. Crowley, R. Pinho, K. Pitilakis, J. Douglas, J. Fonseca, M. Erdik, A. Campos-Costa, B. Glavatovic, K. Makropoulos, C. Lindholm, T. Cameelbeeck (2013). *Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE): Online Data Resource*, <http://portal.share-eu.org:8080/jetspeed/portal/>, doi: 10.12686/SED-00000001-SHARE, 2013.
- Gruppo di Lavoro, (2004), per la redazione della mappa di pericolosità sismica. INGV, Final Report, (<http://esse1.mi.ingv.it/>) con Appendici.

- Guerricchio, A., & Melidoro, G. (1979). *Fenomeni franosi e neotettonici nelle argille grigio-azzurre calabriane di Pisticci (Lucania) con saggio di cartografia*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 14(1), 105-138.
- Haller K. M.m and Basili R. (2011). *Developing seismogenic source models based on geologic fault data*. Seismol. Res. Lett., 82, 519-525.
- Hynes, M.E., and Olsen, R.S. (1999), Influence of confining stress on liquefaction resistance, Proc., Int. Workshop on Phys. And Mech. Of Soil Liquefaction, Balkema, Rotterdam, The Netherlands, 145-152.
- Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2006), Semi-empirical procedures for evaluating liquefaction potential during earthquakes, Journal of Soil Dynamics and Earthquake Engineering, 26, pp. 115-130.
- Idriss, I.M. and Boulanger, R.W. (2008), Soil liquefaction during earthquakes, MNO-12, Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA.
- Kastelic, V. P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, M. M. Tiberti, G. Valensise (2012). *Seismogenic sources in the Adriatic Domain*, Marine and Petroleum Geology (2012) 1-23.
- Locati M., Camassi R. e Stucchi M. (a cura di) (2011). *DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI11>.
- Meletti C., Galadini F., Valensise G., Stucchi M., Basili R., Barba S., Vannucci G., Boschi E. (2008). *A seismic source model for the seismic hazard assessment of the Italian territory*. Tectonophysics, 450(1), 85-108. DOI:10.1016/j.tecto.2008.01.003.
- Migliorini C., (1937) – *Cenno sullo studio e sulla prospezione petrolifera di una zona dell'Italia meridionale*. 2nd Petroleum world Congress, Paris, AGIP report, 1-11, Roma.
- Migliorini C., (1952) – *Lo stato odierno della conoscenza del sottosuolo della Fossa bradanica*. Atti VII convegno Naz. Metano e Petrolio (Taormina), 183-188, Palermo,
- Neboit R., (1980) – *Morphogénèse et occupation humaine dans l'Antiquité*. Bull. Ass. Géogr. Franc.: 466 pp.
- Neboit R., (1983) – *L'homme et l'érosion*. Faculté des lettres et Sciences humaines de l'Université de Clermont_Ferrand II, fasc. 17.
- Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 17 gennaio 2018.
- Piano di Governo del Territorio, Documenti di Piano, Comuni di Ferrandina, Pomarico, Miglionico e Matera.
- Piano Stralcio per l'assetto Idrogeologico della Basilicata. Cartografia tematica sul sito web <http://rsdi.regione.basilicata.it/viewGis/?project=45774E9D-93DF-6578-E022-46605663079B>).
- Pieri P., Sabato L. & Tropeano M. (1996) – *Significato geodinamico dei caratteri deposizionali e strutturali della Fossa bradanica del Pleistocene*. Mem Soc. Geol. It., **51**: 501-515.
- Ricchetti G., (1980) – *Contributo alla conoscenza della Fossa Bradanica e delle Murge*. Boll. Soc. Geol. It., **99**: 421-430.

Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IA5F	01 D 69	RG	GE 0001 001	B	200 di 200

- Rovida, A., Camassi, R., Gasperini P. e Stucchi M. (a cura di) (2011). CPTI11, la versione 2011 del *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11.
- Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1971), Simplified procedure for evaluating soil liquefaction potential, *Journal of Geotechnical Engineering Division, ASCE*, 97(9), pp.1249-1273.
- Seed, H.B. and Idriss, I.M. (1982), Ground motions and soil liquefaction during earthquakes, *Earthquake Engineering Research Institute, Oakland, CA, USA*.
- Seed, R.B., Tokimatsu, K., Harder, L.F., Chung, L.M. (1985), The influence of SPT procedures in soil liquefaction resistance evaluations, *Journal of Geotechnical Engineering, ASCE*, 111(12), pp.1425-1445.
- Sella M., Turci C., Riva A., (1988) – *Sintesi geopetrolifera della Fossa Bradanica (Avanfossa della catena Appenninica)*. Mem. Soc. Geol. It., **41**: 87-107.
- Valensise, G. and Pantosti, D. (a cura di) (2001). *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy (DISS version 2.0)*. Ann. Geofis. 44, Suppl. 1, con CD-ROM.
- Youd, T.L., Idriss, I.M., Andrus, R.D., Castro, G., Christian, J.T., Dobry, R., Finn, L.W.D., Harder, L.F. Jr., Hynes, M.H., Ishihara, K., Koester, J.P., Liao, S.S.C., Marcuson, W.F. III, Martin, G.R., Mitchell, J.K., Moriwaki, Y., Power, M.S., Robertson, P.K., Seed, R.B. and Stokoe, K.H. II (2001), Liquefaction Resistance of Soil: Summary Report from the 1996 NCEER and 1998 NCEER/NSF Workshops on Evaluation of Liquefaction Resistance of Soils, *Journal of Geotechnical and Geoenvironmental Engineering*, vol. 127, n° 10, pp.817-833