

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

U.O. GEOLOGIA TECNICA, DELL'AMBIENTE E DEL TERRITORIO

PROGETTO FATTIBILITÀ TECNICO ECONOMICA

COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.

PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.

RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E SISMICA

SCALA:

-

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

RC0Y 00 R 69 RG GE0005 001 C

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
B	EMISSIONE DEFINITIVA	SGI - M. Mondet	Marzo 2021	F. Carli	Marzo 2021	I D'Amore	Marzo 2021	M. Comedini Marzo 2021



File: RC0Y00R69RGGE0005001C.doc

n. Elab.:

INDICE

1	PREMESSA	8
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	11
4	ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA	15
4.1	INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE	15
4.2	INQUADRAMENTO GENERALE DELLA TRATTA CATANZARO-LAMEZIA.....	19
4.2.1	<i>Stretta di Catanzaro</i>	<i>20</i>
4.3	INQUADRAMENTO GEOLOGICO LUNGO LINEA	24
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO.....	27
5.1	CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI DELLA STRETTA DI CATANZARO	29
6	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	32
7	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	35
7.1.1	<i>Complessi idrogeologici.....</i>	<i>35</i>
7.1.2	<i>Inquadramento idrogeologico</i>	<i>37</i>
7.1.3	<i>Acquifero di Lamezia.....</i>	<i>38</i>
7.1.4	<i>Modello idrogeologico</i>	<i>41</i>
7.1.5	<i>Dati idrogeologici di dettaglio delle aree di variante</i>	<i>44</i>
8	INDAGINI.....	46
8.1	PREMESSA	46
8.2	INDAGINI PFTE VELOCIZZAZIONE LINEA LAMEZIA-SETTINGIANO (2019-2020).....	46

8.3	INDAGINI PD ELETTRIFICAZIONE LOTTO 01 LINEA SIBARI-LAMEZIA TERME (2019).....	50
8.4	INDAGINI PFTE VELOCIZZAZIONE LINEA LAMEZIA-SETTINGIANO (2021).....	51
9	GEOLOGIA DELLE AREE DI VARIANTE.....	55
9.1	VARIANTE 10.....	55
9.1.1	<i>Curve 07, 08, 09, 10 e 11.....</i>	55
9.1.2	<i>Curve 18 e 19.....</i>	57
9.2	VARIANTE 5.....	59
9.3	VARIANTE 6.....	63
9.4	VARIANTE 7.....	65
9.5	VARIANTE 8.....	68
9.6	VARIANTE 9.....	69
10	ANALISI DELLE CRITICITA' DI CARATTERE GEOMORFOLOGICO.....	73
10.1	ANALISI DELLA CARTOGRAFIA.....	73
10.1.1	<i>Cartografia della pericolosità geomorfologica.....</i>	73
10.1.2	<i>Analisi della cartografia della pericolosità e del rischio idraulico.....</i>	82
11	RILIEVO GEOMORFOLOGICO DELLE AREE DI VARIANTE.....	87
11.1	VARIANTE 10, CURVE 07 E 08 PRESSO "CONTRADE RICHETTI-GACCIA".....	87
11.2	VARIANTE 10, CURVE 9, 10, "CONTRADA GABELLA CARDOLO".....	94
11.3	VARIANTE 10, CURVE 18 E 19 PRESSO "CONTRADA NUNNO S. BASILIO".....	96
11.4	VARIANTE 5 PRESSO "SERRAMUNDA".....	100
11.5	VARIANTE 6, LOCALITÀ "GIZZERO".....	106
11.6	VARIANTE 7, LOCALITÀ "MASSARO".....	107

11.7	VARIANTE 8, LOCALITÀ “LA GROTTA”	110
11.8	VARIANTE 9, “STAZIONE SETTINGIANO”	115
12	RISULTANZE DELL’INDAGINE GEOFISICA	125
12.1	RIFRAZIONE N.5 – VARIANTE 10.....	125
12.2	RIFRAZIONE N.3 LONGITUDINALE – VARIANTE 10.....	128
12.3	RIFRAZIONE N.6 LONGITUDINALE – VARIANTE 10.....	130
12.4	RIFRAZIONE N.6 TRASVERSALE – VARIANTE 10.....	132
12.5	RIFRAZIONE N.7.....	134
12.6	RIFRAZIONE N.8.....	136
12.7	RIFRAZIONE N.9.....	139
12.8	RIFRAZIONE N.10.....	141
12.9	RIFRAZIONE N.1.....	143
12.10	RIFRAZIONE N.2.....	145
12.11	TOMOGRAFIA ERT 1	147
12.12	TOMOGRAFIA ERT2 E ERT2BIS /L1	148
12.13	TOMOGRAFIA ERT3/L1	150
12.14	TOMOGRAFIA ERT3/L2.....	152
12.15	TOMOGRAFIA ERT7/L2.....	153
12.16	TOMOGRAFIA ERT10-11/L2	155
12.17	TOMOGRAFIA ERT-RIFR14-15-16/L2	156
12.18	TOMOGRAFIA ERT20-21/L2	158
12.19	TOMOGRAFIA ERT17-18-19/L2	160

13	SINTESI DELLE RISULTANZE	163
14	INQUADRAMENTO SISMICO	167
14.1	PREMESSA	167
14.2	AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE	168
14.3	FAGLIE ATTIVE	172
14.4	INTENSITÀ MACROSISMICHE	173
14.5	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	175
14.5.1	<i>Generalità</i>	175
14.5.2	<i>Vita utile e classe d'uso</i>	175
14.5.3	<i>Stati limite e probabilità di superamento</i>	176
14.5.4	<i>Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g</i>	177
14.5.5	<i>Risposta sismica locale</i>	180
14.6	ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE	183
15	CONCLUSIONI	185
16	BIBLIOGRAFIA	189

**Relazione geologica, geomorfologica,
 idrogeologica e sismica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	C	6 di 222

TAVOLE ALLEGATE

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		R	C	0	Y	0	0	F	6	9	L	5	G	E	0	0	0	1	0	0	1	B
Carta Geologica e Profilo Geologico km 10 – 13	1:5.000/500	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	L	5	G	E	0	0	0	1	0	0	1	B
Carta Geologica e Profilo Geologico km 19 – 24 variante 5	1:5.000/500	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	L	5	G	E	0	0	0	1	0	0	2	B
Carta Geologica e Profilo Geologico km 19 – 24 variante 7	1:5.000/500	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	L	5	G	E	0	0	0	1	0	0	3	B
Carta Geologica e Profilo Geologico km 27 – 29+300 variante 8-9	1:5.000/500	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	L	5	G	E	0	0	0	1	0	0	4	B
Sezioni Geologiche	1:2.000	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	W	8	G	E	0	0	0	1	0	0	1	B
Carta e profilo Geologico Variante 5	1:2.000/200	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	1	1	B
Carta e profilo Geologico Variante 7	1:2.000/200	R	C	0	Y	0	0	E	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	1	2	B
Carta e profilo Geologico Variante 8	1:2.000/200	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	1	3	B
Carta e profilo Geologico Variante 9	1:2.000/200	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	1	4	B
Carta e profilo Geologico IN230 - km 18+806 ADEGUAMENTO PONTE ESISTENTE	1:5.000/500	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	1	5	B
Carta idrogeologica e Profilo Idrogeologico km 10 – 13	1:5.000/500	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	L	5	G	E	0	0	0	2	0	0	1	B
Carta idrogeologica e Profilo Idrogeologico km 19 – 24 variante 5	1:5.000/500	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	L	5	G	E	0	0	0	2	0	0	2	B
Carta idrogeologica e Profilo Idrogeologico km 19 – 24 variante 7	1:5.000/500	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	L	5	G	E	0	0	0	2	0	0	3	B
Carta idrogeologica e Profilo	1:5.000/500	R	C	0	Y	0	0	F	6	9	L	5	G	E	0	0	0	2	0	0	4	B

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e Sismica redatto nell'ambito del Progetto di Fattibilità Tecnico Economica della velocizzazione della linea Lamezia-terme Settingiano, che prevede la realizzazione di n. 6 varianti di tracciato per una lunghezza complessiva di circa 30 km.

Lo studio in particolare analizza gli aspetti geologici del territorio ove sono in progetto le suddette varianti, raccogliendo e sintetizzando le informazioni attualmente disponibili derivanti da:

- materiale bibliografico;
- rilievo geologico-geomorfologico di campo realizzato nell'ottobre 2019 al fine di approfondire lo stato attuale delle aree soggette a fenomeni gravitativi di versante segnalati dalla cartografia PAI ed interferenti con le aree di progetto;
- indagini geognostiche e geofisiche eseguite nelle precedenti fasi dello studio e comprendenti:
 - o n. 16 sondaggi geognostici spinti sino alla profondità di 30 m dal p.c., con installazione di strumentazione geotecnica di controllo (piezometri ed inclinometri);
 - o n. 9 prove geofisiche MASW per la definizione dell'azione sismica di progetto.
 - o n. 11 tomografie sismiche a rifrazione per l'approfondimento delle aree caratterizzate da dissesto idrogeologico segnalate durante il rilievo di campo eseguito a ottobre 2019.
 - o N. 1 tomografia geoelettrica per l'approfondimento di un'area caratterizzata da potenziali fenomeni di sprofondamento.
- Indagini geognostiche e geofisiche eseguite a supporto del Progetto Definitivo di Elettrificazione del Lotto 1 della linea Sibari-Lamezia Terme.
- indagini geognostiche e geofisiche eseguite per la presente fase di studio e comprendenti:
 - o n. 10 sondaggi geognostici di profondità variabile, con installazione di strumentazione geotecnica di controllo (piezometri ed inclinometri);
 - o n. 13 tomografia geoelettrica (ERT).
 - o n. 3 tomografie sismiche a rifrazione e tomografie elettriche.
- Indagini geognostiche eseguite a supporto del Progetto della Linea Lamezia-Catanzaro.

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

- Inquadramento geografico;
- Inquadramento dell'area di studio comprendente gli aspetti geologici, geomorfologici ed idrogeologici generali dell'area di intervento e di un suo congruo intorno significativo;
- Descrizione delle evidenze emerse durante i rilievi geologico-geomorfologici effettuati;

**Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica**COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RC0Y 00 F 69 RG GE0005 001 C 9 di 222

- Descrizione delle indagini geognostiche realizzate a supporto della progettazione;
- Modello geologico generale lungo le varianti in progetto;
- Analisi geomorfologica di dettaglio per ciascuna delle aree;
- Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio di liquefazione.

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".
- 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.
- 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”.
- 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”.

**Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	C	10 di 222

- 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).
- Norme di Attuazione del Piano Stralcio per l’Assetto Idrogeologico (PAI)

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La linea ferroviaria oggetto di velocizzazione è ubicata nella regione Calabria, lungo la tratta ferroviaria Lamezia Terme (CZ) – Catanzaro Lido della linea Ionica, la quale unisce il versante ionico calabrese con quello tirrenico.

La tratta in esame in particolare è compresa tra la stazione ferroviaria di Lamezia Terme e quella di Settingiano, si estende per una lunghezza di circa 30 km, a partire dalla stazione di Lamezia Sant’Eufemia in direzione nord-est sino a Nicastro, per poi deviare in direzione sud-est verso la valle del Fiume Amato, percorrendola in direzione est suino a Marcellinara, deviando nuovamente in direzione sud-est sino a Settingiano (Figura 3-1).

Come accennato in premessa le varianti di tracciato oggetto del presente studio sono le seguenti:

- Variante 10s (aumento di sopraelevazione delle curve): comprende, a partire da Nicastro in direzione Settingiano, le curve 07, 08, 09, 10, 11 (Figura 3-2), 18, 19 (Figura 3-3).
- Variante 5: localizzata presso Quote Barile per una lunghezza di 1305 m (Figura 3-4);
- Variante 6: localizzata tra Quote Barile e Massaro, per una lunghezza di 591 m (Figura 3-4);
- Variante 7: localizzata presso Massaro, per una lunghezza di 1108 m (Figura 3-4);
- Variante 8: localizzata tra Marcellinara e Settingiano, per una lunghezza di 453 m (Figura 3-5);
- Variante 9: localizzata presso Settingiano, per una lunghezza di 923 m.

In Figura 3-1 viene riportata un’immagine aerea dell’intera tratta oggetto di velocizzazione, mentre dalla Figura 3-2 alla Figura 3-5 vengono individuati i tracciati e le localizzazioni di ciascuna variante ed intervento.

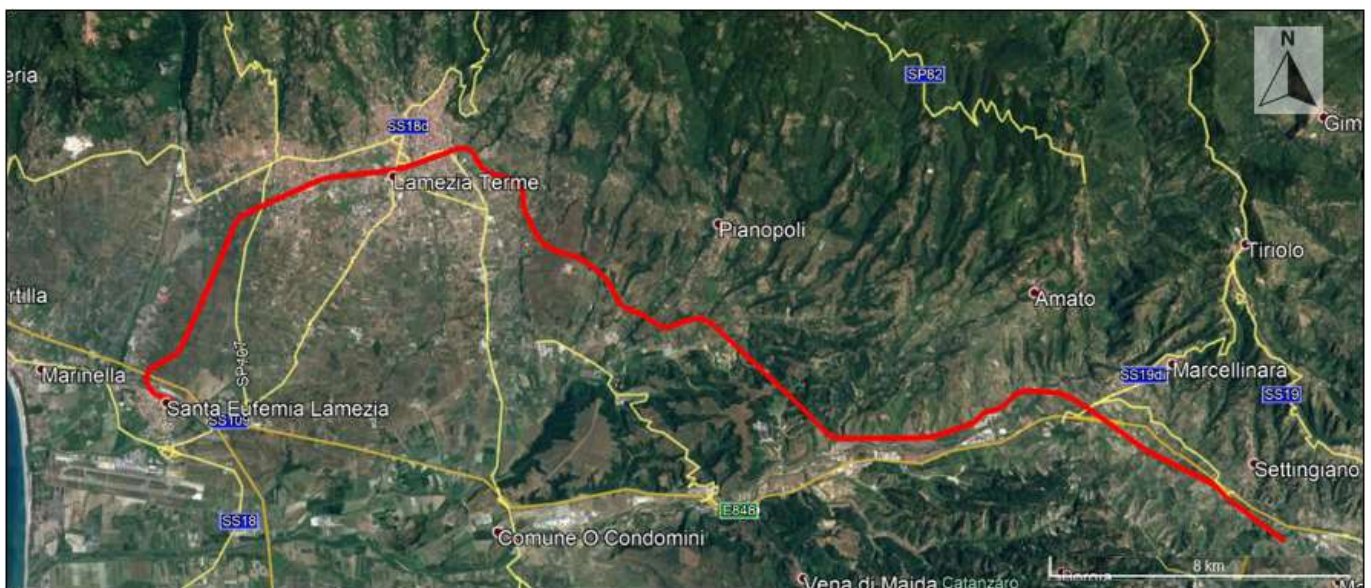


Figura 3-1 – Immagine aerea complessiva tratta ferroviaria Lamezia Terme - Settingiano (in rosso), lungo la quale ricadono le varianti di tracciato in progetto. (Google Earth).

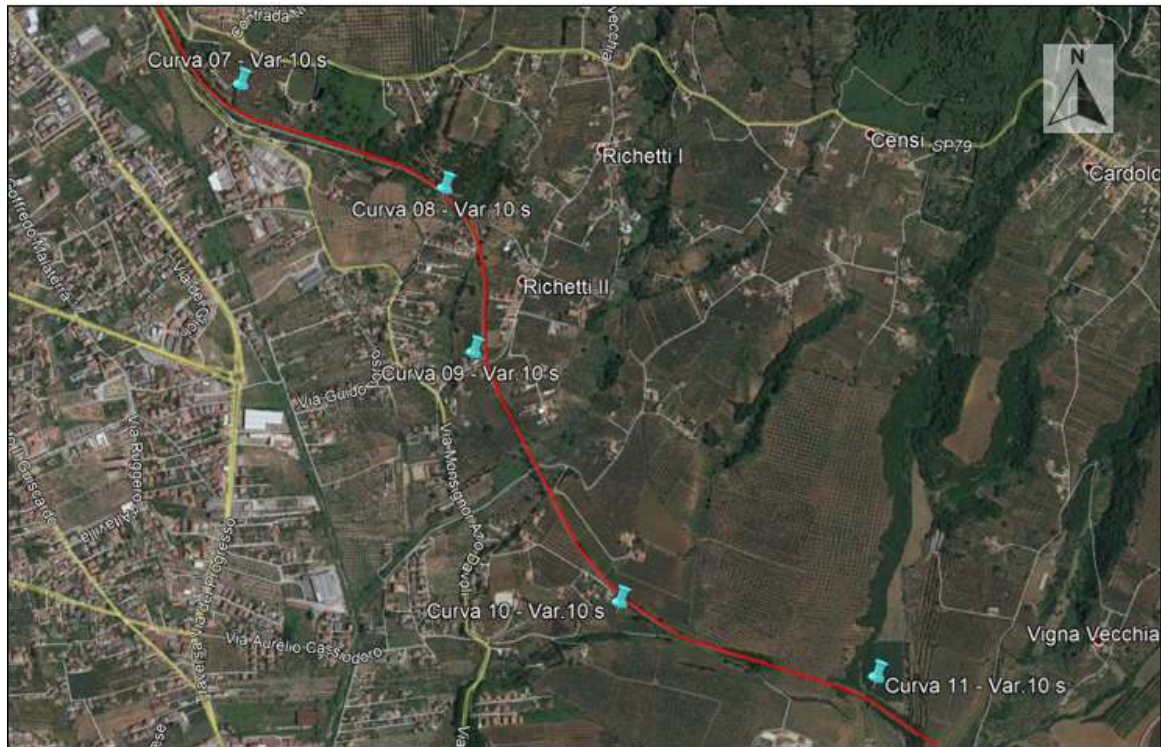


Figura 3-2 – Localizzazione delle Curve 07, 08, 09, 10 e 11 relative alla Variante 10 (Google Earth). In rosso la linea storica, si evidenziano con i segnapunti le ubicazioni delle curve ove sono previsti interventi di aumento della sovrelevazione.



Figura 3-3 - Localizzazione delle Curve 18 e 19 relative alla Variante 10 (Google Earth). In rosso la linea storica, si evidenziano con i segnapunti le ubicazioni delle curve ove sono previsti interventi di aumento della sovrelevazione.

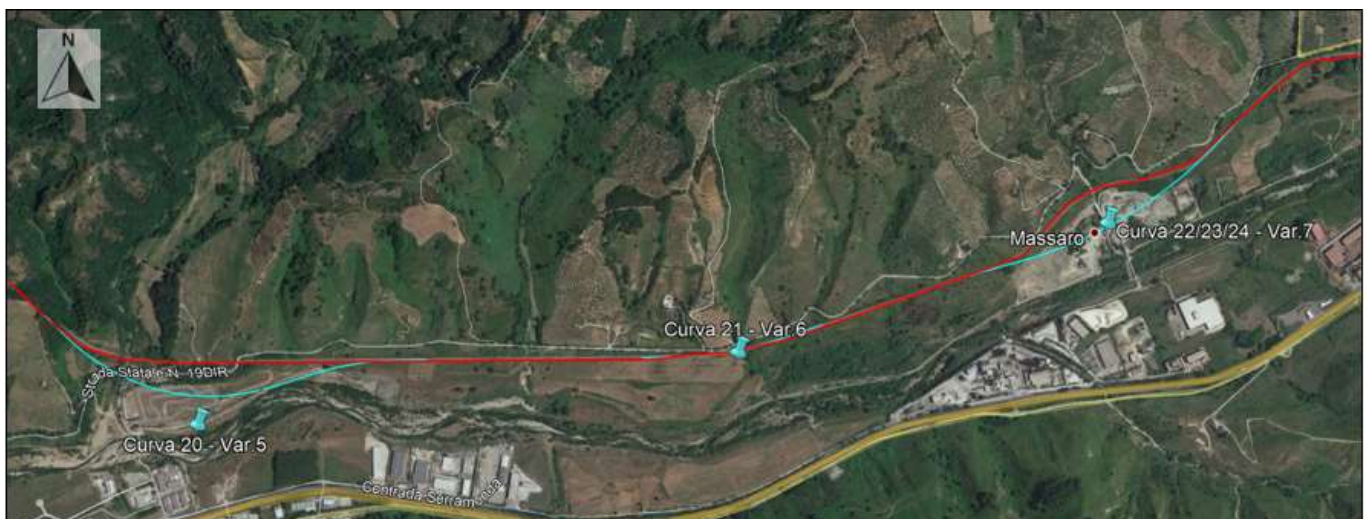


Figura 3-4 - Localizzazione delle Varianti 5, 6 e 7 presso Quote Barile e Massaro (Google Earth). In rosso la linea storica ed in ciano i tracciati delle varianti in progetto.

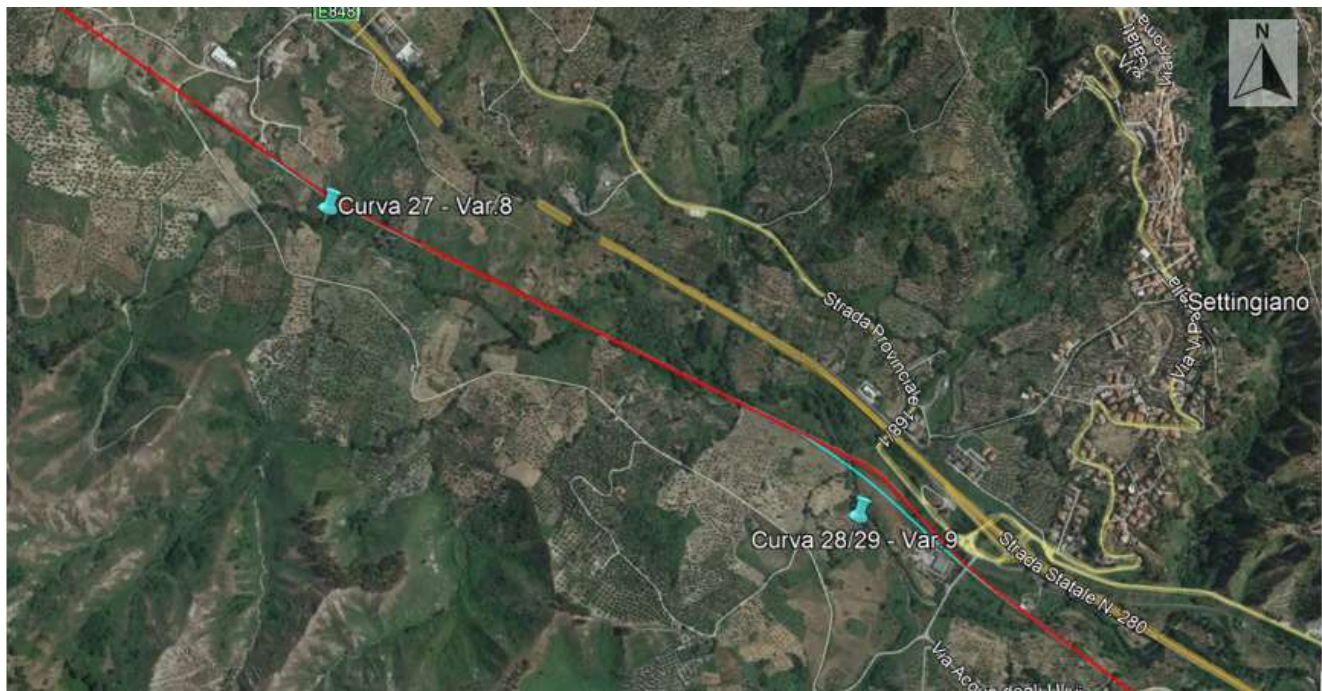



Figura 3-5 - Localizzazione delle Varianti 8 e 9 presso Settingiano (Google Earth). In rosso la linea storica ed in ciano i tracciati delle varianti in progetto.

Come accennato, dal punto di vista geografico la linea oggetto del presente studio:

- Le curve 7, 8, 9, 10 e 11 della variante 10 sono localizzate ai piedi dei versanti collinari che bordano la piana ad est di Nicastro, lungo la porzione di linea con direzione NO-SE;
- Le curve 18 e 19 della Variante 10 attraversano la dorsale collinare che separa la piana dalla parte terminale della valle del Fiume Amato, sempre in direzione NO-SE;
- Le varianti 5, 6 e 7 sono localizzate lungo la valle del Fiume Amato, ove la linea ferroviaria ha direzione SO-NE;
- Le varianti 8 e 9 sono localizzate presso la valle del Fiume Fallaco, ove la linea ferroviaria ha direzione NO-SE.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. C	FOGLIO 15 di 222

4 ASSETTO GEOLOGICO DELL'AREA

Nei paragrafi seguenti si riporta l'inquadramento tettonico e strutturale regionale, l'inquadramento geomorfologico e l'inquadramento idrogeologico dell'area all'interno della quale ricade il tracciato della linea ferroviaria oggetto di studio.

4.1 INQUADRAMENTO GEOLOGICO-STRUTTURALE GENERALE

La forma del territorio calabrese, che assume l'andamento ad arco (Arco Calabro Peleoritano), rappresenta l'attuale stato di massima distorsione della catena Appennino-Magrebide (Figura 4-1) che raccorda gli assi NW-SE dell'Appennino meridionale con quelli E-W delle Maghrebidi. Tale torsione, con velocità ed entità di espansione massime nella parte meridionale, è legata all'attività geodinamica profonda (convergenza tra il blocco euroasiatico e quello africano), che comporta una forte attività tettonica caratterizzata dall'insorgere di terremoti e da un generale sollevamento con la genesi di forti energie di rilievo. La geologia della Calabria è caratterizzata da falde cristalline messe in posto nel Miocene Inferiore durante l'Orogenesi Alpina. Successivamente alla messa in posto di queste falde, numerosi processi sedimentari si sono impostati su di esse con deposizione di rocce evaporitiche e terrigene a partire dal Tortoniano fino all'Attuale. L'arco Calabro appartiene alla cintura orogenetica circum-Mediterranea e rappresenta il cuneo di accrezione causato dalla collisione tra Africa ed Europa (Amodio Morelli et al., 1976; Tortorici, 1982) ed è costituito da una serie di unità tettoniche ofiolitiche note come Complesso Liguride (Ogniben, 1969) e da sovrastanti falde di basamento costituenti il Complesso Calabride (Ogniben 1969).

Diverse teorie sono state proposte negli anni da diversi autori per spiegare il rapporto tra queste unità tettoniche. La prima considera le falde cristalline calabridi come frammenti derivanti dal margine europeo (Ogniben, 1969; Bouillin, 1984; Bouillin et al., 1986; Knott, 1987), mentre la seconda considera l'Arco Calabro come un frammento di catena alpina Europa-vergente di tipo austroalpino sovrascorsa sui domini appenninici durante il Neogene (Haccard et al., 1972; Alvarez, 1976; Amodio-Morelli et al., 1976; Bonardi et al., 1982).

La terza ipotesi prevede che il dominio calabride rappresenti una microplacca continentale mesomediterranea interposta tra i due margini principali (Alvarez, 1976; Ogniben, 1985; Guerrero et al., 1993) coinvolta in processi collisionali dapprima con vergenza europea (fase eoalpina) e successivamente a vergenza africana. I limiti tra l'Arco Calabro, la catena appenninica a Nord e la catena siculo maghrebide a Sud, sono rappresentati da due fasce trascorrenti principali. Queste sono state identificate classicamente nella Linea di Sanginetto a Nord e la Linea di Taormina a Sud, caratterizzate rispettivamente da movimenti sinistri e destri (Amodio-Morelli et al., 1976; Scandone, 1982). Si tratta di zone di taglio più complesse che potrebbero comprendere la zona di taglio del Pollino in Appennino Meridionale e il sistema Sud-tirrenico in Sicilia Settentrionale (Finetti et al., 1996). Questa tendenza evolutiva, fortemente attiva nel Paleocene e Miocene, ha avuto forti impulsi nel Quaternario ed è ancora attiva. A

questa evoluzione viene attribuita la genesi di importanti discontinuità, successivamente ereditate dalle masse rocciose, e la formazione horst e graben (ad esempio: Graben del Crati, di Paola, di Catanzaro, del Mesima), con la deposizione, all'interno di quest'ultimi, di terreni sedimentari continentali e marini per lo più sabbioso argillosi e conglomeratici.

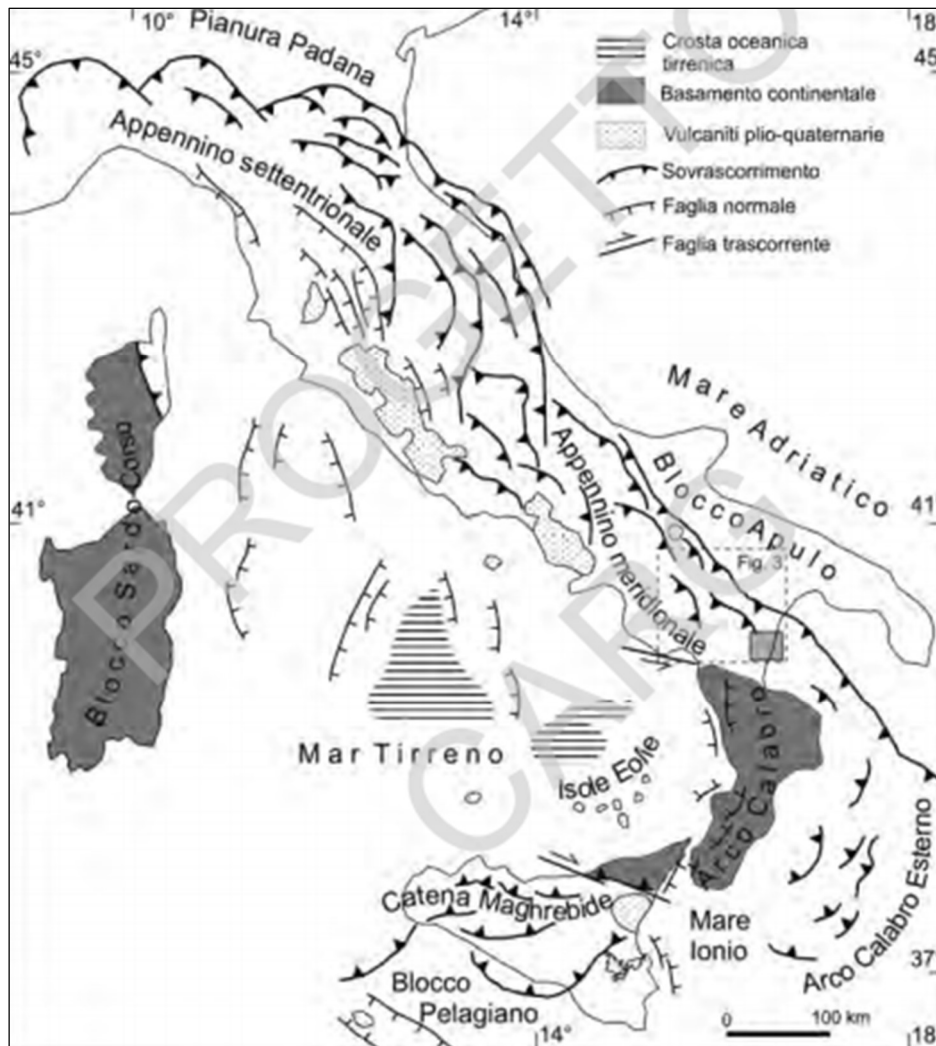


Figura 4-1 – Schema tettonico dell’orogene appenninico-maghrebide (da Catalano et alii, 2004).

Sulla base dei dati ad oggi disponibili, l'Arco Calabro può essere suddiviso in macrozone, separate dalle grandi strutture depressionarie trasversali originatesi a partire dal Plio- Pleistocene:

- Macrozona Catena Costiera-Sila; caratterizzata dalla presenza sia di metamorfiti ofiolifere di basso, medio ed alto grado, oggi affioranti dopo una precoce subduzione, sia di lembi del basamento cristallino correlabili alle unità liguri-piemontesi e a quelle austroalpine delle Alpi occidentali. Le forti energie di rilievo e la natura litologica degli affioramenti di questa zona, che comprendono anche argilliti, argilloscisti

e filladi, conferiscono un elevato grado di erosione e instabilità che si manifesta con movimenti di massa diffusi e spesso di grandi dimensioni. I corsi d'acqua sono poco evoluti e presentano elevate pendenze dell'alveo

- Macrozona Serre-Aspromonte; è costituita dal complesso sia granitico sia metamorfico, il primo predominante nel Massiccio delle Serre, il secondo nel Massiccio dell'Aspromonte, anche se limitati affioramenti di entrambe le formazioni si trovano nei due domini. Il Massiccio delle Serre è suddiviso in due unità principali: l'Unità di Polia-Copanello caratterizzata dalla presenza di terreni granitoidi, e l'Unità di Stilo, che può essere suddivisa in una subunità. La prima di tipo granitico e la seconda di tipo metamorfico di basso-medio grado. Il Massiccio dell'Aspromonte, esclusi i lembi dell'Unità di Stilo a Nord, è caratterizzato, prevalentemente, dalla potente Unità del basamento molto antico (Ercinico) formato da rocce metamorfiche di medio-alto grado intruse da rocce granitoidi.

Le falde che compongono l'ossatura della catena montuosa del settore settentrionale dell'Arco Calabro Peloritano vengono solitamente attribuite a tre complessi principali (Ogniben, 1969; Figura 4-3); di queste il complesso delle falde calabridi occupa la posizione geometricamente più elevata ed è costituito da rocce di basamento continentale di età pre-mesozoica e da una copertura sedimentaria meso-cenozoica; la posizione geometricamente intermedia è occupata dalle falde ofiolitiche del Complesso Liguride; mentre le unità carbonatiche appenniniche occupano la posizione inferiore della coltre di falde.

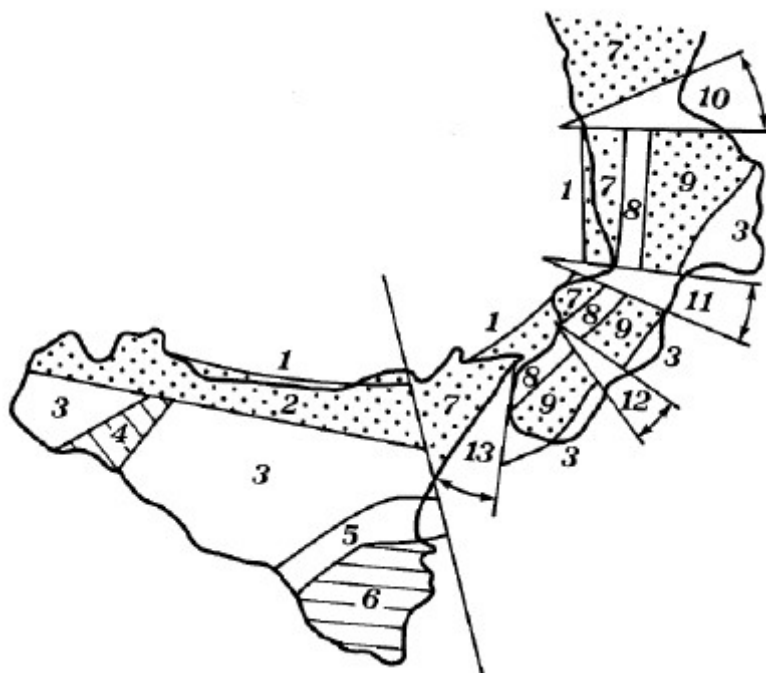


Figura 4-2 - Schema di segmentazione a blocchi dell'Arco Calabro-Peloritano.

COMPLESSO CALABRIDE	Unità di Longobucco Unità di Stilo Unità di Monte gariglione Unità' di Polia Copanello		Unità della Sila
	Unità di Castagna		
COMPLESSO LIGURIDE	Unità Ofiolitica Superiore	Unità di Bagni (?) Unità di Malvito Unità di Gimigliano-Monte Reventino	
	Unità Ofiolitica Inferiore	Unità di Diamante Terranova Unità del Frido	
COMPLESSO DELLE UNITA' APPENNINICHE	Unità di San Donato Unità di Verbicaro Sequenza tipo Monte Cocuzzo		

Figura 4-3 – Schema dei rapporti strutturali tra le unità tettoniche dell'Arco calabro (da Ogniben, 1973).

4.2 INQUADRAMENTO GENERALE DELLA TRATTA CATANZARO-LAMEZIA

Come già descritto il tracciato della tratta della linea ferrovia Jonica oggetto del presente progetto dall'area costiera di Catanzaro si dirige nell'entroterra fino ad arrivare a Lamezia Terme passando per la Piana di Sant'Eufemia. Il presente paragrafo approfondisce l'area attraversata dalla linea oggetto del Lotto 1 di ammodernamento, da Catanzaro Lido a Lamezia Terme. Tale area viene geologicamente definita come la "Stretta di Catanzaro", ovvero un istmo che congiunge la Calabria settentrionale a quella meridionale costituito da una depressione tettonica denominata "graben di Catanzaro", emersa nel Quaternario, nel corso della fase di sollevamento tettonico che ha generato l'attuale configurazione morfostrutturale dell'intero territorio calabrese.

L'importante faglia della Stretta di Catanzaro suddivide la Catena in due settori, ovvero a nord la Catena Costiera e Sila, e a sud la catena Serre - Aspromonte - Monti Peloritani (Figura 4-4), che sono caratterizzati da diverse Unità Tettoniche sovrapposte i cui rapporti geometrici sono indicati in Figura 4-5 (Bonardi G. et alii 1992).

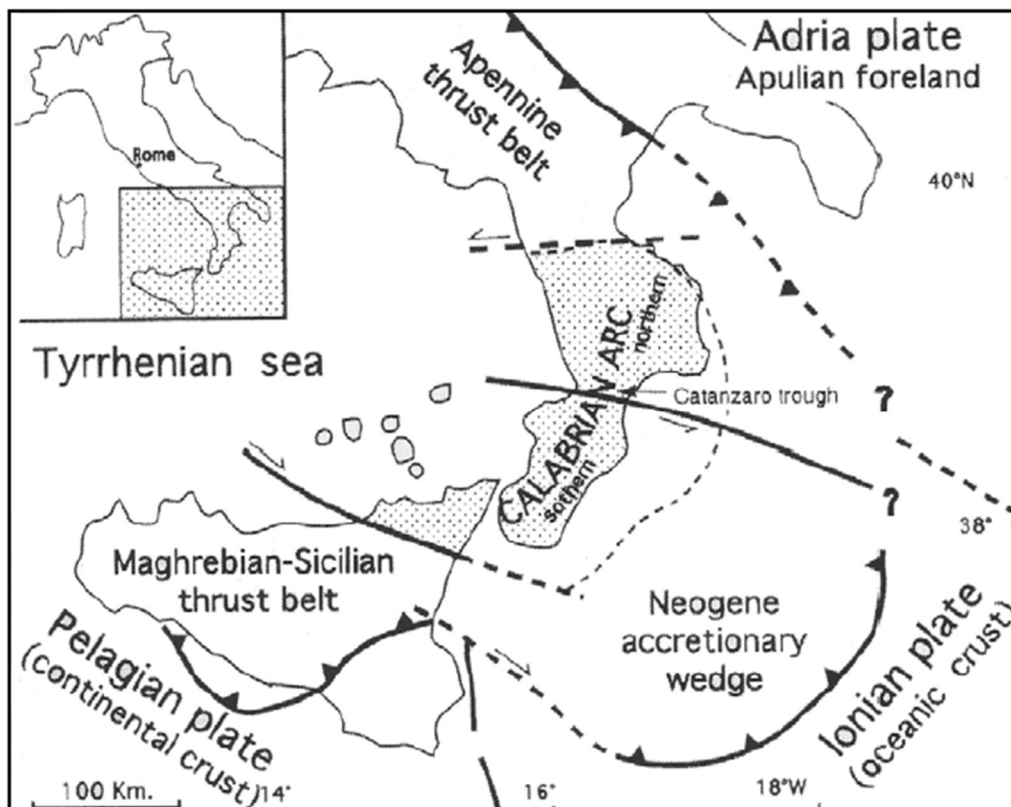


Figura 4-4 – Arco Calabro Peloritano e localizzazione della Stretta di Catanzaro (Catanzaro trough) (Tortorici, 1982).

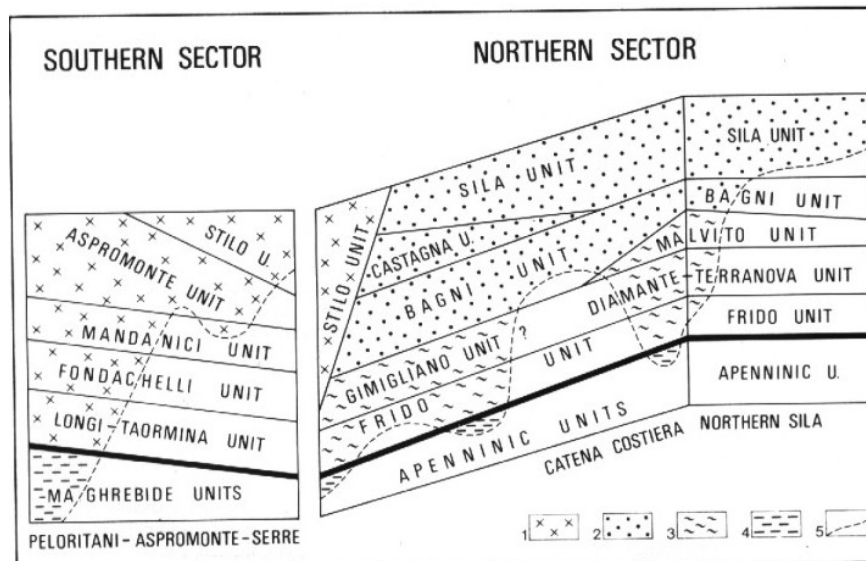


Fig. 1 - Schema dei rapporti geometrici tra le Unità dell'Arco Calabro-Peloritano. Da BONARDI et al. (1982a) modificato.
 Legenda: Settore meridionale: 1) Unità a basamento cristallino pre-Mesozoico. Settore settentrionale: 2) Unità Austro-Alpine. 3) Unità Ofiolitiche. 4) Catena Appenninico-Maghrebide. 5) Limite tra le parti affioranti e non della pila delle unità tettoniche.

Figura 4-5 - Rapporti geometrici delle unità dell'Arco Calabro Peloritano (Bonardi G. et alii 1992)

4.2.1 Stretta di Catanzaro

Da un punto di vista geologico-strutturale la Stretta di Catanzaro è una depressione tettonica nota come “graben di Catanzaro” (Tansi et al., 1998). Il graben è colmato da depositi plio-quadernari ed è strutturato da direttrici tettoniche sub-verticali con direzioni prevalenti ONO-ESE che evidenziano cinematismi per lo più normali, con una componente di trascorrenza sinistra che talora può diventare predominante. Il graben è interposto tra due horst costituiti da unità cristallino-metamorfiche paleozoiche appartenenti all'Arco calabro-peloritano (Figura 4-6) rappresentati, rispettivamente, dalle propaggini più meridionali dei sistemi Catena Costiera-Altopiano Silano e da quelle più settentrionali del Massiccio delle Serre. Lungo il bordo settentrionale del “graben di Catanzaro”, la faglia “Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara” rappresenta l'elemento tettonico più rilevante su scala regionale poiché giustappone i litotipi cristallino-metamorfici paleozoici del sistema Catena Costiera-Sila ai depositi mio-quadernari sollevando le propaggini meridionali del sistema Catena Costiera-Altopiano Silano rispetto ai depositi tortoniano-quadernari di riempimento del graben. Le faglie che strutturano il bordo meridionale del graben di Catanzaro sono riconducibili alle direttrici “Jacurso-Copanello” e “Maida-Case San Fantino”. Queste due strutture sono responsabili del sollevamento delle metamorfite paleozoiche dell'Unità di Polia-Copanello rispetto ai sedimenti plio-quadernari di riempimento del graben di Catanzaro. Immediatamente a sud delle suddette faglie, i sistemi predominanti diventano decisamente le faglie estensionali appartenenti al sistema NNE-SSO. L'horst del sistema Catena Costiera-Altopiano Silano, è costituito da rocce cristallino-metamorfiche paleozoiche d'origine alpina

riferibili all'Arco calabro-peloritano e da rocce carbonatiche giurassiche appartenenti ad una sottostante catena appenninica neogenica, localmente affioranti in finestra tettonica. Secondo lo schema di Amodio-Morelli et al. (1976) la catena alpina è strutturata dalla sovrapposizione tettonica di cinque unità rappresentate, dalla più bassa alla più elevata strutturalmente, da:

- Unità del Frido, costituita da rocce metamorfiche di grado da basso a medio, d'origine oceanica d'età cretacea;
- Unità di Gimigliano, costituita da rocce verdi (metabasalti e serpentiniti) d'origine oceanica d'età Giurassico-Cretaceo inferiore;
- Unità di Bagni, costituita da rocce metamorfiche paleozoiche di medio grado, d'origine continentale;
- Unità di Polia- Copanello costituita da gneiss kinzigitici paleozoici d'origine continentale profonda;
- Unità di Castagna costituita da gneiss occhiadini, paragneiss biotitici e micascisti granatiferi.

Al di sopra della catena alpina, così strutturata, sovrascorre la sesta unità:

- Unità di Stilo costituita da un "basamento" paleozoico (composto da filladi e graniti), ricoperto da rocce carbonatiche, conglomerati ed arenarie del Triassico- Cretaceo superiore.

La sottostante catena appenninica è rappresentata da rocce carbonatiche triassiche appartenenti al Complesso Panormide (Ogniben, 1973). Le varie unità di catena alpina e appenninica su esposte sono ricoperte, in discordanza, da sedimenti terrigeni del Miocene superiore-Pliocene inferiore interessati da trasporto orogenico (Amodio- Morelli et al., 1976) riferibili a due distinti cicli sedimentari (Di Nocera et al., 1974):

- un ciclo Tortoniano superiore-Messiniano (Miocene sup. - Pliocene med.-sup.), rappresentato da conglomerati a ciottoli di rocce cristalline e calcareniti bioclastiche;
- un ciclo Messiniano-Pliocene inferiore (Miocene sup.), rappresentato da conglomerati a ciottoli di rocce evaporitiche e calcaree e da sabbie.

Su un substrato costituito dalle suddette unità di catena e dai depositi tortoniano-pliocenici, poggiano le coperture terrazzate d'età pleistocenica, costituite da conglomerati e sabbie d'origine marina e continentale. I terrazzi affiorano a differenti altezze e sono delimitati da inner edges che spesso corrispondono alla base delle scarpate delle principali faglie normali.

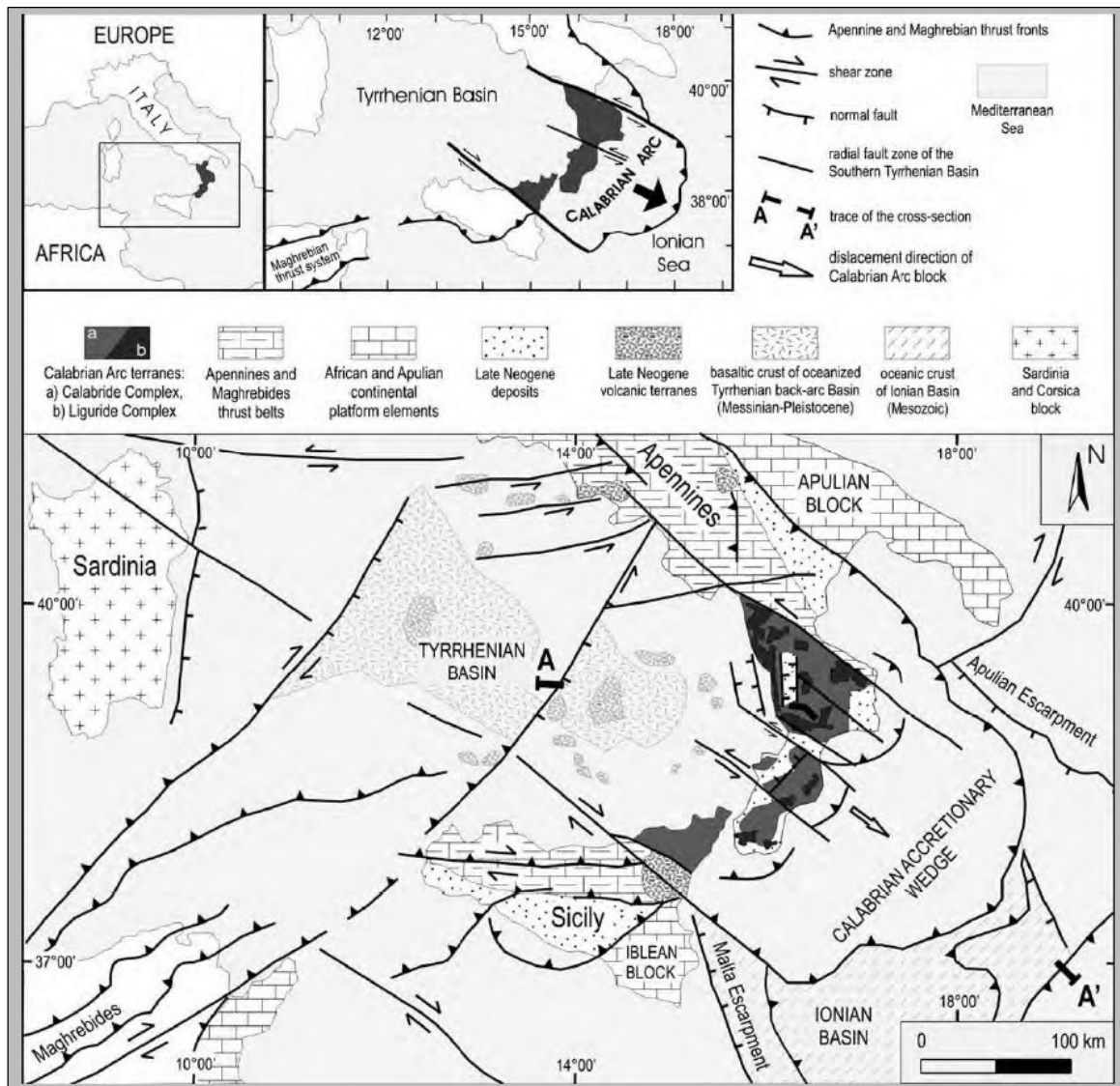



Figura 4-6 - Schema geologico del Mediterraneo Centrale (Tansi et alii, 2007) ed uno schema tettonico semplificato dell'Arco Calabro.

Il Massiccio della Sila risulta litologicamente costituito da complessi cristallini e metamorfici di alto e basso grado, associati, soprattutto nella fascia perimetrale, a rocce sedimentarie, le quali rappresentano le principali litologie individuabili sulla costa Est della regione Silana attraversata dalla linea ferroviaria Ionica. Il Massiccio Silano è costituito da un blocco crostale relativamente indeformato, compreso tra il Bacino Crotonese ad Est e la Valle del Crati ad Ovest. La strutturazione del massiccio è alpina e si è completata prima dell'apertura del Tirreno e del conseguente distacco dell'Arco Calabro dal Blocco Sardo Corso. A grande scala, nel Massiccio si possono distinguere tre complessi cristallini principali di età genericamente paleozoica, essi sono: l'Unità di Bocchigliero-Mandatoriccio, l'Unità della Sila e l'Unità di Monte Gariglione.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 23 di 222


Ad esse si sovrappongono, nell'estremità Nord-orientale, pochi lembi di copertura meso-cenozoica (Dubois, 1976; Grandjaquet et al., 1978; Boullin, 1984; Messina et al., 1994).

L'Unità di Monte Gariglione è strutturalmente la più elevata ed affiora estesamente su tutta la metà Sud-Occidentale del massiccio ed è formata da magmatiti e metamorfiti erciniche, di grado da medio-alto ad alto. Le magmatiti sono rappresentate in massima parte da granodioriti, passanti a graniti e subordinatamente a tonaliti, spesso a megacrismi di plagioclasio e K-feldspato, apliti, pegmatiti e porfidi, sempre interessati da una evidente foliazione metamorfica. Associate alle rocce chiaramente magmatiche si trovano ortogneiss e paragneiss, spesso occhiadini, micascisti a biotite od a biotite-muscovite, spesso granatiferi.

L'Unità della Sila è formata da numerosi corpi intrusivi, raramente con sovraimpressione metamorfica, che variano composizionalmente da gabbri (anfibolo + pirosseno + olivina + biotite) a leucomonzograniti (muscovite ± biotite + Kfeldspato ± plagioclasio ± cordierite), con prevalenza dei termini intermedi granodioritici o tonalitici (Messina et al., 1994). Nel complesso si tratta di plutoni messi in posto in livelli crostali medio-alti, con progressione dai termini più basici verso quelli più acidi. I complessi plutonici sono intersecati da numerosi e spesso potenti filoni acidi, da aplitici a pegmatitici ricchi in muscovite e grandi cristalli di K-feldspato. Gli elementi in tracce ed i dati isotopici (Messina et al., 1994) suggeriscono l'ipotesi che l'intera unità derivi dal mixing tra magmi mantellici e materiali anatettici crostali.

L'Unità di Bocchigliero (strutturalmente più bassa ed assimilata da numerosi autori all'Unità di Bagni affiorante presso Guardia Piemontese) e l'Unità di Mandatoriccio (di grado metamorfico maggiore), affiorano nei settori Nord-Orientali del massiccio, formando buona parte del substrato cristallino del Bacino Crotonese. Sono formate da metamorfiti di grado da medio-basso a medio, porfiroidi, meta arenarie e metagrovacche, quarziti e filladi grigie fino a nere, molto raramente con lenti di cipollini o calcescisti carboniosi. Nel complesso entrambe le unità presentano strettissime analogie con le unità erciniche di medio grado della Sardegna centrale, con in più, nell'Unità di Mandatoriccio, una evidente sovraimpronta metamorfica post-ercinica, marcata in campagna da numerosissime vene tardo-metamorfiche di quarzo bianco, strappate e boudinate dalla ripresa della deformazione tangenziale alpina. Le lineazioni mineralogiche e di estensione, evidenti nei litotipi arenacei e nei porfiroidi, indicano direzioni di trasporto tettonico verso SO.

La Piana di Sant'Eufemia, la zona in cui passa la porzione finale del tratto ferroviario sede di progetto, ricade nel settore tirrenico del "Graben di Catanzaro" che è interposto tra due alti strutturali, "horst", rappresentati, rispettivamente, dalle propaggini meridionali dell'Altopiano Silano e dalla porzione settentrionale del Massiccio delle Serre. Questo graben è una struttura tettonica d'importanza regionale che ricade nel più ampio e complesso contesto geologico regionale dell'Arco Calabro Peloritano (Amodio Morelli et al., 1976). Il graben è colmato da

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 24 di 222

depositi plio-quadernari ed è stato generato da faglie sub-verticali con direzione prevalente WNW-ESE con una componente di trascorrenza sinistra che talvolta può diventare predominante (Gullà et al., 2005).

4.3 INQUADRAMENTO GEOLOGICO LUNGO LINEA

La descrizione dei litotipi, fornita nel seguente capitolo, è stata sintetizzata a partire dall'analisi dei Fogli della Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000 242 "Catanzaro" e 241 "Nicastro".

Per unificare ulteriormente la geologia della tratta in esame (come riportato negli elaborati cartografici generali in scala 1:25.000 redatti a corredo del presente studio (RC0Y00D69G3GE0001001), è stata consultata la Carta Geologica della Calabria in scala 1. 25.000 dell'I.G.M.

Le Unità poste lungo il tracciato dell'intervento in progetto sono di seguito riassunte:

Unità Oloceniche e attuali

- *Depositi alluvionali ciottolosi e sabbiosi (ac)*: Essi rappresentano probabilmente i depositi più recenti della zona: sono legati ai letti dei fiumi attuali e ai litorali costieri e sono continuamente rimodellati dalle variazioni geomorfologiche determinate dalle dinamiche fluviali e marine. (Olocene).
- *Depositi alluvionali (a)*: Questi depositi comprendono i materiali alluvionali attuali e recenti non collegati a dinamica geomorfologica fluviale e/o litorale attiva. Si è scelto di accorpare le classi delle alluvioni fissate (af) e dei prodotti di solifluzione e dilavamento (a), definite nelle diverse legende dei Fogli della Carta Geologica d'Italia considerati. I materiali coinvolti sono simili e comprendono principalmente sabbie, argille e limi. (Olocene).
- *Detriti di versante (dt)*: Comprendono corpi di accumulo gravitativo, generati principalmente per scivolamento complesso di corpi argillosi, e coperture detritiche. (Olocene).
- *Depositi sabbiosi eolici stabilizzati (d)*: Sono comprese in questa classe le dune costiere stabilizzate dalla vegetazione che caratterizzano la porzione Ionica del litorale calabrese. (Olocene).

Unità Quaternarie antiche

- *Depositi conglomeratici e sabbiosi di ambiente fluviale (Q)*: Depositi terrazzati derivanti sedimentazione fluviale con ciottoli subarrotondati di materiale prevalentemente cristallino, non presentano fauna microfossile. Si tratta di corpi attualmente in forte erosione a causa della scarsa competenza e facile disgregazione. (Pleistocene).

- *Depositi conglomeratici e sabbiosi di ambiente marino (q)*: Depositi terrazzati derivanti sedimentazione di materiale continentale in ambiente marino costiero e/o poco profondo composti da sabbie, ghiaie, conglomerati e sabbioni. Presente microfauna fossile di tipo planctonico e bentonico. Corpi attualmente in forte erosione a causa della scarsa competenza e facile disgregazione. (Pleistocene).
- *Depositi di conoide antichi (qcls)*: Depositi continentali legati ad antiche conoidi di deiezione presenti alla bocca delle valli fluviali nella zona della Piana di Sant'Eufemia e che ne vanno a costituire il livello fondamentale successivamente rielaborato dalla dinamica Olocenica ed attuale. Litologicamente si presentano come sabbie micacee e conglomerati con ciottoli, da subarrotondati a subangolari di rocce metamorfiche, mal selezionati e di colore bruno rossastro. (Pleistocene).

Depositi Neogenici

- *Sabbie e arenarie tenere (Psar)*: Sabbie ed arenarie tenere bruno-giallastre, a grana da media a grossolana, frequentemente a stratificazione incrociata. Le sabbie contengono una microfauna di foraminiferi abbondante sia planctonica che bentonica e una macrofauna ben espressa. Presenti locali intercalazioni di argille siltose. La resistenza all'erosione di questa litologia è fortemente correlata alla presenza di zone cementate: in alcune zone (per esempio Monte Arenoso) le sabbie sono completamente sciolte e danno origine a colate. Questa formazione si trova stratigraficamente al di sopra della successiva formazione di argille grigio-azzurre e corrispondente alle Argille marnose di Cutro (KCR). L'originale ambiguità della datazione al Pliocene medio – Calabriano utilizzata nella Carta Geologica della Calabria è stata quindi affinata utilizzando la datazione al Piacenziano – Calabriano della formazione delle Argille marnose di Cutro. L'unità geologica descritta è necessariamente di età almeno uguale se non più giovane della formazione di Cutro, data la sua posizione stratigrafica superiore.
- *Argille marnose di Cutro (KCR)*: Argille, argille marnose e siltiti, da grigie a brune con stratificazione non sempre evidente. Il contenuto macro e micropaleontologico rivela un ambiente di deposizione batiale e un'associazione di foraminiferi dal Piacenziano al Calabriano. L'unità passa per alternanza all'Arenaria di Scandale. Lo spessore è dell'ordine dei 400-500m. Si presume un ambiente di piattaforma. (Piacenziano – Calabriano).
 - *Arenarie di Scandale (Mar)*: Intercalazioni di sabbie e silt identificabili alla base della formazione delle argille marnose di Cutro. (Piacenziano – Calabriano).
- *Argille policrome (Mac)*: Argille policrome caotiche, con frequenti frammenti di rocce calcaree e arenacee. Argille prevalentemente rosse e verdi, microfauna sporadica con foraminiferi agglutinati bentonici. (Miocene medio – Superiore).

- *Formazione Gessoso-Solfifera (Ma)*: Argille e silts, per lo più non fossiliferi, localmente con intercalazioni sabbiose e lenti di gesso microcristallino. Possibile analogia con il membro di Torre Conidi (FDS₃) della Formazione di Staletti descritto nel Foglio 580 “Soverato”. (Tortoniano – Messiniano).
- *Argilliti e siltiti grigie (Ms)*: Argille e silts grigi con intercalazione di arenarie tenere. Possibile analogia con il membro di Tre Monti (FDS₂) della Formazione di Staletti descritto nel Foglio 580 “Soverato”. (Tortoniano – Messiniano).
 - *Intercalazioni di arenarie tenere (Ar)*: Intercalazioni di arenarie tenere e sabbie grigio-brunastre a grana da media a grossolana. Microfauna non significativa. (Tortoniano – Messiniano).
- *Gessi macrocristallini (Mg)*: Massicci o fini, sabbiosi e in strati sottili. Possibile analogia con il livello di gesso decametrico alla base del membro di Tre Monti (FDS₂) della Formazione di Staletti descritto nel Foglio 580 “Soverato”. (Tortoniano – Messiniano).
- *Calccare evaporitico (Mt)*: bianco giallastro, perlopiù vacuolare e con locali intercalazioni di argilla marnosa. Possibile analogia con la formazione Tripoli (TPL) descritta nel Foglio 580 “Soverato”. (Tortoniano – Messiniano).
- *Conglomerati poligenici (Mc)*: conglomerati poligenici con ciottoli solitamente ben arrotondati e ghiaie, generalmente costipati. (Miocene Superiore).
- *Gruppo delle Argille Variegate (AV)*: Successione di argille scagliose dal rosso al blu al verde con intercalati strati di calcilutiti, calcareniti, arenarie e marne. La successione risulta intensamente deformata e lo spessore da dati di pozzo è superiore ai 500 m, il limite inferiore non è affiorante. (Cretacico – Eocene).
- *Scisti filladici nerastri (svf)*: con intrusioni di masse, filoni e vene di granito e porfido. Il metamorfismo di contatto ha determinato in alcune zone la formazione di scisti cornubianitici. (Paleozoico).
- *Calcari cristallini intercalati (Cc)*: lenti di marmi identificabili all’interno degli scisti filladici neri. Sia questi corpi che svf hanno una somiglianza con alcune delle facies descritte per le Metamorfiti di alto grado di Cenadi, descritte nel Foglio 580 “Soverato”. (Paleozoico).

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

Dal punto di vista geomorfologico, la tratta ferroviaria Lamezia-Catanzaro Lido, attraversa macroaree che presentano caratteristiche molto diverse. Da Nord a Sud e da Est a Ovest si incontrano:

- **La macrozona geomorfologica della Piana di Sant'Eufemia**, legata al riempimento per sedimentazione dei graben formati per tettonica estensionale nel periodo pre-Pliocenico. Il livello base osservabile di questa piana è costituito da sedimenti pleistocenici prevalentemente legati a conoidi di deiezione composti da materiale detritico proveniente dai massicci montuosi (horst) adiacenti. I sedimenti Pleistocenici sono stati estesamente rielaborati dall'attività fluviale recente ed attuale prevalentemente con cicli di ablazione e rideposizione di materiale grossolano ciottoloso in corrispondenza degli alvei fluviali e deposizione di materiale misto fine-grossolano nelle zone alluvionali interessate da piene.



Figura 5-1 – Vista aerea tridimensionale della piana di Sant'Eufemia in direzione nord-est. In rosso la linea ferroviaria Lamezia-Catanzaro. (Google Earth).

- **La macrozona geomorfologica dell’Altopiano Silano** è molto varia e presenta morfologie da rotondeggianti e molto evolute a profonde incisioni vallive nei versanti più facilmente erodibili. I versanti poco acclivi presentano ampie superfici di spianamento spesso ricoperte da depositi quaternari sabbiosi o ciottolosi depositatisi al disopra dalle formazioni neogeniche sin- e post-orogenetiche. Le profonde incisioni vallive e i ripidi versanti che intaccano il margine silano meridionale sono spesso controllati da un esteso sistema di faglie normali pleistoceniche. La caratteristica morfologica più saliente dell’Altopiano Silano è la presenza di ampie superfici di spianamento, esse rappresentano i relitti di un’unica superficie di ordine maggiore di età plio-pleistocenica, caratterizzata da una copertura detritica-residuale arenaceo-conglomeratica profondamente alterata e tipicamente arrossata (Guzzetta, 1974). Questa superficie principale silana è da attribuirsi ad un periodo di lunga stabilità tettonica, da riferirsi verosimilmente all’intervallo Pliocene-Pleistocene medio, durante il quale gli agenti atmosferici ed i corsi d’acqua hanno eroso profondamente i rilievi cristallini fino a raggiungere uno stadio di piena maturità caratterizzato, spesso, da un andamento meandriforme ancora oggi conservato in paleomorfologie o nei tratti incassati di alcune fiumare (Lese, Vitruvo, Neto).

La forte alterazione della superficie sommitale e dei depositi detritici correlati, che si associa spesso a veri e propri crostoni ferrallitici, testimonia l’evoluzione dell’altopiano in climi sub-tropicali caldo-umidi o caldo-aridi, durante i quali si ha forte evaporazione e risalita dell’acqua mineralizzata dal sottosuolo. Il profondo disfacimento che ha subito il cappellaccio silano, spesso trasformato in un “sabbione” incoerente, è stato peraltro favorito dalla facile alterabilità della componente feldspatica (prevalentemente plagioclasti) delle granodioriti dell’Unità della Sila; per contro i termini metamorfici e, soprattutto, i filoni aplitici, maggiormente resistenti all’alterazione, formano delle creste allungate che spiccano vistosamente dalle morfologie sommitali. I tratti peculiari del paesaggio che sono scanditi dal contrasto morfologico tra i massicci affioramenti gessoarenitici ed i dolci pendii argillosi profondamente incisi dai corsi d’acqua che scendono dall’altopiano silano. Il risultato è un territorio molto peculiare contraddistinto da rilievi tabulari che coronano le principali salienze a cui si alternano depressioni chiuse più o meno grandi; l’idrografia superficiale, fatta eccezione per alcuni profondi valloni, è assai scarsa e rappresentata da brevi corsi d’acqua che spesso scompaiono al piede di affioramenti rocciosi. Si tratta quindi di un tipico paesaggio carsico che si imposta e modella le litologie gessoarenitiche messiniane qui affioranti; alle forme di dissoluzione carsica si affiancano inoltre elementi morfologici diversi, legati al modellamento gravitativo dei versanti (frane, incisioni fluviali, ecc.), e per finire i risultati di una intensa attività antropica. Tra le forme carsiche superficiali riconosciamo in primo luogo doline e valli cieche. Si riconoscono alcune doline a pozzo piuttosto profonde e delimitate da aspre pareti, la cui genesi è da ritenersi collegata al crollo di cavità sotterranee. L’analisi morfometrica conferma le forme subcircolari/simmetriche e quelle allungate/eccentriche; evidente il controllo strutturale sulle direzioni di sviluppo. Sempre in relazione alle forme superficiali gli affioramenti gessosi presentano forme di

corrosione/erosione molto evoluti: vari tipi di karren si presentano in associazioni più o meno complesse in cui forme di tipo e dimensioni diverse si sovrappongono le une sulle altre. Tutte le più sviluppate cavità si aprono all'interno della formazione gessoso-clastica, solitamente nella porzione medio-bassa della medesima.

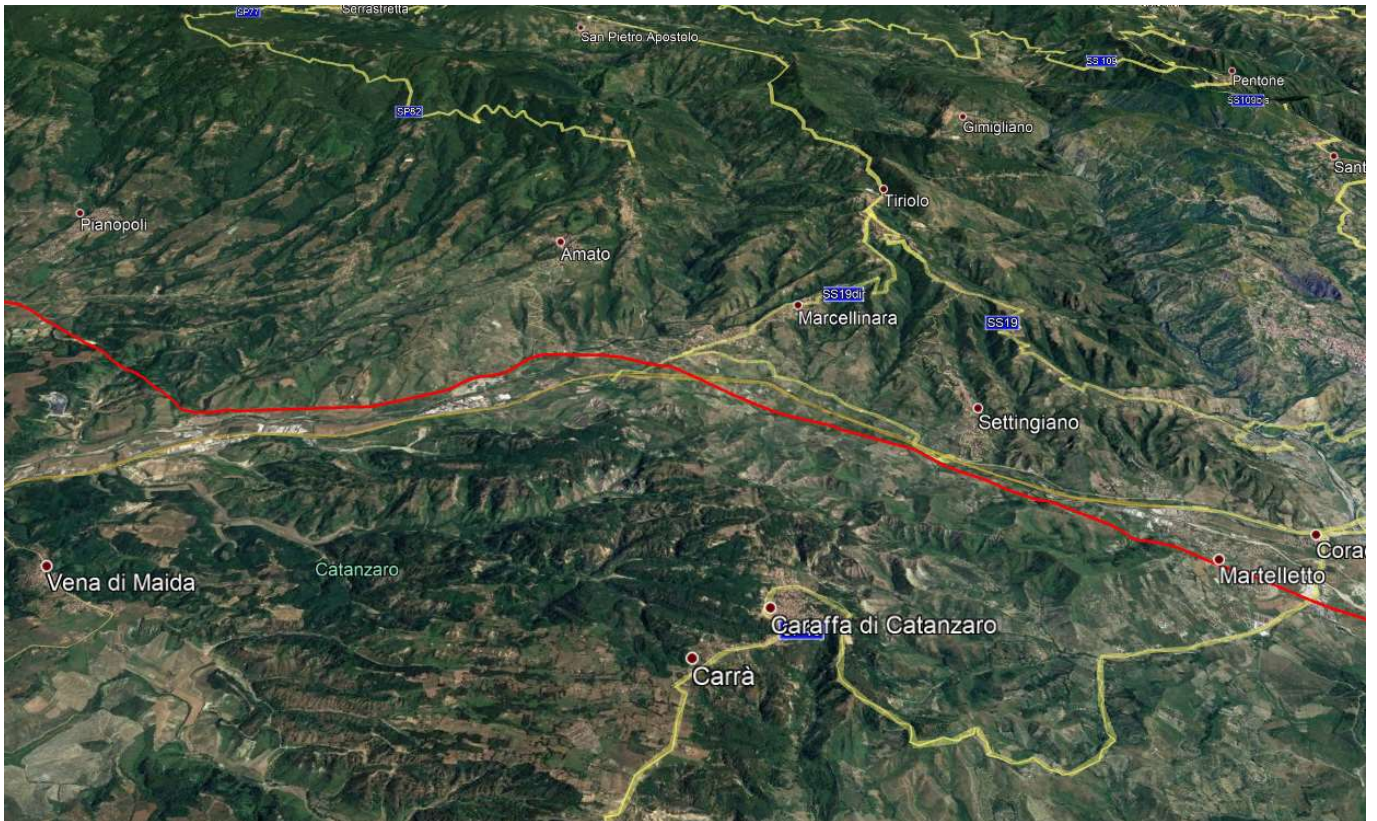



Figura 5-2 - Vista aerea tridimensionale delle propaggini meridionali del massiccio silano, ove corre la linea Lamezia-Catanzaro (in rosso) (Google Earth).

5.1 CARATTERI GEOMORFOLOGICI GENERALI DELLA STRETTA DI CATANZARO

Come già precedentemente descritto, la Stretta di Catanzaro è un istmo che congiunge la Calabria settentrionale a quella meridionale.

Sia la Calabria settentrionale sia quella meridionale costituiscono delle morfostrutture (Gerasimov, 1946) di primo ordine, se rapportate al rilievo emerso, ma in effetti esse mantengono tale caratterizzazione anche se rapportate alla topografia dei fondali ionico e tirrenico.

La Stretta di Catanzaro è una morfostruttura di secondo ordine, costituita da una depressione tettonica trasversale ai rilievi delle morfostrutture di primo ordine. La depressione è emersa nel Quaternario, durante la fase di sollevamento tettonico che ha generato l'attuale configurazione morfostrutturale dell'intero territorio calabrese. La

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 30 di 222

caratteristica morfologia a *mesa* testimonia l'antico fondale di un mare poco profondo sollevato ed emerso per cause tettoniche.

Il *graben*, con orientamento generale ONO-ESE e delimitato dai sistemi di faglie normali organizzate a gradinata, presenta un rilievo massimo di circa 390 m, rappresentato dall'altopiano che ospita gli abitati di Borgia e di Caraffa di Catanzaro. I due centri sono edificati sui depositi terrazzati del Pleistocene. Da Borgia verso SE, il rilievo diminuisce fino ai circa 0-20 m s.l.m. della piana costiera ionica, grazie ad una gradinata di faglie.

Nel settore settentrionale della terminazione di SE del *graben*, il rilievo è minore ed i depositi terrazzati sono limitati a quote che non superano i 150 m s.l.m.. Verso ovest, il pianoro di Borgia e Caraffa degrada lentamente fino ai 40 m circa dell'abitato di S. Pietro Lametino.

Verso NO, il terrazzo si trova a circa 200-240 m in prossimità di Vena di Maida ed a quote intorno a 120-140 m ancora più a nord. Nella parte occidentale del margine settentrionale, il sistema di grandi conoidi di Nicastro ricopre i depositi terrazzati.

A nord ed a sud del *graben*, per effetto delle faglie bordiere, i depositi terrazzati si trovano a quote crescenti verso l'esterno, giungendo fino a 500 m di Jacurso a sud ed agli oltre 350 m a monte di Sambiasse. Una caratteristica che differenzia le due terminazioni del *graben* è la diversità per numero e per quote dei terrazzi e delle superfici spianate. Troviamo infatti un maggior numero di terrazzamenti a NO, rispetto a SE. C'è da notare, in prima istanza, che i terrazzi francamente marini sono limitati alle quote inferiori, mentre a quote superiori, fin oltre i 700 m, si trovano superfici di spianata (probabilmente per abrasione marina) senza sedimenti marini o con depositi continentali.

L'analisi della carta litologico-strutturale e dei movimenti in massa consente comunque di comprendere come la molteplicità di terrazzi e superfici di spianamento, e le loro diversità che non si spiegherebbero con i soli moti eustatici o di epirogenesi omogenea, si giustificano ammettendo tassi di sollevamento tettonico diversi tra i vari blocchi separati da faglie normali, o con rilevante componente normale nella dislocazione tettonica.

Nelle aree di affioramento del substrato sedimentario neogenico, dove predominano termini a prevalente componente argillosa, sono diffusamente presenti fenomeni di dissesto che assumono la forma di frane, anche di grandi dimensioni, e/o di degradazione generalizzata per erosione diffusa di tipo calanchivo associata a frane superficiali.

I fondivalle dei vari corsi d'acqua, che provengono dalla Sila e dalle Serre, nei tratti terminali sono piatti e molto estesi in larghezza. Essi conferiscono alla Stretta una morfologia simile a quella della Piana di Gioia Tauro. Questa caratteristica è marcata soprattutto nella parte nord-occidentale della Stretta, dove sono presenti fenomeni franosi di

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 31 di 222


probabile innesco sismico, dalla morfologia molto simile ai numerosi fenomeni co-sismici della Piana di Gioia Tauro (Cotecchia et al., 1969).

I corsi d'acqua che provengono dai monti sboccano da gole profonde. Essi hanno formato e tuttora formano ampie conoidi alluvionali nella parte occidentale della Stretta. Nella parte orientale e nella zona centrale troviamo solo alcune piccole conoidi lungo il versante destro del *F. Fallaco*, affluente di destra del *F. Corace*, e tre conoidi che interessano il fondovalle del *T. Pesipe* affluente del *F. Amato*.

Questa diversità in numero, ampiezza e molteplicità di ordini delle conoidi, differenzia in modo molto evidente la morfologia delle due estremità della Stretta. Il motivo di tale differenza è evidentemente legato ad un maggior trasporto solido nei corsi d'acqua del versante tirrenico, e/o ad una loro minore capacità di trasporto, rispetto ai torrenti del versante ionico, ma il motivo preciso non è stato finora individuato. La corrispondenza del maggior sviluppo delle conoidi con il maggior numero dei terrazzi, indica il probabile effetto del diverso regime tettonico, più discontinuo ed intenso nel tratto occidentale, rispetto a quello più regolare e meno intenso nel tratto orientale.

L'elevata intensità della dinamica geomorfica della Stretta è testimoniata chiaramente dai numerosi eventi di inondazione e di riattivazione dei fenomeni franosi verificatesi negli ultimi secoli: dal 1638 al 1990, in un'area in gran parte sovrapponibile a quella di studio si sono verificati 45 importanti eventi di alluvionamento, quasi sempre accompagnati da numerose frane, anche di notevoli dimensioni; per lo stesso periodo si sono registrati cinque eventi sismici maggiori, e numerosi altri di incidenza locale (Rizzo & Fragale, 1999).

La tettonica è il motivo principale della intensa morfodinamica del territorio della Stretta di Catanzaro, anche se è determinante l'assetto geologico strutturale (che controlla quello morfologico) e il carattere del clima, caratterizzato da forti contrasti stagionali ed eventi idrologici estremi.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 32 di 222

6 INQUADRAMENTO IDROGRAFICO

Il reticolo idrografico della regione Calabria è fortemente condizionato dalla morfologia, la quale risulta controllata dalla tettonica, di conseguenza l'approfondimento del reticolato idrografico risulta molto intenso ed i limiti dei principali bacini mostrano buone corrispondenze con le principali strutture tettoniche (Sorriso-Valvo & Sylvester, 1993). Oltre che la morfologia molto tormentata, anche la breve distanza che intercorre fra i principali sistemi montuosi ed il mare ed il rilevante sviluppo costiero rispetto all'estensione territoriale, fanno sì che i corsi d'acqua siano caratterizzati da bacini imbriferi generalmente molto modesti, da breve corso in pianura e da forte pendenze longitudinali (Versace et alii, 1989).

I fiumi della Calabria non presentano generalmente uno sviluppo significativo, questo è dovuto alla forma stretta e allungata della regione ed alla disposizione dei rilievi montuosi, di conseguenza i corsi d'acqua assumono un carattere torrentizi. Fanno eccezione il Crati e il Neto (versante ionico settentrionale), i fiumi più lunghi, che sfociano entrambi nel Mar Ionio. Tributano anch'essi allo Ionio, ma con un corso di gran lunga più breve, il Trionto, il Tacina e il Corace; questi ultimi fiumi, come peraltro il Neto, nascono dalla Sila. Nel settore ionico meridionale, a sud della Stretta di Catanzaro, si trovano vere e proprie fiumare ad eccezione del fiume Ancinale, che è l'unico ad avere un corso regolare. Dall'altopiano della Sila hanno origine anche l'Amato e il Savuto che, insieme al Lao che scende dal Massiccio del Pollino, sono i maggiori fiumi del versante tirrenico. Gli altri corsi d'acqua sono ancora più brevi e hanno le caratteristiche tipiche delle fiumare in quanto hanno regime torrentizio, scorrono incassati in stretti versanti a monte per poi riversarsi nelle pianure alluvionali in ampi alvei ciottolosi.

Analizzando le aree di variante oggetto del presente studio, si possono individuare i seguenti elementi idrografici intersecanti con queste ultime:

- Le curve 7, 8, 9 e 10 della variante 10 non intersecano elementi idrografici significativi (Figura 6-1);
- La curva 11 della variante 10 interseca il Fosso Cardolo (Figura 6-1);
- Le curve 18 e 19 della variante 10 sono in prossimità della Valle Drema (Figura 6-2);
- La variante 5 interseca il Torrente Canello (Figura 6-3);
- Le varianti 6 e 7 intersecano elementi idrici minori affluenti del Fiume Amato (Figura 6-3);
- La variante 8 interseca il Fosso Dorsano (Figura 6-4);
- La variante 9 interseca il Fiume Fallaco (Figura 6-4);



Figura 6-1 - Idrografia interferente (in blu) con le curve 7, 8, 9, 10 e 11 della variante 10, ove sono previsti interventi di aumento della sopraelevazione.

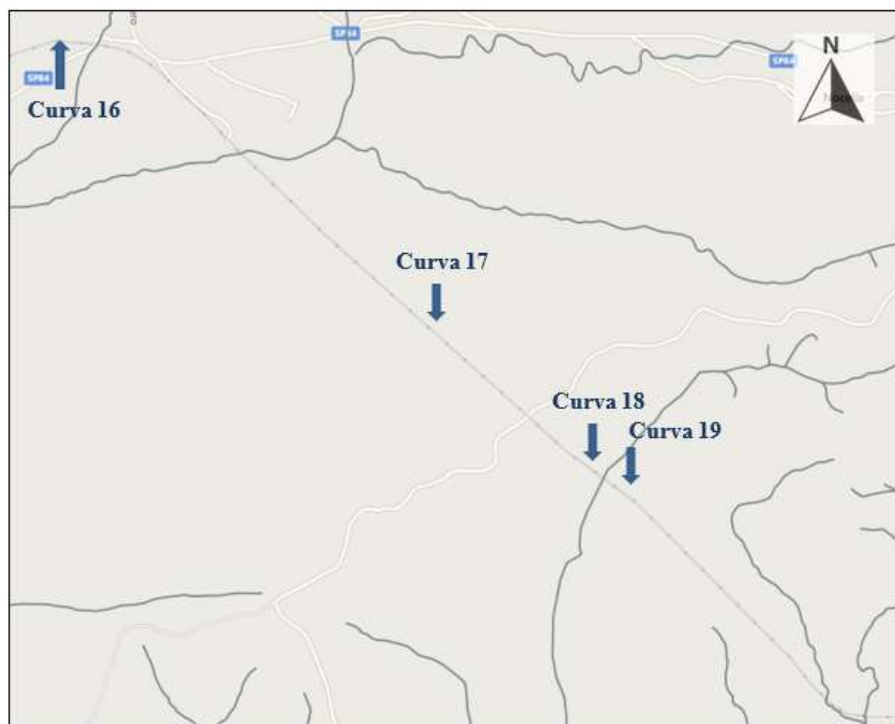


Figura 6-2 - Idrografia interferente (in blu) con le curve 18 e 19 della variante 10, ove sono previsti interventi di aumento della sopraelevazione.

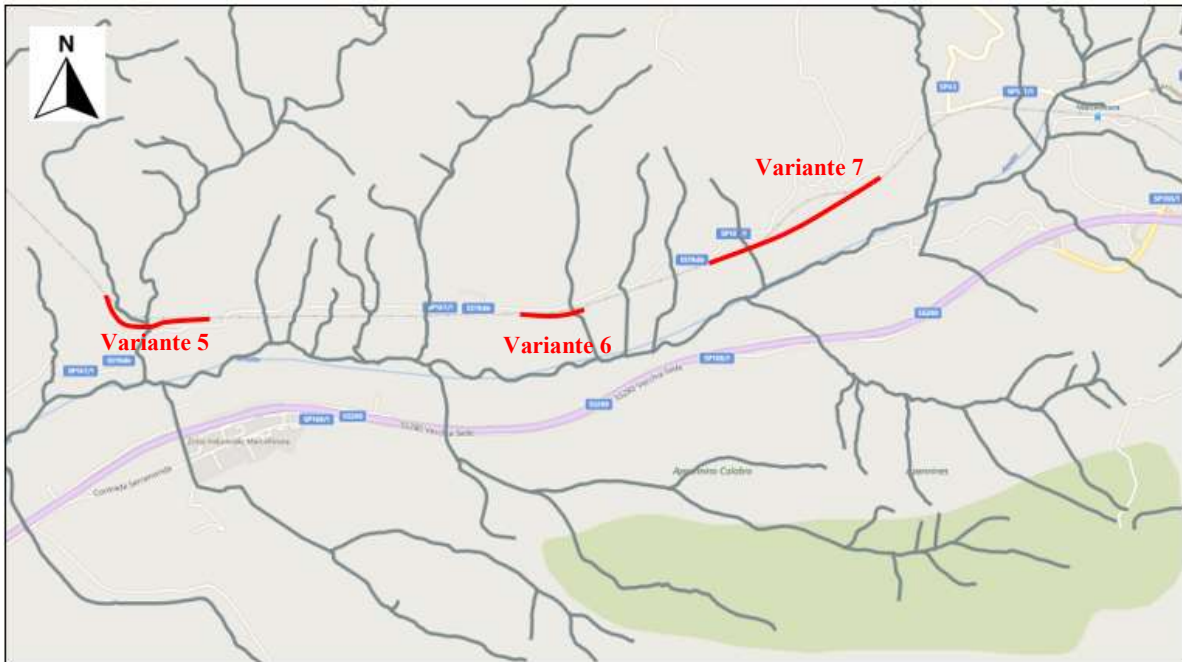


Figura 6-3 – Idrografia (in blu) tra Marcellinara e Quote Barile. In rosso i tracciati delle varianti 5, 6 e 7.

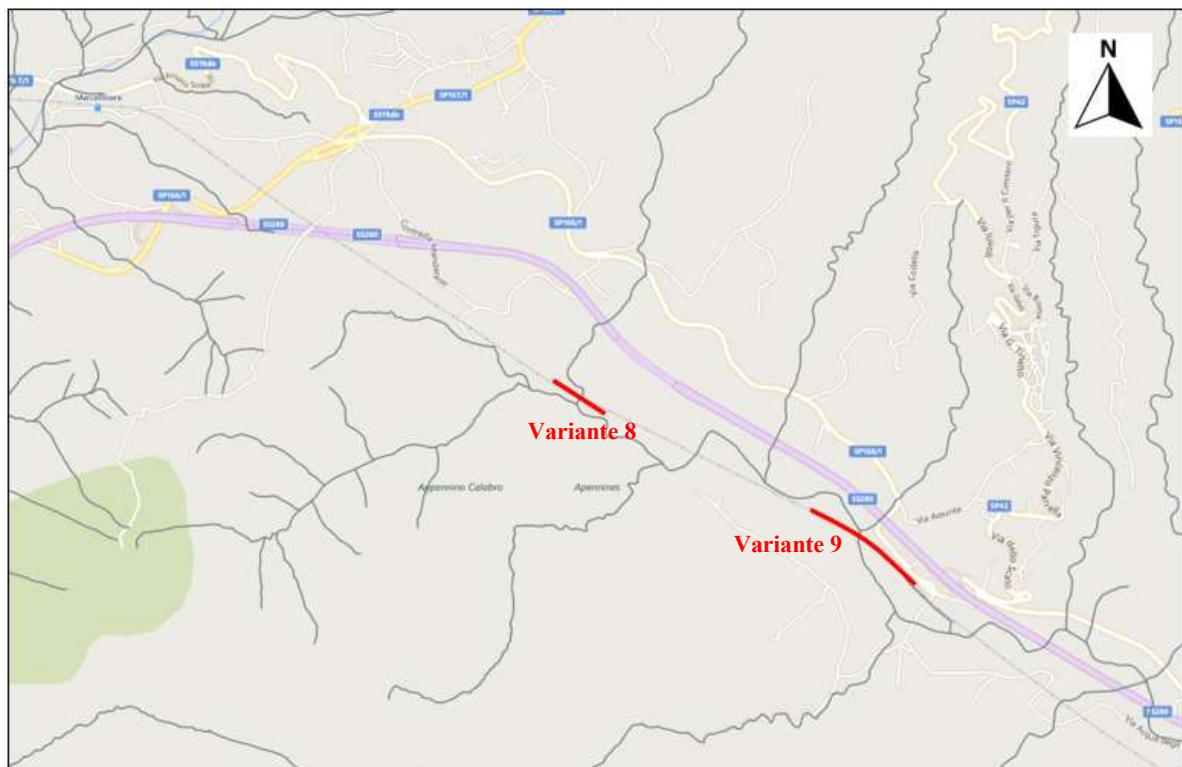



Figura 6-4 – Idrografia (in blu) tra le stazioni di Settingiano e Marcellinara. In rosso i tracciati delle varianti 8 e 9.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 35 di 222

7 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO

7.1.1 Complessi idrogeologici

I terreni appartenenti alle diverse unità stratigrafico-strutturali, di età compresa tra il Paleozoico ed il Tortoniano, costituiscono la maggior parte degli affioramenti riscontrabili nel territorio della regione; in minor misura sono rappresentati i terreni più recenti, costituiti da depositi detritici che ricoprono localmente, ed in prevalenza lungo le fasce costiere. I terreni affioranti sono stati assimilati, in base alle prevalenti caratteristiche di permeabilità ed ai relativi rapporti di sovrapposizione tettonica, ai seguenti complessi (PTA Regione Calabria):

- *Complesso dei depositi detritici recenti*: depositi di età pleistocenica ed olocenica, comprendenti detriti di falda, coni di deiezione, alluvioni attuali e terrazze, terrazzi marini e dune costiere. I detriti di falda costituiscono accumuli soprattutto ai piedi delle dorsali calcaree e dolomitiche. I coni di deiezione, presenti allo sbocco dei corsi d'acqua torrentizi nelle valli principali, si differenziano dai precedenti depositi per la presenza di clasti con parziale grado di arrotondamento e di classazione. I maggiori coni di deiezione si hanno sul versante sud del M. Pollino, tra Francavilla Marittima ed il F. Saraceno, presso Frascineto e presso Castelluccio Inferiore, al limite dei depositi lacustri del Mercure. Le alluvioni attuali e terrazze sono particolarmente sviluppate lungo la costa ionica, tra la foce del F. Crati e Catanzaro. Si tratta di depositi ghiaioso-ciottolosi e subordinatamente ghiaioso-sabbiosi presenti ai lati e lungo l'alveo dei principali corsi d'acqua tributari dello Ionio (Crati, Trionto, ecc.). I terrazzi marini sono particolarmente sviluppati lungo il golfo di Sibari e nei dintorni di Reggio Calabria. Localmente si hanno anche piccoli lembi di dune costiere costituite da sabbie grossolane. La permeabilità primaria è variabile in funzione della granulometria, da media ad alta nei termini prevalentemente ghiaioso-sabbiosi e più ridotta per presenza di intercalazioni argilloso-siltose. Analogamente si riscontra nei depositi ghiaioso-sabbiosi dei terrazzi marini la presenza di materiale di natura argillosa che riduce in parte la permeabilità. Valori di permeabilità da medi a bassi si hanno nei depositi alluvionali sabbioso-argillosi e argilloso-limosi del fondovalle del F. Mercure e nei depositi alluvionali sabbiosi e sabbioso-siltosi della piana di Sibari e del Golfo di Squillace. Nella piana di Sibari i depositi mostrano tuttavia un passaggio graduale dalle alluvioni sabbiose presenti alla confluenza dei fiumi Crati e Coscile, alle alluvioni ciottolose delle zone periferiche.
- *Complesso conglomeratico-sabbioso-argilloso*: conglomerati poligenici in grossi banchi non stratificati, scarsamente cementati, con rare intercalazioni e lenti di arenarie, di sabbie più o meno conglomeratiche e talora anche di argille. Tali conglomerati appartengono a formazioni di età diversa; gli affioramenti più estesi sono attribuibili al Plio-Pleistocene, come le Ghiaie di Laupoli e le Ghiaie di Altomonte, comprese nella parte regressiva del ciclo sedimentario sopra-pliocenico-calabro. Sono attribuiti a questo complesso anche i termini basali trasgressivi del sottostante ciclo sedimentario inframesopliocenico. Sono

spesso eteropiche tra loro oppure passano lateralmente a termini arenaceo-sabbiosi; il grado di cementazione è generalmente basso. La permeabilità primaria può variare da alta a media in relazione alla presenza di matrice sabbioso-siltosa; è presente altresì una permeabilità secondaria per fenomeni di soluzione nei conglomerati calcarei. La permeabilità primaria è da media ad alta, diminuendo in presenza di intercalazioni argillose; piuttosto bassa è la permeabilità secondaria nei termini arenacei lapidei.

- *Complesso dei depositi terrigeni ed evaporatici:* argille marnose supra-pliocenico-pleistoceniche del litorale ionico e dei bacini interni. Si tratta di prevalenti peliti, con contenuto in carbonati tra il 2% ed il 40% (argille, argille marnose, marne argillose e marne talora sabbioso-siltose), con rare intercalazioni sabbiose, a frattura concoide, prive di stratificazione, oppure di argille fittamente stratificate per la presenza di sottili livelli sabbioso-siltosi. Sono anche compresi sedimenti argilloso-limosi pleistocenici, di origine lacustre e fluvio-lacustre, costituiti prevalentemente da argille, limi e sabbie argillose, con intercalazioni di marne argillose bianco-giallastre e livelli di lignite. La permeabilità complessiva è bassa, tendente a molto bassa o nulla nei termini francamente argillosi. In relazione ai rapporti stratigrafici con i termini anzidetti, sono stati assimilati a questo complesso anche i sedimenti evaporitici del Miocene superiore, rappresentati principalmente da gessi cristallini massicci, da calcari generalmente teneri e vacuolari, talora con sottili intercalazioni di gesso, da sottili livelli di calcari brecciati e di argille sabbiose.
- *Complesso argilloso caotico:* comprende formazioni eterogenee a componente prevalentemente argillosa e spesso molto tettonizzate, quali le Argille variegata del Complesso sicilide, le Argille variegata dei complessi crotonide e antisicilide del versante ionico della Calabria, tutte di età cretacea. Contengono sottili intercalazioni di calcari, calcareniti, marne, arenarie e argilliti e presentano aspetto caotico messo in evidenza dalla struttura degli strati più competenti, ondulati, pieghettati e contorti delle fitte alternanze a litologia variabile ma a dominante argillosa. La permeabilità è complessivamente bassa, anche se la presenza dei litotipi intercalati o inglobati possono presentare una certa permeabilità secondaria per fratturazione, che tuttavia non fa variare il comportamento della massa.
- *Complesso delle alternanze arenaceo-marnoso-argillose calcareo-marnose:* alternanze più o meno regolari di arenarie spesso gradate, in strati da pochi centimetri a diversi metri, e di argille marnose, marne argillose e marne, con prevalenza della componente arenacea rispetto a quella pelitica. Mostrano frequenti variazioni laterali di facies, sia a piccola che a grande scala, che determinano sia assottigliamento e scomparsa dei livelli arenacei che infittimento delle alternanze argilloso-arenacee. La permeabilità per fessurazione è complessivamente bassa, con modesto incremento locale per intensa fratturazione tettonica dei termini arenacei.

- *Complesso delle rocce ignee e metamorfiche a tessitura massiccia*: metamorfiche a tessitura massiccia rappresentate da gneiss e gneiss occhiadini, gneiss biotitici e scisti biotitici grossolani, gneiss granitoidi e anfiboliti plagioclasiche, nonché da scisti biotitici talora gneissici con vene pegmatitiche. Questi litotipi sono tipici della falda dell'Aspromonte del Complesso calabride e affiorano nella Sila, nelle Serre e nell'Aspromonte. Si tratta di rocce di aspetto massiccio con resistenza all'erosione variabile soprattutto in relazione con il grado di fratturazione che comporta spesso fasce cataclastiche o milonitizzate di spessore fino a 30-50 m, localmente ridotte in minuti frammenti oppure ad ammassi di consistenza sabbioso-argillosa. Sono ben rappresentate al confine calabro-lucano, in stretta connessione con le rocce argillose dello stesso complesso, e lungo la catena costiera fino alla stretta di Catanzaro. La permeabilità primaria della roccia inalterata è nulla; quella secondaria per fratturazione è generalmente bassa, potendo però risultare più accentuata nelle parti superficiali alterate e decomprese degli ammassi.
- *Complesso delle rocce metamorfiche a tessitura scistosa*: filladi, scisti cloritico-sericitici con intercalazioni di calcari cristallini e di quarziti, scisti quarzoso-feldspatici, scisti filladici, argilloscisti con intercalazioni di quarziti. Questi litotipi costituiscono il basamento cristallino premesozoico delle varie falde del Complesso calabride. La permeabilità per fessurazione è complessivamente da bassa a molto bassa in relazione allo stato di alterazione spinta e di tettonizzazione.
- *Complesso calcareo-dolomitico*: rocce calcaree massicce o stratificate in grossi banchi affioranti principalmente nella dorsale del M. Pollino, hanno spessore di diverse centinaia di metri e fanno frequentemente passaggio laterale verso termini dolomitici e calcareo-dolomitici in grossi ammassi. Sono altresì compresi calcari in strati sottili e medi, da pochi centimetri fino a qualche decimetro, localmente con intercalazioni marnose e subordinatamente argillose, nonché fitte alternanze di calcilutiti e di calcareniti con noduli e lenti di selce, di spessore fino al centinaio di metri. La permeabilità primaria è bassa o nulla, mentre la permeabilità secondaria è generalmente elevata, sia per il forte stato di fratturazione e tettonizzazione della roccia, sia per processi di soluzione.

7.1.2 Inquadramento idrogeologico

In base alle caratteristiche geologico-strutturali e di permeabilità dei terreni prima descritte, nel territorio regionale si individuano acquiferi con differenti caratteristiche e diverso significato idrogeologico relativamente alla capacità produttiva. In base alle caratteristiche intrinseche delle formazioni si riconoscono acquiferi permeabili per porosità, per fessurazione, per carsismo e di tipo misto (PTA Regione Calabria). Relativamente alla capacità produttiva si hanno acquiferi che per dimensioni e grado di permeabilità consentono l'immagazzinamento di elevati volumi di risorse idriche ed acquiferi che non avendo dette caratteristiche sono considerati di scarso interesse idrogeologico. Nell'ambito dei complessi prima identificati (paragrafo 7.1.1), quelli maggiormente dotati dei requisiti anzidetti

sono il Complesso dei depositi detritici recenti, il Complesso conglomeratico-sabbioso-argilloso ed il Complesso calcareo-dolomitico. Tra i depositi detritici recenti, gli acquiferi alluvionali di fondo valle dei principali corsi d'acqua e delle pianure costiere costituiscono il tema idrogeologico di maggiore interesse dell'intera regione per volumi di risorse immagazzinate e per favorevoli condizioni logistiche e quindi di sfruttamento. Si tratta di acquiferi porosi caratterizzati da valori medi di permeabilità sull'ordine di 10^{-3} - 10^{-5} m/s, con valori localmente più alti (10^{-2} - 10^{-4} m/s) in presenza di termini ghiaioso-sabbiosi e valori più bassi (10^{-4} - 10^{-6} m/s) in corrispondenza dei depositi costituiti prevalentemente da sabbie fini e argille o limi, caratteristici dei materiali semipermeabili. I valori della porosità efficace variano dal 5% al 20% in relazione alla granulometria prevalente. A questi depositi si aggiungono i livelli conglomeratici dei vari ordini di terrazzi marini e fluviali dove la permeabilità è da media a bassa per la presenza di abbondante matrice sabbioso-siltosa. Diversamente si comportano i depositi sabbioso-limosi fluvio-lacustri in cui la permeabilità diminuisce notevolmente. Tra le formazioni caratterizzate da permeabilità per fessurazione, valori elevati della permeabilità si riconoscono in gran parte del complesso calcareo-dolomitico dei massicci settentrionali. All'interno della rete acquifera originata dalla tettonica si sviluppa infatti un'attiva circolazione idrica che alimenta le importanti manifestazioni sorgentizie del versante settentrionale, localizzate in territorio lucano, e quelle del versante meridionale, localizzate in territorio calabro.

Le falde di maggiore potenzialità sono localizzate nelle aree con maggiore estensione e spessore dei depositi alluvionali e conglomeratico-sabbiosi delle pianure e delle fasce costiere dei versanti tirrenico e ionico e nelle aree di affioramento dei termini calcareodolomitici al confine calabro-lucano. Lungo il versante tirrenico, le falde più estese e di maggiore potenzialità sono presenti nei depositi alluvionali della fascia costiera di Reggio Calabria - Villa S. Giovanni e delle pianure di Gioia Tauro - Rosarno, S. Eufemia e F. Lao. Esse si estendono a monte lungo le valli dei corsi d'acqua che solcano dette pianure, risultando alimentate principalmente dai deflussi superficiali e sotterranei provenienti dai retrostanti sistemi collinari e montuosi. Si tratta di falde libere o semiconfinate, con direzione dei deflussi diversamente orientati ma tendenti ad ovest, sostenute da formazioni argillose e arenacee a ridotta permeabilità.

7.1.3 *Acquifero di Lamezia*

La tratta da Catanzaro a Lamezia Terme attraversa, come descritto, uno dei maggiori corpi acquiferi della regione, ovvero quello della piana di Sant'Eufemia (Figura 7-1), impostato all'interno dei depositi alluvionali recenti e attuali.

La vasta pianura solcata dal Fiume Amato e da altri corsi d'acqua minori è costituita da depositi alluvionali recenti e attuali che occupano una superficie di oltre 200 km²; essa è delimitata nell'entroterra da rilievi collinari e montuosi di altitudine fino a circa 1000 m, costituiti da terreni di varia natura (sedimentari, metamorfici e plutonici)

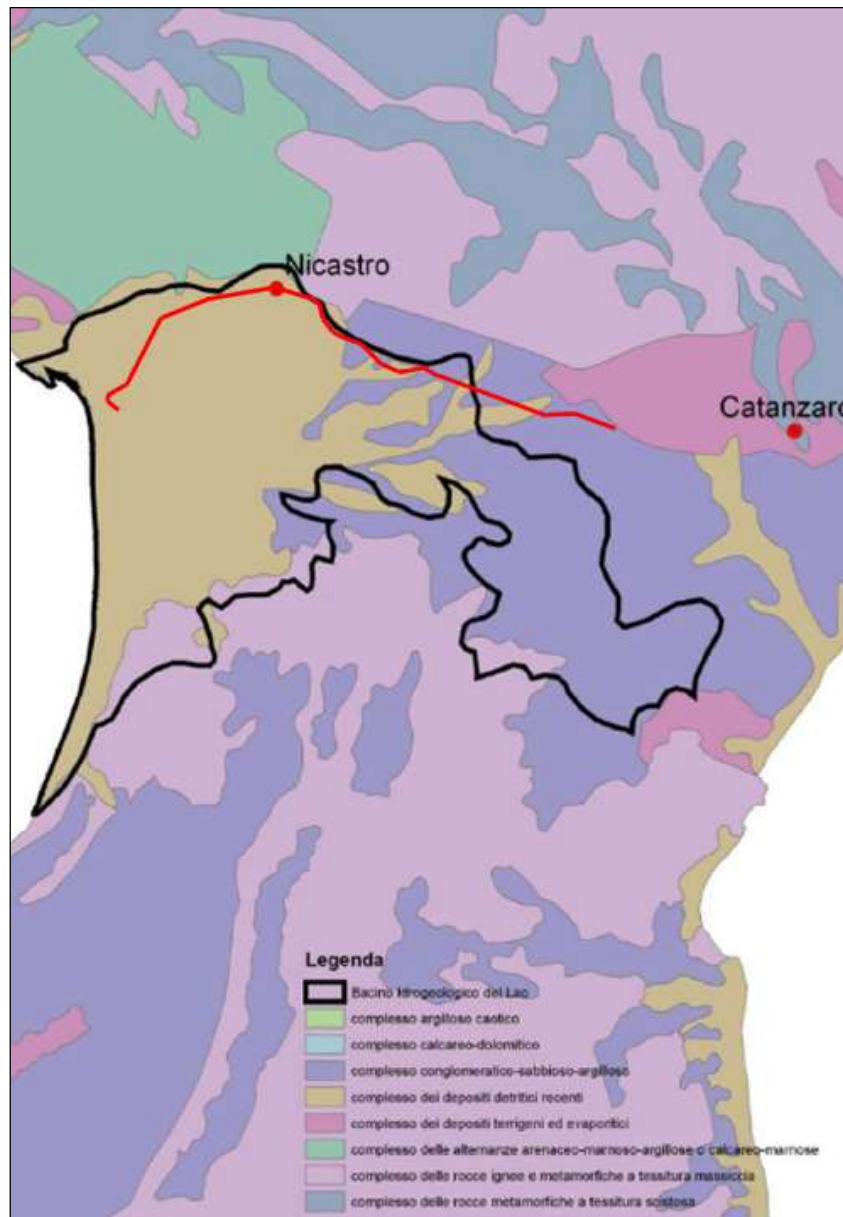


Figura 7-2 – Complessi idrogeologici dell’area di interesse - Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria, Allegato G-Caratterizzazione idrogeologica

Ai margini dei depositi terrazzati e lungo la valle del Fiume Amato scaturiscono importanti sorgenti, indicative del drenaggio della falda contenuta nei depositi clastici più grossolani da parte del corso d’acqua. La falda nel suo insieme è sfruttata mediante numerosi pozzi scavati di limitata profondità (5 - 30 m) e perforazioni di profondità variabile da 80 - 100 m ad un massimo di oltre 300 m; i pozzi più profondi interessano, oltre che i depositi alluvionali, i sottostanti termini del complesso sabbioso-conglomeratico. La portata dei pozzi scavati è sull’ordine di qualche l/s, mentre quella delle perforazioni più profonde è variabile da pochi l/s ad oltre 50 l/s. La qualità dell’acqua prelevata dai pozzi indica l’esistenza di un processo di deterioramento per intrusione salina fino a circa 1

km dal litorale, conseguenza dei consistenti prelievi in atto principalmente per scopi irrigui. A ciò ha contribuito la captazione di numerose sorgenti, le quali in precedenza alimentavano costantemente il deflusso di subalveo dei corsi d'acqua.

In Figura 7-3 viene riportata la carta della conducibilità idraulica in cui, l'area inerente alla zona di studio, risulta avere valori di k dell'ordine di $10E-3$ m/s. I dati puntuali ottenuti da prove di permeabilità bibliografiche nell'intorno del Bacino idrogeologico nell'area di Lamezia, a diverse profondità, hanno fornito valori di k compresi tra $10E-7$ e $10E-5$ m/s.

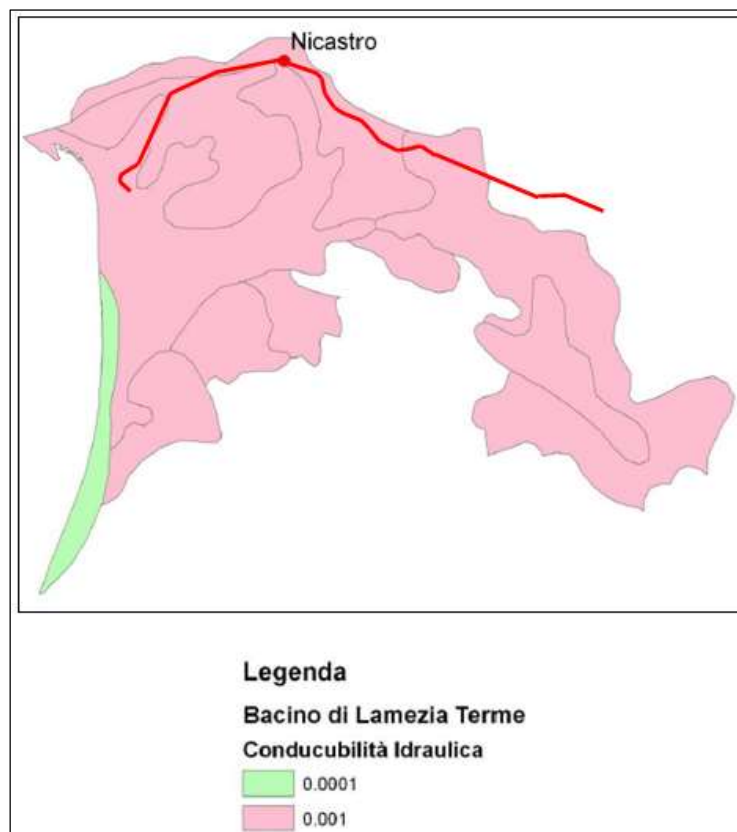


Figura 7-3 – Mappa della conducibilità idraulica per il Bacino di Lamezia Terme – Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria, Allegato G-Caratterizzazione idrogeologica

7.1.4 Modello idrogeologico

Dal punto di vista Idrogeologico, lo schema generale di circolazione idrica sotterranea dell'area è articolato in:

- Un acquifero superficiale non confinato che ha sede nei depositi alluvionali, nei fondivalle e nei depositi sabbiosi costieri (Cas. Mez., 1978; Cuiuli, 2012), ed è caratterizzato da una piezometria compresa tra i 200 m e i 2,5 m dal livello del mare (Cuiuli 2012);

- b) Un acquifero intermedio in pressione, oggetto del presente studio, confinato al tetto ed al letto che ha sede nei depositi Sabbioso - Arenacei pliocenici posti a profondità comprese i 160 m e i - 280 m circa dal livello del mare;
- c) Un acquifero profondo attestato a profondità maggiori (oltre i - 300 m di profondità dal livello del mare) su cui al momento si hanno pochi dati.

Per ciò che concerne la struttura dell'acquifero l'analisi delle stratigrafie censite conferma l'assetto ipotizzato dai dati in bibliografia, ovvero che lo stesso è costituito da depositi di sabbie ed arenarie plioceniche caratterizzate da una granulometria da media a grossolana, tamponate al tetto da uno strato argilloso che separa l'acquifero superficiale da quello intermedio. In particolare, questo strato è costituito da argille plioceniche, localmente limose e sabbiose, di spessore variabile tra i 10 m ed i 200 m a seconda dei settori della piana. La presenza di un orizzonte argilloso di confinamento al tetto dell'acquifero rende la falda in pressione, con significative risalite del livello piezometrico nei pozzi della piana, in alcuni casi anche al di sopra del piano campagna. Tuttavia, il grado di permeabilità delle argille può aumentare localmente, in funzione delle percentuali di sabbia e limo presenti, generando, in queste lenti, limitati fenomeni di drenanza tra i due acquiferi. Inoltre, sono possibili collegamenti idraulici tra le falde per risalita d'acqua lungo le faglie presenti nell'area di studio (Figura 7-4).

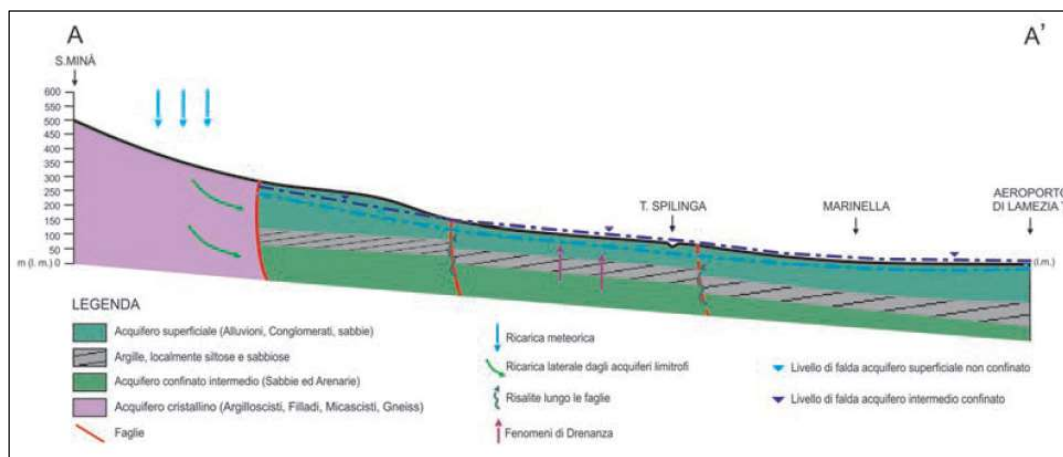


Figura 7-4 – Modello idrogeologico concettuale della piana di Sant'Eufemia – E. Cuiuli, 2013 - Considerazioni sull'assetto idrogeologico della piana di S. Eufemia Lamezia attraverso lo sviluppo della carta del tetto dell'acquifero confinato intermedio (Calabria Centrale).

Sulla base dei dati e della bibliografia disponibile (Figura 7-5) dunque, lungo la tratta oggetto di studio la falda superficiale sarebbe collocata a profondità piuttosto variabili, ed in particolare, a partire da Lamezia tra pochi m. al di sotto del p.c., a oltre 30 m da p.c. in prossimità delle aree più periferiche dell'acquifero (Nicastro), per poi risalire in prossimità del p.c. procedendo in direzione di Settingiano. Il paragrafo seguente riporta le letture piezometriche ottenute durante la campagna indagini.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	43 di 222

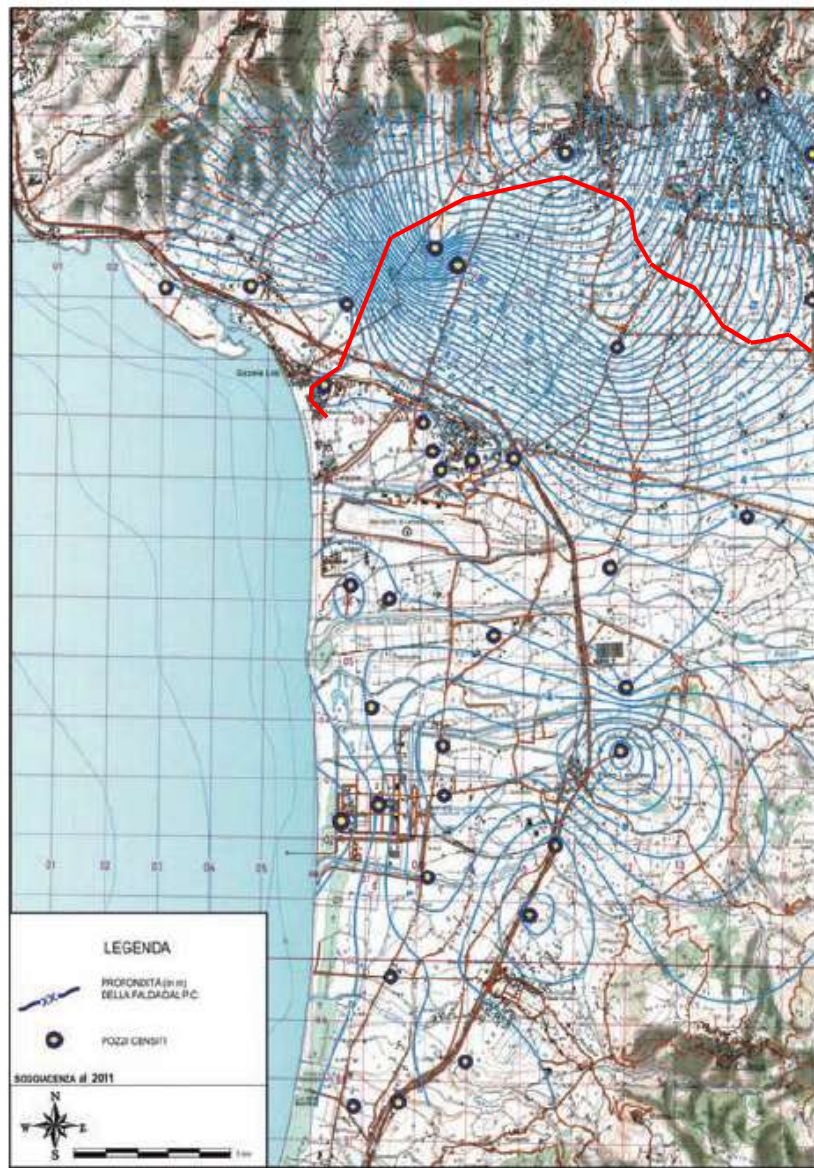


Figura 7-5 – Carta della Soggiacenza della falda superficiale della Piana di S. Eufemia Lamezia e pozzi censiti (E. Cuiuli, 2013 - La carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale della Piana di S. Eufemia Lamezia (Calabria)). In rosso parte del tracciato della linea oggetto di studio.

7.1.5 *Dati idrogeologici di dettaglio delle aree di variante*

Nell'ambito del progetto di velocizzazione della linea Lamezia-Settingiano sono stati eseguiti n. 26 sondaggi geognostici, dei quali 9 attrezzati, a fine perforazione, con piezometri a tubo aperto e cella di Casagrande. Inoltre, il monitoraggio ha previsto anche sondaggi eseguiti per la linea Lamezia-Catanzaro. In Tabella 7-1 vengono riportati i valori di soggiacenza rilevati a marzo 2021. L'ubicazione di tali sondaggi viene riportata negli elaborati grafici allegati realizzati a supporto del presente studio.


Tabella 7-1 – Valori di soggiacenza rilevati nei piezometri installati per il presente progetto.

Sondaggio	Soggiacenza (m da p.c.)
	05/03/2021
S1	15.94
S6	6.58
S7	9.67
S8	21.47
S8ter	5.37
S9	0.51
S10	3.17
BH02	6.57
BH04	15.74
S52	9.84
S53	1.52
S55	10.40
S57	Ultimo rilevamento utile 02/12/2020: 14.52

Il complesso dei depositi recenti risulta quello di maggior interesse per il presente studio; tra i depositi detritici recenti, gli acquiferi alluvionali di fondo valle dei principali corsi d'acqua costituiscono infatti il tema idrogeologico di maggiore interesse dell'intera regione per volumi di risorse immagazzinate e per favorevoli condizioni logistiche e quindi di sfruttamento. In particolare, uno dei tre maggiori acquiferi della regione viene attraversato dalla linea oggetto di studio, ovvero l'acquifero di Lamezia, impostato nelle alluvioni dell'omonima piana. La variante 10 risulta dislocata in contesto collinare complesso, ove la circolazione idrica sotterranea è probabilmente legata ai depositi alluvionali dei torrenti e ad una circolazione idrica superficiale lungo i versanti. Le varianti 5, 6, 7 risultano impostate lungo il fondovalle del fiume Amato, ove la circolazione idrica principale sarà connessa alle alluvioni di quest'ultimo, alimentata dagli apporti di versante. Medesima situazione si prevede per le varianti 8 e 9, localizzate in contesto simile lungo la valle del fiume Fallaco. Sulla base dei dati disponibili e delle informazioni bibliografiche si possono sintetizzare i seguenti dati:

- Lungo la porzione di tracciato compreso nell'area della piana di Sant'Eufemia i dati a disposizione risultano discontinui, in particolare evidenziando la presenza di una falda principale localizzata a profondità via via crescenti allontanandosi dalla costa tirrenica sino ad arrivare all'area di Nicastro, ai piedi dei rilievi. È probabile la presenza di falde sospese al di sopra dei livelli di materiale coesivo. Il dato relativo al sondaggio S01 indica la presenza di falda a 15-16 m da p.c.;
- Lungo la variante 10 i dati piezometrici a disposizione sono relativi ai sondaggi S06 ed S07, ed indicano la presenza di falda a 6.6 e 9.7 m da p.c. (curve 7 e 8); Il sondaggio BH04, posizionato sulla curva 16 mostra la presenza di falda a 15.7 m da p.c.
- Lungo la variante 5 i dati piezometrici relativi ai sondaggi S08 ed S08ter indicano la presenza di falda tra 21.4 e 4.7 m da p.c.. In tal caso i dati sono relativi a contesti stratigrafici differenti. Il sondaggio BH02, invece, registra la soggiacenza a 6.6 metri.
- Lungo le varianti 6 e 7 i dati piezometrici relativi ai sondaggi S08ter ed S09 indicano la presenza di falda tra 5.4 e 0.5 m da p.c..
- Lungo la variante 8 i dati piezometrici relativi al sondaggio S53 mostrano una soggiacenza a 1.53 m da p.c..
- Lungo la variante 9 il dato piezometrico relativo al sondaggio S10 indica la presenza di falda a 3.2 m da p.c..

Risulterà importante in fase progettuale successiva proseguire con il monitoraggio piezometrico delle verticali già installate ed eventualmente infittire la rete di monitoraggio con nuovi piezometri lungo i tracciati di variante.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 46 di 222

8 INDAGINI

8.1 PREMESSA

Le indagini eseguite a supporto del presente studio geologico o quelle realizzate per altri progetti ma incluse nello stesso studio comprendono:

- n. 36 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a profondità comprese tra i 20 e i 50 m da p.c., con associate prove di permeabilità a carico variabile tipo Lefranc, prove di permeabilità tipo Lugeon e prove SPT. Alcuni di tali sondaggi sono attrezzati con piezometro;
- n. 14 stese di sismica a rifrazione per la verifica di aree caratterizzate da fenomeni di tipo gravitativo e per approfondire i dati di carattere geotecnico disponibili;
- n. 16 stese di tomografia elettrica ERT;
- n. 9 prove geofisiche di tipo MASW, n. 6 prove HVSR e N. 3 prove sismiche down-hole per la definizione dell'azione sismica di progetto secondo quanto previsto dalle NTC2018.

A supporto delle indagini eseguite in questa fase progettuale, nel presente studio sono state utilizzate stratigrafie relative a sondaggi eseguiti a supporto del progetto di Elettrificazione del Lotto 01 linea Sibari-Lamezia Terme.

8.2 INDAGINI PFTE VELOCIZZAZIONE LINEA LAMEZIA-SETTINGIANO (2019-2020)

In Tabella 8-1 si riporta identificativo, profondità, data di esecuzione, quota e coordinate UTM Zone 33 S dei sondaggi eseguiti a supporto del presente progetto. La

Tabella 8-2 riporta i risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi, mentre in Tabella 8-3 si riportano profondità dell'intervallo di prova ed i valori della conducibilità idraulica ottenuti dalle prove di permeabilità tipo Lefranc eseguite in foro di sondaggio. In Tabella 8-4 e Tabella 8-5 si riportano identificativo, ubicazione e risultanze delle prove MASW e HVSR eseguite. In Tabella 8-6 si riportano i dettagli relativi alle prove di rifrazione sismica eseguite.

Tabella 8-1–Sondaggi eseguiti per il progetto definitivo dei fabbricati tecnologici (Italferr 2019).

ID	Tipologia	Profondità (m da p.c)	Data esecuzione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 S		Attrezzatura
					N	E	
S01	Carotaggio continuo	20.0	12/12/2019-17/12/2019	49,361	4309829,265	2628792,922	Piezometro T.A. 2"
S02	Carotaggio continuo	40.0	10/12/2019-13/12/2019	112,605	4312465,221	2630268,579	-
S03	Carotaggio continuo	30.0	03/12/2019-15/12/2019	149,989	4313356,419	2632030,542	-

Profondità (m da p.c.)	S01	S02	S03	S04	S06	S07	S08	S08ter	S09	S10	BH02	BH04
12,2	32					50						
12,6									41			
13								53				
14,5							R					
14,6		20										
15				R		60					R	28
16					R							
17			39									
18								48	55		18	25
18,6		41										
19	28			R								
19,3						84						
19,6							82					
21				R							21	
21,4									41			
21,6												37
22							89					
23,1								71				
23,7			46									
24											23	42
24,6		27										
25							62		41			
26,5												43
27,0											29	
28,7			50									
29,5												32
30,0											31	

Tabella 8-3 – Valori di K (m/s) calcolati tramite prove Lefranc eseguite in foro di sondaggio.

ID	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
S01	8.6	6,85E-05
S02	9.0	3,03E-05
S03	8.0	1,10E-05
S06	6.6	2,54E-05
S07	5.45	2,47E-05

ID	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
S08	9.0	3,12E-05
S08ter	6.0	9,69E-05
S09	9.65	1,10E-05
S10	20.0	5,30E-06
BH02	10.3	4,29E-05
	22.0	1,10E-05
BH04	7.5	1,14E-06
	16.5	3,91E-07

Tabella 8-4 – Prove MASW e HVSr eseguite per il PFTE velocizzazione Lamezia-Settingiano (2019).

Tecnica Geofisica utilizzata	Codice Sito	Luogo	Coordinate (WGS84 gradi decimali)		Coordinate (UTM-WGS84, fuso 33N)	
			Latitudine	Longitudine	X (est)	Y (nord)
Masw	MASW1	Santa Eufemia Lamezia	38.929629	16.254895	608772.96	4309716.05
Masw	MASW3	Lamezia Terme	38.961836	16.292639	611994.85	4313336.82
Masw	MASW4	Lamezia Terme	38.96427	16.309004	613408.02	4313626.32
Masw	MASW 6-7	Lamezia Terme	38.961231	16.339129	616023.65	4313327.42
Masw	MASW 8	Amato	38.914074	16.416441	622803.09	4308195.91
Masw	MASW 10	Settingiano	38.906152	16.50583	630567.74	4307439.98
Hvsr	HVSR1	Santa Eufemia Lamezia	38.929629	16.254895	608772.96	4309716.05
Hvsr	HVSR 3	Lamezia Terme	38.961836	16.292639	611994.85	4313336.82
Hvsr	HVSR 4	Lamezia Terme	38.96427	16.309004	613408.02	4313626.32
Hvsr	HVSR 6-7	Lamezia Terme	38.961231	16.339129	616023.65	4313327.42
Hvsr	HVSR 8	Amato	38.914074	16.416441	622803.09	4308195.91
Hvsr	HVSR 10	Settingiano	38.906152	16.50583	630567.74	4307439.98

Tabella 8-5 – Risultati prove MASW

Prova	V _{seq} (m/s)	Categoria di suolo (NTC 2018)
MASW1	357	C
MASW3	431	B
MASW4	430	B
MASW6-7	423	B
MASW8	327	C
MASW10	285	C

Tabella 8-6 – Prove di rifrazione sismica e di resistività elettrica eseguite per il PFTE velocizzazione Lamezia-Settingiano (2019).

Tecnica Geofisica utilizzata	Codice Sito	Luogo	Coord. inizio (WGS84 gradi decimali)		Coord. fine (WGS84 gradi decimali)		Coord. inizio (UTM-WGS84, fuso 33N)		Coord. fine (UTM-WGS84, fuso 33N)	
			Latitudine	Longitudine	Latitudine	Longitudine	X (est)	Y (nord)	X (est)	Y (nord)
Rifrazione	Rifrazione 2	Lamezia Terme	38.955259	16.272924	38.953465	16.272521	610296.37	4312582.22	610263.89	4312382.44
Rifrazione	Rifrazione 5	Cimitero Nicastro	38.965572	16.329861	38.96714	16.328734	615213.92	4313797.94	615112.79	4313969.58
Rifrazione	Rifrazione 6 long	Lamezia Terme	38.95934	16.340845	38.960961	16.339909	616174.79	4313119.33	616091.85	4313091.85
Rifrazione	Rifrazione 6 trasv	Lamezia Terme	38.960681	16.339984	38.961951	16.34167	616098.6	4313267.22	616242	4313410.14
Rifrazione	Rifrazione 7	Lamezia Terme	38.962325	16.336437	38.963024	16.334273	615788.66	4313445.2	615599.36	4313519.81
Rifrazione	Rifrazione 8	Amato	38.913248	16.419158	38.912482	16.416269	623040.85	4308107.3	622790.82	4308018.06
Rifrazione	Rifrazione 9	Massaro	38.919694	16.450963	38.918474	16.449298	625786.2	4308865.71	625644.05	4308728.52
Rifrazione	Rifrazione 10	Settingiano	38.90607	16.504939	38.906938	16.502897	630490.63	4307429.6	630312.45	4307523.93

**Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	50 di 222

Rifrazione	Rifrazione 1	Settingiano	38.906736	16.503885	38.905377	16.501065	630398.47	4307502.22	630155.97	4307347.16
Rifrazione	Rifrazione 2	Settingiano	38.906625	16.501299	38.905203	16.504085	630174.31	4307486.79	630418.17	4307332.16
Rifrazione	Rifrazione 3	Gimitero Nicastro	38.964298	16.331283	38.965372	16.332362	615338.23	4313657.4	615430.42	4313778.47
Geoelettrica	ERT 1	Marcellinara	38.913396	16.487625	38.912259	16.490119	628976.23	4308218.05	629194.33	4308095.34

8.3 INDAGINI PD ELETTRIFICAZIONE LOTTO 01 LINEA SIBARI-LAMEZIA TERME (2019)

In Tabella 8-7 si riporta identificativo, profondità, data di esecuzione, quota e coordinate UTM Zone 33 S dei sondaggi utilizzati a supporto del presente progetto ed eseguiti a supporto del Progetto Definitivo di elettrificazione della linea Sibari-Lamezia Terme. In Tabella 8-8 si riportano i dettagli relativi alle prove MASW eseguite per il medesimo progetto ed utilizzate a supporto del presente studio.

Tabella 8-7–Sondaggi eseguiti per il progetto definitivo di Elettrificazione del Lotto 1 della linea Sibari-Lamezia Terme (Italferr 2019).

SONDAGGI						
ID	PROFONDITA'	DATA	Quota	Coordinate WGS 84		ATTREZZATURA
	(m dal p.c.)	ESECUZIONE	(m s.l.m.)	Long.	Lat.	
S29	30	19/07/2019- 20/07/2019	110.69	16°30'39.48"	38°54'11.03"	Piezometro Casagrande
S35	20	18/07/2019	126.4	16°20'33.62"	38°57'13.78"	Piezometro T.A. 2"
S37	20	27-29/07/2019	126.3	16°27'3.98'	38°55'10.31"	Piezometro T.A. 2"
S38	10	30/07/2019	115.9	16°30'19.95"	38°54'22.24"	-
S50	30	22/07/2019- 23/07/2019	91	16°24'54.15"	38°54'52.29"	Piezometro T.A. 2"
S51	30	22/07/2019- 23/07/2019	91	16°24'57.05"	38°54'51.73"	Tubo down-hole

Profondità	Nspt S29	Nspt S37	Nspt S38	Nspt S50	Nspt S51
1,5	R			20	9
3,0		11	24		
3,5					
4,5	R			21	
5,6					20
6,0			45		
7,5	R	26		14	
8,0			R		
9,5					
10,0		50		18	
10,5	R				

Profondità	Nspt S29	Nspt S37	Nspt S38	Nspt S50	Nspt S51
13,0				30	
13,2					41
13,5					
16,6					
17					
17,5					31
18				26	
21,6				21	
22					
22,7					18
24,6					
25,0				32	
27					

Tabella 8-8 – Prove MASW eseguite per il PD elettrificazione Lamezia-Catanzaro (Lotto 1) (2019).

ID	DATA	Coordinate WGS 84		V _{seq} (m/s)	Categoria di suolo (NTC 2018)
	ESECUZIONE	E	N		
MASW 27	Lug. 2019	16.510968	38.903065	353.4	C
MASW 29	Lug. 2019	16.380868	38.935863	446.4	B
MASW 30	Lug. 2019	16.318930	38.966857	357.15	C

8.4 INDAGINI PFTE VELOCIZZAZIONE LINEA LAMEZIA-SETTINGIANO (2021)

In Tabella 8-9 Tabella 8-9–Sondaggi eseguiti per la presente fase del progetto (Italferr 2021).si riporta identificativo, profondità, data di esecuzione, quota e coordinate UTM Zone 33 S dei sondaggi eseguiti a supporto del presente progetto. La Tabella 8-10 riporta i risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi, mentre in Tabella 8-11 si riportano profondità dell’intervallo di prova ed i valori della conducibilità idraulica ottenuti dalle prove di permeabilità tipo Lefranc eseguite in foro di sondaggio. In Tabella 8-12 si riportano identificativo, ubicazione e risultanze delle prove geofisiche eseguite. Sono stati infatti realizzati n. 3 prove sismiche down-hole nei sondaggi SN11/L2, SN14/L2, SN16/L2.

Tabella 8-9–Sondaggi eseguiti per la presente fase del progetto (Italferr 2021).

ID	Tipologia	Profondità (m da p.c)	Data esecuzione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 S		Attrezzatura
					N	E	
SN04 L1 BIS	Distruzione	50.0	25-26/02/2021	112	4309098.27	621702.60	Piezometro T.A.
SN04 L1	Carotaggio continuo	50.0	19-24/02/2021	112	4309098.27	621702.60	Tubo down-hole
SN04 L2	Carotaggio continuo	30.0	20-22/01/2021	111	4308247.00	622940.00	Tubo Inclino metrico
SN05 L2	Carotaggio continuo	50.0	04-10/02/2021	86	4308247.00	622940.00	Piezometro T.A.

ID	Tipologia	Profondità (m da p.c.)	Data esecuzione	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 S		Attrezzatura
SN09 L2	Carotaggio continuo	30.0	07-08/01/2021	115	4308306.00	624614.00	Piezometro T.A.
SN11 L2	Carotaggio continuo	40.0	12-18/01/2021	119	4308618.00	625632.00	Tubo down-hole
SN13 L2	Carotaggio continuo	50.0	25-28/01/2021	122	4308836.00	626036.00	Piezometro T.A.
SN14 L2	Carotaggio continuo	30.0	05-06/01/2021	138	4309128.00	626303.00	Tubo down-hole
SN16 L2	Carotaggio continuo	30.0	10-16/02/2021	153	4308067.78	629222.71	Tubo down-hole
SN17 L2	Carotaggio continuo	30.0	23-24/02/2021	124	4307575.00	630232.00	Piezometro T.A.
SN18 L2	Carotaggio continuo	30.0	25-26/02/2021	130	4307519.00	630195.00	Tubo Inclinometrico

Tabella 8-10 – Valori di N_{spt} risultanti da prove SPT

Profondità (m da p.c.)	SN04L1	SN04L2	SN05L2	SN09L2	SN11L2	SN13L2	SN14L2	SN16L2	SN17L2	SN18L2
1,95		20								
2	27			13	85	16	15	40	38	27
5,45		24			33	30				
5,95			48						44	
6	28			37			37			
7										33
8,22							R			
8,45				30		35				
9	29	27	45						32	
10								R		44
10,45					27					
10,95									31	
11,45	29					42				
12			20	32			43			32
12,45		22								
13,45					39			43		
14,45						44				
14,55				33						
15			32				41		37	35
15,45		27								
16					32					
17			18						24	49
17,45	30									
18		28		39			42			

Profondità (m da p.c.)	SN04L1	SN04L2	SN05L2	SN09L2	SN11L2	SN13L2	SN14L2	SN16L2	SN17L2	SN18L2
18,7								R		
19,45			20							
19,87									R	R
20				44						
20,45	31				41	R				
21		34					43			
21,16									R	
21,9										R
22,45			40					45		
22,87									R	
23				44						
23,45	33					47				
23,7										
24							52			
24,45					44					
24,85										R
24,9									R	
25		25								
25,45			41							
26,17						R				
26,45	34			30	R					
27							39			
28		41								
28,45			38							
29,05										R
29,07						R				
29,45	36									
30,0		44		36			52	R		


Tabella 8-11 – Valori di K (m/s) calcolati tramite prove Lefranc eseguite in foro di sondaggio.

ID	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
SN04L1	8	6,07E-07
	32,5	2,77E-06
SN04L2	5,9	9,18E-06
	26	2,17E-07
SN05L2	7	4,24E-07

ID	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
	25,5	7,81E-07
SN09L2	3	3,79E-07
	18	7,20E-08
SN11L2	4,5	1,48E-06
	19,30	1,03E-08
SN13L2	6	1,45E-07
	31,5	5,98E-08
SN14L2	5	1,94E-07
	22	3,90E-08
SN16L2	5,8	7,01E-07
	30	2,68E-07
SN17L2	6	2,84E-06
	15	5,58E-07
SN18L2	6	1,48E-07
	28,5	9,79E-08

Tabella 8-12 – Prove di rifrazione sismica e di resistività elettrica eseguite per il PFTE velocizzazione Lamezia-Settingiano (2021).

Tecnica geofisica utilizzata	Codice sito	Luogo	Coord. Inizio (UTM Zone 33 S)		Coord. Fine (UTM Zone 33 S)	
			X (est)	Y (nord)	X (est)	Y (nord)
Geoelettrica	ERT2bis/L1	Lamezia	615671.19	4313641.18	615663.32	4313591.75
Geoelettrica	ERT2/L1	Lamezia	615654.31	4313532.56	615692.60	4313641.45
Geoelettrica	ERT3/L1	Lamezia	616090.53	4313512.13	616003.43	4313392.19
Geoelettrica	ERT3/L2	Massaro	623379.12	4308390.33	623382.81	4308322.99
Geoelettrica	ERT7/L2	Massaro	624567.89	4308300.69	624682.50	4308323.32
Geoelettrica	ERT10/L2	Massaro	626255.44	4309064.47	626363.10	4309180.69
Geoelettrica	ERT11/L2	Massaro	626263.37	4309057.32	626371.78	4309171.78
Geoelettrica/Rifrazione	ERT-RIFR14/L2	Settingiano	629880.72	4307650.12	629882.72	4307740.75
Geoelettrica/Rifrazione	ERT-RIFR15/L2	Settingiano	629899.27	4307728.14	629905.76	4307634.23
Geoelettrica/Rifrazione	ERT-RIFR16/L2	Settingiano	629920.99	4307715.47	629837.12	4307759.51
Geoelettrica	ERT17/L2	Settingiano	629109.29	4308067.34	629193.03	4308139.47
Geoelettrica	ERT18/L2	Settingiano	629048.06	4308178.24	629292.66	4308040.63
Geoelettrica	ERT19/L2	Settingiano	629034.92	4308168.16	629280.06	4308026.39
Geoelettrica	ERT20/L2	Settingiano	629924.38	4307705.88	630308.52	4307537.19
Geoelettrica	ERT21/L2	Settingiano	630190.07	4307471.07	630256.55	4307730.73

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 55 di 222

9 GEOLOGIA DELLE AREE DI VARIANTE

In questo paragrafo si fornisce un sintetico inquadramento geologico-stratigrafico per ciascuna delle aree di variante. Per fare ciò si riportano gli stralci della cartografia geologica attualmente disponibile per tutte le aree, dunque la cartografia in scala 1: 100.000 dell'ISPRA e la cartografia geologica riportata sul Geoportale nazionale; si fa inoltre riferimento alla cartografia geologica regionale in scala 1: 25.000, utilizzata come base per l'elaborazione delle carte geologiche generali delle precedenti fasi redatte a supporto del presente studio. Dagli stralci qui riportati si deducono le unità geologiche sulle quali si impostano le varianti in progetto, e si riporta il profilo stratigrafico dei sondaggi eseguiti a supporto del presente progetto. I dettagli dei sondaggi sono riportati nel paragrafo 8. Sono stati inoltre elaborati dei profili stratigrafici lungo i tracciati delle varianti.

9.1 VARIANTE 10

9.1.1 Curve 07, 08, 09, 10 e 11

L'area della variante 10 che coinvolge le curve da 07 a 11 ricade in prossimità dell'abitato di Nicastro. Anche in questo caso, dal punto di vista geologico la cartografia disponibile per tale area è il Foglio 241 "Nicastro" in scala 1: 100.000 della Carta Geologica d'Italia (Figura 9-1). Nel settore di interesse, secondo tale cartografia, le aree di variante in oggetto ricadono su depositi marini terrazzati (q). Secondo la cartografia geologica del Geoportale Nazionale (Figura 9-2) esse ricadono su sabbie e conglomerati pleistocenici (R7). Per quanto riguarda la cartografia geologica regionale, la quale risulta maggiormente dettagliata ed alla quale si fa riferimento negli elaborati RC0Y00F69L5GE0001001A, le curve della variante ricadono sui seguenti materiali:

- La curva 07 a cavallo tra gli scisti filladici (svf) e depositi marini terrazzati (q);
- La curva 08 a cavallo tra gli scisti filladici (svf) e depositi marini terrazzati (q), attraversando anche una breve fascia di materiali alluvionali (a).
- La curva 09 su depositi marini terrazzati (q);
- La curva 10 a cavallo tra depositi marini terrazzati (q) e depositi alluvionali (a);
- La curva 11 a cavallo tra depositi marini terrazzati (q), argille marnose grigio azzurre (KCR) e alluvioni (a).

Dal punto di vista geomorfologico l'area ricade nel settore periferico della piana di Lamezia, lungo la fascia pedecollinare ai piedi del massiccio silano. L'area risulta piuttosto antropizzata, con estese coltivazioni ed aree residenziali. Presso l'area di variante è stato realizzato il sondaggio S7, tra le curve 07 e 08 a supporto del presente progetto, il quale ha individuato il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 2.2 m – terreno di riporto;

**Relazione geologica, geomorfologica,
 idrogeologica e sismica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	56 di 222

- Da 2.2 a 21.2 m da p.c. – sabbioso limosa con rari clasti;
- Da 21.2 a 30.0 m da p.c. – scisti filladici. Tali materiali sono attribuibili al substrato litoide componente il versante che borda la pianura e definito in cartografia come “Scisti lucenti” (filladi).

Inoltre, in corrispondenza della curva 08 è stato eseguito il sondaggio S6, il quale ha individuato il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 0.4 m – terreno di riporto;
- Da 0.4 a 7.5 m da p.c. – argilla limoso-sabbiosa debolmente ghiaiosa;
- Da 7.5 a 14.4 m da p.c. – sabbia ghiaiosa e ghiaia sabbiosa;
- Da 14.4 a 30.0 m da p.c. – scisti filladici molto alterati, frantumati.

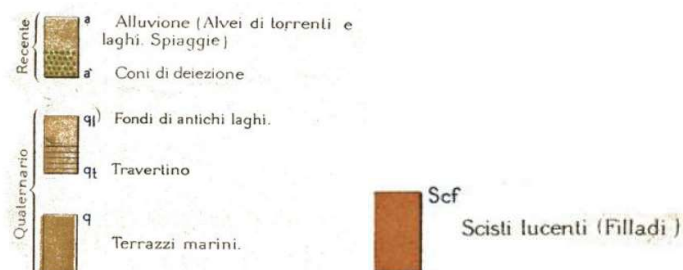
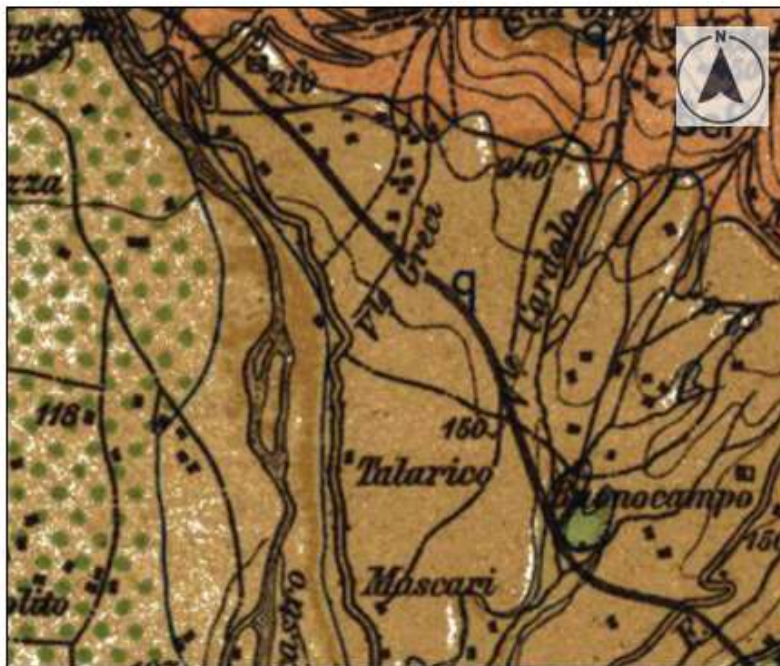


Figura 9-1 - Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro” per la variante 10, curve da 07 a 09.

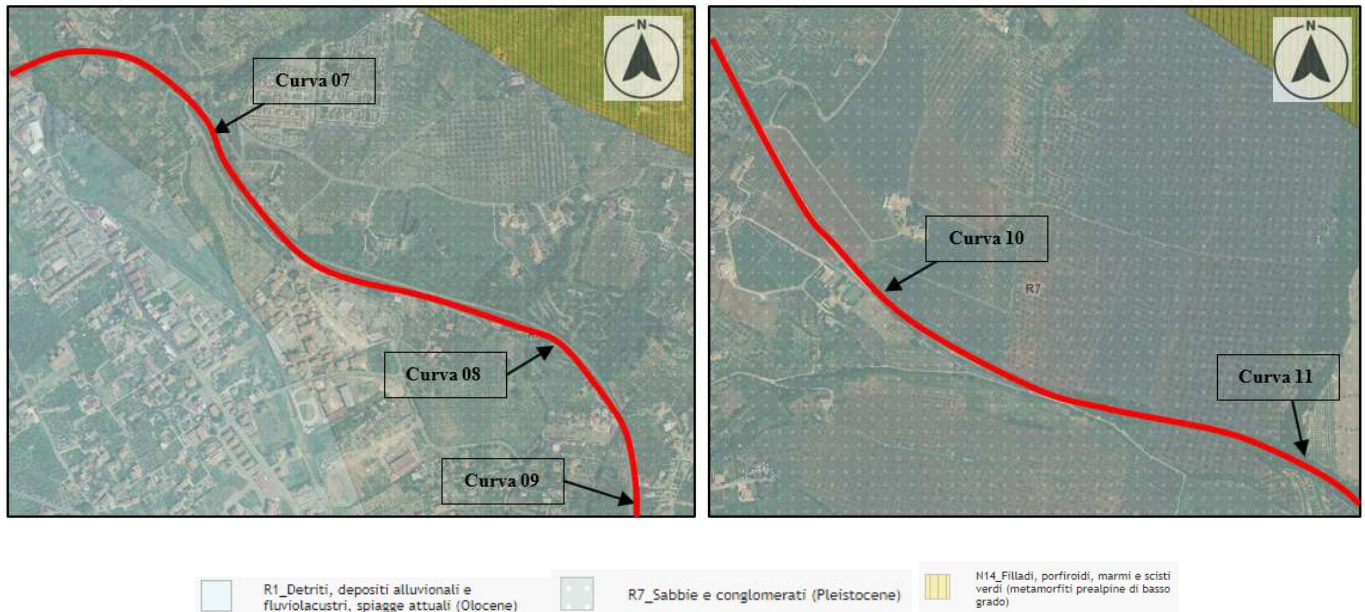


Figura 9-2 - Stralci (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale, per la variante 10, curve da 07 a 11

Il profilo geologico-stratigrafico elaborato a partire dalle conoscenze geologiche dell'area e dai dati stratigrafici disponibili è riportato nell'elaborato RC0Y00F69L5GE0001001A.

9.1.2 Curve 18 e 19

L'area della variante 10 che coinvolge le curve da 18 a 19, ricade tra l'area di Spanico/Martinico (curva 16), e verso sud presso Contrada Stinghi. Anche in questo caso, dal punto di vista geologico la cartografia disponibile per tale area è il Foglio 241 "Nicastro" in scala 1: 100.000 della Carta Geologica d'Italia (Figura 9-3). Nel settore di interesse, secondo tale cartografia, le aree di variante in oggetto ricadono:

- La curva 18 e 19 su sabbie gialle.

Secondo la cartografia geologica del Geoportale Nazionale (Figura 9-4) esse ricadono generalmente su sabbie e conglomerati pleistocenici e pliocenici (R11). Per quanto riguarda la cartografia geologica regionale, la quale risulta maggiormente dettagliata ed alla quale si fa riferimento nell'elaborato RC0Y00R69G3GE0001001A e RC0Y00F69L5GE0001001A, le curve della variante ricadono sui seguenti materiali:

- Le curve 18 e 19 su sabbie ed arenarie plioceniche (Psar);

Dal punto di vista geomorfologico l'area è localizzata in un contesto di blande colline separate da vallecicole prodotte dall'idrografia superficiale. Le curve 18 e 19 ricadono presso una vallecicola denominata Valle Drema.

Presso l'area della curva 18-19 è stato realizzato il sondaggio SN04/L1 a supporto del presente progetto, il quale ha individuato il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 24.3 m – sabbie fini;
- Da 24.3 a 50 m da p.c. – sabbie medie



Figura 9-3 - Stralcio (non in scala) del foglio 236 "Nicastro" per la variante 10, curve da 18 e 19.

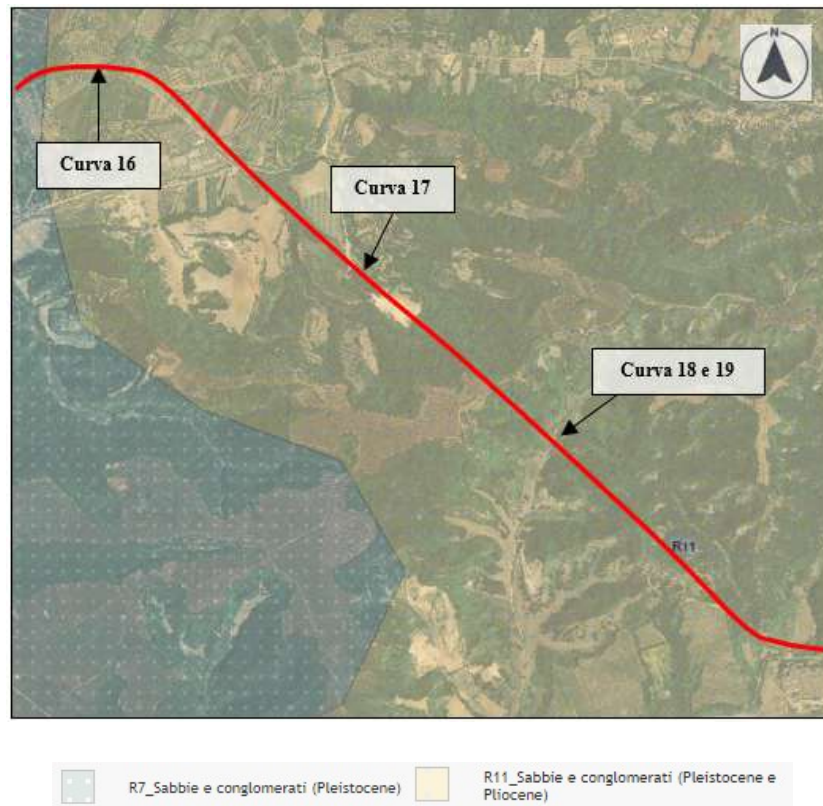


Figura 9-4 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale, per la variante 10, curve da 18 e 19

Il profilo geologico-stratigrafico elaborato a partire dalle conoscenze geologiche dell'area e dai dati stratigrafici disponibili è riportato nell'elaborato RC0Y00R69G3GE0001010A e RC0Y00F69L5GE0001001A.

9.2 VARIANTE 5

L'area della variante 5 ricade presso la località di Quote Barile. Anche in questo caso, dal punto di vista geologico la cartografia disponibile per tale area è il Foglio 241 "Nicastro" in scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia (Figura 9-5 e Figura 9-1). Nel settore di interesse, secondo tale cartografia, l'area di variante ricade tra marne e argille azzurre (p2a) e depositi alluvionali riferibili al fiume Amato (a). Secondo la cartografia geologica del Geoportale nazionale invece l'intera area ricade su sabbie e conglomerati plio-pleistocenici. La cartografia geologica regionale invece individua lungo la variante sia depositi sabbioso-arenacei plio-pleistocenici (Psar), sia depositi alluvionali del Torrente Canello e del Fiume Amato (a), sia argille marnose grigio azzurre. Dal punto di vista geomorfologico il tracciato della variante ricade sia lungo il fondovalle del Fiume Amato, sia in prossimità di aree di versante interessate da fenomeni gravitativi già cartografati; in particolare il tracciato della variante attraversa l'alveo del Torrente Canello già interessato da importanti fenomeni di trasporto solido in passato. A tal proposito si rimanda ai paragrafi dedicati 10 e 11.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 60 di 222

Lungo il versante in destra idrografica della valle dell'Amato è stato realizzato il sondaggio S8, ad una distanza di circa 120 m dal tracciato della variante, il quale ha restituito il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 1.6 m – terreno vegetale e coperture;
- Da 1.6 a 2.4 m da p.c. – sabbioso medio-fine;
- Da 2.4 a 3.0 m da p.c. – ghiaia in matrice sabbiosa;
- Da 3.0 a 4.9 m da p.c. – sabbia debolmente limosa;
- Da 4.9 a 15.0 m da p.c. - Alternanza di limo sabbioso debolmente argilloso e sabbia limosa medio-fine. Da 9,88 m sabbia limosa con ghiaia.
- Da 15.0 a 40.0 m da p.c. Alternanza di argilla sabbiosa e limo sabbioso.

Data la distanza dal tracciato di variante e la posizione in diverso contesto stratigrafico, tale profilo non risulta rappresentativo di un possibile profilo relativo alla variante stessa.

La soggiacenza della falda misurata all'interno del piezometro installato nel sondaggio è di 21.44 m da p.c.. Tale valore risulta coerente con il fatto che il sondaggio è localizzato ad una quota di circa 20 m al di sopra della quota di progetto della variante.

In prossimità dell'attraversamento del Torrente Cannello è stato realizzato il sondaggio integrativo BH02, il quale ha restituito il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 0.8 m - Sabbia eterometrica con ghiaia poligenica, eterometrica, da angolare ad arrotondata con ciottoli;
- Da 0.8 a 1.4 m da p.c. - Limo argilloso sabbioso fine;
- Da 1.4 a 5.7 m da p.c. - Sabbia fine limosa, localmente debolmente argillosa;
- Da 5.7 a 13.4 m da p.c. - Sabbia medio-fine debolmente argillosa. Presente ghiaia fine eterometrica, poligenica, arrotondata;
- Da 13.4 a 14.6 m da p.c. - Trovanti decimetrici di filladi e porfidi a struttura granulare, alterati, in matrice limoso-argillosa.
- Da 14.6 a 16.6 m da p.c. – sabbia ghiaiosa;
- Da 16.6 a 18.2 m da p.c. – sabbia da media a fine;
- Da 18.2 a 40.0 m da p.c. - Alternanze da centimetriche a decimetriche di argilla limoso sabbiosa e sabbia eterometrica con rari clasti poligenici, da millimetrici a centimetrici, da angolari ad arrotondati.

Durante la perforazione la falda è stata rinvenuta a 6.7 m da p.c.

In prossimità del sondaggio BH02 è disponibile la stratigrafia del sondaggio S51, realizzato nell'estate 2019 a supporto del progetto di elettrificazione della linea; esso individua:

- Da p.c. a 13.6 Alternanza di argille limoso-marnose con intercalazioni di livelli da pluricentimetrici a decimetrici fino a metrici di arenarie grossolane, siltiti e microconglomerati, talora clasto-sostenuti massivi, con clasti di arenarie; alla base dello strato è stato rinvenuto un trovante calcareo-marnoso.
- Da 13.6 a 20.0 m da p.c, Sabbia debolmente limosa e subordinatamente sabbia limosa nella parte sommitale a granulometria da media a fine nella parte sommitale a grossolana negli orizzonti basali con sporadici passaggi ciottolosi e/o ghiaiosi pluricentimetrici.
- Da 20.0 a 30.0 m da p.c., Alternanza di argille limoso-marnose con intercalazioni di livelli da pluricentimetrici a decimetrici fino metrici di arenarie grossolane, siltiti e microconglomerati, talora clasto-sostenuti massivi, con clasti di arenarie. Le argilliti si presentano sovente con un aspetto caotico e/o torbido. I passaggi litoidi si presentano generalmente da fratturati a molto fratturati in parte a causa di discontinuità strutturali, in parte dal detensionamento indotto dal carotaggio stesso.

Durante la perforazione la falda è stata rinvenuta a 8.5 m da p.c. È stata eseguita una prova di permeabilità di tipo Lefranc a 5 m da p.c., all'interno di alternanze di argille limoso-marnose e arenarie, la quale ha restituito un valore di k di 2,425E-06 m/s.

Oltre al suddetto sondaggio, è disponibile anche la stratigrafia del sondaggio S50, eseguito sempre lungo linea dall'altra parte del viadotto sul Torrente Canello (direzione Lamezia). Esso evidenzia il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 6.5 m - Materiale granulare costituito prevalentemente da sabbie limose e/o limi sabbiosi con immersi all'interno della massa siltosa frequenti inclusi eterometrici generalmente a spigoli vivi di natura calcareo-marnosa e calcarenitica;
- Da 6.5 a 9.3 m da p.c. - Limo argilloso, a tratti debolmente sabbioso;
- Da 9.3 a 11.0 m da p.c. - Materiale granulare costituito prevalentemente da sabbie limose e/o limi sabbiosi con immersi all'interno della massa siltosa frequenti inclusi eterometrici generalmente a spigoli vivi di natura calcareo-marnosa e calcarenitica;
- Da 11.0 a 30.0 m da p.c. - Alternanza di argille limoso-marnose con intercalazioni di livelli da pluricentimetrici a decimetrici fino, a luoghi metrici, di arenarie grossolane, siltiti e microconglomerati, talora clasto-sostenuti massivi, con clasti di arenarie di colore variabile dal verde scuro al grigio chiaro. Le argilliti si presentano sovente con un aspetto caotico e/o torbido.

Durante la perforazione la falda è stata rinvenuta a 10.5 m da p.c. È stata eseguita una prova di permeabilità di tipo Lefranc a 5 m da p.c., all'interno del materiale sabbioso, la quale ha restituito un valore di k di 7,189E-06 m/s.



Figura 9-5 - Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro” per la variante 5 (in rosso).

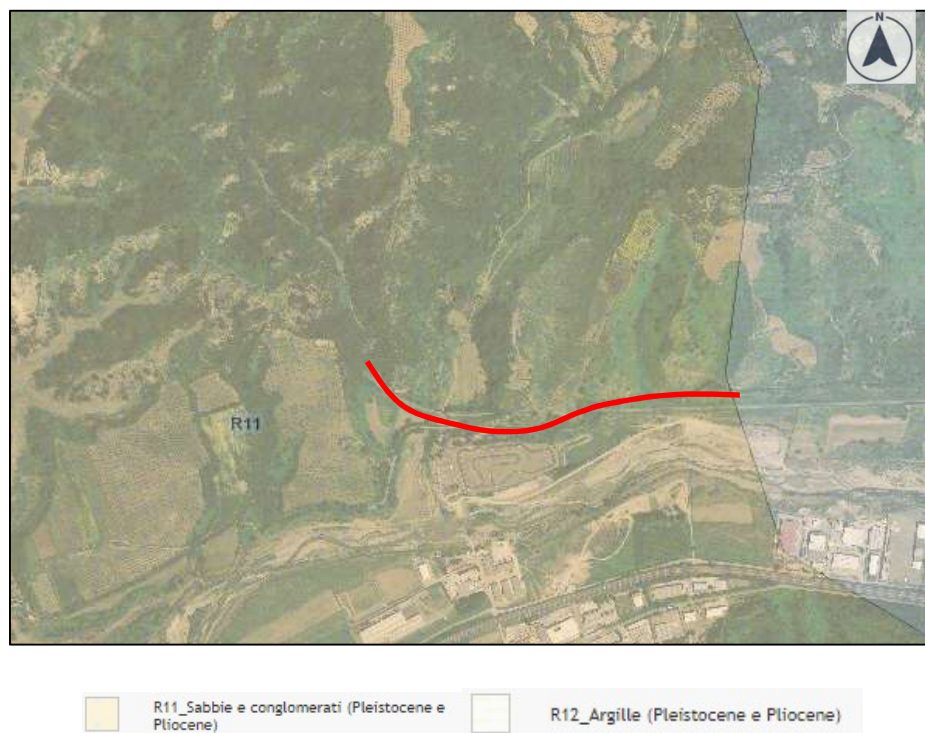


Figura 9-6 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale, per la variante 5

9.3 VARIANTE 6

L'area della variante 6 ricade tra la località di Quote Barile e quella di Massaro. Anche in questo caso, dal punto di vista geologico la cartografia disponibile per tale area è il Foglio 241 “Nicastro” in scala 1:100.000 della Carta Geologica d'Italia (Figura 9-7). Nel settore di interesse, secondo tale cartografia, l'area di variante ricade tra i depositi alluvionali del fiume Amato (a) e le marne e argille azzurre plioceniche (p2a). La cartografia geologica del Geoportale nazionale (Figura 9-8) invece individua solo materiali afferenti alle argille plio-pleistoceniche (R12).

**Relazione geologica, geomorfologica,
 idrogeologica e sismica**

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	64 di 222

Infine, la cartografia geologica regionale individua, lungo il tracciato della variante, sia argille marnose grigio azzurre, sia depositi conglomeratici-sabbiosi terrazzati di ambiente fluviale. Dal punto di vista geomorfologico anche questa variante ricade lungo il fondovalle del Fiume Amato, ai piedi di versanti caratterizzati da estesi fenomeni di instabilità (si rimanda ai paragrafi 10 e 11 per un'analisi più dettagliata dell'area). In prossimità della variante è stato realizzato il sondaggio S08ter, il quale evidenzia il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 0.7 m da p.c. – riporto;
- Da 0.7 a 6.0 m da p.c. – sabbia medio fine, inglobante un trovante tra 3.3 e 3.6 m da p.c.;
- Da 6.0 a 40.0 m da p.c. – argilla limosa.

Sulla variante è stato realizzato il sondaggio SN09/L2, il quale evidenzia il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 2.0 m da p.c. – limo sabbioso e limo argilloso;
- Da 2.0 a 6.4 m da p.c. – sabbia limosa;
- Da 6.4 a 7.8 m da p.c. – argilla limosa;
- Da 7.8 a 10.0 m da p.c. – limo sabbioso;
- Da 10.0 a 30.0 m da p.c. – limo sabbioso argilloso di colore grigio.

Il profilo e la carta geologia della variante 6 sono evidenziati nell'elaborato RC0Y00F69L5GE0001003A.





Figura 9-7 - Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro” per la variante 6 (in rosso).



Figura 9-8 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale, per la variante 6

9.4 VARIANTE 7

L'area della variante 7 ricade presso la località di Massaro. Anche in questo caso, dal punto di vista geologico la cartografia disponibile per tale area è il Foglio 241 “Nicastro” in scala 1: 100.000 della Carta Geologica d'Italia (Figura 9-9). Nel settore di interesse, secondo tale cartografia, l'area di variante ricade tra i depositi alluvionali del fiume Amato (a) e le marne e argille azzurre plioceniche (p2a), al limite, verso est con i conglomerati irregolari (P1c). La cartografia geologica del Geoportale nazionale (Figura 9-8) invece individua solo materiali afferenti alle argille plio-pleistoceniche (R12), al limite verso est con Arenarie ed argille (subordinati calcari ed evaporiti) del Miocene superiore (R18). Infine, la cartografia geologica regionale individua, lungo il tracciato della variante, sia argille marnose grigio azzurre, sia depositi conglomeratici-sabbiosi terrazzati di ambiente fluviale. Dal punto di vista geomorfologico anche questa variante ricade lungo il fondovalle del Fiume Amato, presso un'area di cava

**Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica**COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
RC0Y 00 F 69 RG GE0005 001 B 66 di 222

localizzata all'imbocco di una vallecchia in destra idrografica rispetto al fiume. Presso il tracciato della linea storica, lungo il versante destro della valle, è stato realizzato il sondaggio S09, il quale mostra il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 1.7 m da p.c. – terreno vegetale;
- Da 1.7 a 30.0 m da p.c. – argilla da limosa a debolmente limosa con livelli centimetrici sabbiosi.

Il sondaggio evidenzia dunque la presenza di argille plioceniche sin dalla superficie.

A supporto della fase più recente sono stati realizzati tre sondaggi; il SN11/L2 mostra la seguente stratigrafia:

- Da p.c. a 1.2 m da p.c. – limo argilla e sabbia;
- Da 1.2 a 5.0 m da p.c. – ghiaia di ciottoli poligenici;
- Da 5.0 a 11.0 m da p.c. – limo sabbia e argilla grigio chiaro a scuro.
- Da 11 a 16.4 m da p.c. – argille e limi grigie, compatte.
- Da 16.4 a 19.3 m da p.c. – gessoarenite;
- Da 19.3 a 26.5 m da p.c. – argille e limi con ciottoli e cristalli di gesso;
- Da 26.5 a 30.0 m da p.c. – gessi macrocristallini;
- Da 30.0 a 33.0 m da p.c. – limi e argille con intercalazioni di gessoarenite;
- Da 33.0 a 40.0 m da p.c. – limi e argille grigie, molto consistenti.

Il sondaggio SN13/L2 mostra la seguente stratigrafia:

- Da p.c. a 1.0 m da p.c. – sabbia argilla e ghiaia;
- Da 1.0 a 3.0 m da p.c. – limo argilla e sabbia marroni;
- Da 3.0 a 20.0 m da p.c. – limo e argilla grigie moderatamente consistenti;
- Da 20.0 a 28.0 m da p.c. – limi e argille con intercalazioni di gessoarenite;
- Da 28.0 a 50.0 m da p.c. – limi e argille grigie, molto consistenti.

Il sondaggio SN14/L2 mostra la seguente stratigrafia:

- Da p.c. a 0.75 m da p.c. – limo sabbioso con resti vegetali;
- Da 0.75 a 4.0 m da p.c. – limo sabbioso argilloso giallo ocra;
- Da 4.0 a 8.15 m da p.c. – sabbia fine limosa;
- Da 8.15 a 10.85 m da p.c. – gessi;
- Da 10.85 a 22.0 m da p.c. – limo sabbioso argilloso di colore grigio, compatto;
- Da 22.0 a 30.0 m da p.c. – sabbia fine limosa, con livelli laminati.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	67 di 222



Figura 9-9 - Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro” per la variante 6 (in rosso).

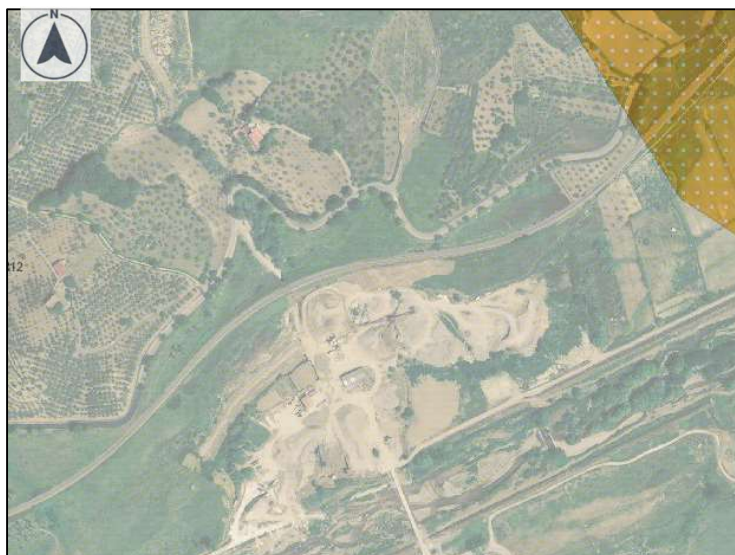



Figura 9-10 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale, per la variante 7

Il profilo geologico-stratigrafico elaborato a partire dalle conoscenze geologiche dell'area e dai dati stratigrafici disponibili è riportato nell'elaborato RC0Y00F69L5GE0001003A e RC0Y00F69FZGE0001012A.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 68 di 222

9.5 VARIANTE 8

L'area della Variante 8 ricade tra gli abitati di Marcellinara e Settingiano. Dal punto di vista geologico si fa riferimento alla cartografia in scala 1:100.000 dell'ISPRA, Foglio 242 "Catanzaro" (Figura 9-11). La cartografia lungo il tracciato della variante individua depositi appartenenti al Complesso gessoso-solfifero, ed in particolare "Conglomerati del gesso" e "gessi". La cartografia geologica del Geoportale nazionale individua materiali appartenenti alla Formazione Gessoso Solfifera (R19). Coerente risulta anche la cartografia geologica regionale, che riporta la presenza di gessi macrocristallini (Mg) oltre che alcune fasce di materiale alluvionale associato all'idrografia attuale. Dal punto di vista geomorfologico l'area ricade presso lo stretto fondovalle del Fiume Fallaco, al piede dei blandi versanti che ne delimitano il corso in direzione SE-NO e presso la confluenza tra il Fosso Dorsano ed il Fiume Fallaco.

Nell'area sono stati eseguiti il sondaggio S53 e SN16/L2. La stratigrafia del sondaggio S53 mostra i seguenti litotipi:

- Da p.c. a 4.4 m da p.c. – argilla limosa con resti vegetali;
- Da 4.4 a 7.0 m da p.c. – gesso cristallino;
- Da 7.0 a 23.0 m da p.c. – argilla marnosa con clasti di gesso;
- Da 23.0 a 27.3m da p.c. – gesso cristallino;
- Da 27.3 a 30.0 m da p.c. –marna argillosa con clasti di gesso;

La stratigrafia del sondaggio SN16/L2 mostra i seguenti litotipi:

- Da p.c. a 4.2 m da p.c. – argilla e limi;
- Da 4.2 a 8.0 m da p.c. – gesso macrocristallino;
- Da 8.0 a 30.0 m da p.c. – argille e limi con clasti di gesso e livelli di gessoareniti;

La carta geologica e il profilo della variante 8 sono rappresentati negli elaborati RC0Y00F69L5GE0001004A e RC0Y00F69FZGE0001013A.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	69 di 222



Figura 9-11 - Stralcio (non in scala) del foglio 242 "Catanzaro" per la variante 8 (in rosso).



Figura 9-12 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale, per la variante 8.

9.6 VARIANTE 9

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 70 di 222

L'area della Variante 8 ricade presso Settingiano. Dal punto di vista geologico si fa riferimento alla cartografia in scala 1:100.000 dell'ISPRA, Foglio 242 "Catanzaro" (Figura 9-11). La cartografia lungo il tracciato della variante individua depositi appartenenti al Complesso gessoso-solfifero, ed in particolare "Conglomerati del gesso" e "gessi". La cartografia geologica del Geoportale nazionale individua materiali appartenenti alla Formazione Gessoso Solfifera (R19). La cartografia geologica regionale invece localizza il tracciato della variante lungo una zona di contatto tra formazione gessoso solfifera, localizzata lungo il versante destro della valle, sormontata da depositi alluvionali attuali e da depositi di versante, e di conglomerati poligenici in matrice sabbiosa (Mc) lungo il versante opposto. Dal punto di vista geomorfologico l'area ricade presso lo stretto fondovalle del Fiume Fallaco, al piede dei blandi versanti che ne delimitano il corso in direzione SE-NO.

La stratigrafia del sottosuolo lungo il tracciato della variante viene descritta sulla base del sondaggio di nuova realizzazione S10, e di un sondaggio bibliografico denominato S38.

Il sondaggio S10 individua il seguente profilo stratigrafico:

- Da p.c. a 2.3 m da p.c. – Sabbia medio-fine ghiaiosa e terreno vegetale;
- Da 2.3 a 3.9 m da p.c. – sabbia limosa;
- Da 3.9 a 30.0 m da p.c. - Alternanze decimetriche di conglomerati e breccie a struttura clastica, in matrice sabbioso-limosa, da poco fratturati a fratturati, localmente sciolti.

Il sondaggio S38, al di sotto di 0.5 m di terreno vegetale, individua:

- sino a 5.3 m da p.c. sabbia eterometrica con ghiaia.
- Da 5.3 a 7.7 m da p.c. ghiaia con sabbia grossa debolmente limosa, molto umida, di colore grigio scuro. Si ritiene che tale materiale possa essere ascritto o alla parte basale della formazione pleistocenica o al membro sommitale della formazione gessoso-solfifera.
- Da 7.7 a 10.0 m da p.c Argilla siltosa dura, stratificata, debolmente umida, grigio scura con screziature marroni. Presenti intercalazioni millimetriche di sabbia fine debolmente limosa. Tali materiali possono essere ascritti al membro intermedio della formazione gessoso solfifera (argille grigio azzurre).

Per la caratterizzazione del versante in frana cartografato nell'area sono stati eseguiti i sondaggi BH03, SN17/L2 e SN18/L2, dei quali si riportano le descrizioni stratigrafiche.

Il sondaggio BH03, strumentato con un inclinometro, ha mostrato la seguente stratigrafia:

- Da p.c. a 4.6 m da p.c. – argilla limosa debolmente sabbiosa con clasti poligenici;
- Da 4.6 a 40.0 m da p.c. – argilla marnosa grigiastra, con livelli arenacei.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 71 di 222

Il sondaggio SN17/L2, ha mostrato la seguente stratigrafia:

- Da p.c. a 5.0 m da p.c. – argilla e limo con clasti poligenici;
- Da 5.0 a 12.0 m da p.c. – argilla e limo con livelli sabbiosi;
- Da 12.0 a 16.5 m da p.c. – alternanze decimetriche di argilla grigio azzurra, clasti poligenici, trovanti di gneiss e graniti, conglomerato;
- Da 16.5 a 30.0 m da p.c. – argilla grigio azzurra molto compatta con una lente di conglomerato.
-

Il sondaggio SN18/L2, ha mostrato la seguente stratigrafia:

- Da p.c. a 2.0 m da p.c. – argilla e limo con clasti poligenici;
- Da 2.0 a 5.7 m da p.c. – argilla limo e sabbia marrone con livello di conglomerato;
- Da 5.7 a 30.0 m da p.c. – argilla grigio azzurra molto compatta con livelli centimetrici di sabbia fine.

Il profilo geologico-stratigrafico elaborato a partire dalle conoscenze geologiche dell'area e dai dati stratigrafici disponibili è riportato negli elaborati RC0Y00F69L5GE0001004A e RC0Y00F69FZGE0001014A.

La stesa di sismica a rifrazione realizzata lungo il tracciato per una lunghezza di circa 200 m (si veda a tal proposito il paragrafo 12) ha individuato uno spessore di circa 10-15 m di materiale caratterizzato da basse velocità delle onde S e P, probabilmente facente parte di una coltre di materiale proveniente dal versante in destra idrografica.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	72 di 222



Figura 9-13 - Stralcio (non in scala) del foglio 242 “Catanzaro” per la variante 9 (in rosso).

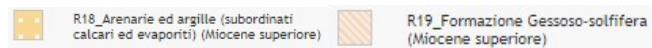
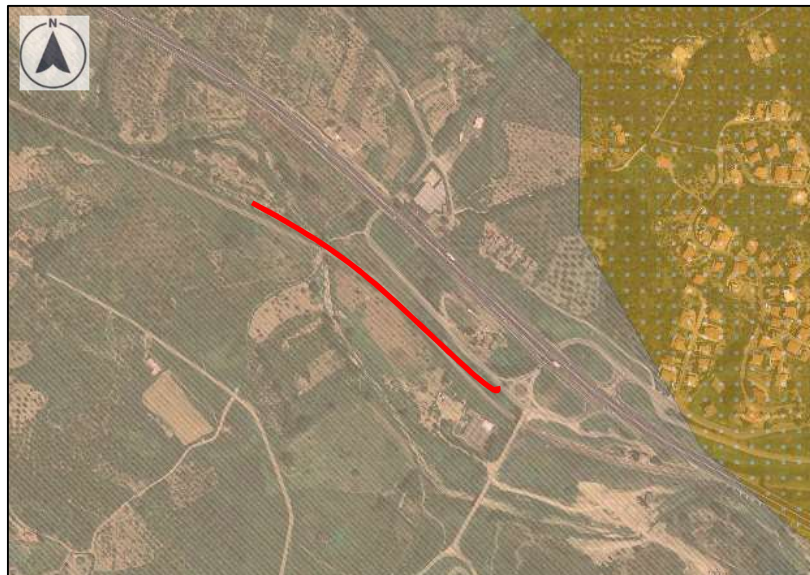



Figura 9-14 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale, per la variante 9.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 73 di 222

10 ANALISI DELLE CRITICITA' DI CARATTERE GEOMORFOLOGICO

Per quanto concerne i rischi di natura geologico-geomorfologica è stata analizzata la cartografia tematica resa disponibile dal Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (PAI) della Regione Calabria del 2016, sul sito web:

http://old.regione.calabria.it/abr/index.php?option=com_content&task=view&id=504&Itemid=330),

facendo riferimento alle "Norme di Attuazione e Misure di Salvaguardia" (Aggiornamento: Delibera del C.I. n. 3 del 11/04/2016), reperibili al sito sopracitato, ed alla relativa cartografia di pericolosità e di rischio.

In particolare, si riporta parte del testo che definisce i contenuti del PAI.

10.1 ANALISI DELLA CARTOGRAFIA

Per quanto concerne i rischi di natura geologico-geomorfologica è stata analizzata la cartografia del 2016 resa disponibile dal PAI della Regione Calabria, nonché la cartografia pubblicata sul Geoportale Nazionale. L'analisi di tale cartografia ha consentito di individuare a priori le aree di variante potenzialmente coinvolte da fenomeni gravitativi al fine di approfondire l'attuale assetto geomorfologico tramite rilievo di dettaglio in campo (paragrafo 11) ed indagine geognostica /geofisica di verifica (paragrafo 12).

In particolare, la cartografia qui di seguito stralciata per ciascuna area di variante è quella relativa alla pericolosità geomorfologica pubblicata, come detto, dal PAI della Regione Calabria; essa deriva dall'inventario dei fenomeni franosi pubblicato per il progetto IFFI. Le aree sono state ulteriormente verificate tramite il Geoportale Nazionale, portale che unifica la cartografia tematica relativamente a tutto il territorio nazionale e fornisce una classificazione per tipologia di fenomeno.

10.1.1 Cartografia della pericolosità geomorfologica

10.1.1.1 Variante 10

Curva 07

La curva 07 non risulta in prossimità di fenomeni gravitativi e aree a pericolosità geomorfologica segnalate dal PAI.



Figura 10-1 – Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all’area comprendente la curva 07 della variante 10.

Curva 08

La curva 08 risulta localizzata in prossimità di un’area classificata dal API a pericolosità geomorfologica molto elevata (P4). L’area risulta classificata dal Inventario dei fenomeni franosi come una frana di scorrimento attiva; essa è oggetto di approfondimento nei successivi paragrafi dedicati.



Figura 10-2 - Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all’area comprendente la curva 08 della variante 10.



Figura 10-3 – Immagine aerea sovrapposta alla cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all’area comprendente la curva 08 della variante 10.

Curve 09, 10, 11

Le curve 09, 10 e 11 non risultano in prossimità di fenomeni gravitativi e aree a pericolosità geomorfologica segnalate dal PAI (Figura 10-4).



Figura 10-4 - Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area comprendente le curve 09, 10 e 11 della variante 10.

Curve 18 e 19

Le curve 18 e 19 non risultano in prossimità di fenomeni gravitativi e aree a pericolosità geomorfologica segnalate dal PAI.



Figura 10-5 - Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area comprendente le curve 18 e 19 della variante 10.

10.1.1.2 Variante 5

La variante 5 risulta intersecare la fascia classificata a pericolosità geomorfologica molto elevata (P4) relativa al Torrente Cannello (Figura 10-6), laddove nel 2011 il ponte sul torrente è crollato a causa dello scalzamento delle

fondazioni delle pile operata dal torrente stesso. L'area viene classificata dall'Inventario Nazionale dei fenomeni franosi come "frana di crollo attiva".

La seconda parte della variante, in direzione Settingiano, ricade invece in un'area classificata a pericolosità elevata (P3), corrispondente, secondo la banca dati nazionale dei fenomeni franosi, ad un'area soggetta a "frane superficiali diffuse". Le due aree sono oggetto di approfondimento nei paragrafi seguenti.

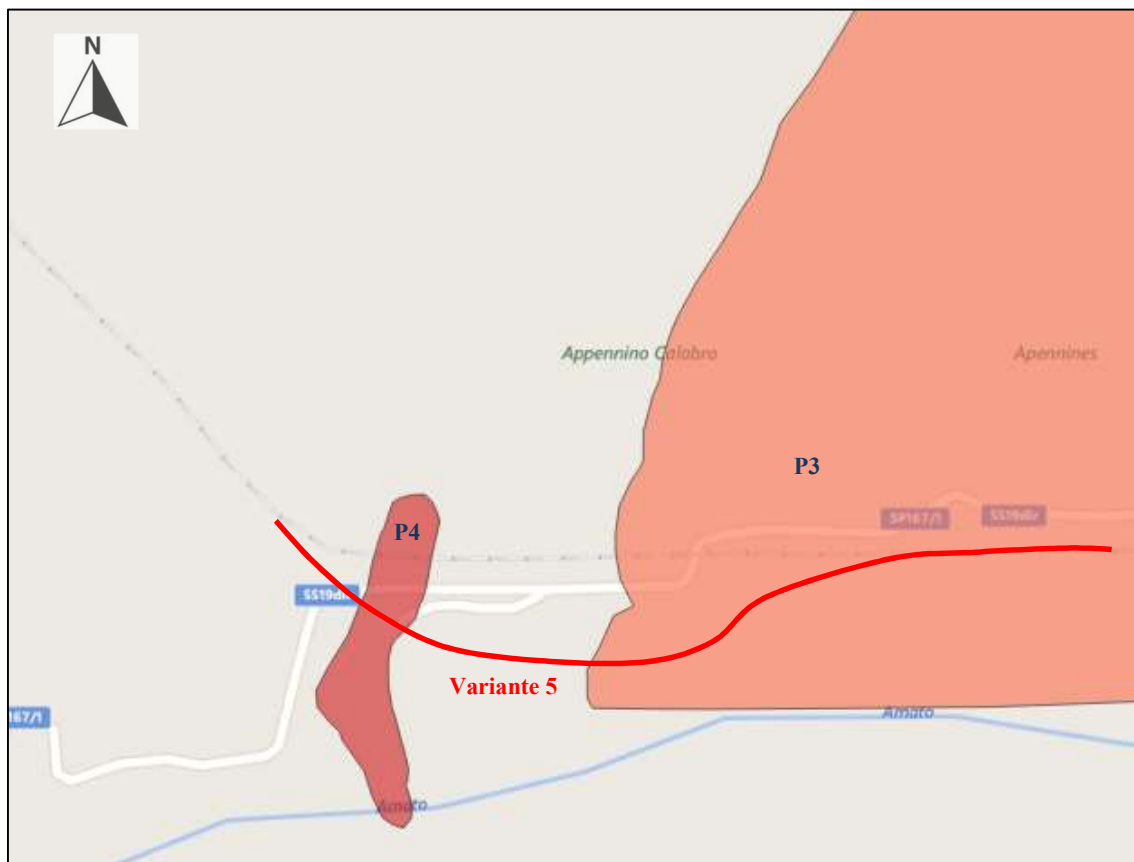


Figura 10-6 - Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area comprendente la variante 5. In rosso la variante in progetto.

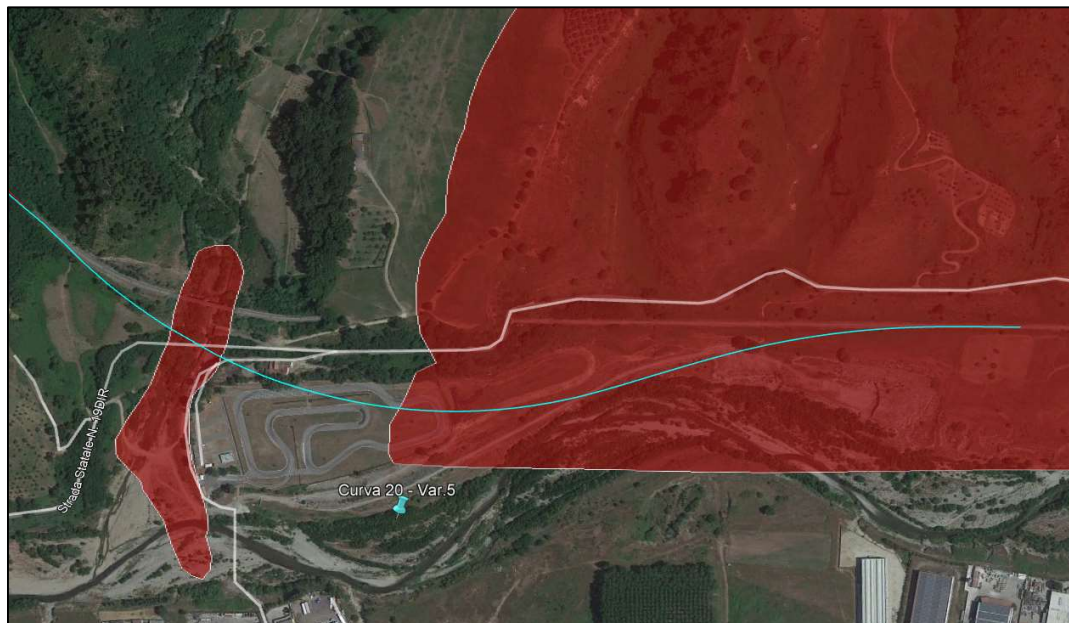


Figura 10-7 – Immagine aerea sovrapposta alla cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area comprendente la variante 5.

10.1.1.3 Variante 6

La variante 6, analizzando la cartografia tematica PAI della pericolosità idraulica, non interseca alcuna area potenzialmente fonte di criticità geomorfologica (Figura 10-9). Alcune vaste aree a pericolosità da media (P2) ad elevata (P3), sono localizzate lungo i versanti in sponda destra e sinistra del Fiume Amato, a distanze dalla linea ferroviaria oggetto di variante superiori ai 300 m.



Figura 10-8 - Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area comprendente la variante 6. In rosso la variante in progetto.

10.1.1.4 Variante 7

Anche la variante 7, posta lungo la medesima valle della precedente variante, non interseca alcuna area potenzialmente fonte di criticità geomorfologica (Figura 10-9). Essa tuttavia risulta, nella parte terminale in direzione Settingiano, piuttosto prossima ad un versante classificato a pericolosità elevata (P3).

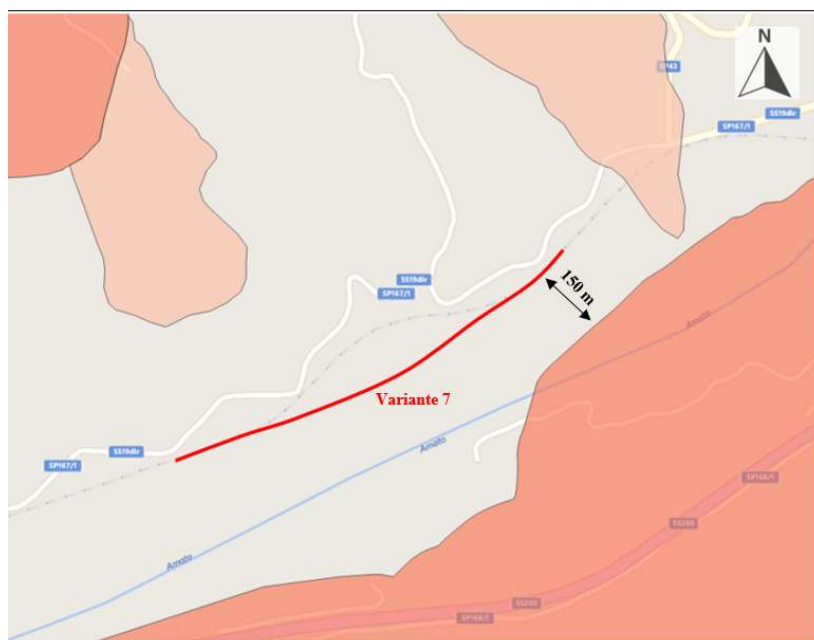


Figura 10-9 - Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area comprendente la variante 6 e la variante 7. In rosso le varianti in progetto.

10.1.1.5 Variante 8

L'area della variante 8 risulta posizionata in una zona non classificata a pericolosità geomorfologica; l'estesa area di versante classificata a pericolosità elevata (P3) visibile in Figura 10-10 risulta posta alcune centinaia di metri a valle della variante.



Figura 10-10 - Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area della variante 8 (in rosso).

10.1.1.6 Variante 9

Il tracciato della variante 9 interseca un'ampia area di versante classificata a pericolosità elevata (P3). Tale area viene classificata dall'inventario dei fenomeni franosi come frana di tipo "complesso".

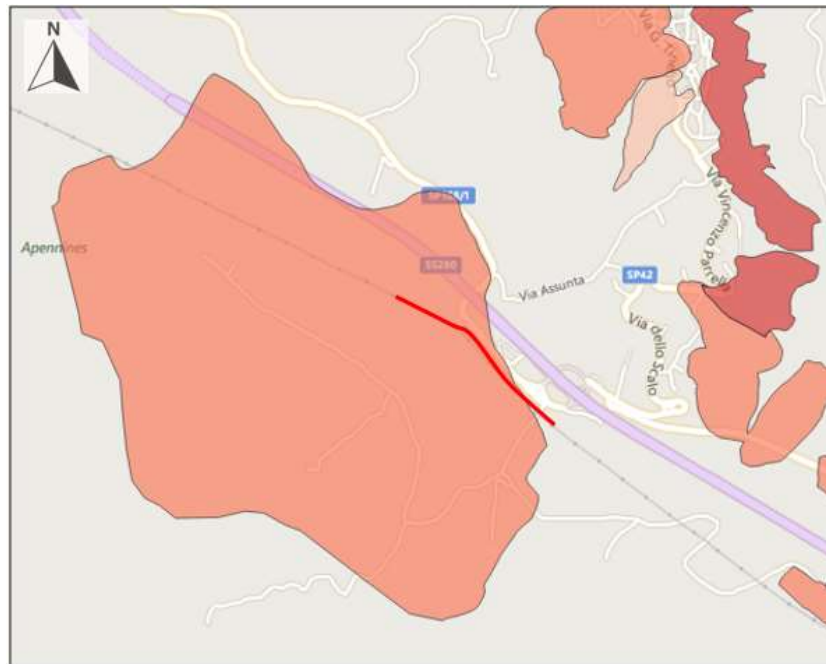


Figura 10-11 - Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area della variante 9 (in rosso).

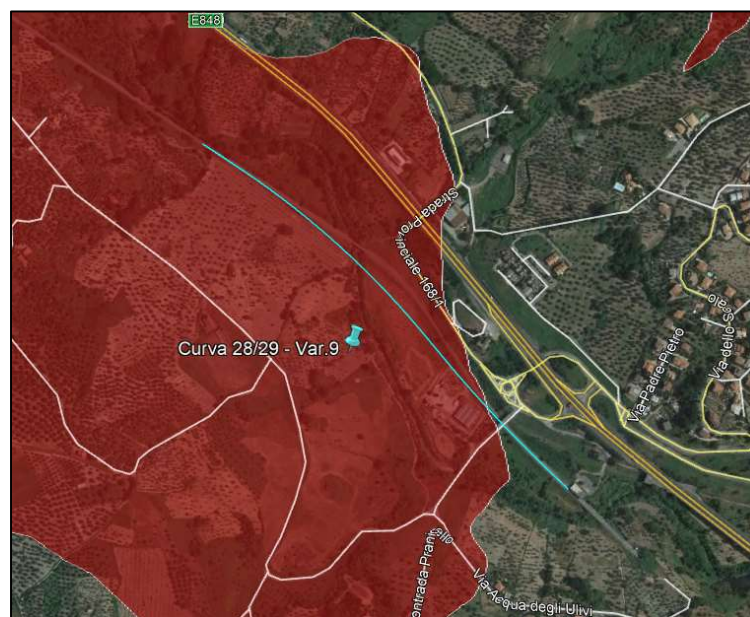


Figura 10-12 – Immagine aerea sovrapposta alla cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area comprendente la variante 5.

10.1.2 Analisi della cartografia della pericolosità e del rischio idraulico

Nel presente paragrafo viene riportata la cartografia redatta dall'Autorità di Bacino della Regione Calabria della pericolosità idraulica per le aree ove ricadono le varianti in progetto. La cartografia in particolare riporta le 3 categorie di pericolosità ovvero:

- P1 bassa
- P2 media,
- P3 elevata

10.1.2.1 Variante 10, curve 07-08-09-10-11

Per quanto concerne la variante 10, si evidenzia che:

- La curva 7 non interseca fasce a pericolosità idraulica;
- La curva 8 interseca per circa 100 m una fascia a pericolosità elevata P3;
- La curva 9 non interseca fasce a pericolosità idraulica;
- La curva 10 risulta in prossimità di una stretta fascia a pericolosità P3;
- La curva 10 interseca la fascia a pericolosità elevata relativa al Fosso Cardolo.



Figura 10-13 - Stralcio della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016) per la variante 10, curve 7, 8, 9.

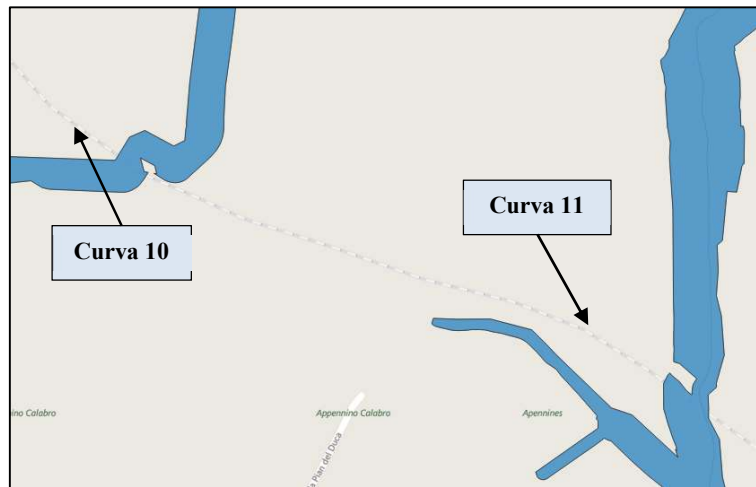


Figura 10-14 - Stralcio della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016) per la variante 10, curve 10, 11.

10.1.2.2 Variante 10, curve 18-19

Per quanto concerne la variante 10, si evidenzia che:

- Le curve 18 e 19 ricadono entrambe nell'area classificata a pericolosità elevata (P3) relativa alla Valle Drema.

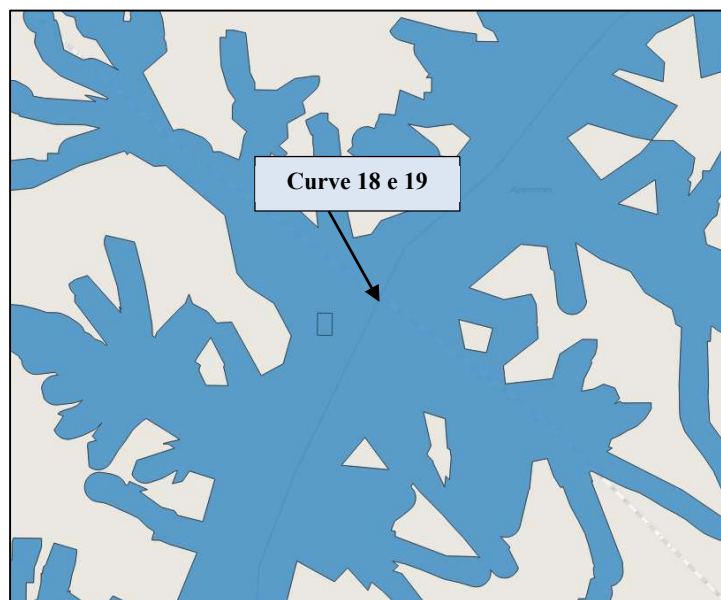


Figura 10-15 - Stralcio della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016) per la variante 10, curve 18 e 19.

10.1.2.3 Variante 5

L'area della variante 5 interseca le fasce classificate pericolosità elevata (P3) relative al Torrente Cannello. Essa inoltre interseca alcuni impluvi classificati a pericolosità elevata affluenti del Fiume Amato.



Figura 10-16 - Stralcio della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016) per la variante 5.

10.1.2.4 Variante 6

Anche nel caso della variante 6, il tracciato in progetto interseca alcuni impluvi classificati a pericolosità elevata affluenti del Fiume Amato.



Figura 10-17 - Stralcio della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016) per la variante 6.

10.1.2.5 Variante 7

L'area della variante 7 interseca anche in questo caso, impluvi lungo il versante destro della valle del Fiume Amato classificati a pericolosità elevata (P3).

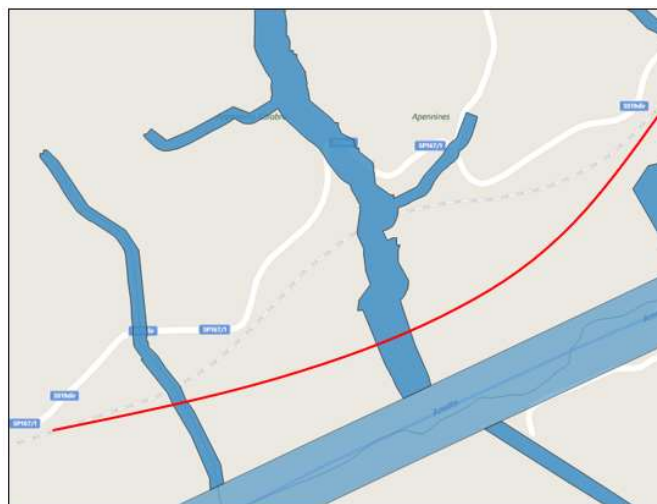


Figura 10-18 - Stralcio della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016) per la variante 7.

10.1.2.6 Variante 8

L'area della variante 8 interseca le fasce classificate a pericolosità elevata (P3) relative al Fiume Fallaco in fondovalle ed all'affluente proveniente dal versante sinistro della valle, Torrente Dorsano.

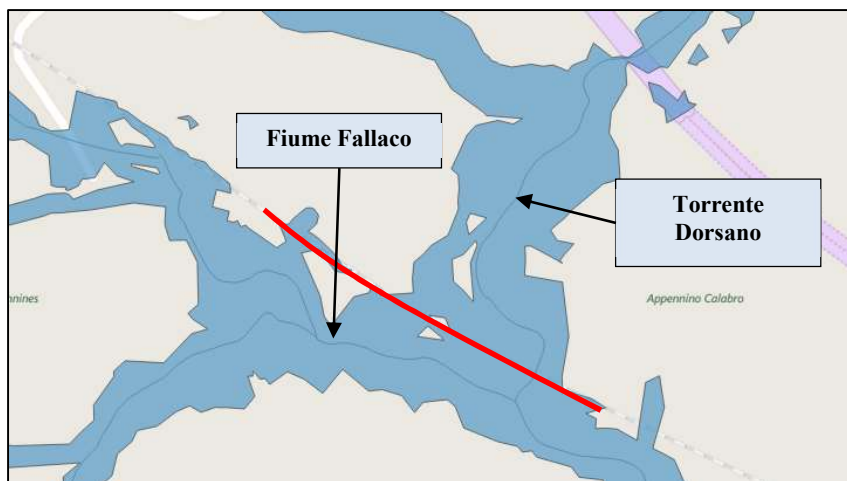


Figura 10-19 - Stralcio della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016) per la variante 8

10.1.2.7 Variante 9

L'area della variante 9 interseca, lungo il fondovalle, l'ampia fascia a pericolosità elevata relativa al Fiume Fallaco ed alle vallecole affluenti provenienti dal versante sinistro della valle.

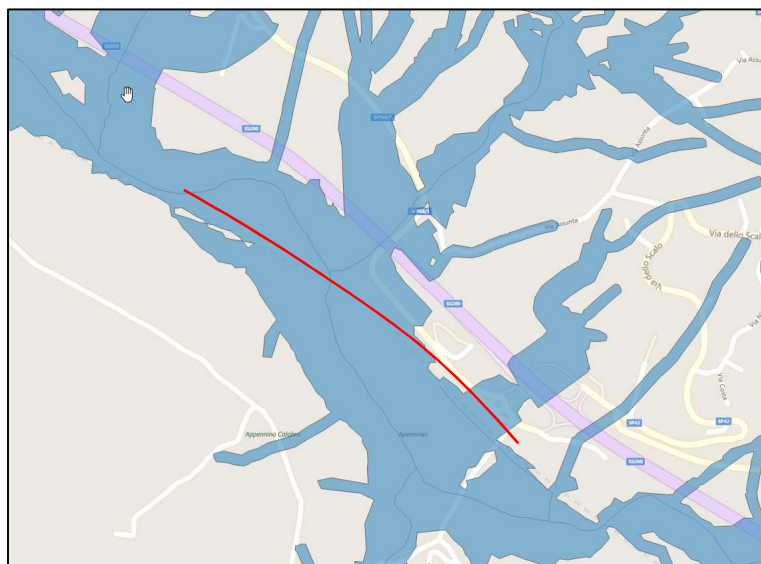


Figura 10-20 - Stralcio della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016) per la variante 9



Figura 10-21 – Alveo del Fiume Fallaco presso la variante 9.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 87 di 222

11 RILIEVO GEOMORFOLOGICO DELLE AREE DI VARIANTE

A valle dell'individuazione di alcune aree potenzialmente coinvolte in fenomeni gravitativi di versante tramite l'analisi della cartografia PAI (riportata nel paragrafo precedente) è stato eseguito un rilievo geomorfologico di campo atto a verificare lo stato attuale delle morfologie cartografate. Per completezza sono state oggetto di verifica anche le aree di variante non ricadenti in zone cartografate dal PAI come potenzialmente affette da criticità.

L'obiettivo del rilievo di campo è stato quello di evidenziare eventuali problemi di instabilità idrogeologica e geomorfologica al fine di sviluppare le corrette metodologie di intervento e la progettazione di opportune opere di salvaguardia della tratta e delle sue pertinenze. La presente relazione è stata anche completata con le risultanze del sopralluogo di monitoraggio eseguito a fine novembre del 2020 e delle indagini eseguite nel 2021.

A valle del rilevamento di campo è stata prodotta una cartografia geologico-geomorfologica generale in scala 1:25.000 lungo tutta la tratta, ed una cartografia geologico-geomorfologica di dettaglio per le aree di variante in scala 1: 5.000. Inoltre, per migliorare la comprensione del profilo geologico-geomorfologico in scala 1:5.000 è stato redatto il profilo di dettaglio in scala 1:2.000 delle varianti, così come le sezioni trasversali 1:500 di alcune tratte interessate da dissesti che richiedevano un ulteriore approfondimento.

11.1 VARIANTE 10, CURVE 07 E 08 PRESSO "CONTRADE RICHETTI-GACCIA"

Segmento di 1,6 Km nelle contrade di Richetti e Gaccia, nel comune di Lamezia Terme, sviluppato parzialmente in trincea sulle sabbie conglomeratiche quaternarie in condizione di moderato pendio ed in rilevato a mezza costa, alla base di una scarpata formata da scisti filladici. Il tratto a bassa pendenza non evidenzia criticità; invece sul tratto in pendio si evidenziano zone di erosione superficiale piuttosto intensa con arretramento localizzato dell'orlo della scarpata. Si tratta di una scarpata strutturale modellata sugli scisti paleozoici dalla faglia bordiera "graben di Catanzaro" (faglia "Gizzeria-Nicastro-Pianopoli-Marcellinara") sulla quale si sviluppano processi erosivi a causa della mancata regimazione delle acque di ruscellamento superficiale e si formano localizzate zone di accumulo di coltri eluvio-colluviali soggette a soliflusso.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	88 di 222

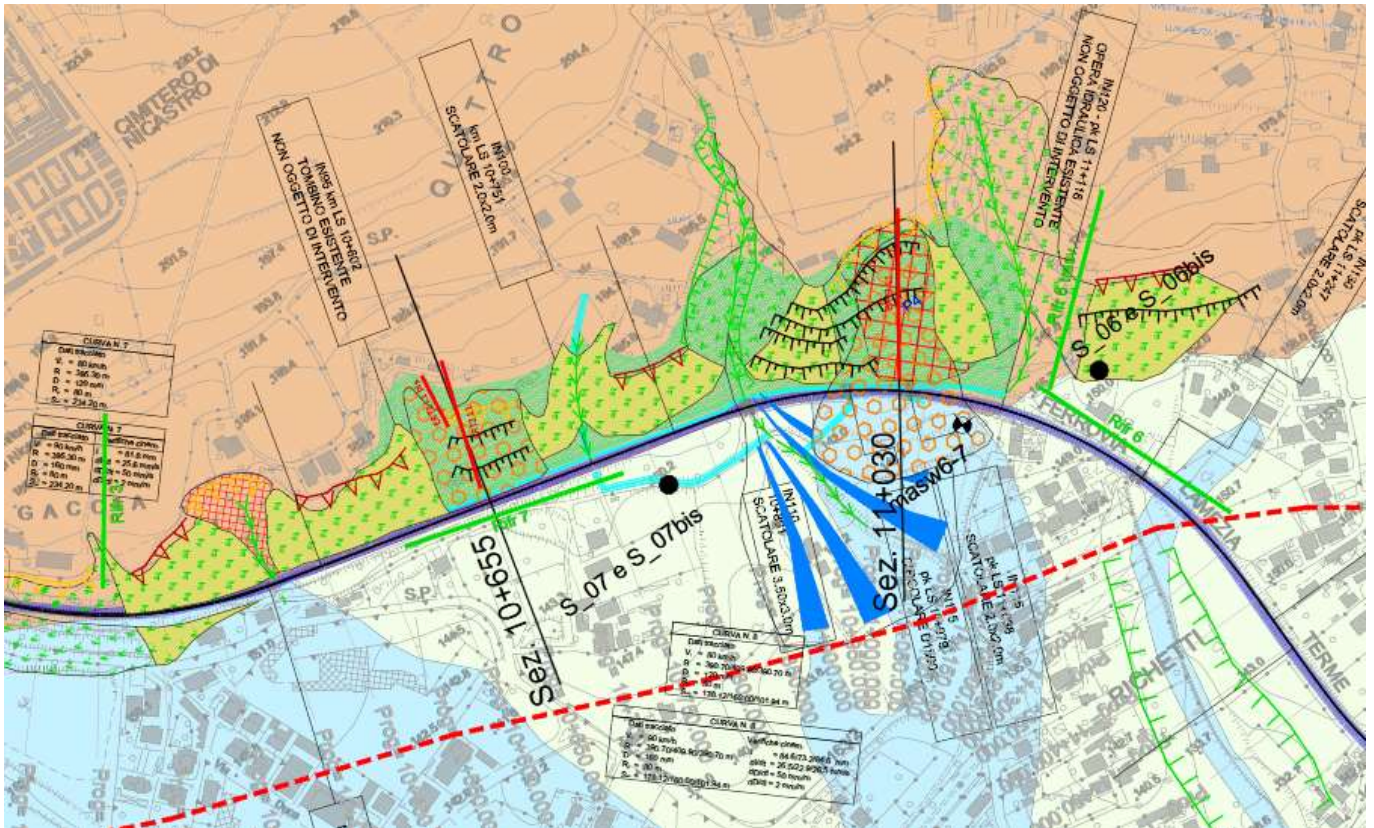


Figura 11-1 – Variante 10, curva 8, immagine estratta da elaborato RC0Y00F69L5GE0001001A.

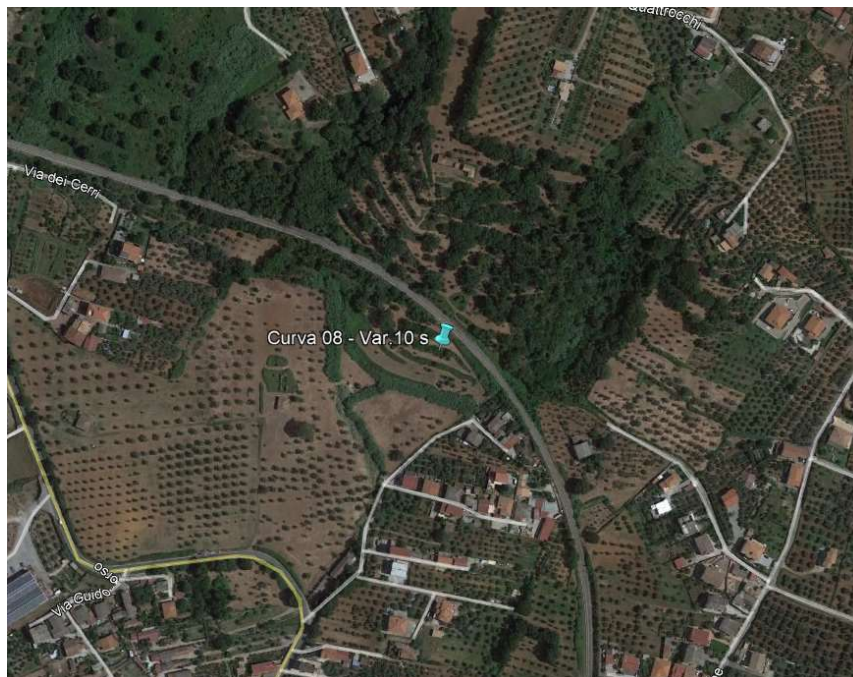


Figura 11-2 – Variante 10, curva 8, immagine aerea

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	89 di 222



Figura 11-3 - Piccolo colamento dovuto al ruscellamento delle acque superficiali, nei pressi del Cimitero di Nicastro.

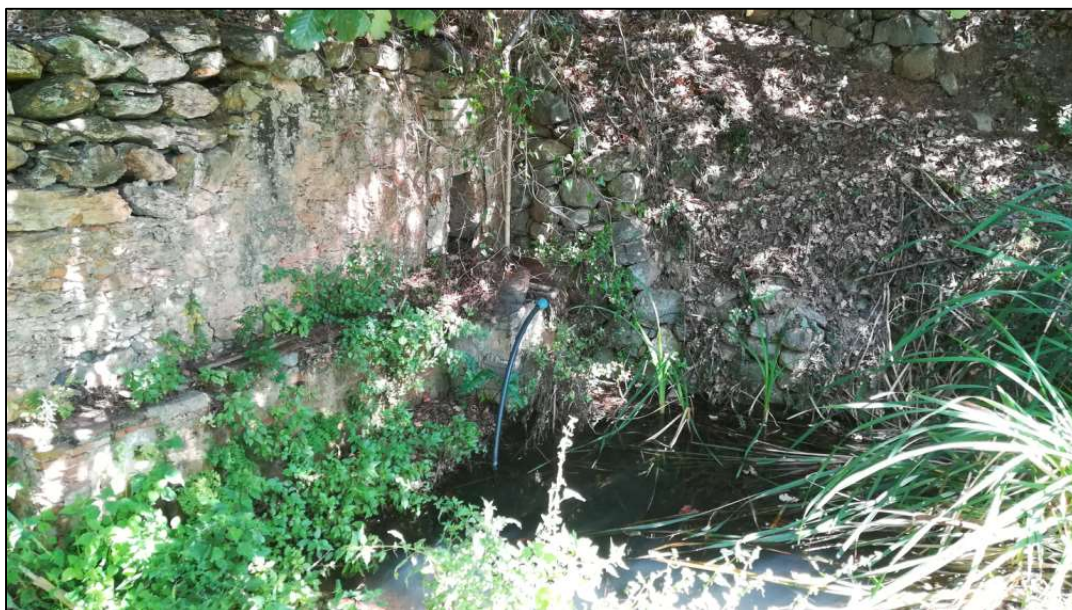


Figura 11-4 - Vasca di raccolta di acqua piovana alla base del pendio adiacente alla ferrovia.

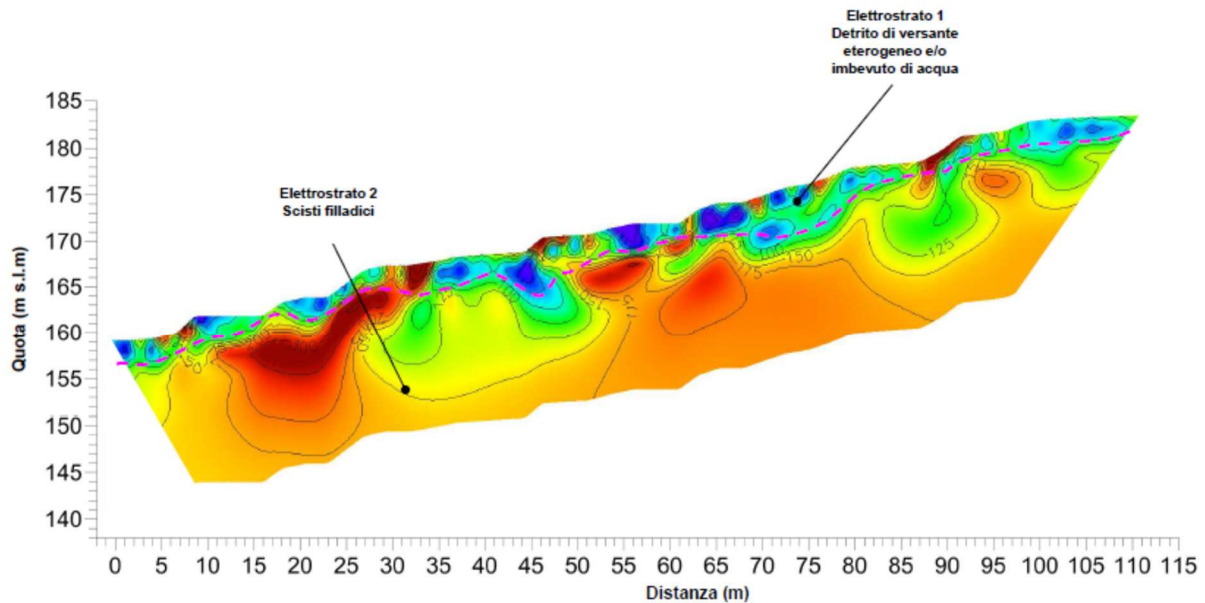
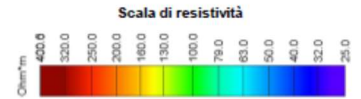


Figura 11-5 - Trincea con pareti in terra; nel tratto a bassa pendenza le scarpate sono dotate di antiersivo e reti in aderenza.

L'area è stata oggetto di approfondimento, effettuando una nuova fase di rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio, con l'obiettivo di monitorare l'evoluzione nel tempo dei processi geomorfologici che interessano il versante, e realizzando un'indagine geofisica (ERT) mirata alla definizione della geometria del deposito detritico e di coltri eluvio colluviali che arriva a contatto con l'opera ferroviaria.

Tale approfondimento ha permesso di definire con maggiore dettaglio le zone con potenziale criticità, redigendo anche 2 sezioni trasversali, ubicate alla progressiva Km 10+655 e Km 11+030. Tali sezioni sono state basate sul rilevamento geologico-geomorfologico di dettaglio e sulle linee di geoelettrica (ERT), potendo così definire gli spessori dei materiali interessati.

Per quanto riguarda l'area ubicata alla progressiva Km 10+655, le nuove indagini confermano la presenza di un deposito costituito da materiale eluvio colluviale soggetto a solifluzione. Le linee geofisiche ERT 2/L1 (Figura 11-6) e ERT 2bis/L1 evidenziano uno spessore del deposito che va da 2 metri in prossimità della ferrovia, mentre nella porzione più distale (70-80 metri) può arrivare ad uno spessore di 5 metri.

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT 2/L1
ERT 2/L1

Figura 11-6 – Linea geoelettrica ERT 2/L1.

Nell'area della sezione ubicata al Km 11+030 il rilevamento ha permesso di confermare la presenza del deposito detritico formatosi a seguito di una frana di tipo complesso. Come si evince dalla Figura 11-7, l'attuale linea ferroviaria è stata costruita scavando la porzione superficiale del deposito, formato da una matrice di sabbia limosa rossastra con clasti di varie dimensioni (evidente sul lato sinistro della fotografia), che, quindi, può essere considerato di età precedente all'opera ferroviaria. La porzione finale della curva 8 è stata oggetto di stabilizzazione, con la costruzione di un muro di sostegno ubicato a ridosso del deposito detritico (Figura 11-8).

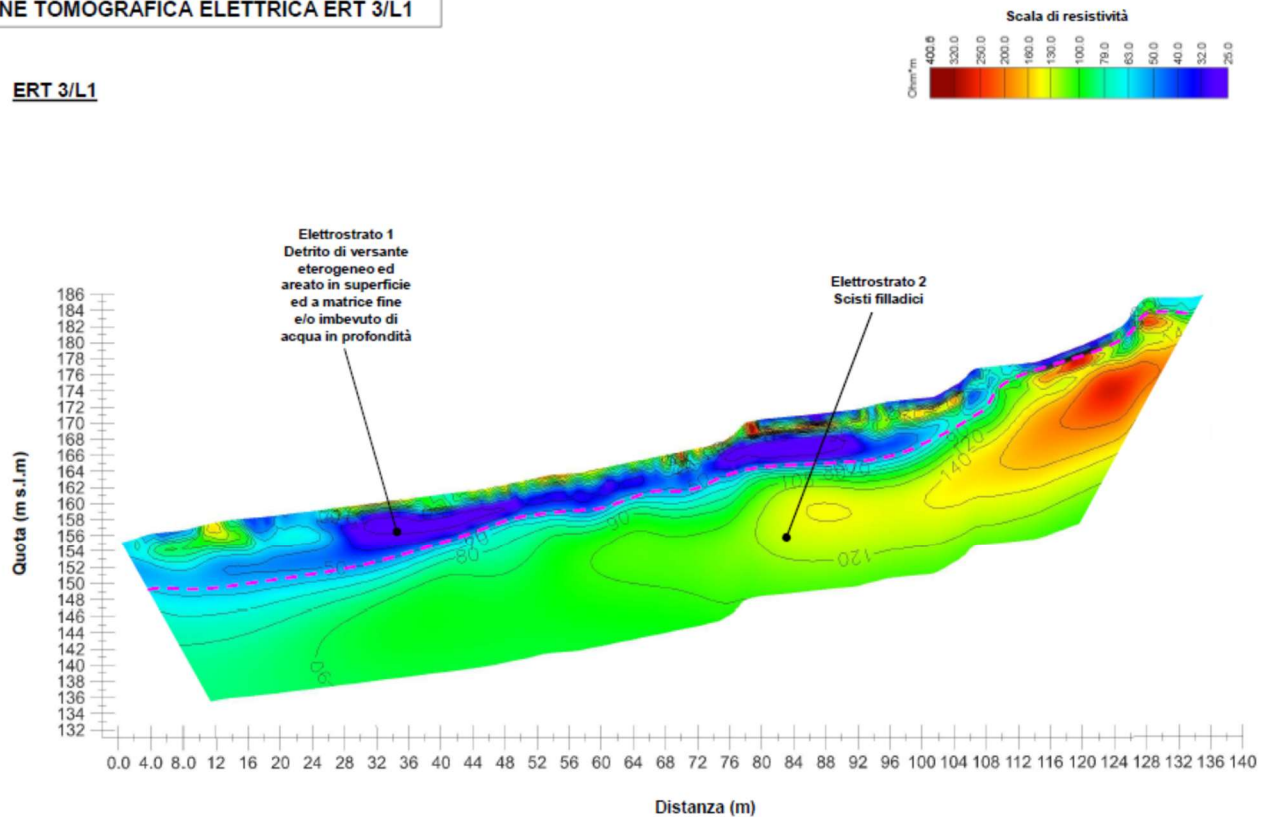


Figura 11-7 – Variante 10, curva 08. L'attuale linea ferroviaria è stata costruita scavando una trincea nel deposito colluviale.



Figura 11-8 – Variante 10, curva 08. Dettaglio del muro di sostegno costruito a ridosso del deposito detritico.

In corrispondenza del deposito oggetto di approfondimento è stata acquisita la linea geoelettrica ERT 3/L1 (Figura 11-9), che evidenzia la presenza del deposito detritico, con uno spessore massimo che raggiunge 7 metri circa. La diminuzione dei valori di resistività alla base del deposito detritico, al contatto con gli scisti filladici (di minore permeabilità), suggerisce un aumento di saturazione alla base del deposito stesso.

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT 3/L1
ERT 3/L1

Figura 11-9 – Linea geoelettrica ERT 3/L1.

Le evidenze di campo raccolte durante l'integrazione del rilevamento geologico-geomorfologico hanno evidenziato segnali di instabilità superficiale, associate a movimenti di soliflussione.

L'intero corpo di frana, quindi, può essere considerato inattivo, visto che al momento del sopralluogo non si rilevano evidenti segnali di riattivazione che interessino l'opera ferroviaria e per la presenza di un'opera di stabilizzazione. Rimane ancora soggetta a soliflussione la sua porzione superficiale, così come rappresentato negli elaborati.

Nell'area sono state realizzate indagini geofisiche di sismica a rifrazione nella campagna del febbraio 2020 che sono state utilizzate per la definizione del modello generale ma che si considerano meno significative per la definizione del modello geologico lungo la sezione trasversale.

Vista la tipologia dei depositi che costituiscono l'area è anche importante segnalare la diffusa presenza di acqua superficiale in ristagno, a ridosso del rilevato ferroviario, dovuta ad una inadeguata regimazione delle acque superficiali. La circolazione idrica nelle coltri superficiali a contatto con gli scisti filladici rappresenta uno dei fattori di maggiore pericolosità per l'area.

11.2 VARIANTE 10, CURVE 9, 10, “CONTRADA GABELLA CARDOLO”

Tratto di poco più di 1 Km di lunghezza, impostato su sabbie conglomeratiche quaternarie e sui sedimenti messi in posto dal Torrente Zangarona in un’area di conoide. Le principali criticità riguardano l’erosione del suolo in prossimità delle scarpate per mancanza di regimazione delle acque di ruscellamento superficiali.

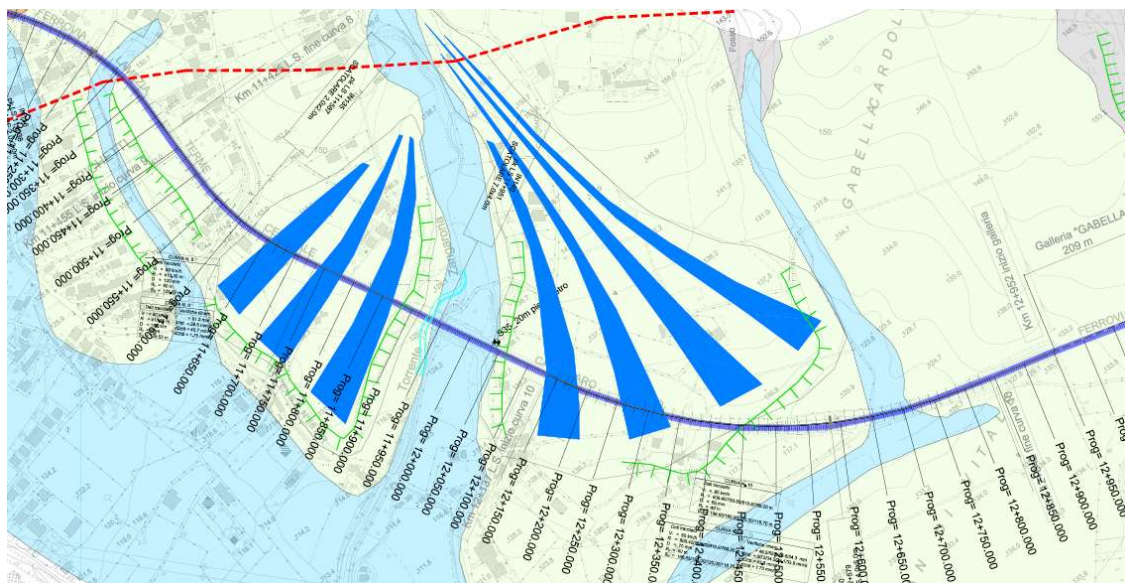


Figura 11-10 – Area della variante 10, immagine estratta da elaborato RC0Y00F69L5GE0001001A.

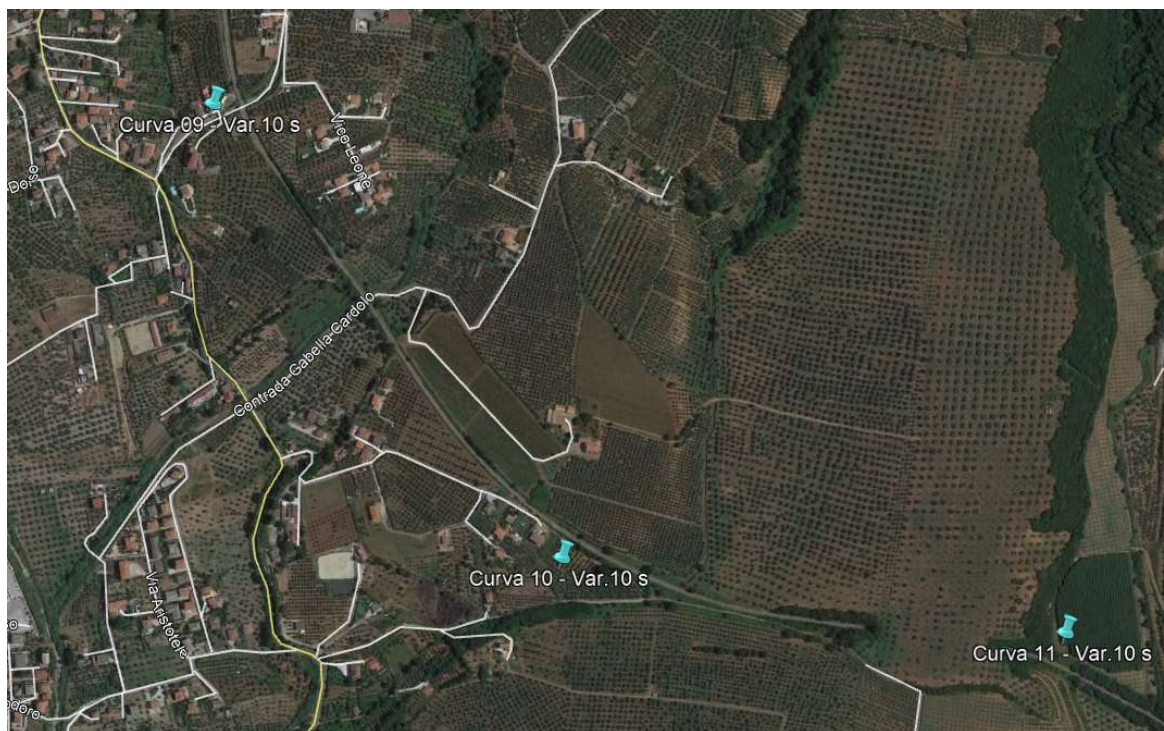


Figura 11-11 – Immagine aerea dell’area di variante 10, curve 9, 10, 11.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	95 di 222



Figura 11-12 - Ampie superfici inclinate prive di regimazione dell'acqua meteorica. La modesta pendenza non induce fenomeni erosivi di particolare rilievo.



Figura 11-13: Localmente il rilevato della ferrovia risulta soggetto ad erosione.

11.3 VARIANTE 10, CURVE 18 E 19 PRESSO “CONTRADA NUNNO S. BASILIO”

Breve tratto a cielo aperto tra due gallerie, all’interno di una valle che ospita un corso d’acqua stagionale affluente del Fiume Amato. Il fondovalle è occupato da sedimenti trasportati dal corso d’acqua ed i versanti sono composti di sabbie e argille plioceniche predisposte a fenomeni di erosione e di instabilità superficiale. Gli impluvi che sovrastano gli imbocchi delle gallerie, anche se abbastanza vegetati, risultano molto acclivi e soggetti ad instabilità del tipo frane di colamento rapido di terra e detrito entro i principali impluvi. Per mitigare il rischio generato da tali colamenti, infatti, gli imbocchi delle due gallerie nella valle sono prolungati adeguatamente in modo da proteggerli da eventuali eventi improvvisi.

Al lato dell’imbocco della Galleria Pianopoli si rileva la presenza di un corpo di frana per scorrimento stabilizzato, che è anche stato oggetto di mitigazione, con un rimodellamento che lo ha ridotto, eliminando la porzione di detrito accumulata a ridosso del piano ferroviario (Figura 11-16 e Figura 11-17).

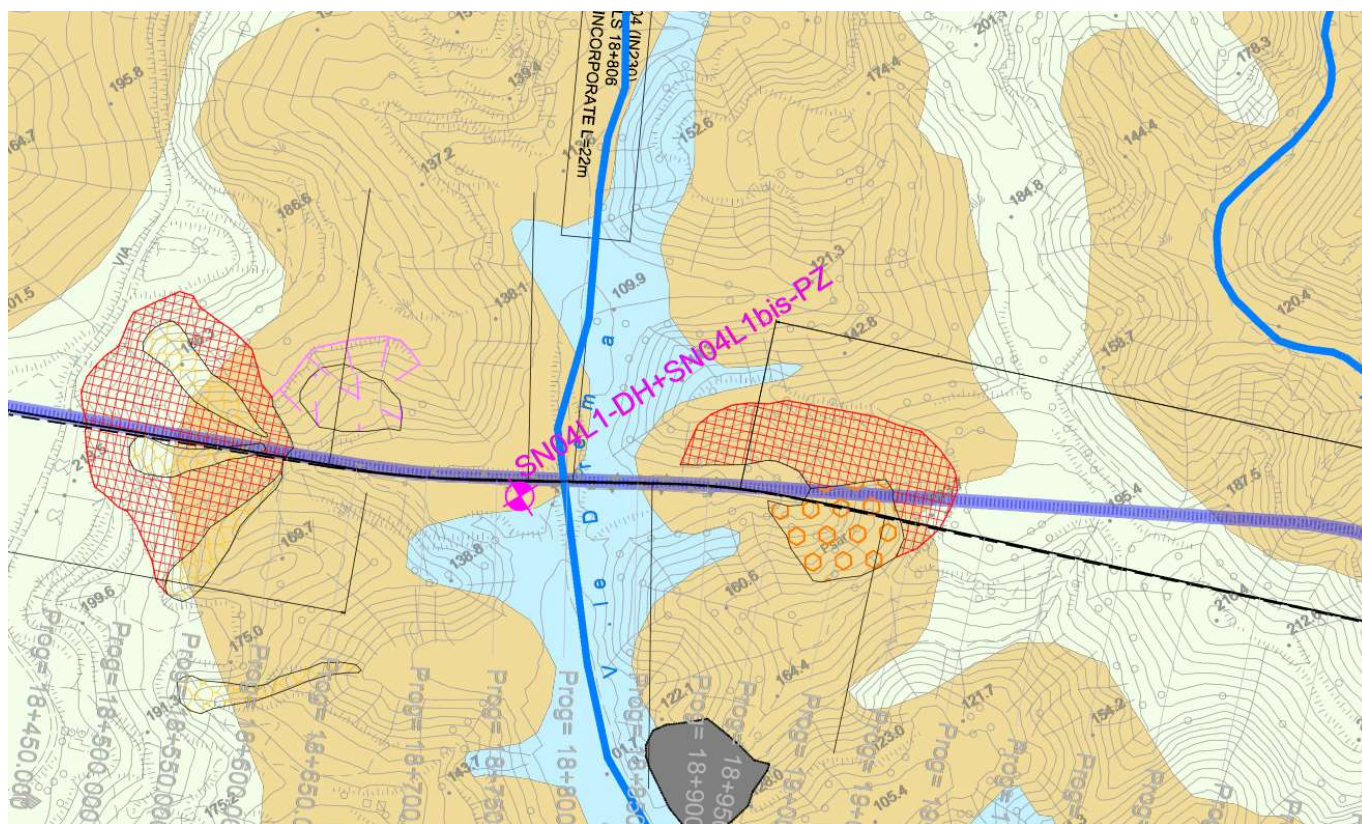


Figura 11-14 – Area delle curve 18 e 19, immagine estratta da elaborato RC0Y00F69L5GE0001002A.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	97 di 222



Figura 11-15 - Vista aerea (anno 2010) dell'area delle curve 18 e 19. All'interno dei quadrati rossi sono stati evidenziati gli impluvi sovrastanti all'imbocco Ovest, e un probabile relitto di frana. Vicino all'imbocco Est una frana superficiale.



Figura 11-16 - Foto dell'imbocco Ovest prima del rimodellamento del versante.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	98 di 222



Figura 11-17 - Foto dell'imbocco Ovest dopo l'intervento di mitigazione con rimodellamento del versante.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	99 di 222



Figura 11-18 - Foto dell'imbocco Est.



Figura 11-19 - Particolare del raccordo tra pendio e fondovalle, nei pressi dell'imbocco Est.

11.4 VARIANTE 5 PRESSO “SERRAMUNDA”

Il tracciato attuale si sviluppa in parte a cielo aperto, posato sui depositi argillosi-sabbiosi di epoca pliocenica, e parzialmente in galleria. L’attraversamento del Torrente Cancellò mostra i segni di danneggiamento dovuti agli eventi calamitosi avvenuti tra il 2009 ed il 2010. Il nuovo tracciato della ferrovia e della nuova viabilità saranno invece completamente all’aperto e posizionati più a sud, sui depositi recenti di origine fluviale. I versanti della zona sono piuttosto acclivi e presentano una franosità diffusa. Nella zona est dell’area analizzata è stato individuato un corpo di frana attiva - sospesa nei pressi della s.s. 19 dir. che, tuttavia, rimane ad una distanza considerevole dal piano ferroviario, oltre la carreggiata stradale.

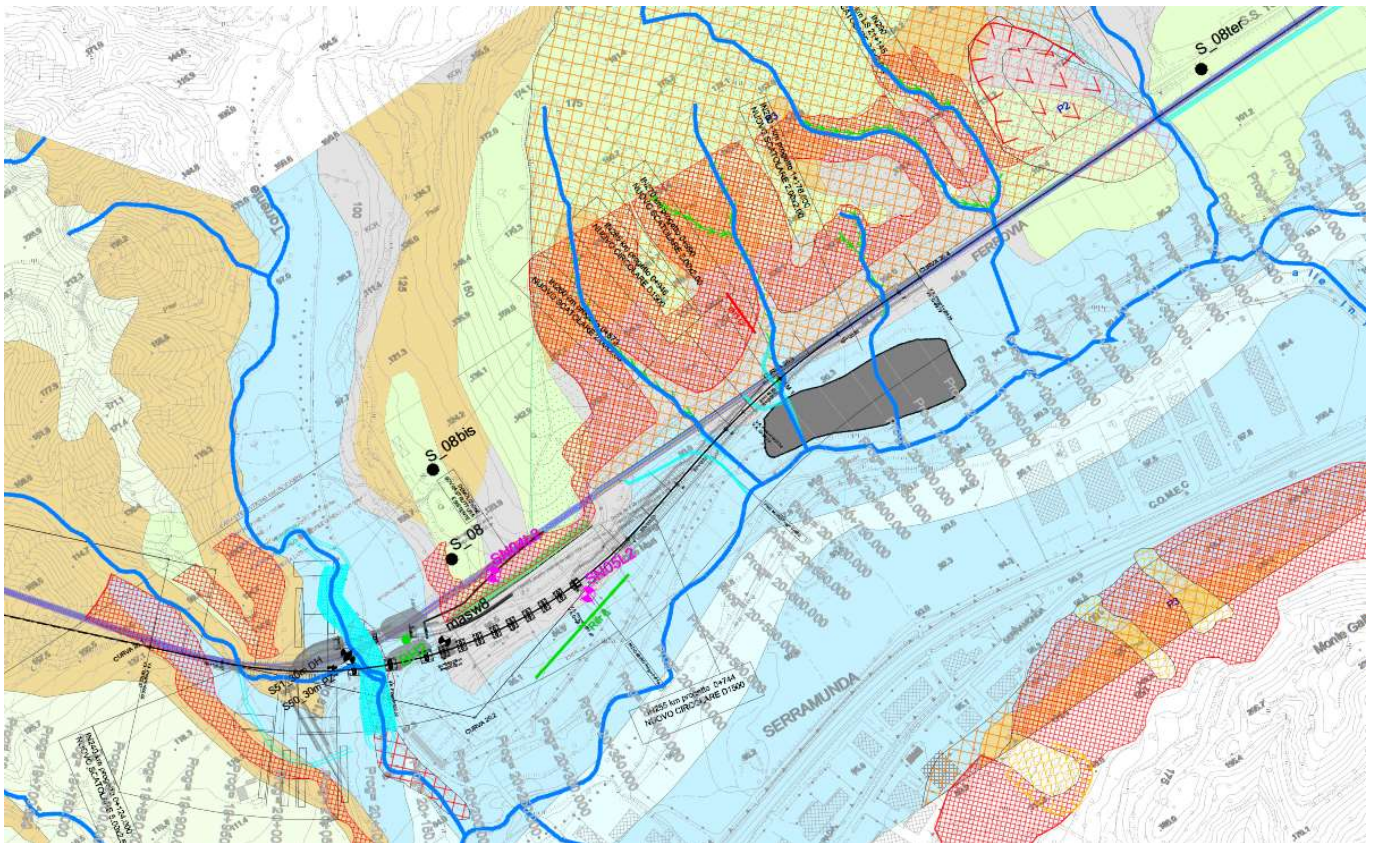


Figura 11-20 – Variante 5, immagine estratta da elaborato RC0Y00F69L5GE0001002A.

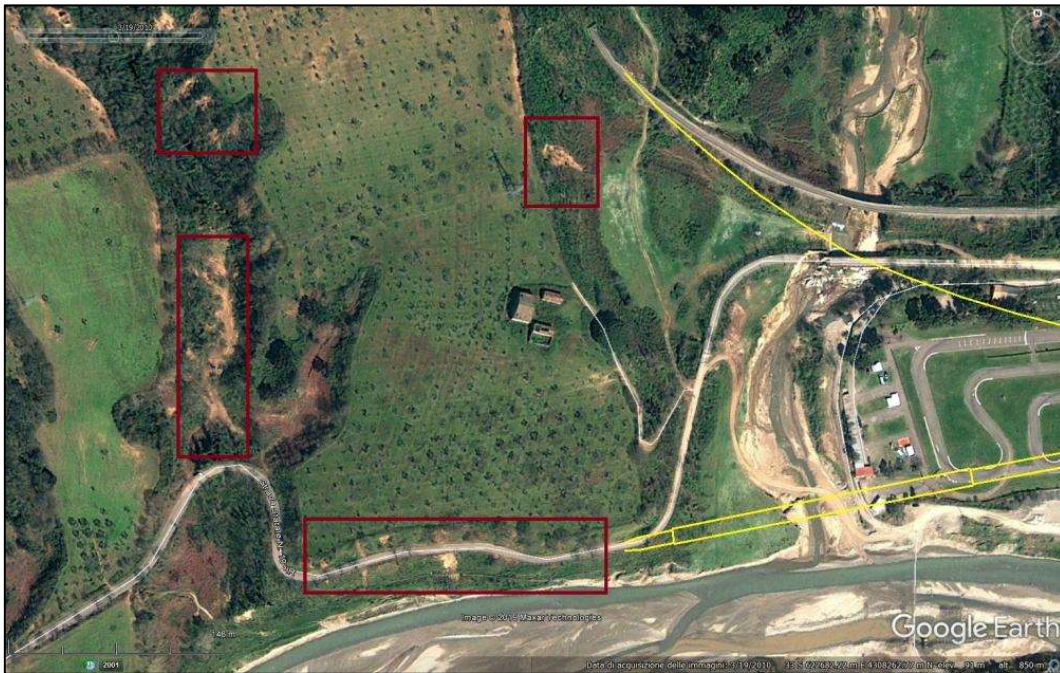


Figura 11-21 - Vista aerea del 2010, evidenziati in giallo i nuovi tracciati, nei riquadri sono stati evidenziati corpi di frana superficiali.

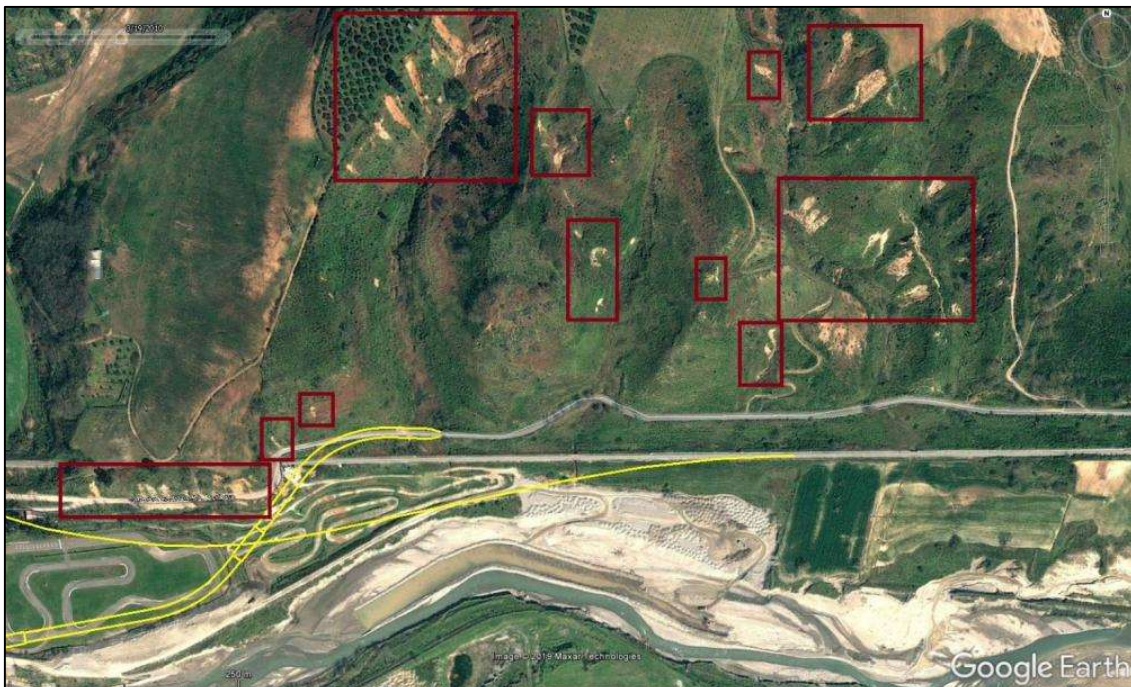


Figura 11-22 - Vista aerea del 2010, evidenziati in giallo i nuovi tracciati, nei riquadri rossi sono stati evidenziati corpi di frane superficiali.



Figura 11-23 - Particolare della S.S. 19 dir. dove non sono stati eseguiti lavori di consolidamento i detriti invadono regolarmente la carreggiata.



Figura 11-24 - A seguito dell'evento calamitoso avvenuto tra 2009 e 2010, sono stati costruiti, lungo le sponde del Torrente Canello, muri in cemento per limitare l'erosione laterale del corso d'acqua.



Figura 11-25 - Muretto di contenimento sulla s.s. 19 dir. costruito nel tratto in cui la strada incrocia la linea ferroviaria.



Figura 11-26 - Particolare del muretto di contenimento, localmente superato dai sedimenti che invadono la strada.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	104 di 222



Figura 11-27 - Punto di arrivo dell'opera di drenaggio costruita sul lato del versante che si affaccia sulla ferrovia.



Figura 11-28 – Ponte immediatamente a valle della travata metallica della linea ferroviaria.



Figura 11-29 - Vista complessiva da valle del versante a franosità diffusa posto sul lato destro della valle del fiume Amato ed immediatamente a monte della ferrovia.

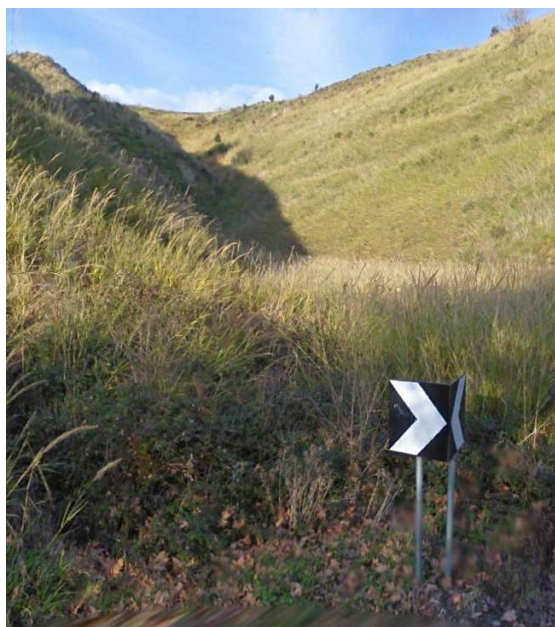


Figura 11-30 – Incisione lungo il versante Figura 11-31 – Vista del versante dalla strada che corre alla base parallelamente alla linea ferroviaria (visibile a sinistra)

L'unico tratto che rimane sostanzialmente inalterato è quello finale che, comunque, non risulta ubicato a ridosso dell'area soggetta a distacco di porzioni di versante. Tale tratto si sviluppa principalmente in rilevato e, solo per brevi tratti, appoggiato sui depositi colluviali (Figura 11-32).

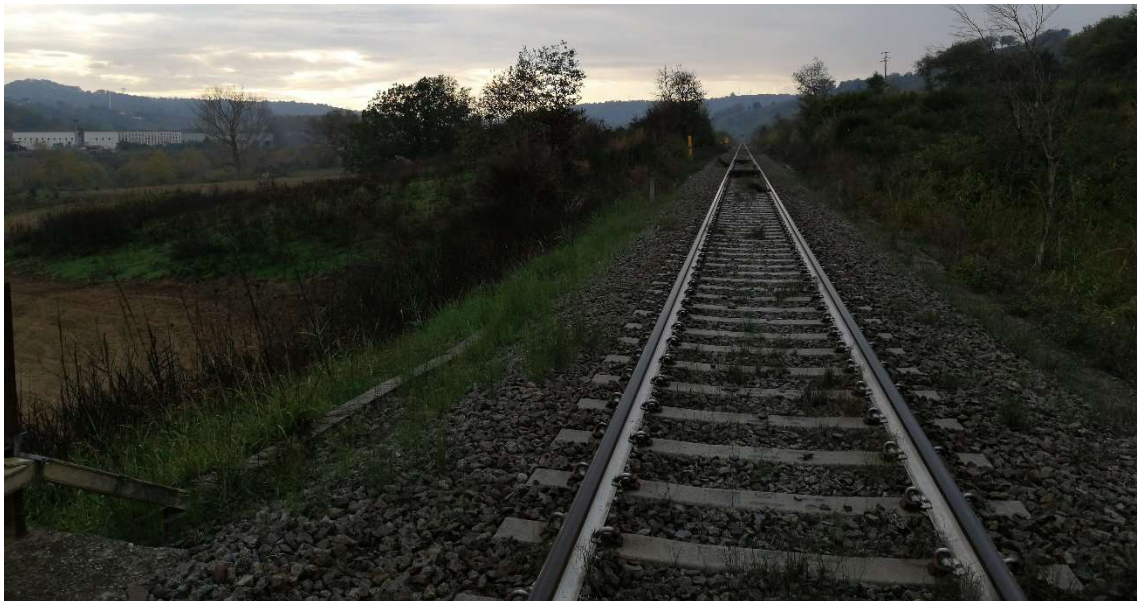


Figura 11-32 – Variante 5, curva 20. Breve tratto che corre in trincea, appoggiato su di un deposito colluviale.

11.5 VARIANTE 6, LOCALITÀ “GIZZERO”

Anche in quest’area il tracciato è ubicato ai piedi del versante su argille plioceniche. Predominano, sui versanti meno acclivi, fenomeni di erosione superficiale dovuti al ruscellamento delle acque non regimate, mentre sui versanti più acclivi lungo vallecole laterali profondamente incise, sono diffuse piccole frane superficiali. Entrambi i fenomeni non hanno un impatto diretto sulla linea, ma possono aumentare il trasporto di sedimenti dei corsi d’acqua.

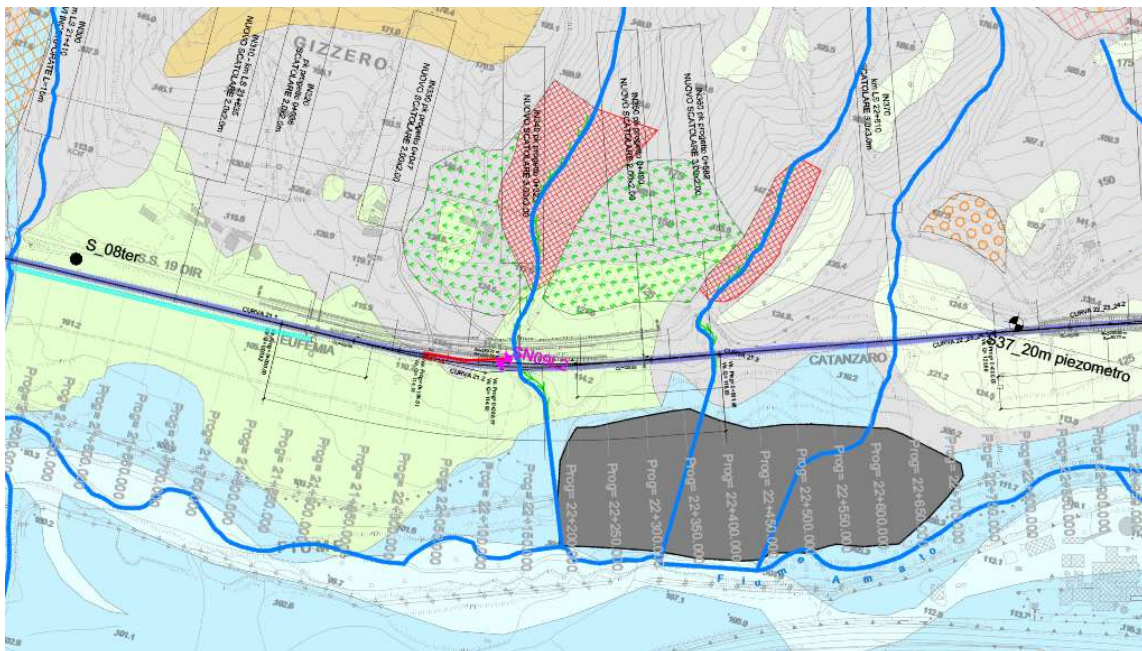


Figura 11-33 – Area della Variante 6, immagine estratta da elaborato RC0Y00F69L5GE0001003A.

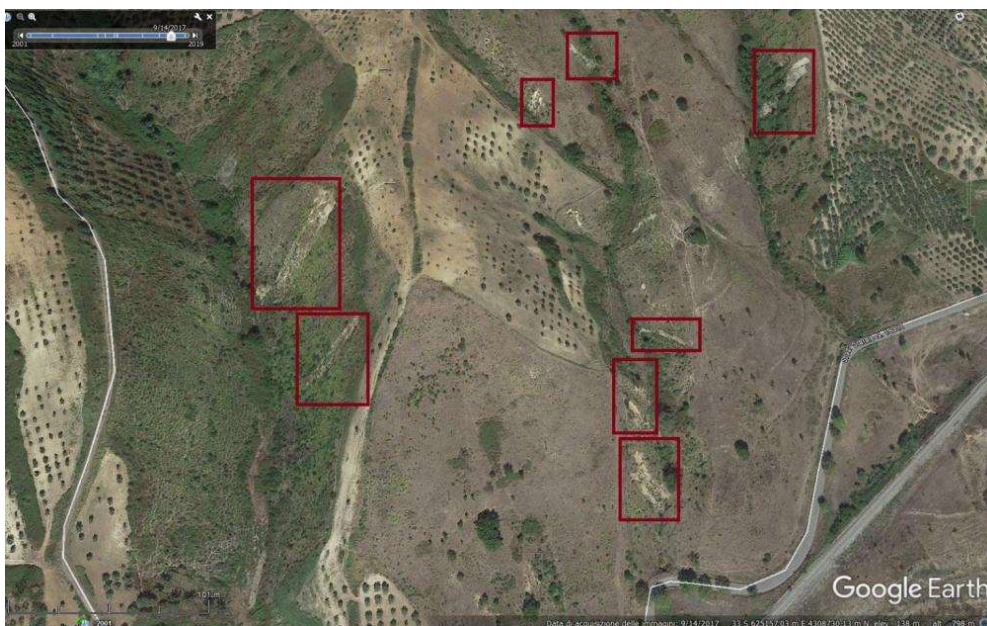


Figura 11-34 - Foto aerea del 2017 che mostra diverse frane superficiali sui versanti più acclivi

11.6 VARIANTE 7, LOCALITÀ “MASSARO”

In quest’area il tracciato originale corre al piede del versante, su antichi terrazzi fluviali incisi in argille plioceniche percorrendo un’area con scarse problematiche geomorfologiche. Mediante fotointerpretazione sono stati individuati tre corpi di frana e un accumulo di coltri superficiali che potrebbero risultare instabili che, per via di distanza e

dimensioni, non potranno interessare direttamente il tracciato esistente. Il tracciato di progetto transiterà invece in parte sulle alluvioni recenti del fiume in un'area estrattiva attualmente attiva, andranno quindi valutati attentamente la presenza di riporti antropici.

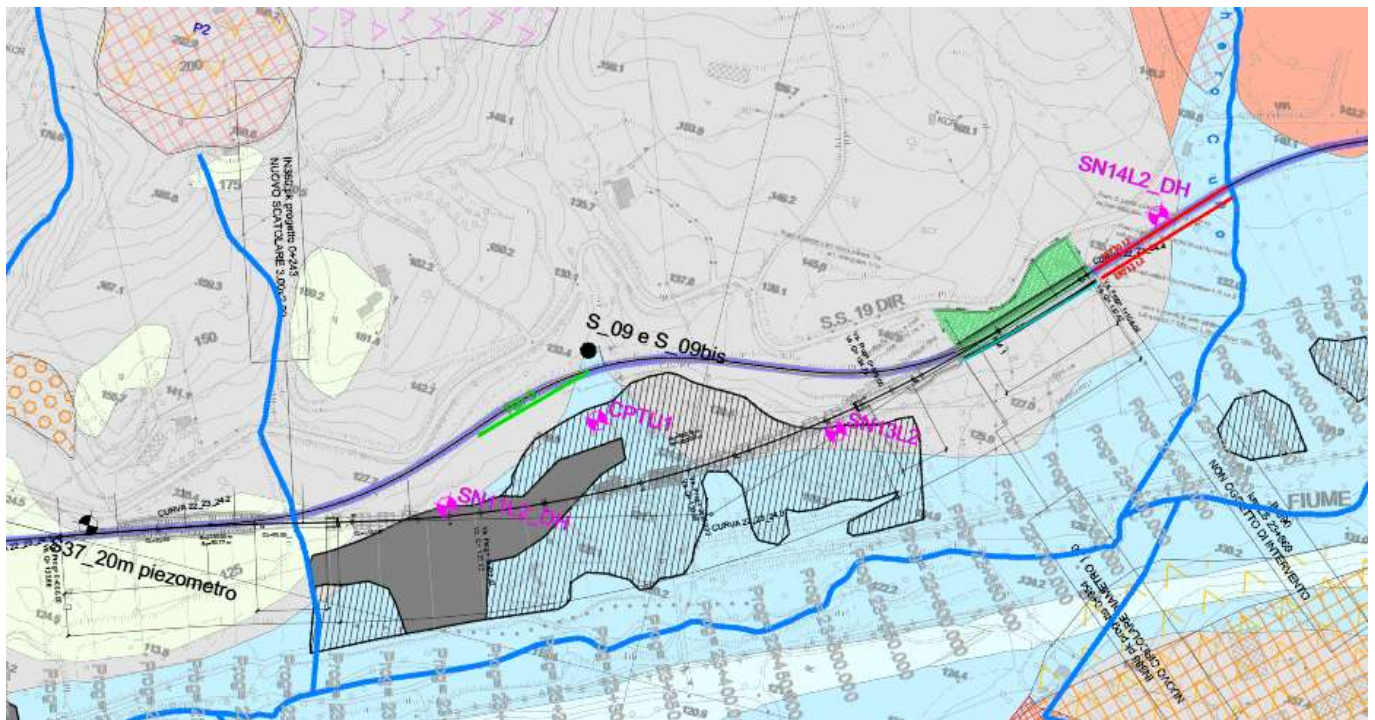


Figura 11-35 – Variante 7, immagine estratta da elaborato RC0Y00F69L5GE0001003A.

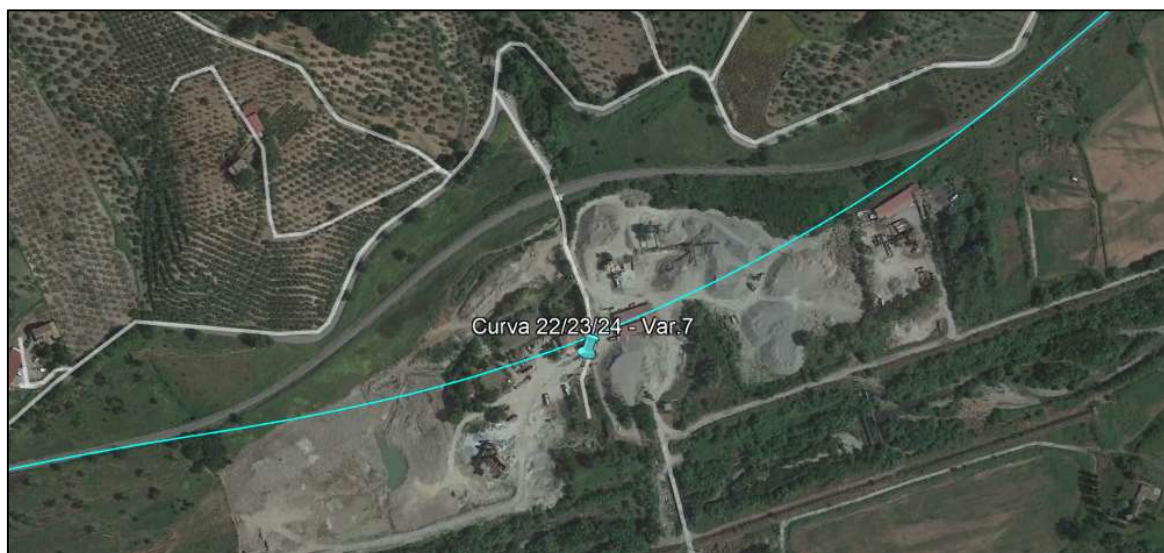


Figura 11-36 – Immagine aerea dell'area della variante 7

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	109 di 222



Figura 11-37 - A causa della mancata regimazione delle acque meteoriche si hanno effetti di ruscellamento nelle aree molto acclivi.

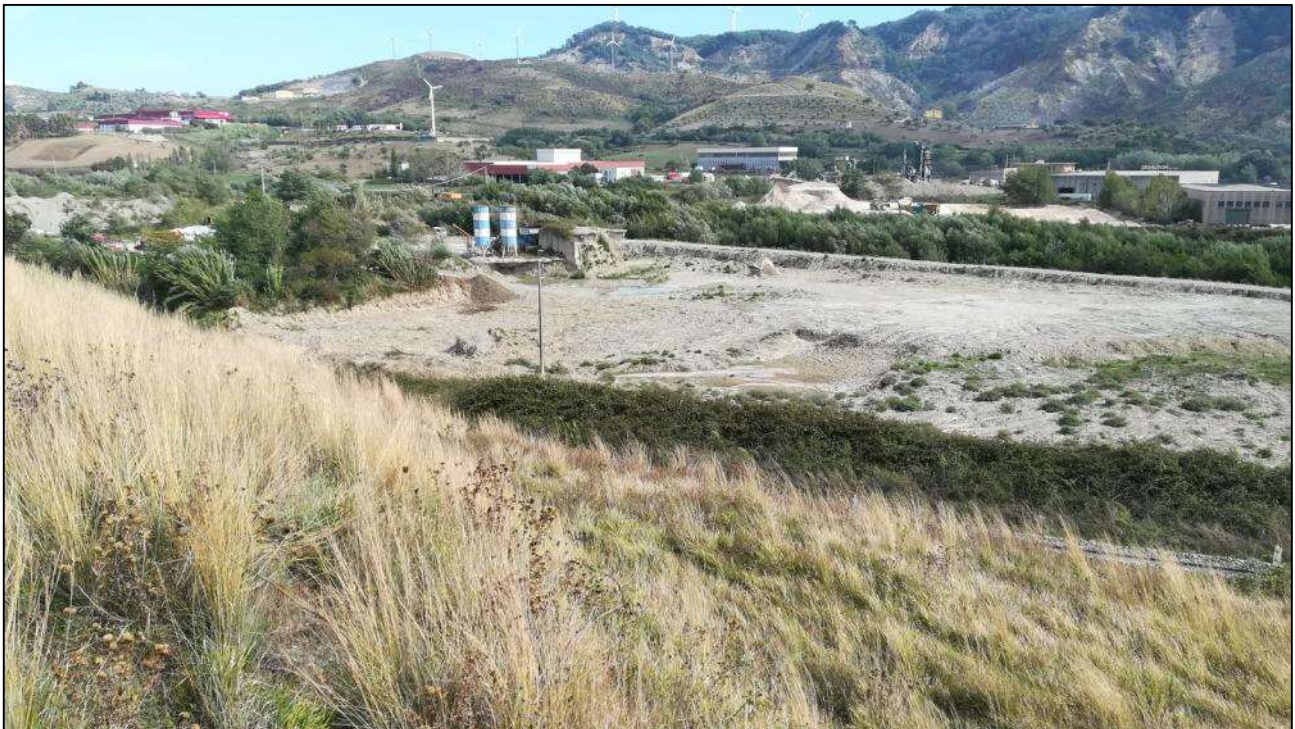


Figura 11-38 - Area estrattiva attiva dove è previsto il passaggio della variante di progetto.

11.7 VARIANTE 8, LOCALITÀ “LA GROTTA”

Proseguendo in direzione Settingiano, all’interno del comune di Marcellinara, il tracciato incontra una zona in cui il substrato è composto da formazioni gessose di epoca Miocenica. Queste litologie risultano problematiche in presenza di acqua, in quanto nel corso del tempo vanno incontro a fenomeni di dissoluzione del gesso, creando depressioni naturali come le doline o cavità sotterranee secondo un processo “carsico” analogo a quello su rocce carbonatiche. Sia dal sopralluogo, sia dall’analisi foto-interpretativa, si sono evidenziate diverse aree di cava nelle vicinanze del tracciato e numerose depressioni chiuse, alcune delle quali con acqua al loro interno.

L’indagine geoelettrica realizzata a gennaio 2021 ha permesso di approfondire le conoscenze sul sottosuolo dell’area, con i profili ERT17-18-19/L2. Tali profili, oltre ad evidenziare una buona ricostruzione di dettaglio del modello geologico, hanno mostrato la presenza di alcune anomalie di bassa resistività che potrebbero essere associate a zone di dissoluzione riempite con acqua e materiali argillosi.

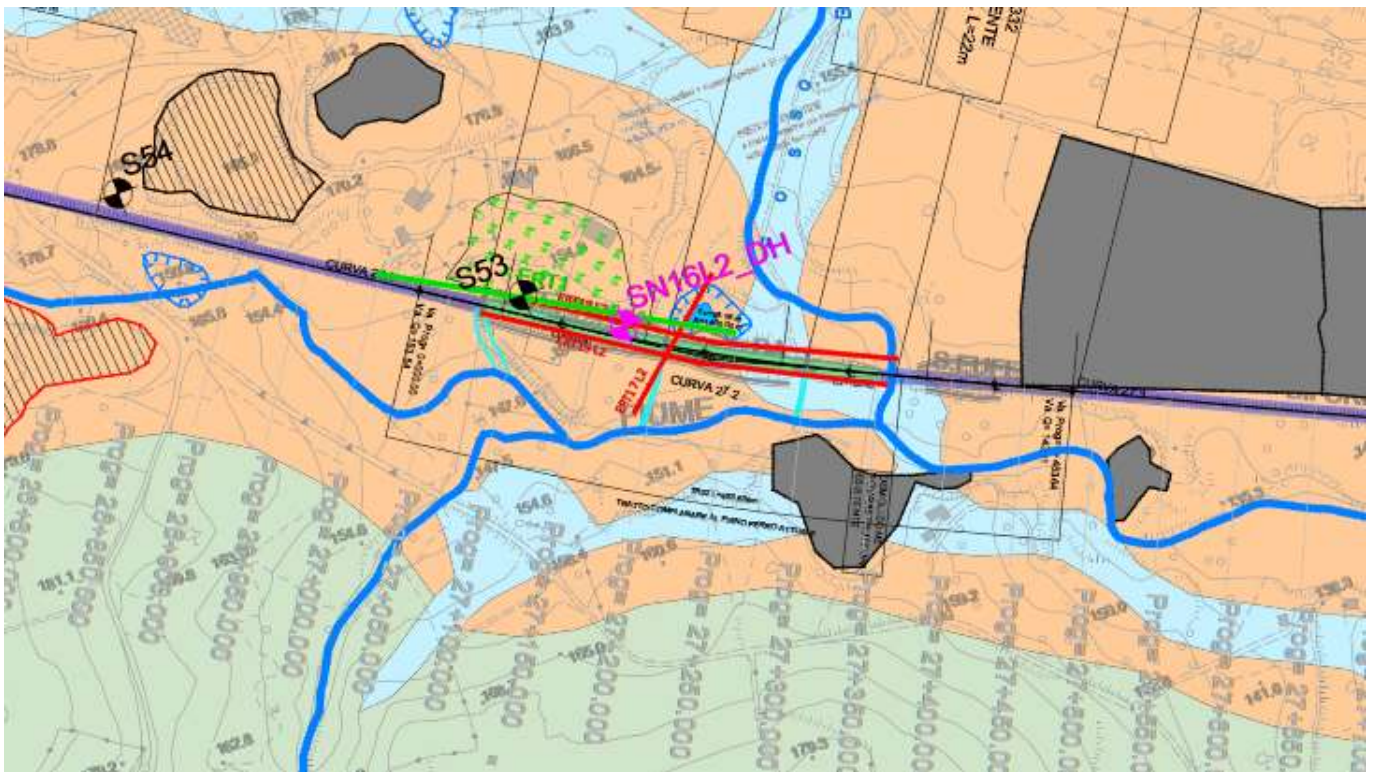


Figura 11-39 – Variante 8, immagine estratta da elaborato RC0Y00F69L5GE0001004A.

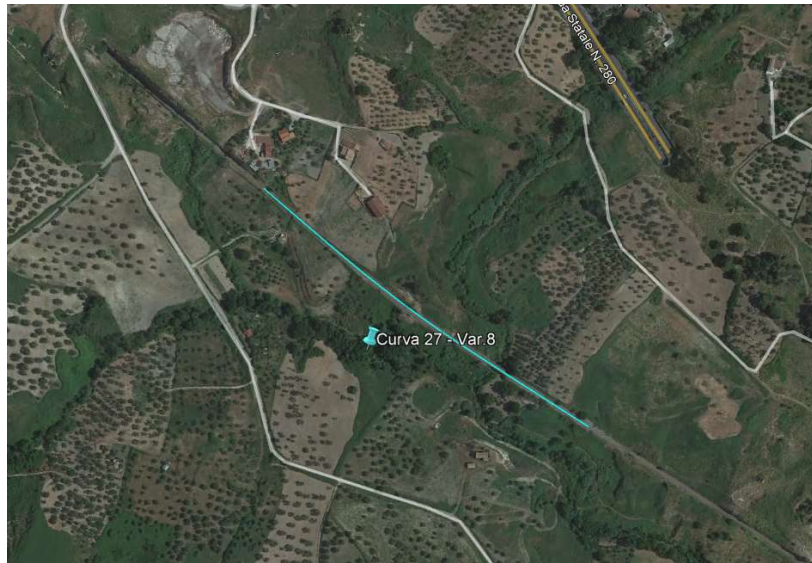


Figura 11-40 – Immagine aerea della variante 8.

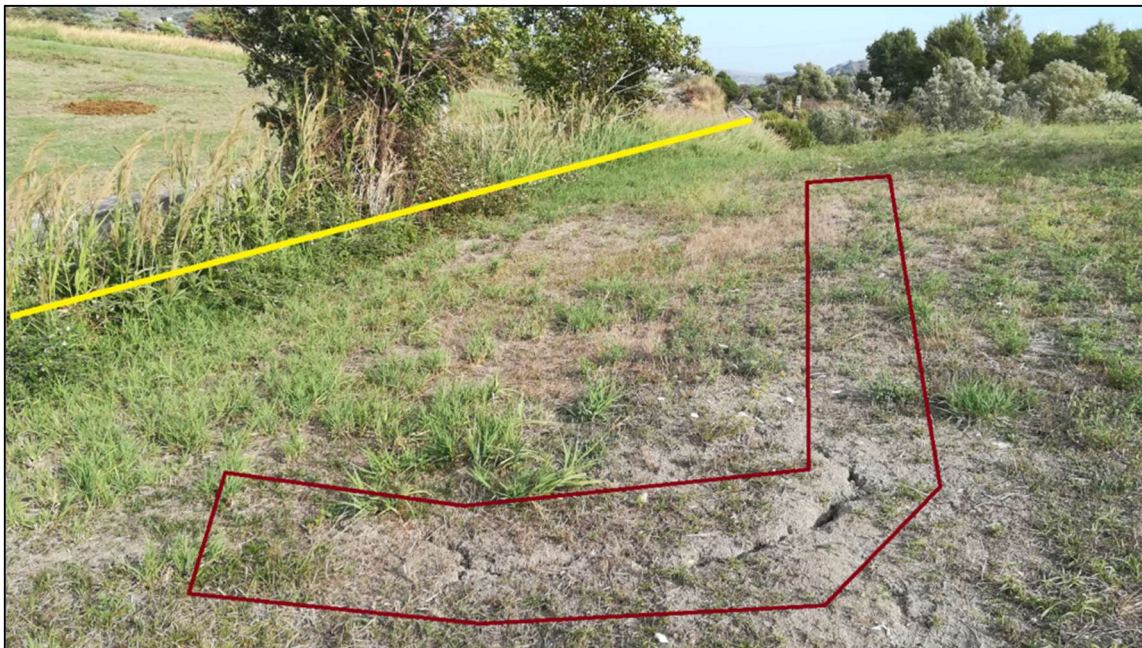


Figura 11-41 - In giallo l'attuale tracciato ferroviario in trincea; nell'area evidenziata, fratture di trazione sulla superficie del terreno, indice di un movimento corticale del pendio verso il tracciato.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	112 di 222



Figura 11-42 - L'immagine mostra i numerosi frammenti di gesso macrocristallino, con dimensione da sub centimetrica a centimetrica, presenti nel terreno.



Figura 11-43 - Dolina con acqua sul fondo nei pressi del tracciato.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	113 di 222



Figura 11-44 - Dolina, probabilmente con inghiottitoio, in cui è stata realizzata un'opera di protezione.



Figura 11-45- Alcune doline, nel corso degli anni sono state riempite di materiale antropico, ad oggi risultano vegetate e non distinguibili dal territorio circostante.

11.8 VARIANTE 9, “STAZIONE SETTINGIANO”

Dalla stazione FS di Settingiano, per circa 900 m in direzione N-O si sviluppa la prima area di variante. L’attuale tracciato ferroviario si trova sul fondovalle del Fiume Fallaco e posa direttamente sui sedimenti alluvionali messi in posto da quest’ultimo e su piccole conoidi di deiezione che si sviluppano partendo dalle vallecole laterali. I versanti che affiancano la linea sia a N-E che a S-O sono composti da sedimenti di epoca Miocenica con una elevata componente argillosa, che li rende particolarmente soggetti sia a fenomeni franosi, sia ad erosione superficiale per effetto del ruscellamento, quest’ultima favorita dalle frequenti lavorazioni del suolo a scopo agricolo. Sono stati individuati diversi corpi di frana localizzati, lungo gran parte del versante a S-O della linea che presentano indizi recenti di riattivazione con movimenti lenti.

In tale area sono state realizzate nuove indagini, sulla base delle quali è stato aggiornato il profilo ed è stata redatta la sezione trasversale ubicata alla progressiva Km 28+400, sull’allineamento della geoelettrica e dei sondaggi SN17/L2 e SN18/L2. L’analisi della geofisica realizzata nella campagna d’indagine del febbraio 2020 mostra coerenza con i risultati del sondaggio SN18/L2.

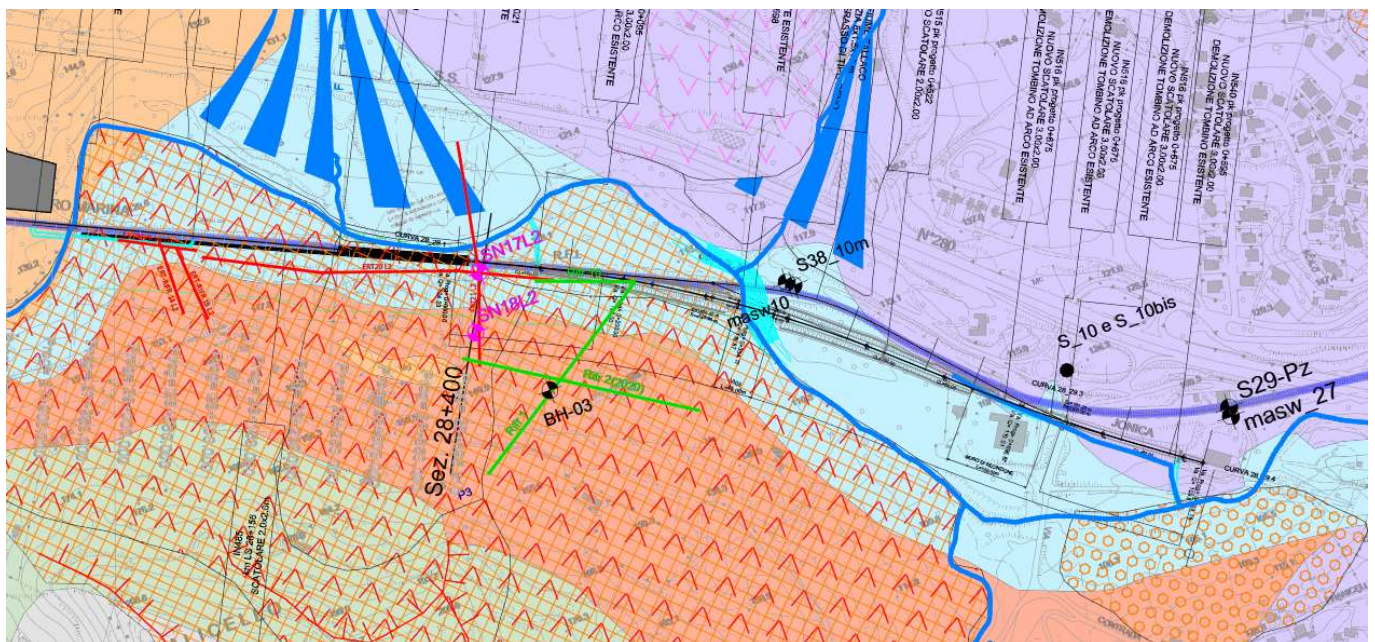


Figura 11-46 - Variante 9, immagine estratta da elaborato RC0Y00F69L5GE0001004A.

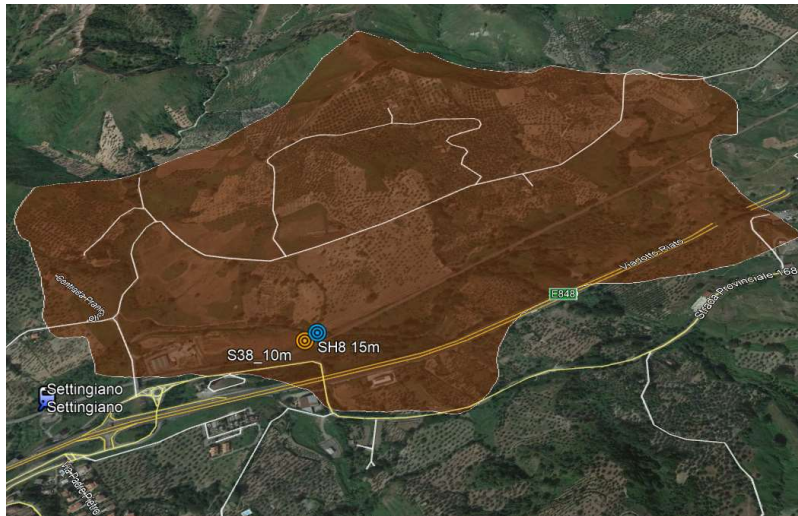


Figura 11-47 – Vista tridimensionale del versante classificato a pericolosità elevata (P3) presso Settingiano.



Figura 11-48 – Immagine aerea del 2010 in cui il versante presenta varie aree soggette ad erosione e trasporto gravitativo di materiale in prossimità della linea ferroviaria (in rosso).

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	117 di 222



Figura 11-49 - particolare di una nicchia di frana di recente formazione, ha una larghezza di alcune decine di metri e con una scarpata di ordine decimetrico. A monte è visibile una gabbionata in pietra per proteggere la strada.



Figura 11-50 - la stessa nicchia della foto precedente che prosegue, si vede la strada deformata e nel pendio una serie di gabbionate in pietra ribaltate.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	118 di 222



Figura 11-51 - Suolo agricolo soggetto a forte dilavamento, sono evidenti la formazione di solchi di ruscellamento e ristagni di acqua.



Figura 11-52 - Muretti di contenimento deformati e danneggiati dai movimenti superficiali del terreno e la strada invasa dai sedimenti erosi dai pendii a monte della strada.

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	119 di 222



Figura 11-53 - Lungo alcuni tratti di versante sono in corso di realizzazione canali di raccolta delle acque superficiali di ruscellamento.



Figura 11-54 - Strada riparata più volte e nuovamente danneggiata.



Figura 11-55 - Casa diroccata lungo il pendio, sono evidenti le pareti deformate dai movimenti.

La posizione di fondovalle rende la linea anche potenzialmente soggetta a flussi di sedimenti provenienti dalle vallecole laterali che in alcuni casi formano piccole conoidi di sedimenti, oppure soggetta all'erosione da parte del corso d'acqua, come individuato durante l'analisi foto - interpretativa delle immagini aeree del 2016.



Figura 11-56 - Erosione della base della massicciata dovuta alla naturale divagazione del corso d'acqua nel fondovalle o ad un evento di piena.

Il rilevamento geologico-geomorfologico eseguito ad un anno di distanza ha permesso di confermare la criticità di tale tratto, interessato da un movimento franoso attivo, criticità dimostrata anche dalle evidenze raccolte in campo. Il monitoraggio inclinometrico ha registrato un movimento dei primi 4 mt di profondità nell'ultima lettura di marzo 2021, che permette di classificare il movimento come molto lento. L'analisi delle indagini realizzate nelle diverse fasi, il monitoraggio inclinometrico e il rilevamento di campo mostrano uno spessore dei materiali interessato da tali movimenti variabile. L'analisi dei profili sismici a rifrazione e geoelettrici mostrano spessori di sottosuolo instabili maggiori nell'area nordovest, dove sono anche maggiori le pendenze, riducendosi nella porzione nordest, dove oltretutto le pendenze del versante a ridosso del piano ferroviario risultano minori.

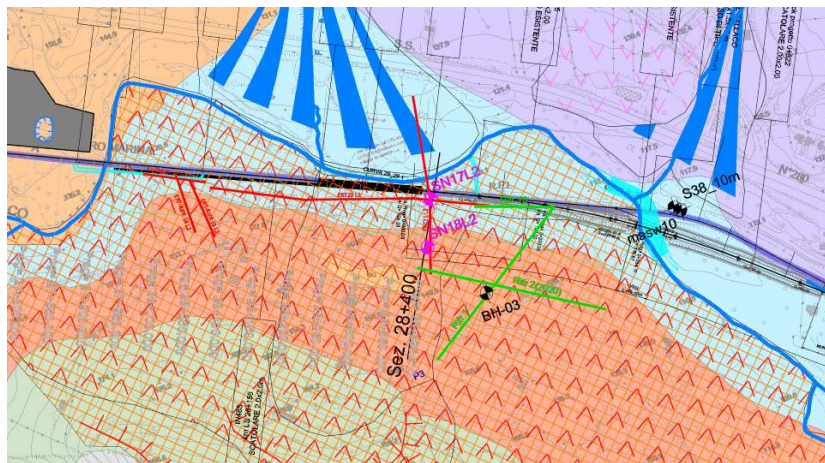


Figura 11-57 – Variante 9, curve 28 e 29. Dettaglio dell'area in frana.



Figura 11-58 – Variante 9, curve 28 e 29. Dettaglio di una strada con evidenti segnali di movimento dell'asse (novembre 2020).

Il corpo franoso è ubicato in prossimità del piano ferroviario lungo un'area piuttosto estesa, di circa 300 metri di lunghezza, tra le progressive Km 27+975 e 28+420. A protezione del piano ferroviario, nella zona della progressiva Km 28+000 è stato costruito un muro che risulta seriamente danneggiato, ruotato e scavalcato dal colamento del materiale proveniente dal pendio. (Figura 11-59 e Figura 11-60).



Figura 11-59 – Variante 9, curve 28 e 29. Dettaglio del muro di protezione danneggiato e in lenta rotazione. Il suolo in lento movimento tende a scavalcarlo.

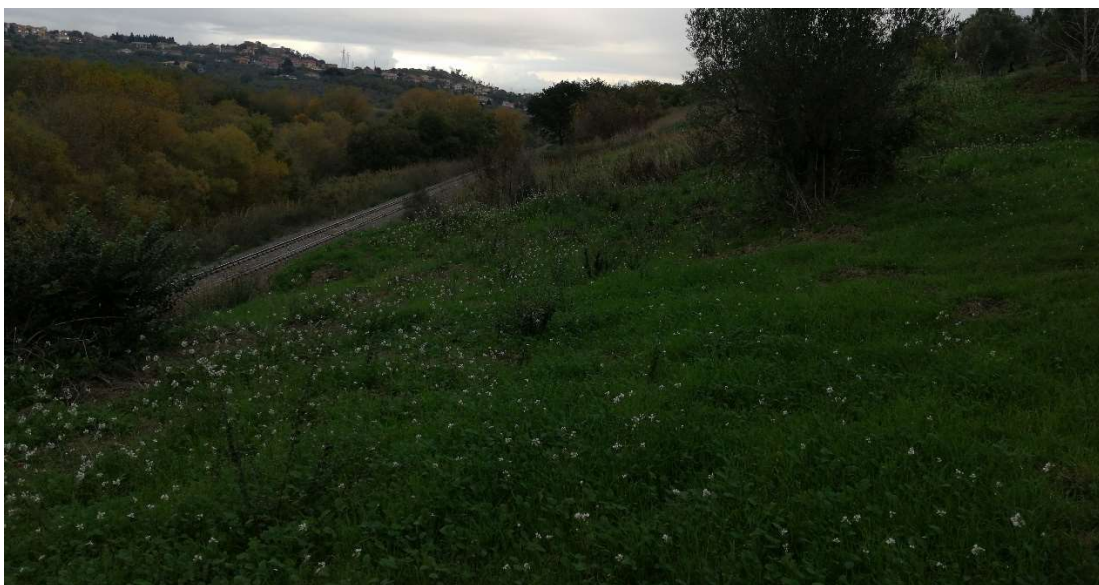


Figura 11-60 – Variante 9, curve 28 e 29. Sul versante si individuano varie nicchie e scarpate di distacco

In alcune zone, invece, si osserva un leggero sprofondamento in corrispondenza di alcune nicchie di distacco e degli impluvi naturali, che mancano di una adeguata regimazione delle acque di ruscellamento, facilitando lo scalzamento al piede del movimento franoso, sia a monte che a valle del piano ferroviario.

L'interpretazione delle evidenze di campo e delle indagini realizzate ha permesso la redazione della sezione trasversale al Km 28+400. Lungo l'asse ferroviario si rileva la presenza di un considerevole spessore di litotipi che sono riconducibili alla deposizione fluviale, erosione laterale dei versanti e, probabilmente, di eventi franosi. Tale spessore considerevole, con alla base anche sabbie con breccie, si associa alla presenza dei fossi laterali che, durante eventi di forte piovosità, potrebbero aver trasportato anche clasti poligenici ed eterometrici. Invece, alcune lenti di materiale argilloso-limoso ubicate nei primi 10 metri di profondità, potrebbero essere dovute allo scivolamento di porzioni di versante in eventi franosi antichi, vista la similitudine con i primi metri del sondaggio SN18/L2, ubicato più a monte.

La redazione della sezione è anche stata eseguita basandosi sull'interpretazione delle stese geofisiche ERT20-21/L2, con il supporto della sismica a rifrazione dei profili 1, 2 e 10. In particolare la linea ERT 21/L2 (Figura 11-61) mostra una buona coerenza tra la definizione dello spessore superficiale dei terreni rimaneggiati con il recente movimento dei primi 4 mt di profondità registrato nell'inclinometro BH3. Pertanto, tali evidenze sono state prese a riferimento per la definizione dello spessore del movimento di scorrimento attivo che lambisce il piano ferroviario.

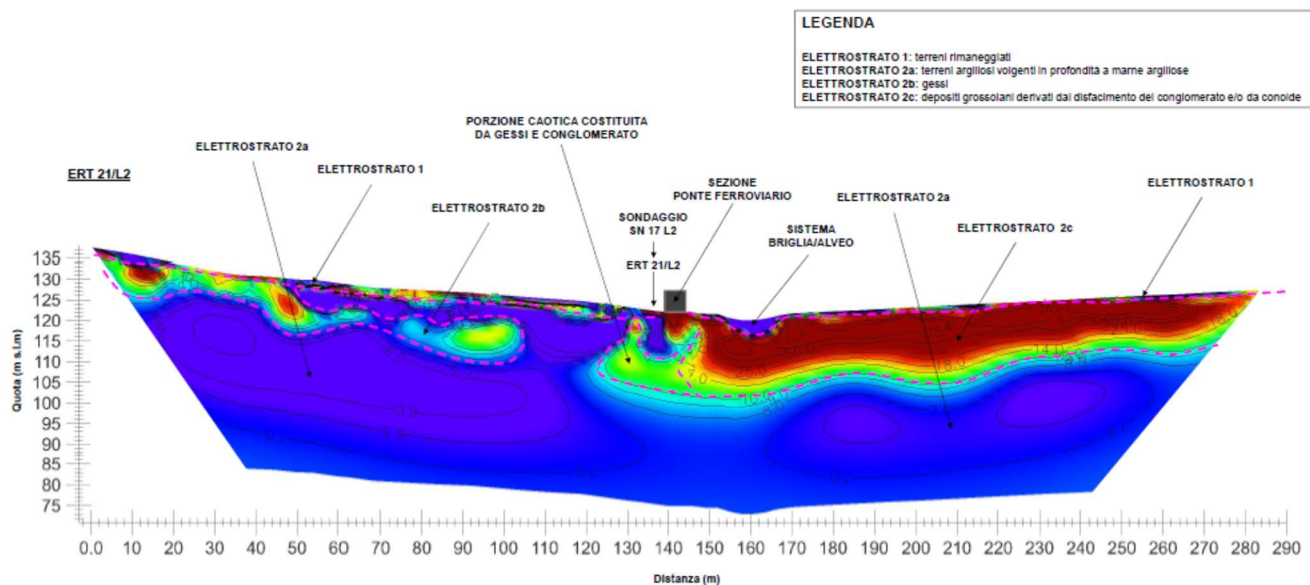


Figura 11-61 – Linea geoelettrica ERT 21/L2.

Le indagini geofisiche hanno interessato anche la porzione di tracciato ubicata tra le progressive Km 28+800 e 29+100, dove sono state acquisite le linee di sismica a rifrazione e geoelettrica ERT-RIFR14-15-16/L2.

Superficialmente si rileva la presenza di un orizzonte caratterizzato da resistività variabile e spessore che raggiunge i 4-5 metri (Figura 11-62). Tale orizzonte geofisico, correlato alle evidenze del rilevamento geologico-geomorfologico e i valori di resistività della linea ERT21/L2, viste anche le basse velocità sismiche V_p e V_s , può essere associato al movimento franoso attivo molto lento, che ha generato i danni rilevati sul muro di contenimento ai piedi del versante, a protezione del piano ferroviario. Da segnalare che le linee ERT14-15/L2 evidenziano un leggero incremento della resistività a ridosso del piano ferroviario, che potrebbe essere associato ad un graduale consolidamento dei materiali e/o al drenaggio ad opera del muro di contenimento.

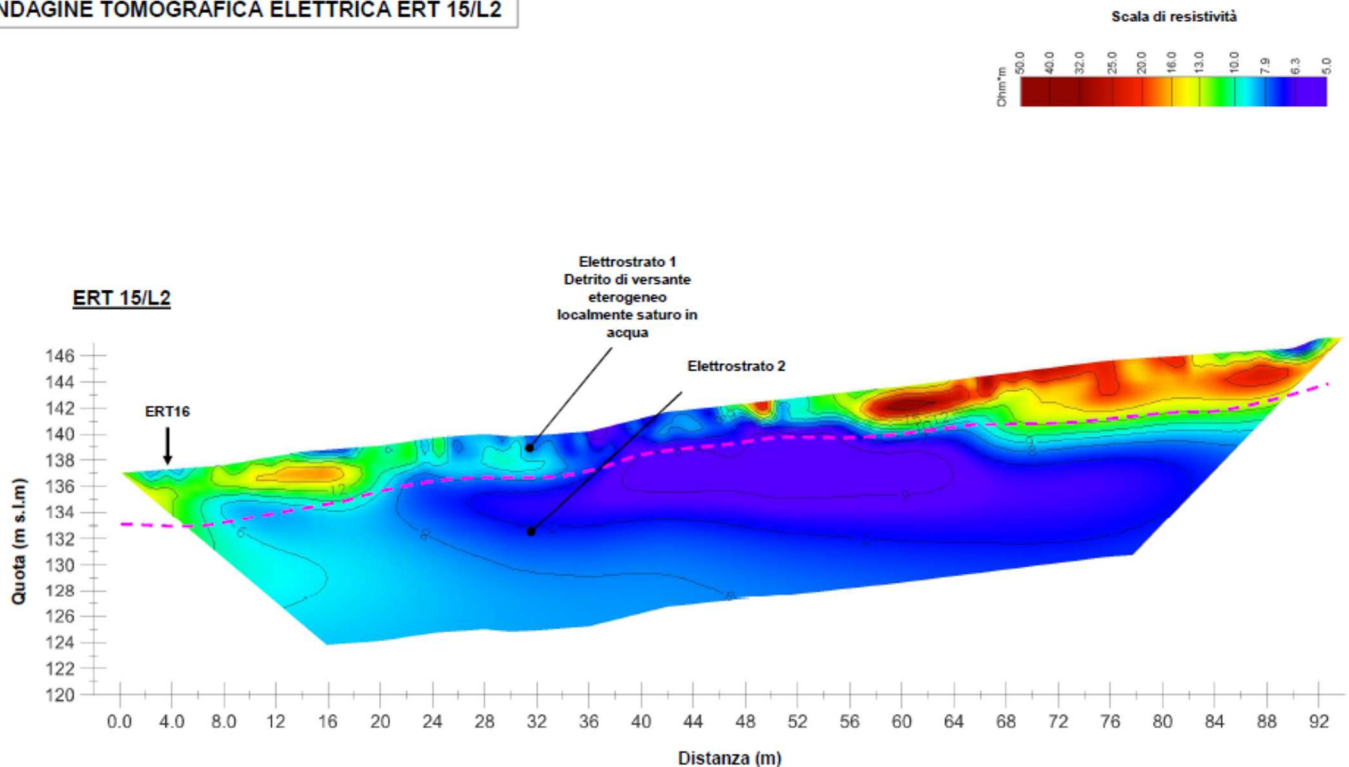

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT 15/L2


Figura 11-62 – Linea geoelettrica ERT 15/L2.

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 125 di 222

12 RISULTANZE DELL'INDAGINE GEOFISICA

Come già accennato, alcune delle aree di variante presso le quali sono state riscontrate morfologie di origine gravitativa e di sprofondamento sono state indagate tramite sismica a rifrazione e geoelettrica; la prima metodologia consente di identificare l'eventuale presenza di spessori di materiale caratterizzati da velocità di propagazione delle onde P anomale, indice di possibili superfici di scorrimento lungo i versanti. Rispetto ai sondaggi geognostici, che hanno carattere puntuale e spesso non risultano disponibili in numero sufficiente per indagare vasti areali, le stese di sismica a rifrazione forniscono un'importante indicazione sulla natura dei terreni e su eventuali elementi di criticità geomorfologica lungo allineamenti di alcune centinaia di metri. La seconda metodologia viene tipicamente impiegata per la ricerca di possibili cavità ipogee, caso particolarmente significativo in particolare per quanto riguarda l'area della variante 8, vista la possibile presenza di fenomeni di sprofondamento dovuti alla dissoluzione dei gessi cristallini della formazione gessoso-solfifera.

Qui di seguito si descrivono le risultanze delle indagini geofisiche effettuate a partire dall'area di Lamezia sino a Settingiano.

12.1 RIFRAZIONE N.5 – VARIANTE 10

Il profilo sismico "Rifrazione n.5", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 200 metri (incluse le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 5 metri. Lo stendimento è stato eseguito per indagare possibili depositi di frana presenti presso la curva 7 della variante 10 (Figura 11-1).

Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 5 metri.

Il profilo è stato condotto da SSE (geofono n.1) verso NNW (geofono n.40).

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0Y	00 F 69	RG	GE0005 001	B	126 di 222



Figura 12-1 - Localizzazione del profilo sismico rifrazione n. 5



Figura 12-2 - foto del profilo sismico rifrazione n. 5

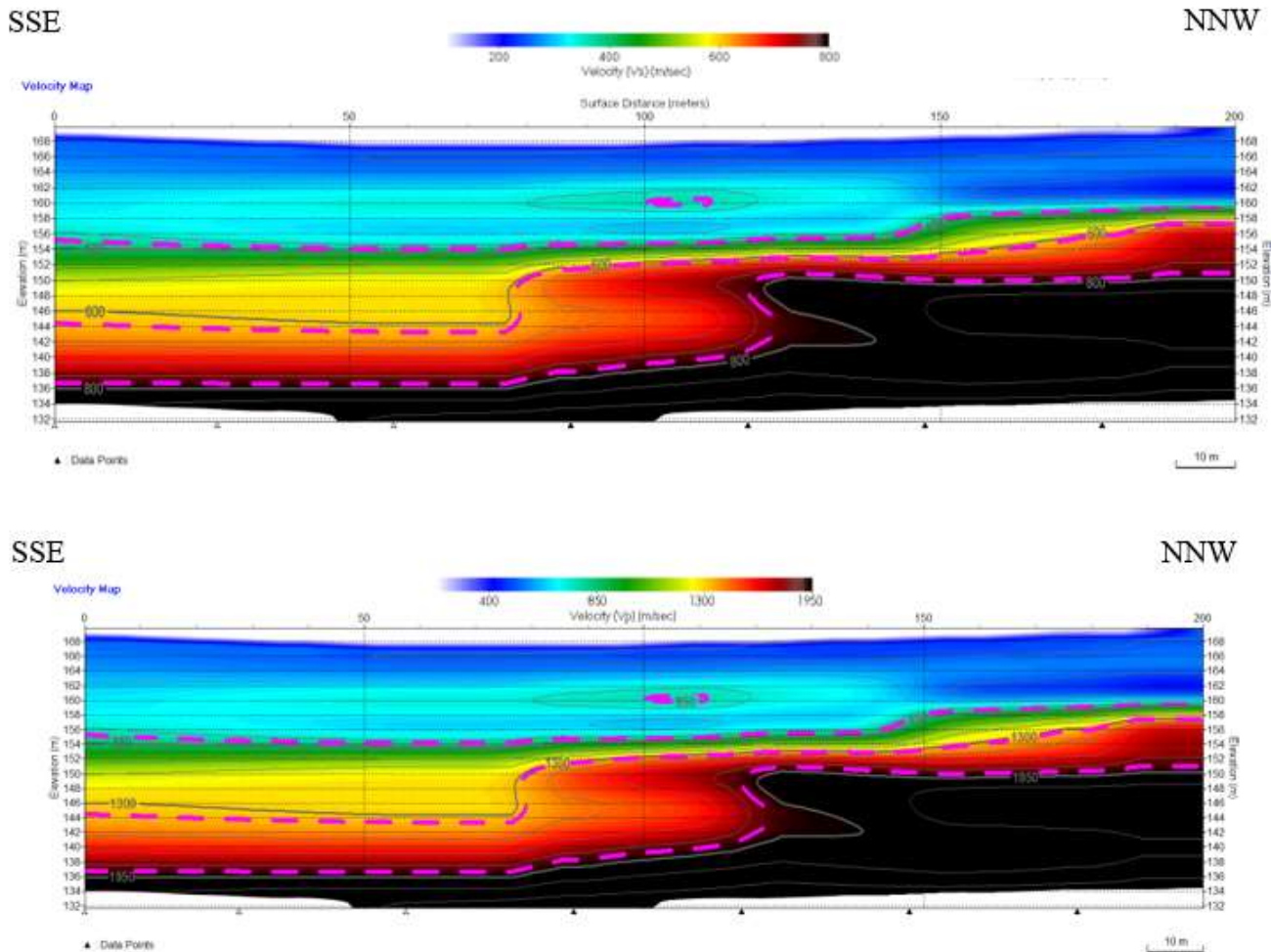


Figura 12-3 - Profilo sismico tomografico rifrazione n.5

Nella parte superficiale, il profilo sismico è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 740 m/s di Vp e ai 370 m/s di Vs per uno spessore medio di circa 10-12 metri, che cresce fino a 15-18 metri nella porzione finale del profilo. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un sismostrato con valori fino a circa 1300 m/s di Vp e 600 m/s di Vs, fino a circa 20-25 m p.c. nella parte iniziale del profilo, per decrescere di spessore nella parte finale.

Al di sotto, vi è la presenza di un sismostrato con velocità maggiori, fino a raggiungere i 1950 m/s di Vp e 800 m/s di Vs, la profondità di questo strato raggiunge i 30 m di profondità da p.c. nella parte iniziale dello stendimento, mentre verso la parte finale la profondità è a circa 20 m da p.c. Oltre tali profondità, quindi, i valori delle velocità evidenziano un progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico con caratteristiche geotecniche e sismiche migliori.

12.2 RIFRAZIONE N.3 LONGITUDINALE – VARIANTE 10

Il profilo sismico "Rifrazione n. 3", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 150 metri (incluse le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 5 metri. Lo stendimento è stato eseguito per indagare possibili depositi di frana presenti presso la curva 7 della variante 10 (Figura 11-1).

Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 5 metri. Il profilo è stato condotto da SSW (geofono n.1) verso NNE (geofono n.30).



Figura 12-4 - Localizzazione del profilo sismico rifrazione n. 3



Figura 12-5 - foto del profilo sismico rifrazione n. 3

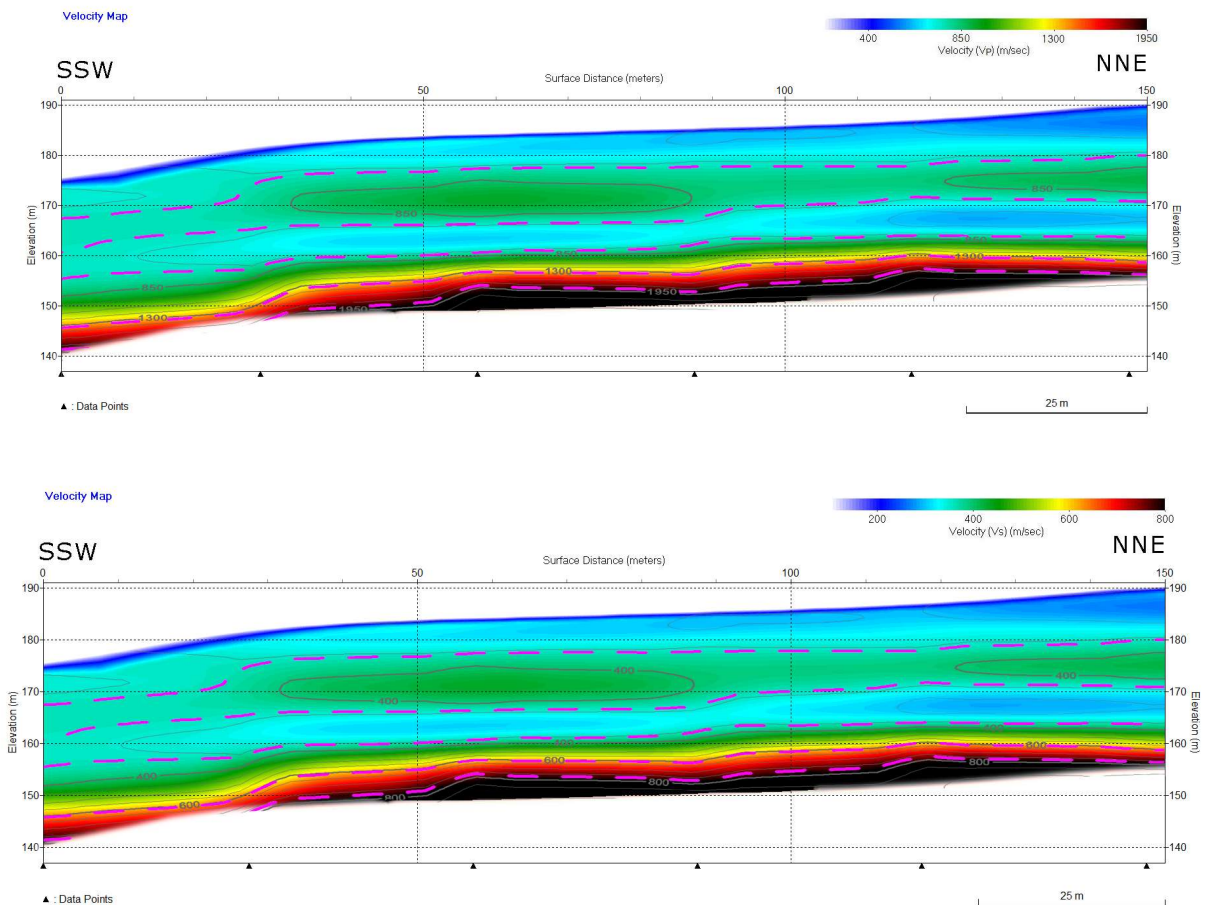


Figura 12-6 - Profilo sismico tomografico rifrazione n.3

Nella parte superficiale, il profilo sismico è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 700 m/s di Vp e ai 350 m/s di Vs per uno spessore medio variabile da qualche metro fino a circa 10 metri nel settore più a monte. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato con valori di velocità fino a circa 1000 m/s di Vp e 450 m/s di Vs, fino a circa 15-20 metri dal p.c. Scendendo nella sequenza si incontra un sismostrato con velocità minori, che scendono fino a raggiungere i 650 m/s di Vp e i 330m/s di Vs a una profondità di circa 25 metri dal p.c. Oltre tale profondità è presente un sismostrato in cui le velocità sismiche crescono rapidamente, evidenziando un incremento nell'andamento del gradiente sismico e un progressivo miglioramento delle caratteristiche geotecniche e sismiche (1800 m/s di Vp e 750 m/s di Vs).

12.3 RIFRAZIONE N.6 LONGITUDINALE – VARIANTE 10

Il profilo sismico "Rifrazione n.6 longitudinale", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 200 metri (includere le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 5 metri. Lo stendimento è stato eseguito per indagare il possibile copro di frana evidenziato presso la curva 8 della variante 10 (Figura 11-1).

Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 5 metri. Il profilo è stato condotto da NNE (geofono n.1) verso SSW (geofono n.40).

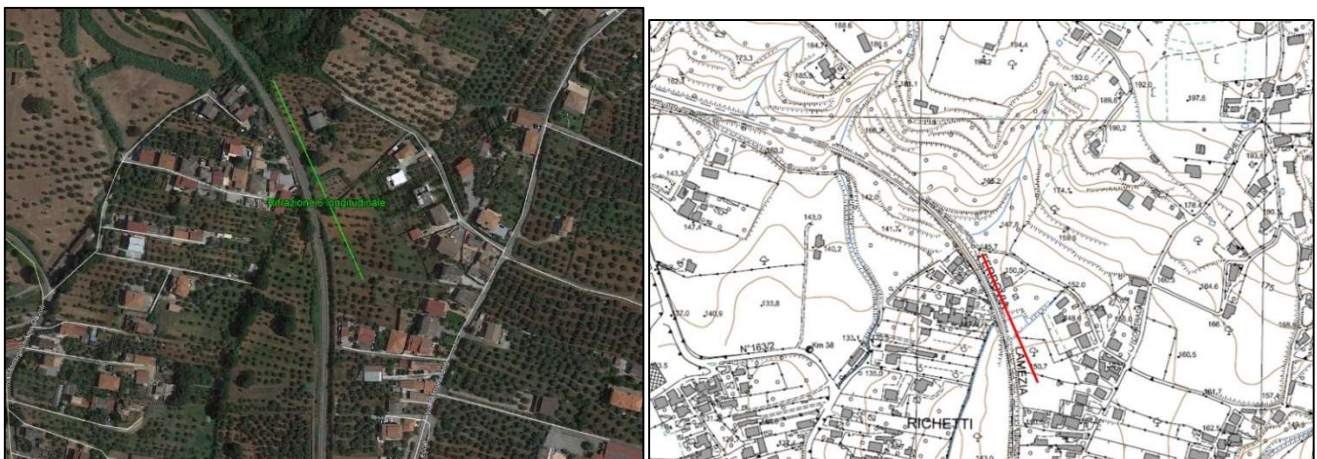


Figura 12-7 - Localizzazione del profilo sismico rifrazione n. 6 longitudinale



Figura 12-8 - foto del profilo sismico rifrazione n. 6 longitudinale

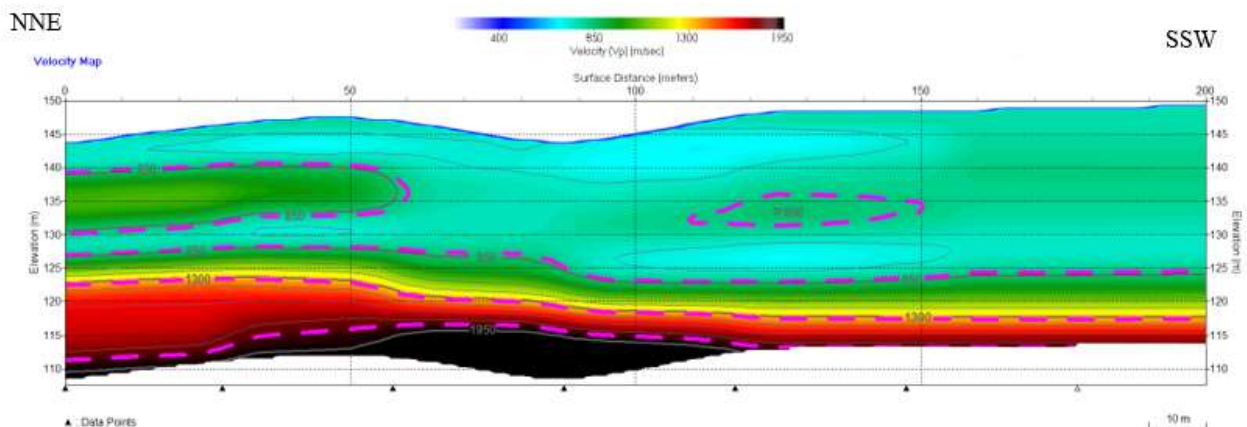
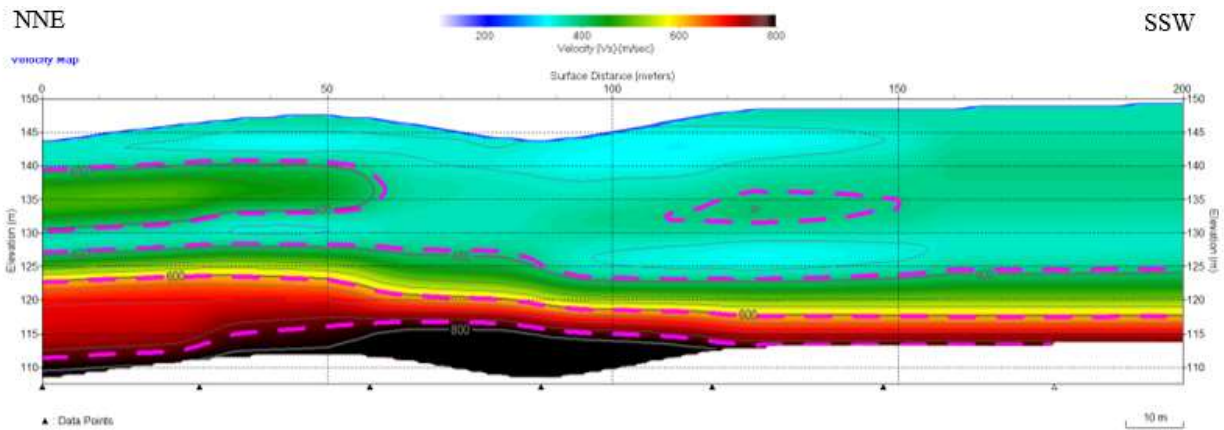


Figura 12-9 - profilo sismico tomografico rifrazione n. 6 longitudinale

Superficialmente il profilo sismico è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 850 m/s di V_p e ai 400 m/s di V_s con uno spessore di 20-25 metri, all'inizio della sezione vi è una lente a velocità più elevata fino a circa

1100 m/s di Vp e 500 m/s di Vs. Al di sotto di questo sismostrato si evidenzia la presenza di un sismostrato con valori fino a 1300 m/s di Vp e 600 m/s di Vs che si estende fino ad una profondità di circa 25-28 m da p.c.

Oltre tali profondità, quindi, i valori delle velocità evidenziano un progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico, tali da far presumere la presenza di un ulteriore passaggio stratigrafico a terreni con caratteristiche geotecniche e sismiche migliori (1950 m/s di Vp e 800 m/s di Vs).

12.4 RIFRAZIONE N.6 TRASVERSALE – VARIANTE 10

Il profilo sismico "Rifrazione n.6 Trasversale", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 200 metri (incluse le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 5 metri. Lo stendimento è stato eseguito per indagare il possibile copro di frana evidenziato presso la curva 8 della variante 10 (Figura 12-10). Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 5 metri. Il profilo è stato condotto da SW (geofono n.1) verso NE (geofono n.40).



Figura 12-10 - Localizzazione del profilo sismico rifrazione n. 6 trasversale



Figura 12-11 - foto del profilo sismico rifrazione n. 6 trasversale

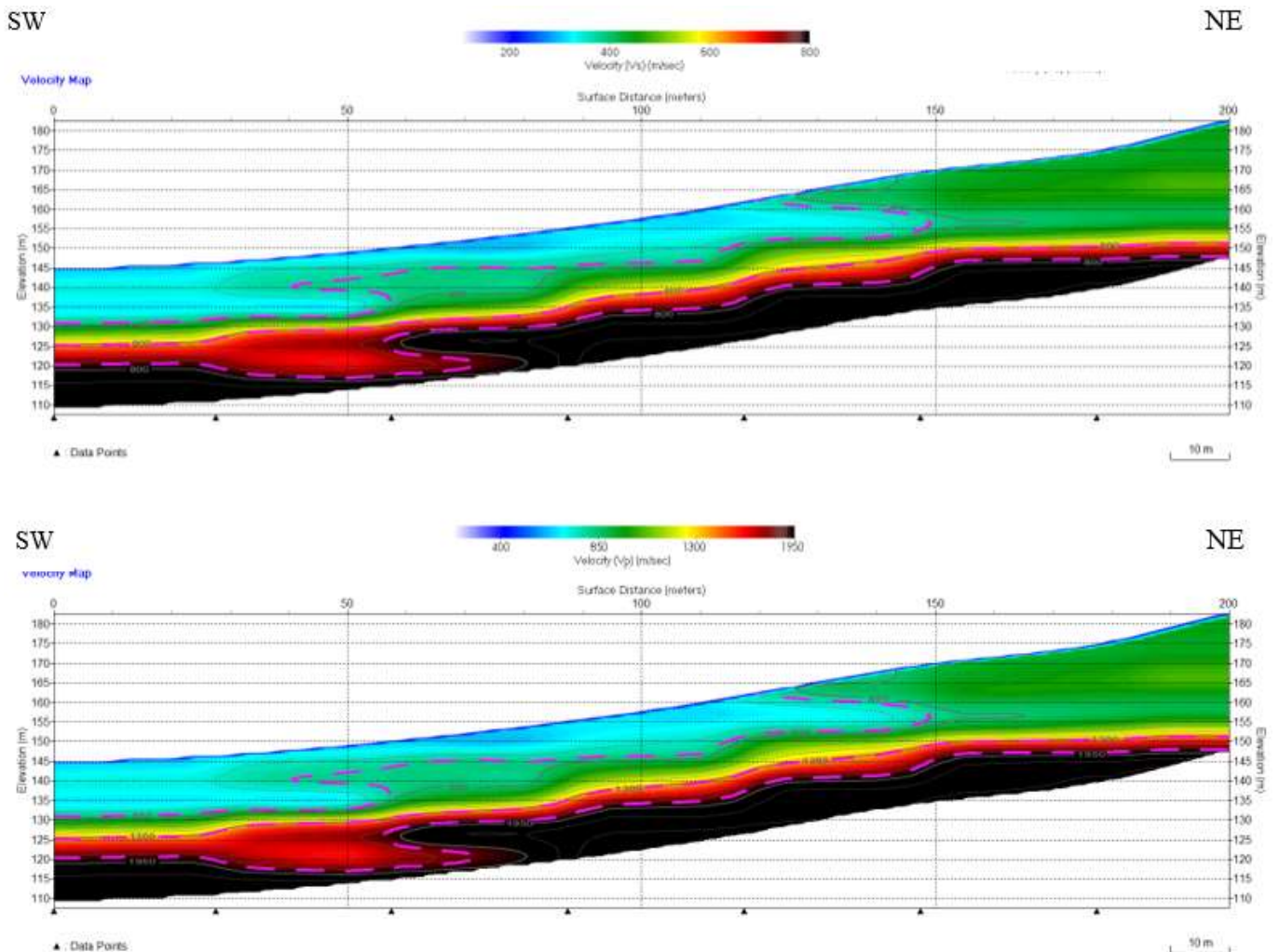


Figura 12-12 - profilo sismico tomografico rifrazione n. 6 trasversale

Superficialmente il profilo sismico è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 750 m/s di V_p e ai 380 m/s di V_s per uno spessore medio compreso tra 8 e 15 metri, presente nella prima parte e in quella centrale del profilo; mentre nella parte finale del profilo, superficialmente, è presente un sismostrato a velocità maggiori, fino a circa 1300 m/s di V_p e 600 m/s di V_s .

Oltre tale sismostrato, i valori delle velocità evidenziano un progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico, tali da far presumere la presenza di un ulteriore passaggio stratigrafico a terreni con caratteristiche geotecniche e sismiche migliori (1950 m/s di V_p e 800 m/s di V_s).

12.5 RIFRAZIONE N.7

Il profilo sismico "Rifrazione n.7", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 200 metri (incluse le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 5 metri. Lo stendimento è stato eseguito per indagare il possibile copro di frana evidenziato presso la curva 8 della variante 10 (Figura 11-10). Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 5 metri.

Il profilo è stato condotto da ESE (geofono n.1) verso WNW (geofono n.40).



Figura 12-13 - localizzazione del profilo sismico rifrazione n. 7



Figura 12-14 - foto del profilo sismico rifrazione n. 7

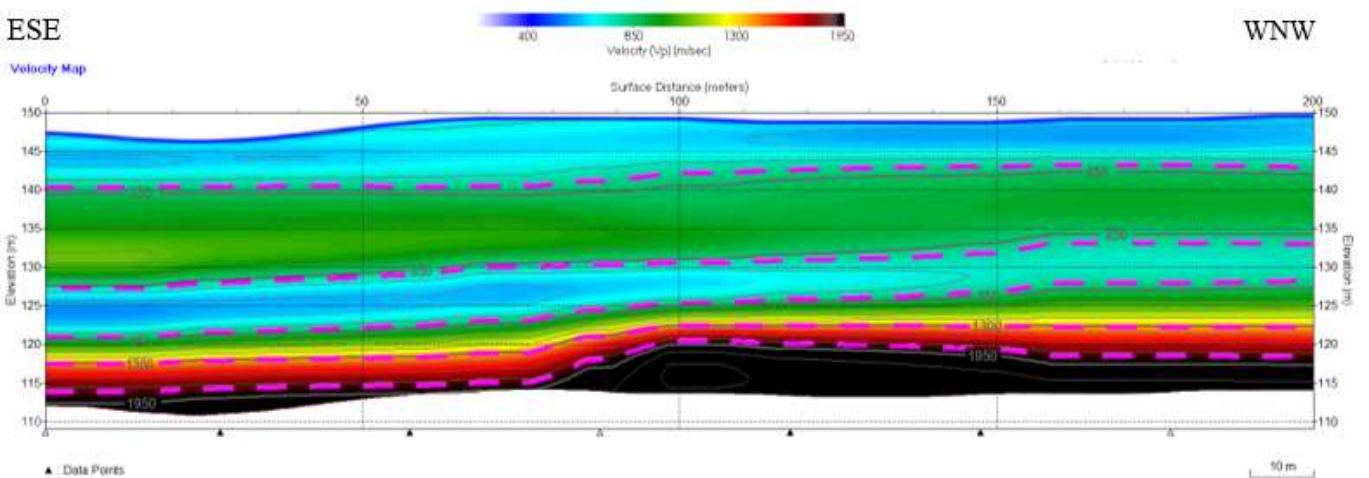
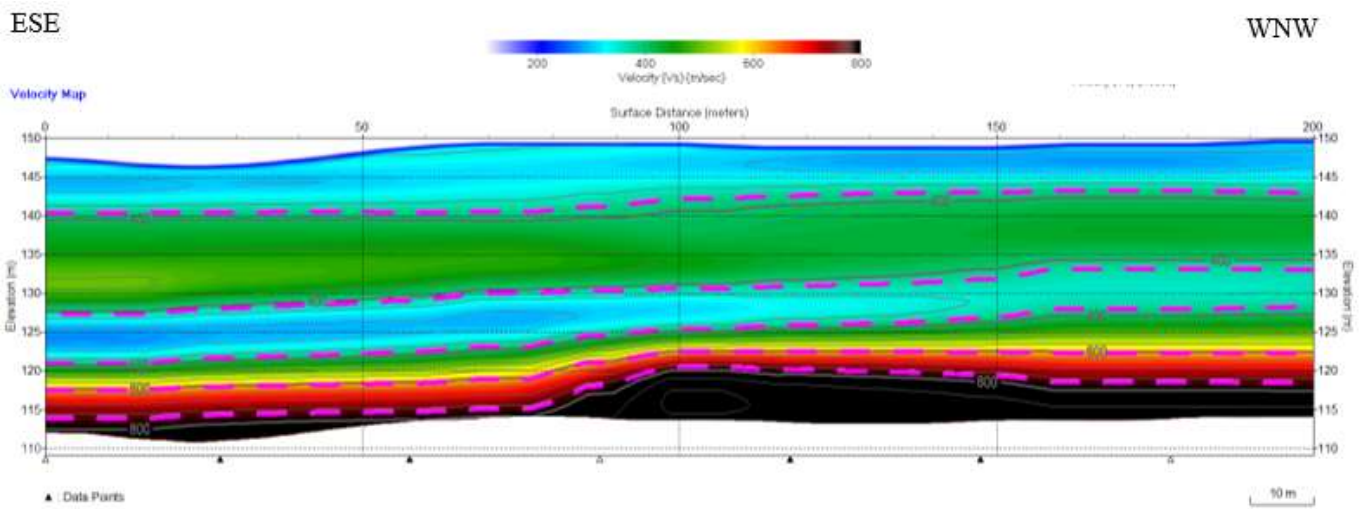


Figura 12-15 - profilo sismico tomografico rifrazione n. 7

Nella porzione superficiale, il profilo sismico è caratterizzato da valori di velocità delle onde sismiche inferiori ai 750 m/s di V_p e ai 380 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 5-10 metri. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un sismostrato con valori fino a circa 1200 m/s di V_p e 550 m/s di V_s fino a circa 15-20 m p.c. Stratigraficamente sottoposto si registra la presenza di un sismostrato più lento con valori inferiori a circa 750 m/s di V_p e 380 m/s di V_s .

Successivamente vi è un aumento di profondità fino a circa 1950 m/s di V_p e 800 ms di V_s fino alla totale profondità di investigazione della tomografia. Quindi i valori evidenziano nell'intero profilo un progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico con terreni con caratteristiche geotecniche e sismiche migliori.

12.6 RIFRAZIONE N.8

Il profilo sismico "Rifrazione n.8", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 250 metri (incluse le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 5 metri. Lo stendimento è stato eseguito per indagare i terreni sui quali risulta impostata la variante 5 (

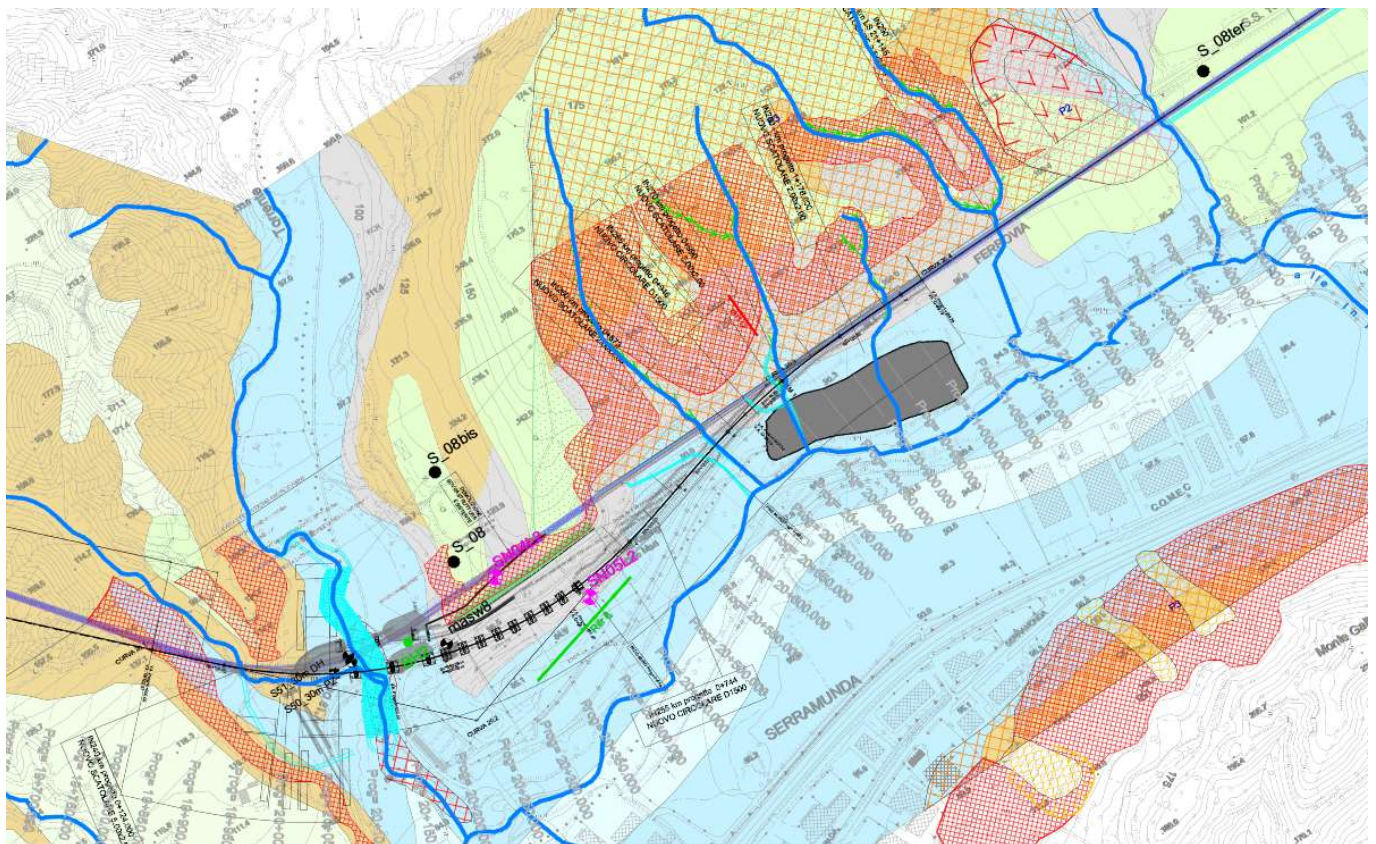


Figura 11-20). Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 5 metri.

Il profilo è stato condotto da ENE (geofono n.1) verso WSW (geofono n.50).

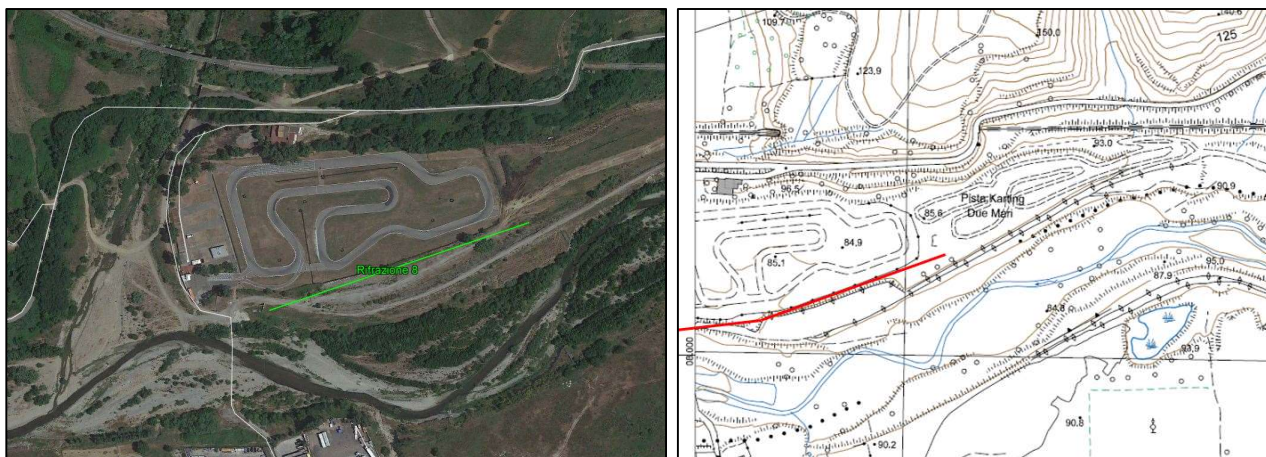


Figura 12-16 - foto satellitare del profilo sismico rifrazione n. 8



Figura 12-17 - foto del profilo sismico rifrazione n. 8

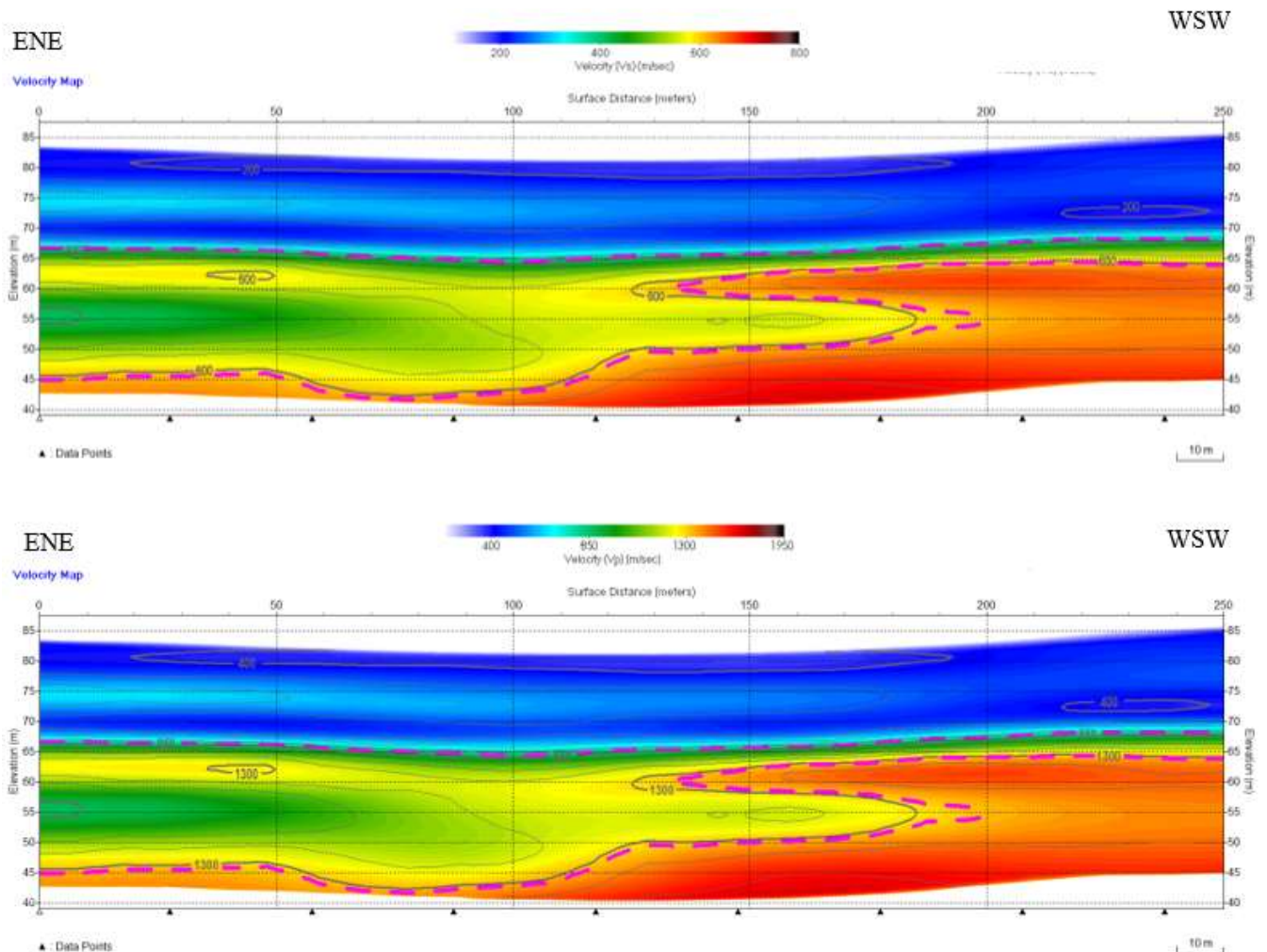


Figura 12-18 - profilo sismico tomografico rifrazione n. 8

Superficialmente il profilo sismico è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 750 m/s di Vp e ai 380 m/s di Vs per uno spessore medio di circa 16-18 metri. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un sismostrato con valori fino a circa 1300 m/s di Vp e 600 m/s di Vs, il quale nella porzione iniziale e centrale del profilo si approfondisce fino a circa 35-40 metri p.c.; mentre nella parte finale della sezione sismica è presente un sismostrato con velocità massime di circa 1600 m/s di Vp e 700 m/s di Vs.

Oltre tale sismostrato, i valori delle velocità evidenziano un progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico, tali da far presumere la presenza di un ulteriore passaggio stratigrafico a terreni con caratteristiche geotecniche e sismiche migliori (1950 m/s di Vp e 800 m/s di Vs).

12.7 RIFRAZIONE N.9

Il profilo sismico "Rifrazione n.9", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 200 metri (incluse le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 5 metri. Lo stendimento è stato eseguito per indagare il i materiali presenti presso la variante 7 (Figura 11-35).

Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 5 metri.

Il profilo è stato condotto da WSW (geofono n.1) verso ENE (geofono n.40).

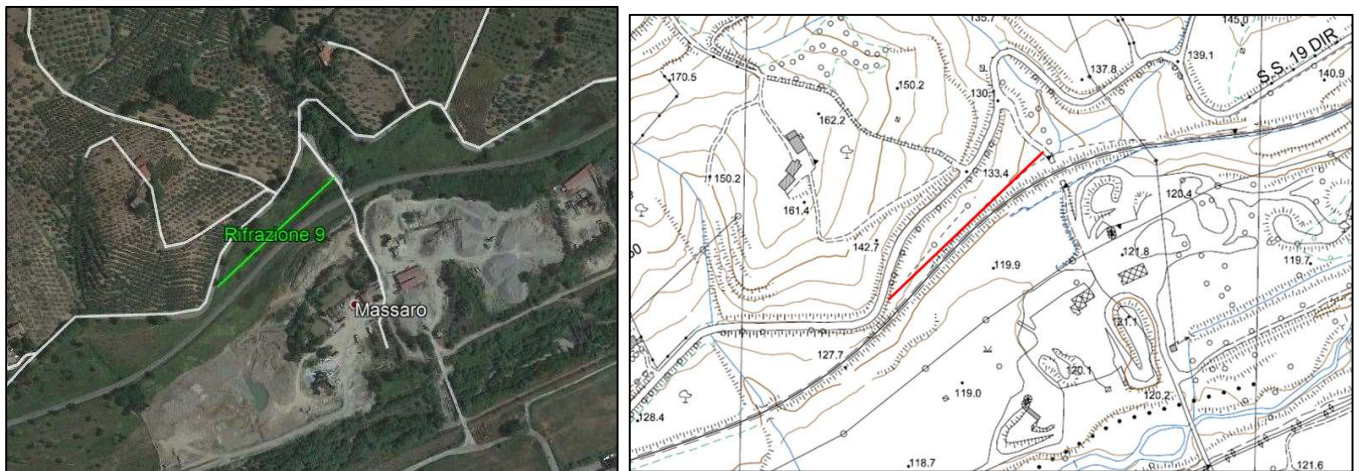


Figura 12-19 - Localizzazione del profilo sismico rifrazione n. 9



Figura 12-20 - foto del profilo sismico rifrazione n. 9

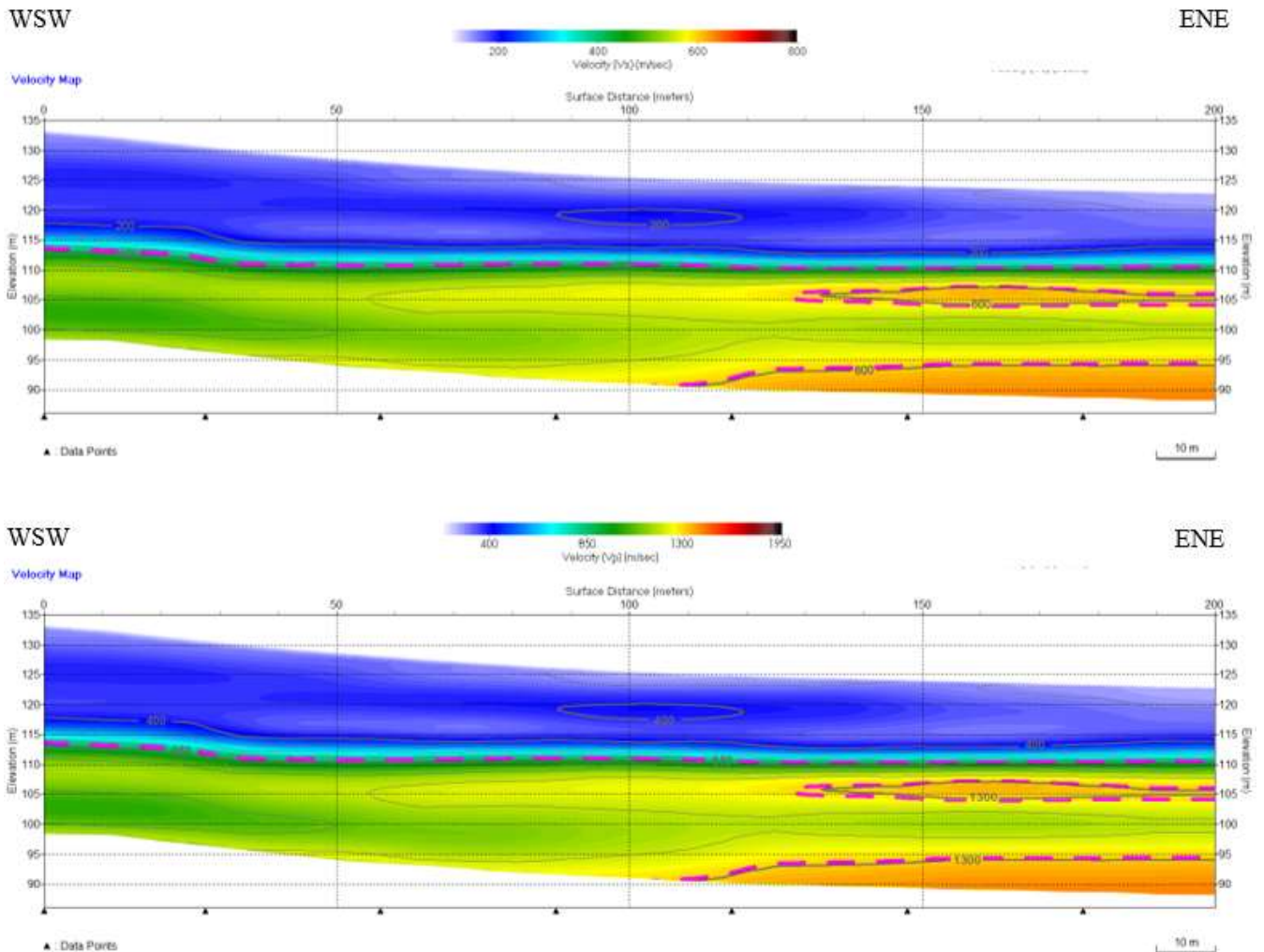


figura 12-21 - profilo sismico tomografico rifrazione n. 9

Superficialmente, il profilo sismico è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 750 m/s di V_p e ai 380 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 15 metri. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un sismostrato con valori fino a circa 1300 m/s di V_p e 600 m/s di V_s , il quale nella porzione finale del profilo presenta una lente con velocità maggiori fino a 1400 m/s di V_p e 650 m/s di V_s .

Oltre la profondità di circa 30 metri p.c., i valori delle velocità evidenziano un progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico, tali da far presumere la presenza di un ulteriore passaggio stratigrafico a terreni con caratteristiche geotecniche e sismiche migliori (1950 m/s di V_p e 800 m/s di V_s).

12.8 RIFRAZIONE N.10

Il profilo sismico "Rifrazione n.10", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 120020 metri (incluse le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 3 metri. Lo stendimento è stato eseguito per indagare il possibile grande copro di frana evidenziato presso la variante 9 (Figura 11-46). Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 3 metri.

Il profilo è stato condotto da ESE (geofono n.1) verso WNW (geofono n.40).

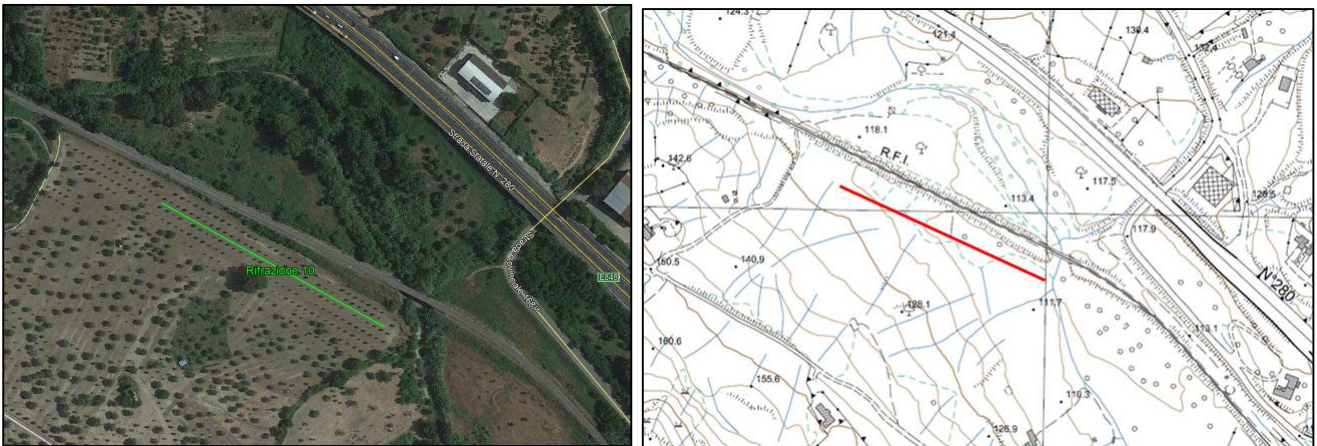


Figura 12-22 - Localizzazione del profilo sismico rifrazione n. 10



Figura 12-23 - foto del profilo sismico rifrazione n. 10

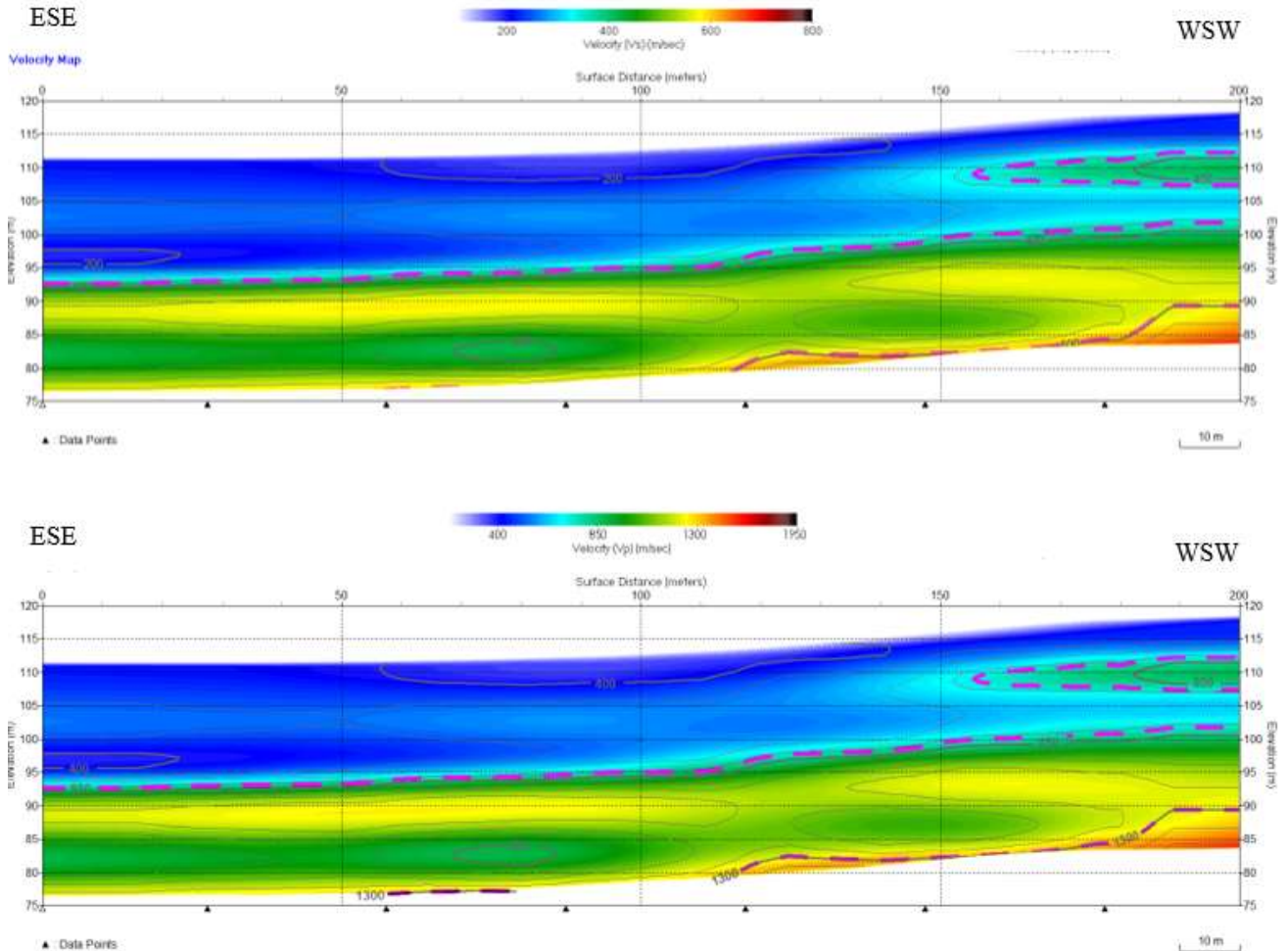


Figura 12-24 - profilo sismico tomografico rifrazione n. 10

Superficialmente, il profilo sismico è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 750 m/s di Vp e ai 380 m/s di Vs per uno spessore medio di circa 15-20 metri. Nella parte finale del profilo, si denota la presenza di una lente con velocità maggiori di circa 850 m/s di Vp e 400 di Vs. Stratigraficamente sottoposto, si evidenzia la presenza di un sismostrato con valori fino a circa 1300 m/s di Vp e 600 m/s di Vs, fino alla profondità massima di investigazione della tomografia.

Al di sotto di tali profondità, quindi, i valori delle velocità evidenziano un progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico, tali da far presumere la presenza di un ulteriore passaggio stratigrafico a terreni con caratteristiche geotecniche e sismiche migliori (1950 m/s di Vp e 800 m/s di Vs).

12.9 RIFRAZIONE N.1

Il profilo sismico "Rifrazione n. 1", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 300 metri (incluse le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 5 metri. Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 5 metri.

Il profilo è stato condotto da NE (geofono n.1) verso SW (geofono n.60).

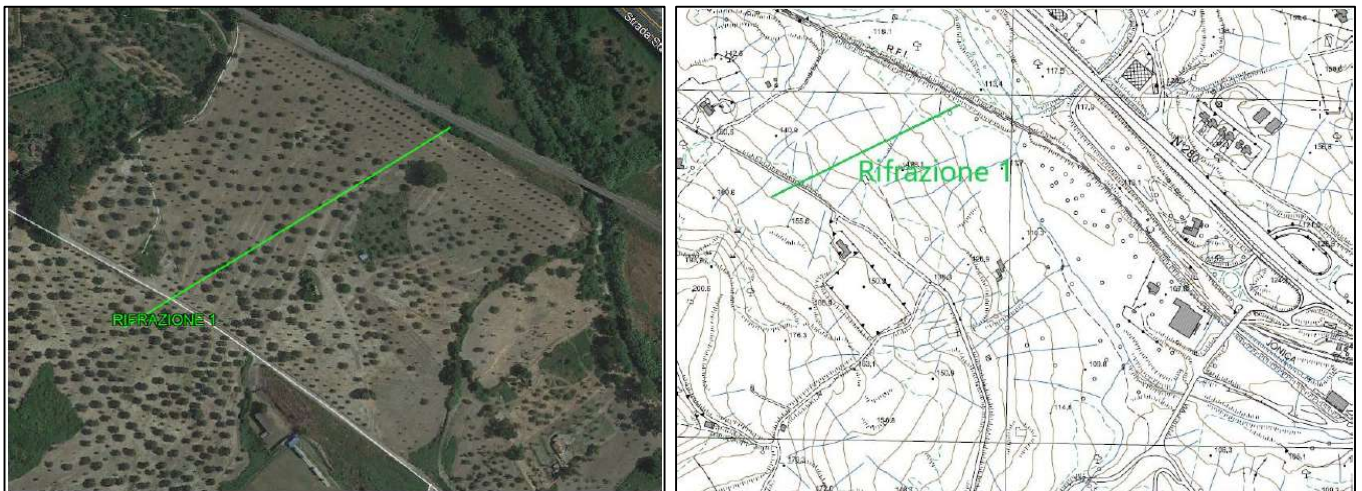


Figura 12-25 - Localizzazione del profilo sismico rifrazione n. 1

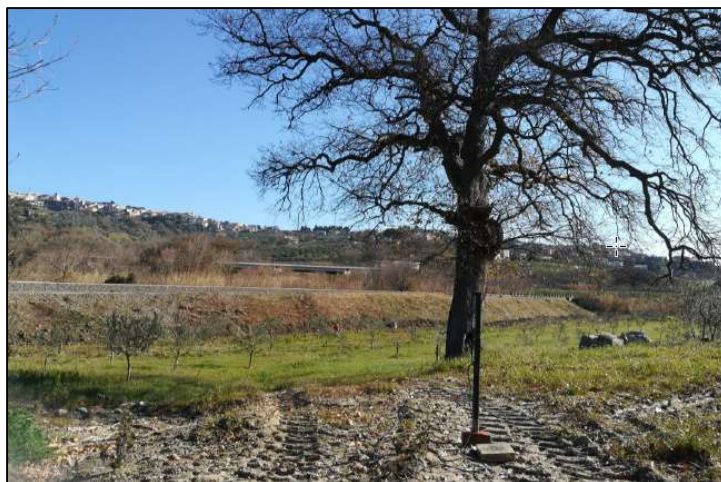


Figura 12-26 - foto del profilo sismico rifrazione n. 1

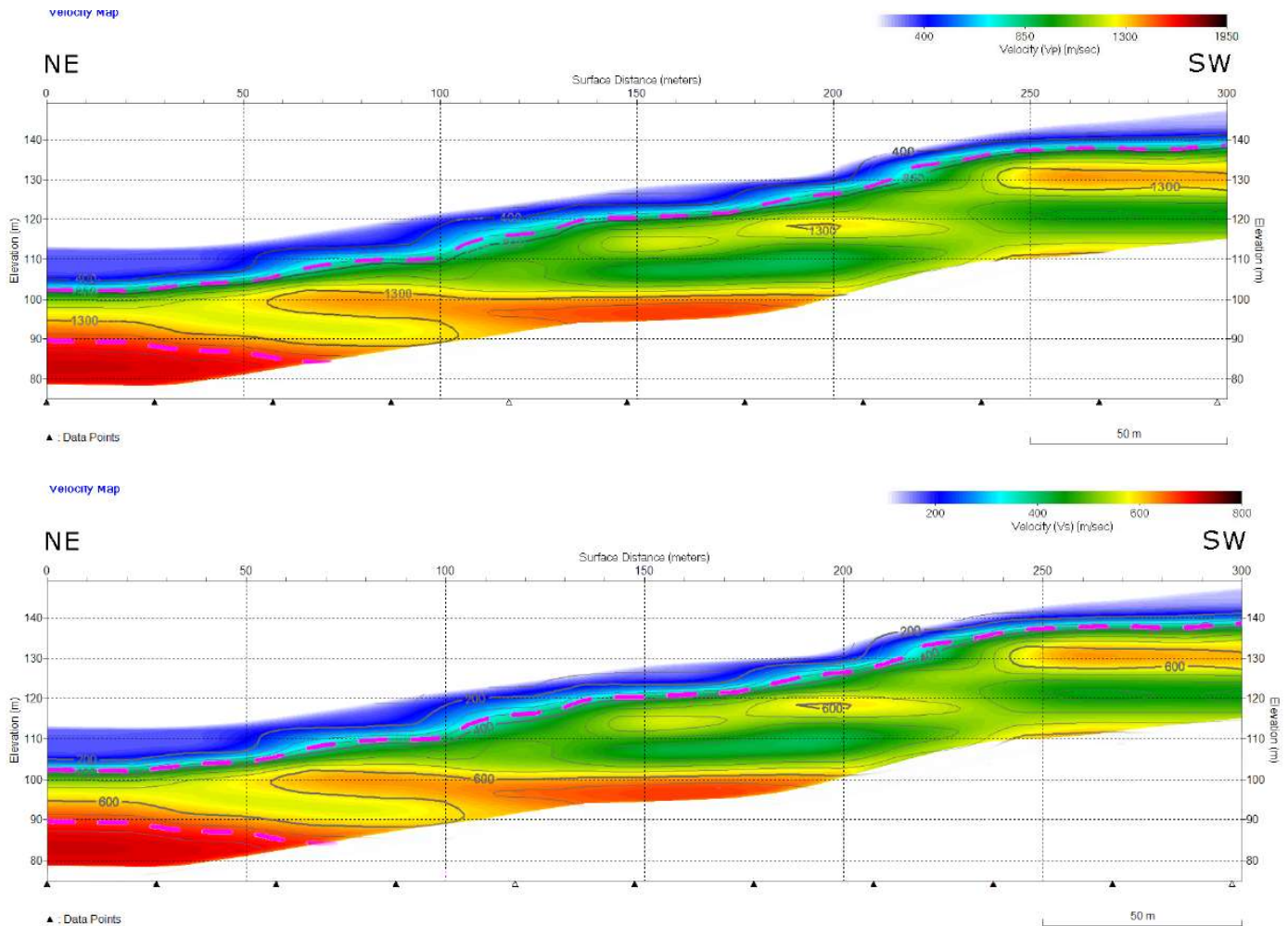


Figura 12-27 - profilo sismico tomografico rifrazione n. 1

Superficialmente il profilo sismico a rifrazione è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori a 730 m/s di Vp e ai 365 m/s di Vs per uno spessore medio di circa 10 metri, che aumenta in corrispondenza delle quote più basse. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un secondo sismostrato con valori crescenti di velocità crescenti fino a circa 1400 m/s di Vp e 650 m/s di Vs, il quale nella porzione iniziale del profilo raggiunge velocemente le alte velocità, mentre verso la parte terminale risulta più lento. Tale sismostrato presenta uno spessore oltre i 20 metri. All'interno del profilo sono presenti due inversioni di velocità che interessano il secondo sismostrato e raggiungono anche gli 800 m/s di Vp e i 360 m/s di Vs; queste sono posizionate a circa 20 metri dal p.c. Oltre una profondità di 30 metri dal p.c., i valori delle velocità evidenziano un progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico, tali da far presumere la presenza di un ulteriore passaggio stratigrafico a terreni con caratteristiche geotecniche e sismiche migliori (1800 m/s di Vp e 750 m/s di Vs).

12.10 RIFRAZIONE N.2

Il profilo sismico "Rifrazione n. 2", è stato eseguito per una lunghezza complessiva pari a 300 metri (incluse le battute esterne allo stendimento), i 24 geofoni verticali e orizzontali utilizzati per eseguire le misurazioni sono stati posizionati seguendo una distanza intergeofonica, pari a 5 metri. Dopo aver eseguito tutte le battute in onde P e onde S, l'intera configurazione è stata successivamente traslata ripetendo così le energizzazioni, permettendo così di ottenere l'equivalente di uno stendimento massimo a 48 canali con distanza intergeofonica pari a 5 metri.

Il profilo è stato condotto da WNW (geofono n.1) verso ESE (geofono n.60).

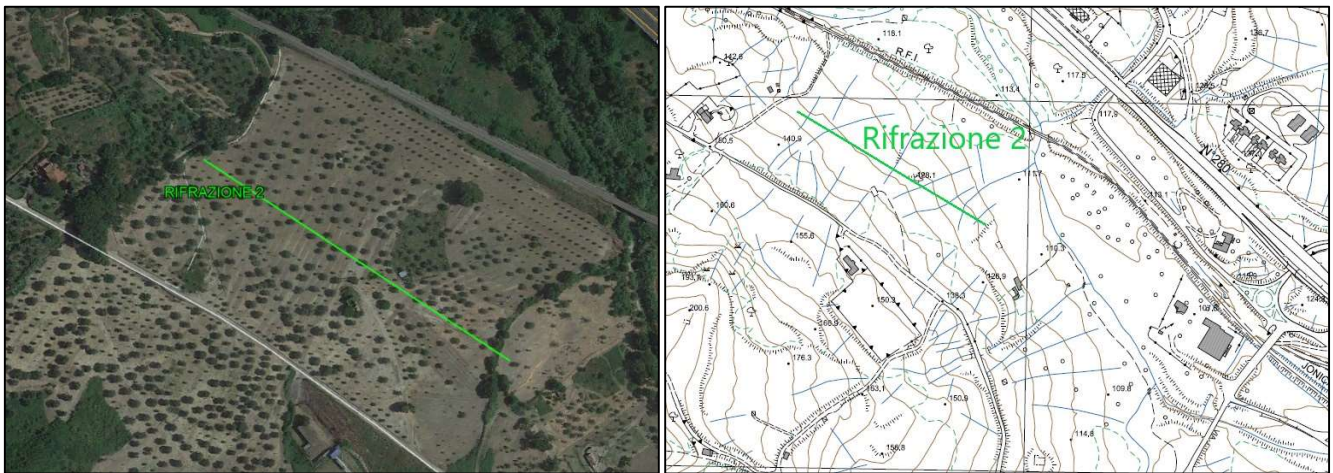


Figura 12-28 - Localizzazione del profilo sismico rifrazione n. 2



Figura 12-29 - foto del profilo sismico rifrazione n. 2

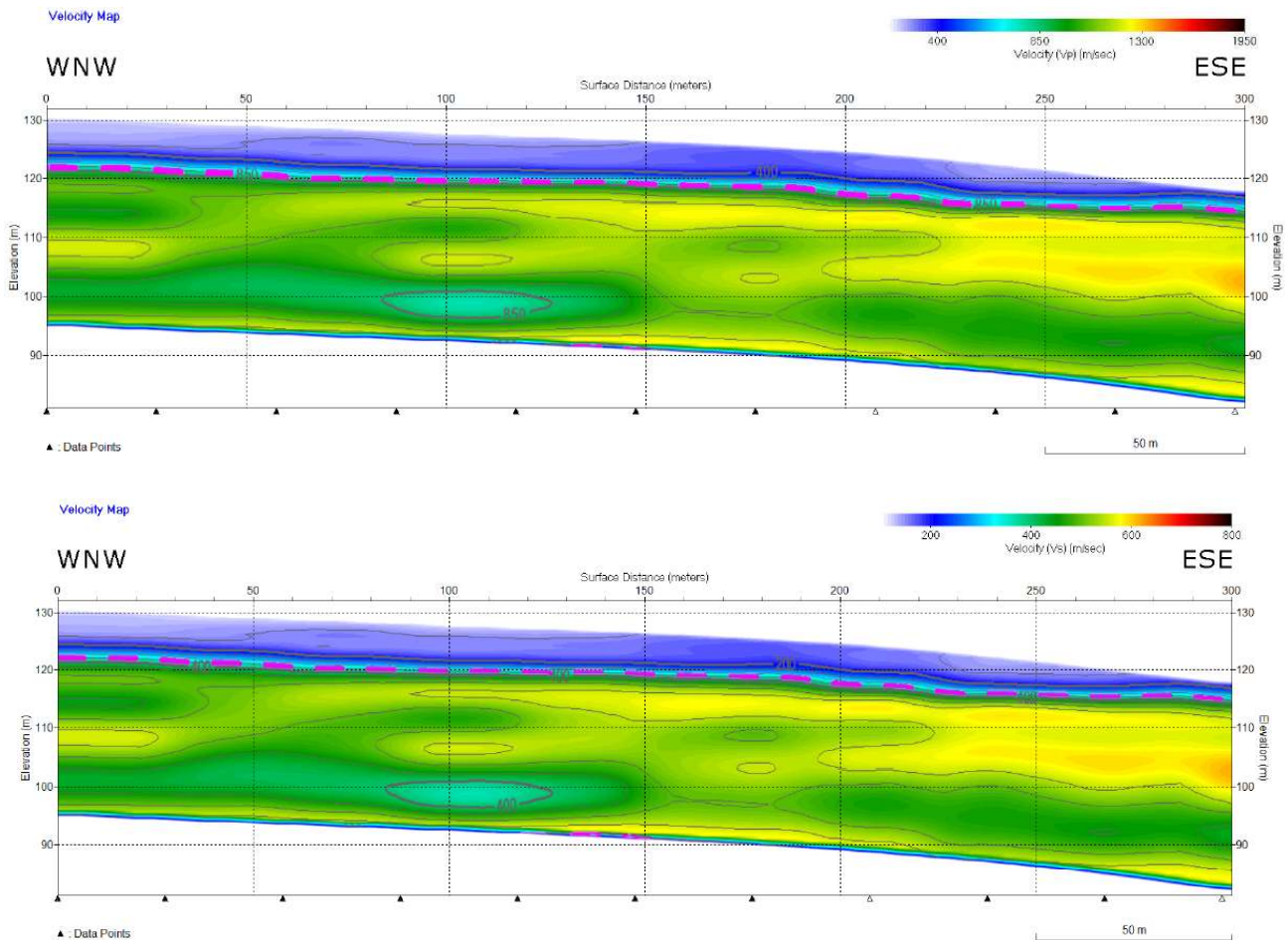


Figura 12-30 - profilo sismico tomografico rifrazione n. 2

Nella porzione superficiale, il profilo sismico è caratterizzato da valori di velocità delle onde sismiche inferiori ai 750 m/s di V_p e ai 380 m/s di V_s per uno spessore medio di circa 6-7 metri che va a decrescere dall'inizio del profilo verso valle. Al di sotto di esso si evidenzia la presenza di un ampio sismostrato con velocità delle onde sismiche crescenti in maniera differente a seconda delle zone, fino a raggiungere 1200 m/s di V_p e 550 m/s di V_s , per uno spessore di circa 30 metri dal p.c. All'interno di questo secondo sismostrato vi è la presenza, nella porzione terminale della sezione, di una lente che raggiunge velocità maggiori (1300 m/s di V_p e 600 di V_s) a una profondità di circa 15 metri dal p.c. Inoltre, si registra la presenza di un sismostrato più lento a circa 25-27 metri di profondità dal p.c. con valori di circa 750 m/s di V_p e 380 m/s di V_s . Nel complesso del profilo si evidenzia comunque un generale e progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico con terreni dalle caratteristiche geotecniche e sismiche migliori.

12.11 TOMOGRAFIA ERT 1

Il profilo elettrico ERT1, della lunghezza di 250 metri con elettrodi spazati di 5 metri, è stato condotto da NW (elettrodo n.1) verso SE (elettrodo n.51), sul lato nord-orientale dell'asse ferroviario. L'acquisizione ha previsto l'utilizzo del metodo Wenner-Schlumberger. L'elaborazione tomografica dei dati con software RES2Dinv ha permesso di individuare le peculiarità del sottosuolo in merito al parametro della resistività elettrica. Nell'elaborazione del dato è stata considerata la presenza della topografia.

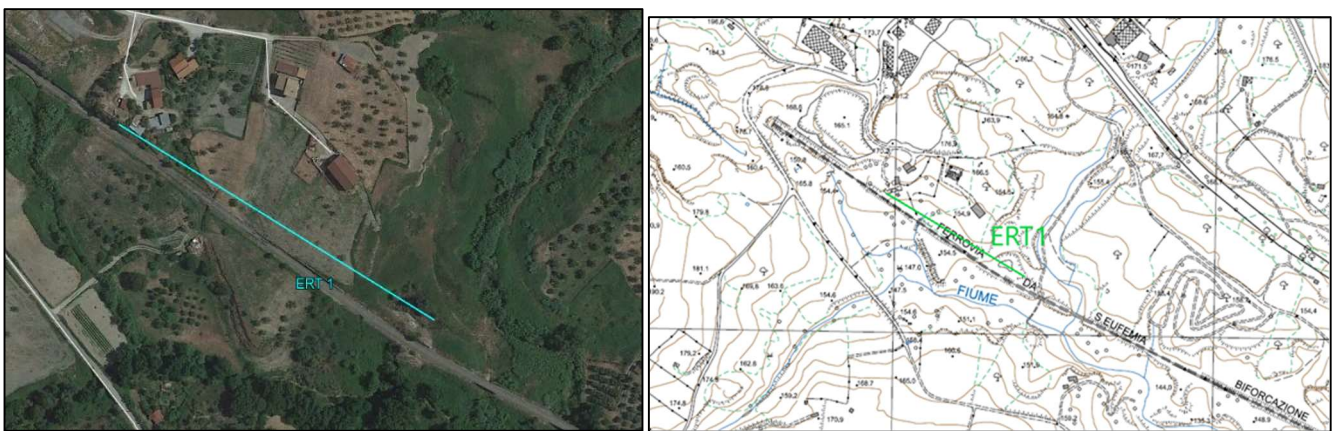


Figura 12-31 - Localizzazione del profilo elettrico ERT 1



Figura 12-32 - foto del profilo elettrico ERT1

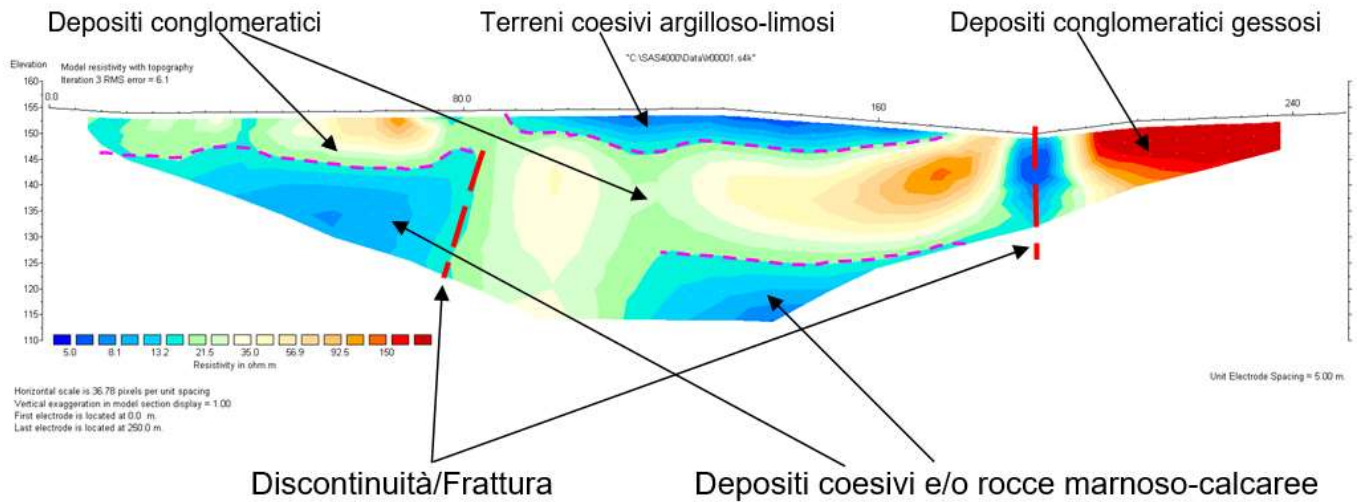


Figura 12-33 - sezione elettrotomografica ERT1.

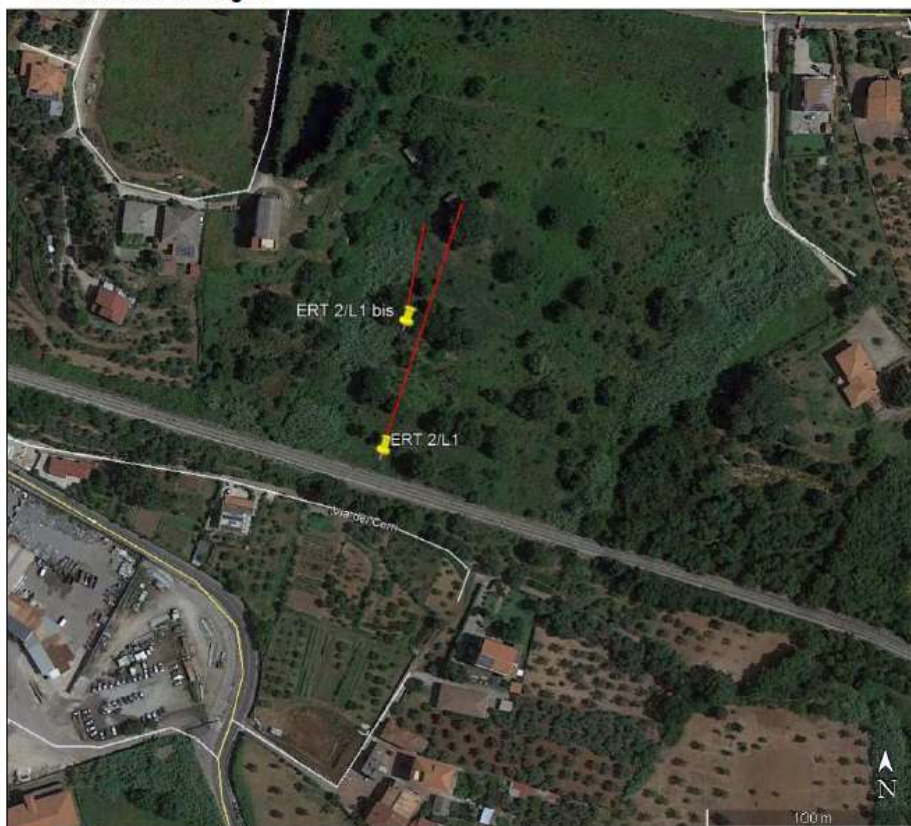
Superficialmente si evidenzia la presenza di un elettrostrato conduttivo (resistività elettrica inferiore a $20 \Omega \cdot m$), riferibile a terreni coesivi di tipo argilloso-limoso con clasti, avente uno spessore medio fino a 2.5 metri dal p.c. Mentre nella parte finale della tomografia è presente, superficialmente, uno strato con resistività superiori a $100 \Omega \cdot m$, attribuibile a depositi conglomeratici "gessosi".

Scendendo verso il basso, nella parte iniziale della tomografia, è presente uno strato fino a 8 metri dal p.c. di depositi conglomeratici (resistività comprese tra $20 \Omega \cdot m$ e $100 \Omega \cdot m$), ben cementati, con orizzonti sabbiosi e/o localmente argillosi. Questo strato risulta stratigraficamente sottostante ai terreni superficiali coesivi, fino alla profondità massima di circa 30 metri dal p.c.

Al di sotto di tale strato, si evidenzia la presenza di un elettrostrato conduttivo (resistività elettrica compresa tra $0-20 \Omega \cdot m$), riferibile a terreni coesivi e/o rocce marnoso-calcaree. Tale elettrostrato si approfondisce fino alla copertura massima della tomografia. Nella parte iniziale della tomografia questo litotipo è suddiviso dai depositi conglomeratici da una discontinuità-frattura; mentre nella parte finale della tomografia una discontinuità-frattura separa i depositi conglomeratici da quelli "gessosi".

12.12 TOMOGRAFIA ERT2 E ERT2BIS /L1

I profili geoelettrici sono stati eseguiti nell'area della curva 7, con andamento trasversale al tracciato ferroviario.

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT 2/L1 ED ERT 2bis/L1
Ubicazione dell'indagine


Fase di acquisizione dati ERT 2 - Lato monte



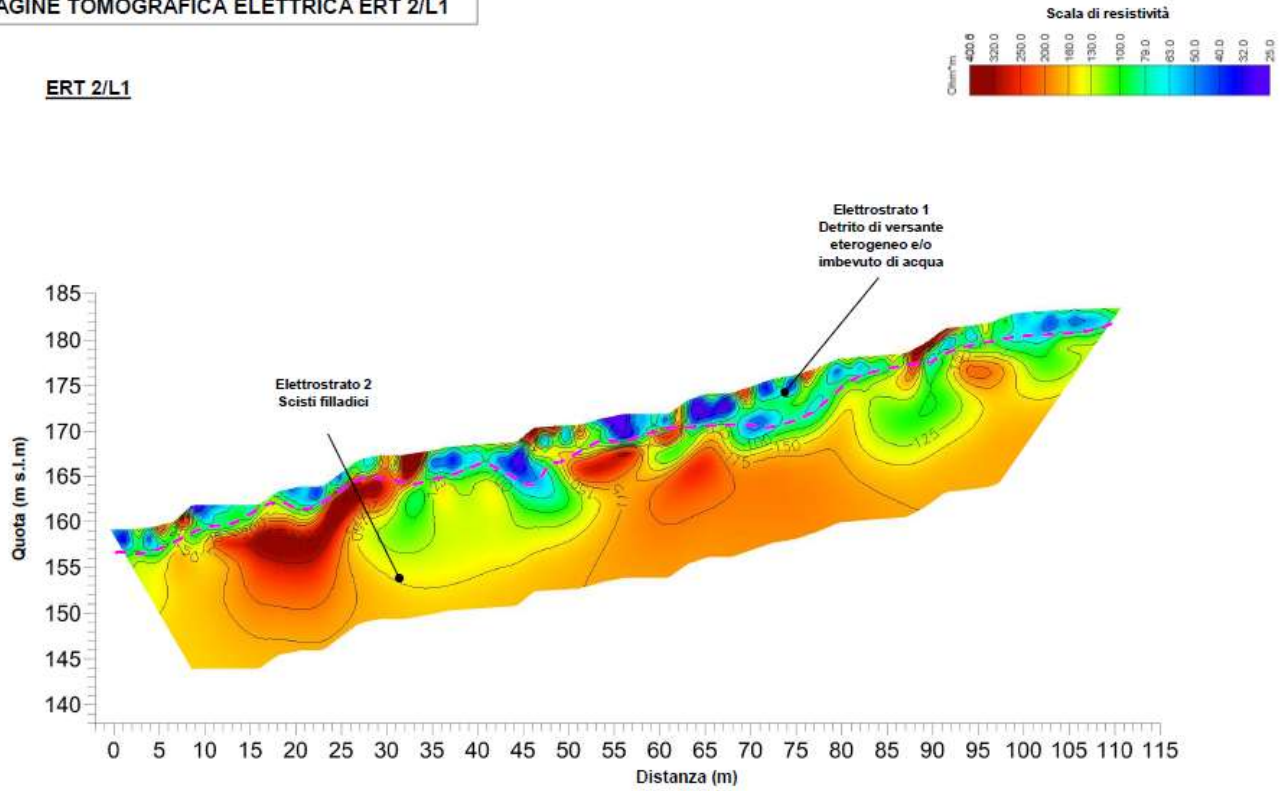
Fase di acquisizione dati ERT 2bis

Figura 12-34 – Localizzazione profili ERT2 e ERT2bis/L1

I profili, eseguiti parallelamente uno all'altro, evidenziano la presenza di uno spessore superficiale di medio bassa resistività, associato al detrito di versante eterogeneo e/o imbevuto d'acqua. Lo spessore dell'orizzonte superficiale, denominato elettrostrato 1 possiede spessore variabile, tra 3 e 6 metri. Al di sotto di tale elettrostrato si evidenzia un deciso aumento delle resistività, associato agli scisti filladici affioranti nell'area.

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT 2/L1

ERT 2/L1



INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT 2bis/L1

ERT 2bis/L1

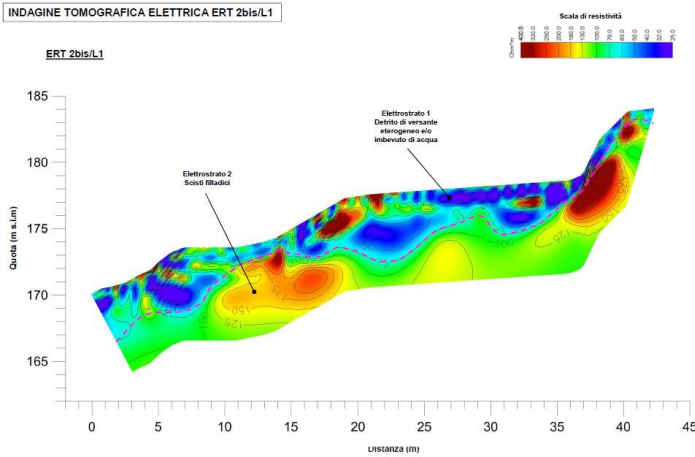


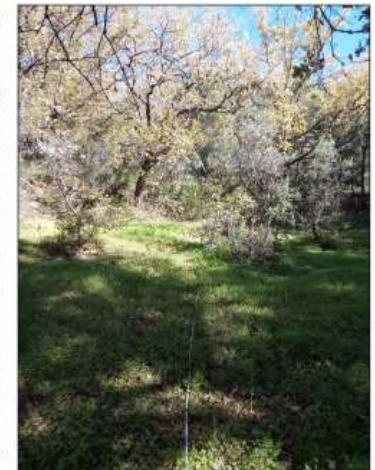
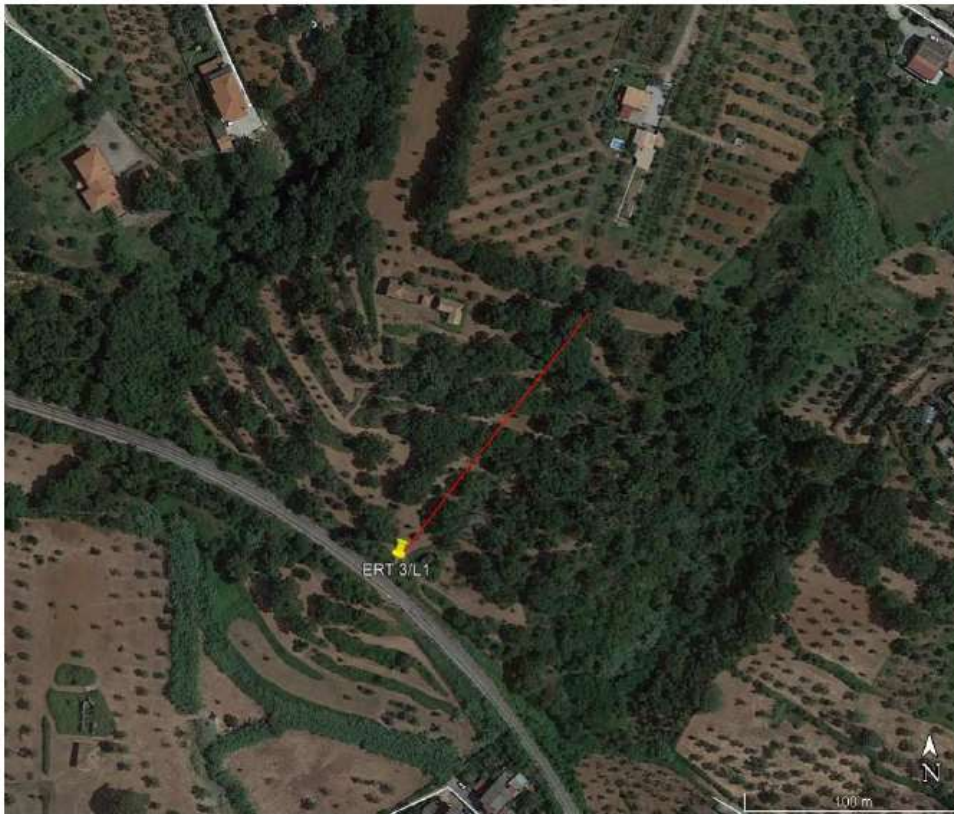
Figura 12-35 – Profilo ERT2 e ERT2bis.

12.13 TOMOGRAFIA ERT3/L1

Il profilo geoelettrico è stato eseguito nell'area della curva 8, con andamento trasversale al tracciato ferroviario.

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT 3/L1

Ubicazione dell'indagine



Fase di acquisizione dati

Figura 12-36 – Localizzazione profilo ERT3/L1

Il profilo è stata eseguito nella zona dove il rilievo geomorfologico ha rilevato la presenza di coltri eluvio-colluviali. Come già ampiamente descritto nel paragrafo 11 relativo alla variante 10, l'indagine ha permesso di meglio definire gli spessori delle coltri eluvio-colluviali e la geometria del deposito anche in sezione.

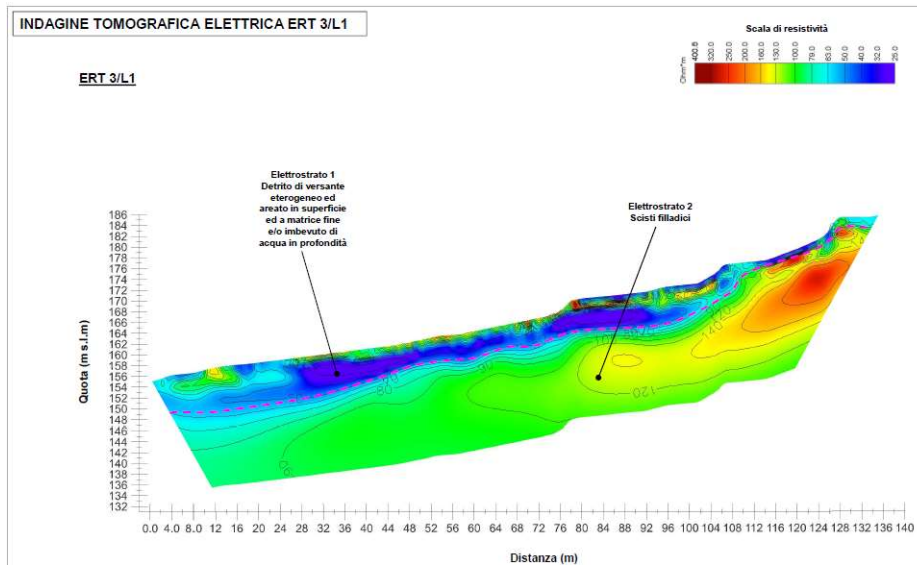


Figura 12-37 – Profilo ERT3/L1.

12.14 TOMOGRAFIA ERT3/L2

Il profilo geoelettrico è stato eseguito con andamento trasversale al tracciato ferroviario, ubicato sul versante collinare ubicato a circa 50 metri dal tracciato, in corrispondenza della fine della variante 5.

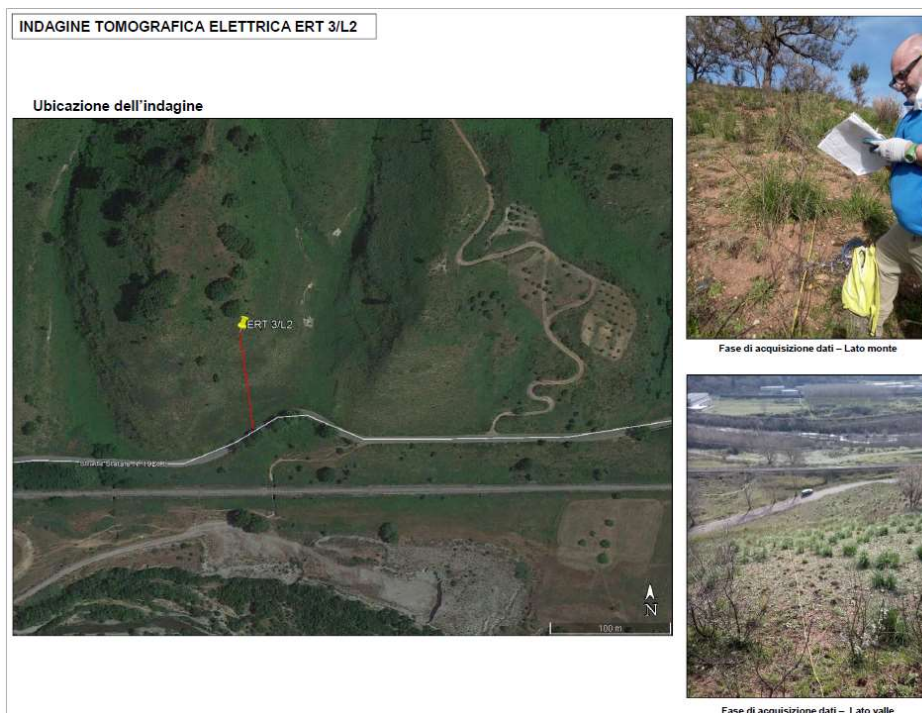


Figura 12-38 – Localizzazione profilo ERT3/L2

Il modello della resistività evidenzia la presenza di un contatto inclinato verso sud che mette in contatto depositi da medio a grossolani con i sottostanti depositi a granulometria da media a fine. Le differenze di resistività dei depositi a grana da media a grossolana suggeriscono diversi gradi di addensamento. Al piede del versante, infine, si evidenzia la presenza di una coltre detritica di circa 2 a 3 metri di spessore.

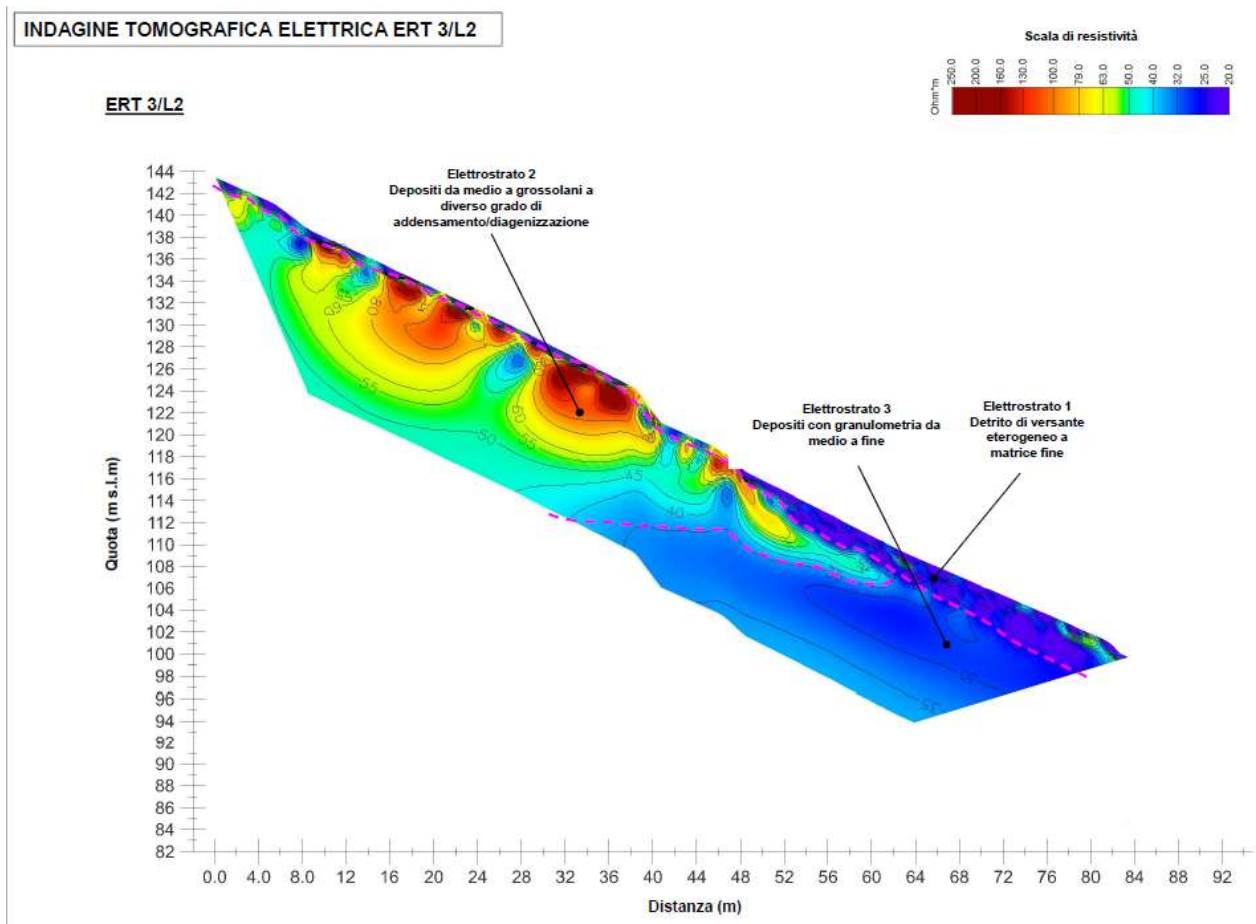


Figura 12-39 – Profilo ERT3/L2.

12.15 TOMOGRAFIA ERT7/L2

Il profilo geoelettrico è stato eseguito con andamento parallelo ed in aderenza al tracciato ferroviario, in corrispondenza della variante 6.



Figura 12-40 – Localizzazione profilo ERT7/L2

Il modello della resistività evidenzia la presenza di uno spessore di materiale di riporto e terreno rimaneggiato di circa 2 metri di spessore che tende a diminuire verso est. Al di sotto dello strato superficiale si evidenzia una alternanza di strati con andamento circa parallelo alla superficie topografica con valori che vanno da bassi a medi, associabili rispettivamente a limi sabbiosi e sabbie limose.

INDAGINE TOMOGRAFICA ELETTRICA ERT 7/L2

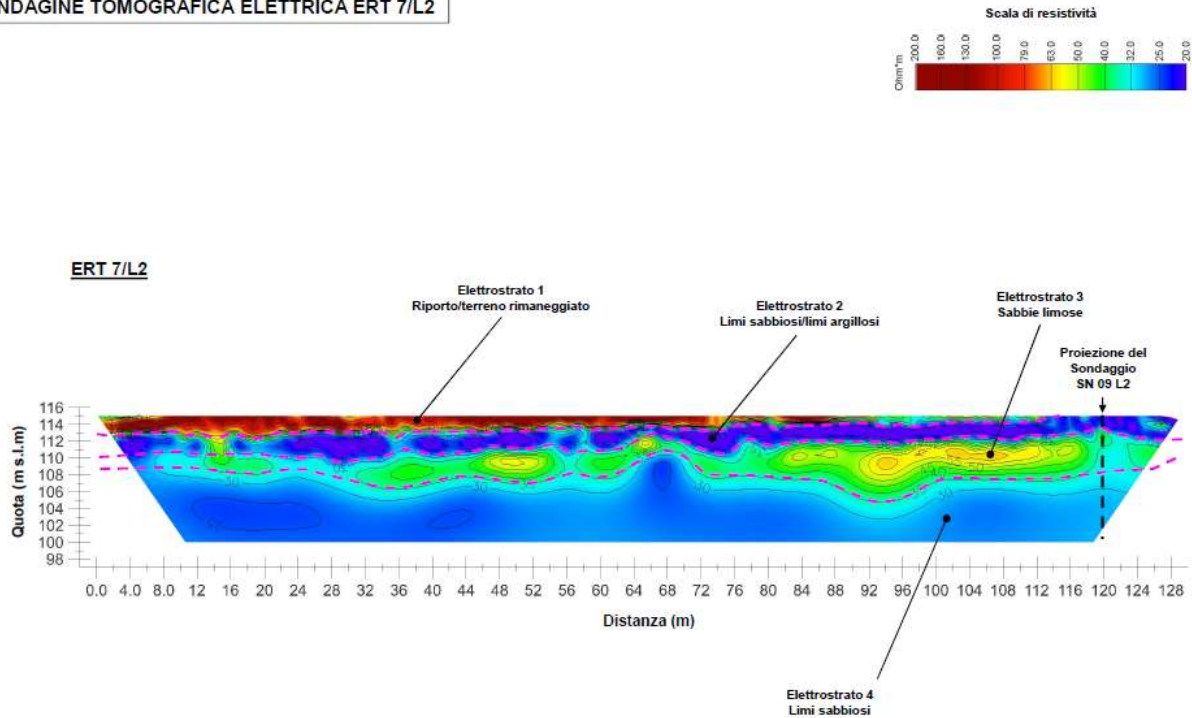


Figura 12-41 – Profilo ERT7/L2.

12.16 TOMOGRAFIA ERT10-11/L2

I profili geoelettrici sono stati eseguiti con andamento parallelo ed in aderenza al tracciato ferroviario, in corrispondenza della variante 7.



Figura 12-42 – Localizzazione profili ERT10-11/L2

Il modello della resistività evidenzia la presenza di uno spessore superficiale di materiale con elevata resistività associato alla massicciata ferroviaria. Al di sotto dello strato superficiale si evidenzia una alternanza di strati, con andamento circa parallelo alla superficie topografica, con valori di resistività che vanno da bassi a medi, associabili rispettivamente a limi sabbiosi e sabbie limose, localmente saturi.

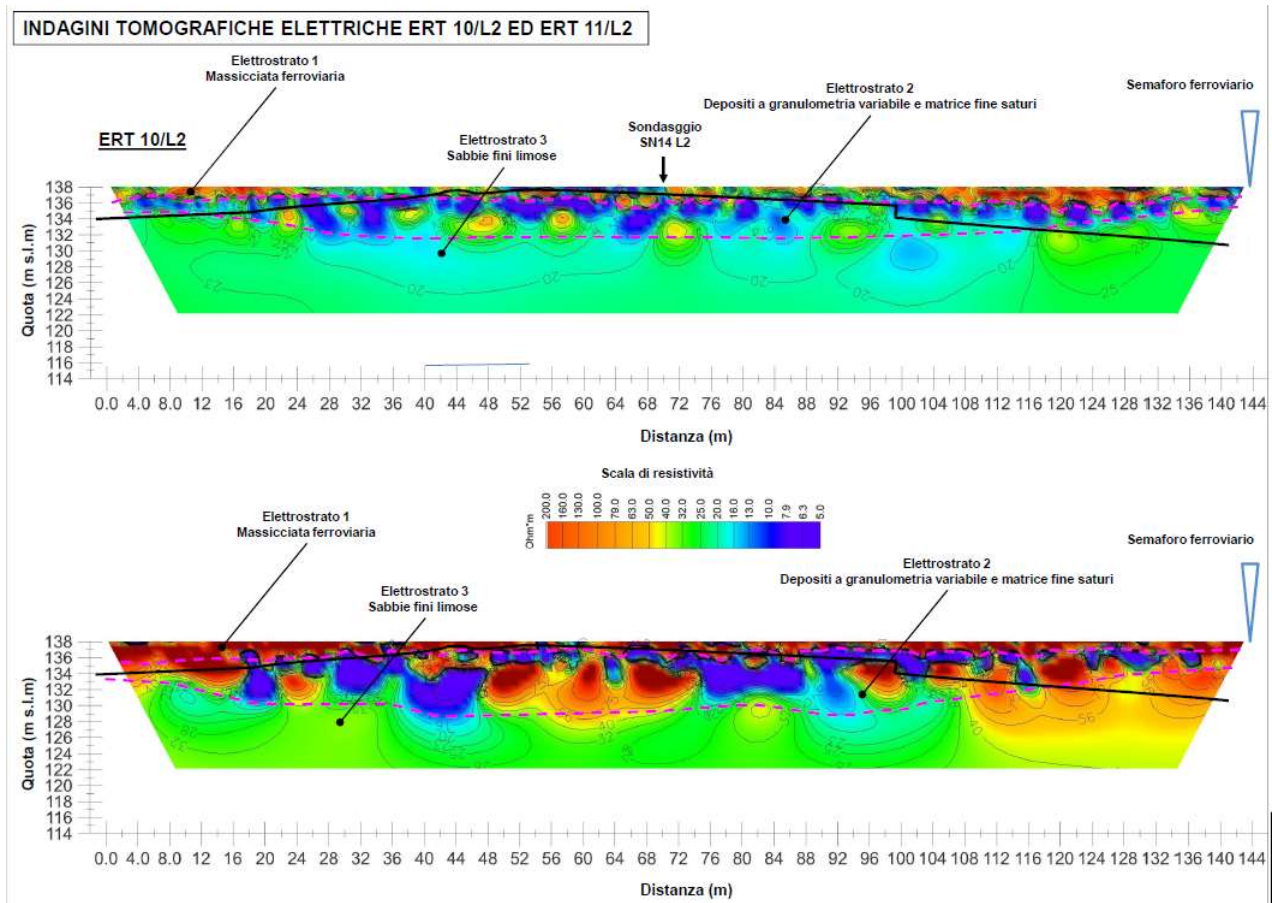


Figura 12-43 – Profili ERT10-11/L2.

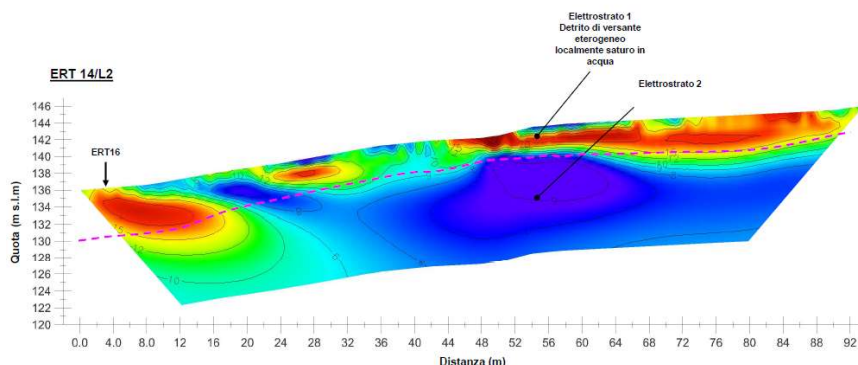
12.17 TOMOGRAFIA ERT-RIFR14-15-16/L2

I profili sismici e geoelettrici sono stati eseguiti in corrispondenza del movimento franoso osservato tra la variante 8 e 9.



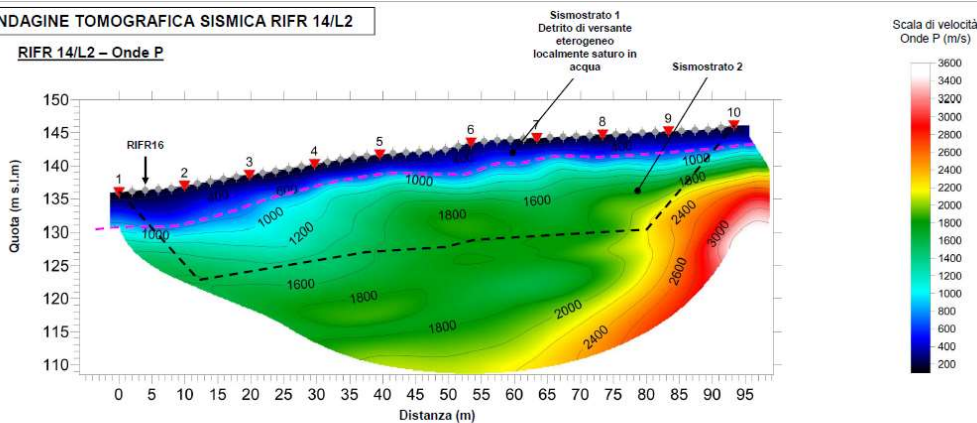
Figura 12-44 – Localizzazione profili ERT14-15-16/L2

L'indagine geoelettrica e sismica ha evidenziato un modello geofisico che è costituito da un orizzonte superficiale associato a detrito di versante eterogeneo localmente saturo in acqua, con valori di resistività variabili, valore velocità sismica V_p inferiori a 600 m/sec e V_s inferiori a 150 m/sec. Al di sotto di tale strato superficiale si registra una diminuzione della resistività e un aumento della velocità sismica, entrambi piuttosto gradualmente, con valori inferiori a 10 ohm*m, tipici di litotipi argillosi, e V_p che variano tra 1200 e 1800 m/sec, V_s in graduale aumento. Tale orizzonte più profondo può essere associato a litotipi fini mediamente consistenti.



INDAGINE TOMOGRAFICA SISMICA RIFR 14/L2

RIFR 14/L2 – Onde P



RIFR 14/L2 – Onde S

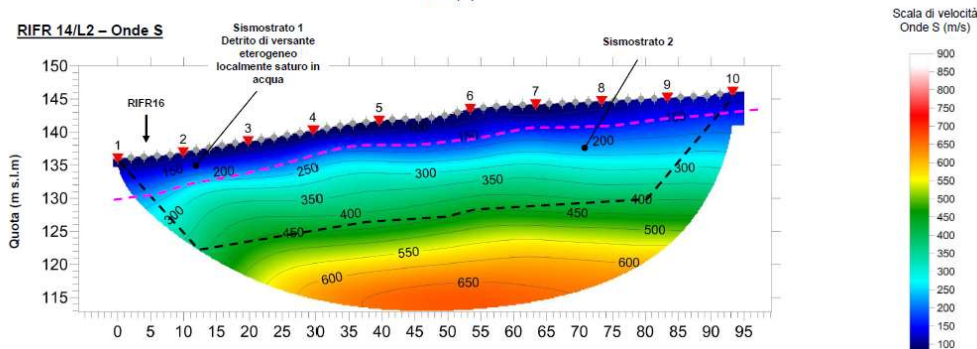


Figura 12-45 – Profili ERT-RIFR14/L2.

12.18 TOMOGRAFIA ERT20-21/L2

I profili geoelettrici sono stati eseguiti in corrispondenza del movimento franoso osservato tra la variante 8 e 9, in corrispondenza dei sondaggi SN17 e SN18 L2.

INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE ERT 20-21/L2
Ubicazione dell'indagine

Figura 12-46 – Localizzazione profili ERT20-21/L2

L'indagine geoelettrica ha evidenziato un modello geofisico superficiale molto simile a quello ricostruito per i profili 14-15-16, costituito da un orizzonte superficiale associato a detrito di versante eterogeneo localmente saturo in acqua, con valori di resistività variabili. Al di sotto di tale strato superficiale, sul versante sud rispetto al Fiume Fallaco, si evidenzia la presenza di un orizzonte discontinuo, con valori di resistività medio-bassi, tra 15 e 40 $\text{ohm}\cdot\text{m}$, associabili alla presenza dei gessi. In profondità le resistività tornano a diminuire, per la presenza di litotipi argillosi. Sul versante nord, invece, al di sotto della coltre superficiale, di spessore esiguo, si osserva un chiaro aumento della resistività, associabile alla presenza dei conglomerati, al di sotto dei quali si ritrovano ancora una volta resistività basse, associabili a litotipi argillosi o comunque fini.

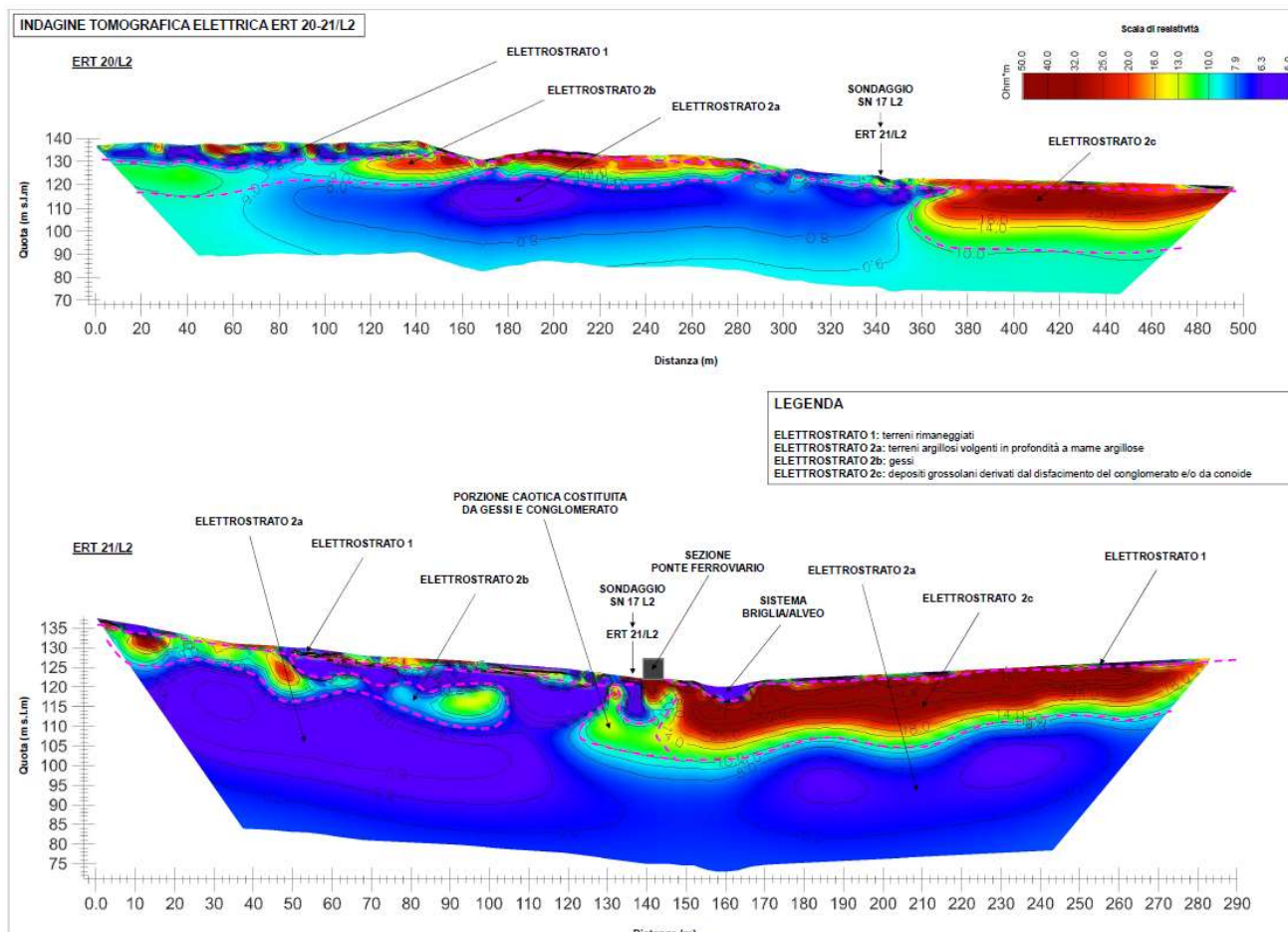


Figura 12-47 – Profili ERT20-21/L2.

12.19 TOMOGRAFIA ERT17-18-19/L2


I profili geoelettrici sono stati eseguiti in corrispondenza dell'affioramento di gessi ubicato all'uscita della Galleria Marcellinara.

INDAGINI TOMOGRAFICHE ELETTRICHE ERT 17-18-19/L2
Ubicazione dell'indagine

Figura 12-48 – Localizzazione profili ERT17-18-19/L2

Il modello geofisico dell'area restituito dai 3 profili evidenzia la presenza di una coltre superficiale di spessore variabile, discontinua, caratterizzata da valori di resistività medio bassi. I profili evidenziano porzioni di sottosuolo caratterizzate da valori di resistività media, che possono essere associati alla presenza dei gessi, localmente in affioramento. I profili mostrano anche orizzonti caratterizzati da basse resistività, associabili a litotipi argillosi.

Infine, in varie zone del sottosuolo si evidenzia la presenza di anomalie basso resistive (di forma arrotondata in contrasto con l'intorno) che possono essere dovute a zone di dissoluzione dei gessi o cavità con riempimento di acqua e/o materiale argilloso.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 163 di 222

13 SINTESI DELLE RISULTANZE

Sulla base dei risultati delle indagini e dei rilievi eseguiti è dunque possibile osservare quanto segue:

- La variante 10 risulta costituita da 7 curve distribuite lungo circa 8 km di tracciato, suddivise in curve da 7 a 11 e da 18 a 19.
 - curva 7: essa è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente, indagata tramite rilievo di campo, che ha evidenziato zone di erosione superficiale piuttosto intensa con arretramento localizzato dell'orlo della scarpata a causa della mancata regimazione delle acque di ruscellamento superficiale, con localizzate zone di accumulo di coltri eluvio-colluviali. Sono stati eseguiti due stendimenti di sismica a rifrazione (R5, R3) per la verifica di questi elementi, sulla base del quale non si osservano particolari spessori di coltri sciolte o superfici di distacco.
 - Posizione intermedia tra curva 7 e curva 8: essa è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente, indagata tramite rilievo di campo, che ha evidenziato zone di erosione superficiale piuttosto intensa con arretramento localizzato dell'orlo della scarpata a causa della mancata regimazione delle acque di ruscellamento superficiale, con localizzate zone di accumulo di coltri eluvio-colluviali interessate da solifluzione. Per la verifica di tale punto sono state eseguite due stese di tomografia elettrica (ERT2 e 2bis /L1), che hanno permesso di definire lo spessore della coltre eluvio-colluviale interessato da solifluzione, che può essere indicato tra 4 e 6 metri.
 - curva 8: essa è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente, indagata tramite rilievo di campo che ha evidenziato, come in precedenza, erosione superficiale piuttosto intensa con arretramento localizzato dell'orlo della scarpata a causa della mancata regimazione delle acque di ruscellamento superficiale, con localizzate zone di accumulo di coltri colluviali potenzialmente instabili. Sono stati mappati alcuni corpi di frana superficiale, verificati tramite 3 stendimenti di sismica a rifrazione (R6, R6 trasv.) e uno di tomografia elettrica (ERT3/L1). Sono stati inoltre eseguiti in quest'area i sondaggi S06 e S07 per la verifica della stratigrafia locale. L'interpretazione delle indagini ha permesso di definire lo spessore delle coltri eluvio-colluviali interessate da soliflusso, le quali raggiungono uno spessore tra 2 e 6 metri.
 - Curva 9: essa è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente ed indagata tramite rilievo di campo. L'area non risulta soggetta a criticità di carattere geomorfologico eccezion fatta per erosione del suolo in prossimità delle scarpate per mancanza di regimazione delle acque di ruscellamento superficiali.

- Curva 10: essa è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente ed indagata tramite rilievo di campo. L'area non risulta soggetta a criticità di carattere geomorfologico, eccezion fatta per erosione del suolo in prossimità delle scarpate per mancanza di regimazione delle acque di ruscellamento superficiali.
- Curva 11: essa è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente ed indagata tramite rilievo di campo. L'area non risulta soggetta a criticità di carattere geomorfologico eccezion fatta per erosione del suolo in prossimità delle scarpate per mancanza di regimazione delle acque di ruscellamento superficiali.
- Curva 18 e curva 19: sono state oggetto di verifica della cartografia PAI vigente ed indagata tramite rilievo di campo. Esse ricadono agli imbocchi di due gallerie che separano la valle Drema, il cui fondovalle è occupato da sedimenti trasportati dal corso d'acqua ed il versante sono composti di sabbie e argille predisposte a fenomeni di erosione e di instabilità superficiali. Gli impluvi che sovrastano gli imbocchi delle gallerie, anche se abbastanza vegetati risultano molto acclivi e soggetti ad instabilità del tipo frane di colamento rapido di terra e detrito entro i principali impluvi.
- Variante 5: è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente, rilievo di campo ed è stata indagata tramite sondaggi geognostici e sismica a rifrazione. I versanti della zona sono piuttosto acclivi e presentano una diffusa propensione all'attivazione di frane superficiali a causa della natura dei materiali presenti e della complessità geologica dell'area. Il torrente Canello, attraversato sia dalla linea storica che dalla variante in progetto, è stato oggetto di un importante evento di trasporto solido nel 2010 che ha abbattuto il ponte ferroviario storico. Il sondaggio realizzato ha evidenziato la presenza di materiali limo-argillosi dai 5 m da p.c., sovrastati da alcuni metri di materiale ghiaioso. Il sondaggio S8bis è stato attrezzato con inclinometro per il monitoraggio di eventuali movimenti di versante. La stesa sismica, eseguita sul fondovalle alluvionale, ha evidenziato spessori di materiale di origine alluviale, sino a circa 15 m da p.c..
- Variante 6: è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente e rilievo di campo. In tale fase è stato realizzato un sondaggio geognostico, il SN09, a supporto della ricostruzione stratigrafica. Il rilievo ha evidenziato sui versanti meno acclivi, fenomeni di erosione superficiale dovuti al ruscellamento delle acque non regimate, mentre sui versanti più acclivi lungo vallecicole laterali profondamente incise, sono diffuse piccole frane superficiali. Entrambi i fenomeni non hanno un impatto diretto sulla linea, ma possono aumentare il trasporto di sedimenti dei corsi d'acqua.
- Variante 7: è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente, rilievo di campo ed è stata indagata tramite sondaggi geognostici, sismica a rifrazione e tomografia elettrica. In quest'area i fenomeni gravitativi

risultano a notevole distanza, dunque difficilmente interferenti con la variante in progetto. Il tracciato di progetto transiterà invece in parte sulle alluvioni recenti del fiume in un'area estrattiva attualmente attiva, andranno quindi valutati attentamente la presenza di riporti antropici. Il sondaggio S9 ha evidenziato la presenza di materiali argillo-limosi subito al di sotto delle coltri superficiali, mentre la sismica ha evidenziato uno spessore di circa 15 m di materiale aventi Vs inferiori a 380 m, indice di possibile materiale poco consistente. L'area è monitorata tramite inclinometro installato in S9bis.

- Variante 8: è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente, rilievo di campo ed è stata indagata tramite tomografia elettrica. Si sono evidenziate diverse aree di cava nelle vicinanze del tracciato e numerose depressioni chiuse, alcune delle quali con acqua al loro interno, derivate probabilmente da dissoluzione del materiale gessoso presente nell'area. La tomografia elettrica realizzata individua probabili contatti tra materiali litoidi conglomeratici e materiali marnoso-calcarei, sovrastati in superficie da depositi principalmente di tipo argilloso-limosi. Le indagini realizzate nell'ultima campagna d'indagine del 2021 hanno evidenziato alcune anomalie che potrebbero essere riconducibili a zona di dissoluzione con probabile riempimento di materiale argilloso-limoso.
- Variante 9: è stata oggetto di verifica della cartografia PAI vigente, rilievo di campo ed è stata indagata tramite sondaggi geognostici, sismica a rifrazione e tomografia elettrica. I versanti che affiancano la linea sia a N-E che a S-O sono composti da sedimenti di epoca Miocenica con una elevata componente argillosa, che li rende particolarmente soggetti sia a fenomeni franosi, sia ad erosione superficiale per effetto del ruscellamento, quest'ultima favorita dalle frequenti lavorazioni del suolo a scopo agricolo. Sono stati individuati diversi corpi di frana di dimensioni considerevoli, lungo l'intero versante a S-O della linea che presentano indizi recenti di riattivazione. Gli stendimenti geofisici sono stati eseguiti per verificare l'eventuale presenza di materiali sciolti di origine gravitativa lungo tali corpi, ed individuare la possibile presenza di una superficie di scivolamento lungo il versante, utile all'identificazione della geometria di un eventuale corpo di frana di grandi dimensioni che interesserebbe il versante stesso. Per la caratterizzazione di tali movimenti franosi sono stati eseguiti i sondaggi SN17, SN18 e BH3. Per quanto concerne i profili geofisici si può osservare che:
 - o il profilo sismico R10, eseguito in direzione NO-SE, dunque parallelamente rispetto all'andamento della linea ferroviaria e del versante, è caratterizzato da valori di velocità sismica inferiori ai 750 m/s di Vp e ai 380 m/s di Vs per uno spessore medio di circa 15-20 metri. Tale dato indicherebbe la possibile presenza di materiali aventi scadenti caratteristiche geotecniche (materiali fini e/o materiali di origine gravitativa accumulatisi al piede del versante);

- il profilo sismico R01, eseguito in direzione SO-NE, dunque perpendicolarmente rispetto al versante ed alla linea ferroviaria, è caratterizzato da valori di velocità sismica superficialmente inferiori a 730 m/s di Vp e ai 365 m/s di Vs per uno spessore medio di circa 10 metri, che aumenta in corrispondenza delle quote più basse, coerentemente con quanto osservato con il profilo R10. Lungo il profilo sono presenti alcune inversioni di velocità a profondità di circa 20 m da p.c., che tuttavia non mostrano andamento continuo lungo tutto il profilo stesso;
- il profilo sismico R02, eseguito parallelamente al profilo R10, circa 20 m a monte di quest'ultimo lungo il versante indagato, mostra nella porzione superficiale, valori di velocità delle onde sismiche inferiori ai 750 m/s di Vp e ai 380 m/s di Vs per uno spessore medio di circa 6-7 metri che va a decrescere dall'inizio del profilo verso valle. Nel complesso il profilo evidenzia comunque un generale e progressivo incremento nell'andamento del gradiente sismico con terreni dalle caratteristiche geotecniche e sismiche migliori.
- Il sondaggio di verifica BH3 è stato eseguito in prossimità dell'intersezione tra il profilo sismico R01 (trasversale rispetto al versante) ed il profilo R02 (longitudinale al versante). Esso evidenzia la presenza di materiali argillosi sin dal piano campagna, in particolare da consistenti a molto consistenti sino a 4.6 m da p.c., seguiti da materiali argilloso marnosi sino a 40 m da p.c.. Il sondaggio dunque sembra evidenziare la presenza di materiali meno consistenti in superficie per uno spessore inferiore ai 5 metri, seguiti da materiali marnosi cementati. Il monitoraggio inclinometrico ha evidenziato un recente movimento che interessa i primi 4 metri di profondità.
- Il sondaggio SN17, ubicato lungo il piano ferroviario, mostra un considerevole spessore di materiali riconducibili a un'alternanza di eventi alluvionali e di depositi di frana, solifluzione e dilavamento.
- Il sondaggio SN18 mostra materiali argilloso limosi di colore marrone consistenti fino a circa 5 mt di profondità al di sotto dei quali si rileva la presenza delle argille grigio azzurre molto compatte.
- L'indagine geoelettrica realizzata a supporto della caratterizzazione, con i profili ERT14-15-16-20-21, evidenzia la presenza di uno spessore superficiale variabile tra 4 e 6 metri di terreni rimaneggiati che possono essere associati allo spessore superficiale che è attualmente interessato da un movimento franoso attivo di tipo complesso, che è possibile definire molto lento, come da monitoraggio inclinometrico del BH03. Il profilo ERT21, realizzato trasversalmente al piano ferroviario, calibrato sulla base dei risultati delle indagini eseguite, ha permesso di definire tridimensionalmente l'andamento della superficie di scorrimento attuale.

14 INQUADRAMENTO SISMICO

14.1 PREMESSA

Nel seguito, si fornisce un inquadramento dal punto di vista della sismicità locale, molto ridotta, a partire dall'individuazione delle sorgenti sismiche di interesse e dei risentimenti macrosismici osservati al sito di progetto nel corso di terremoti storici. Successivamente, sulla scorta delle indicazioni delle Norme Tecniche per le Costruzioni¹ (nel seguito NTC2018), verrà definita l'azione sismica funzione delle probabilità di superamento P_{VR} nel periodo di riferimento basato sulla vita nominale delle opere, la loro classe d'uso, nei diversi Stati Limite considerati. Seguendo sempre le indicazioni normative, l'accelerazione di progetto si definirà in base all'effettiva localizzazione delle opere.

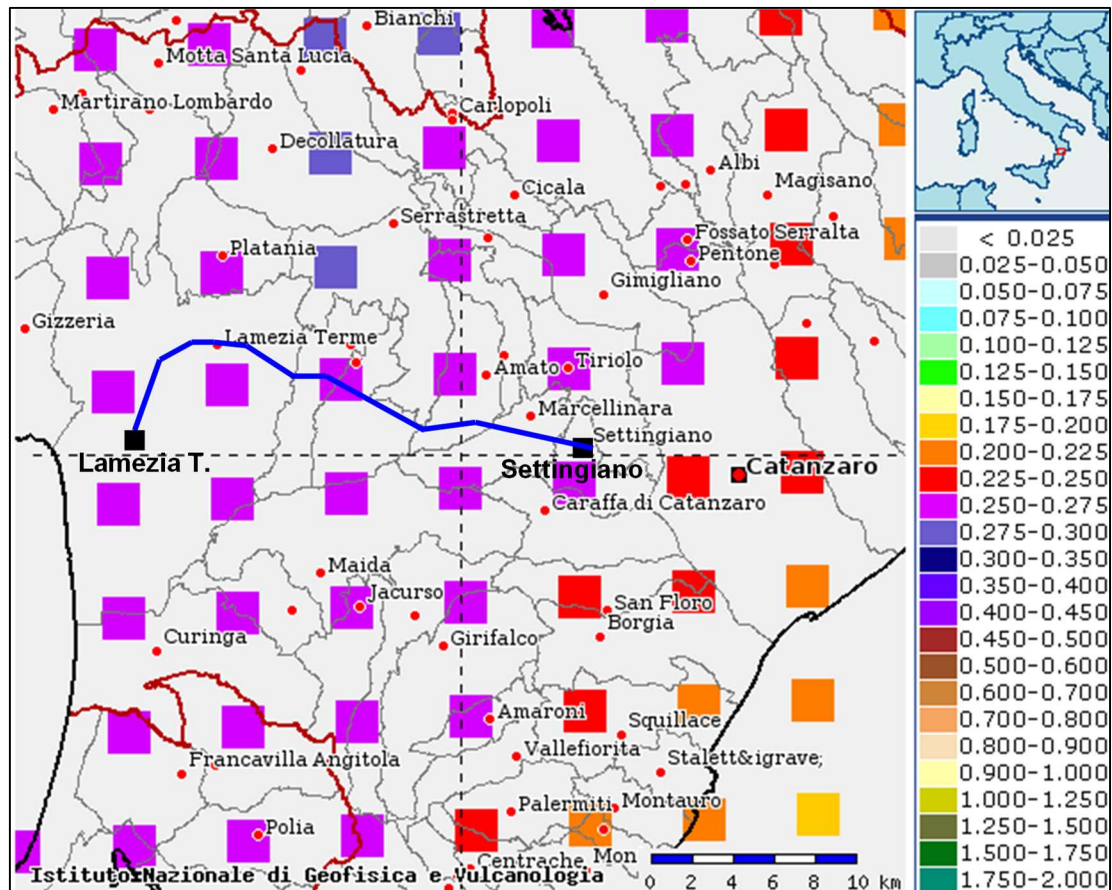


Figura 14-1 – Valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione di riferimento su suolo rigido (g) nell'intorno dell'tracciato di progetto (linea blu), da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

¹ Norme Tecniche per le Costruzioni. Gazzetta Ufficiale n. 42 del 20.02.2018 – Supplemento Ordinario n. 8.

Le NTC2018 dispongono che l'azione sismica sia innanzitutto determinata in campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1); allo scopo, le tabelle allegate alla edizione 2008 delle NTC (non aggiornate nella nuova edizione delle Norme) elencano i valori di accelerazione massima al suolo, oltre ai parametri spettrali, nei punti di una griglia di passo 5x5 km a coprire il territorio nazionale (vedasi il dettaglio della zona di progetto in Figura 14-1). Per la localizzazione delle opere da progettare, può vedersi la Figura 14-2.

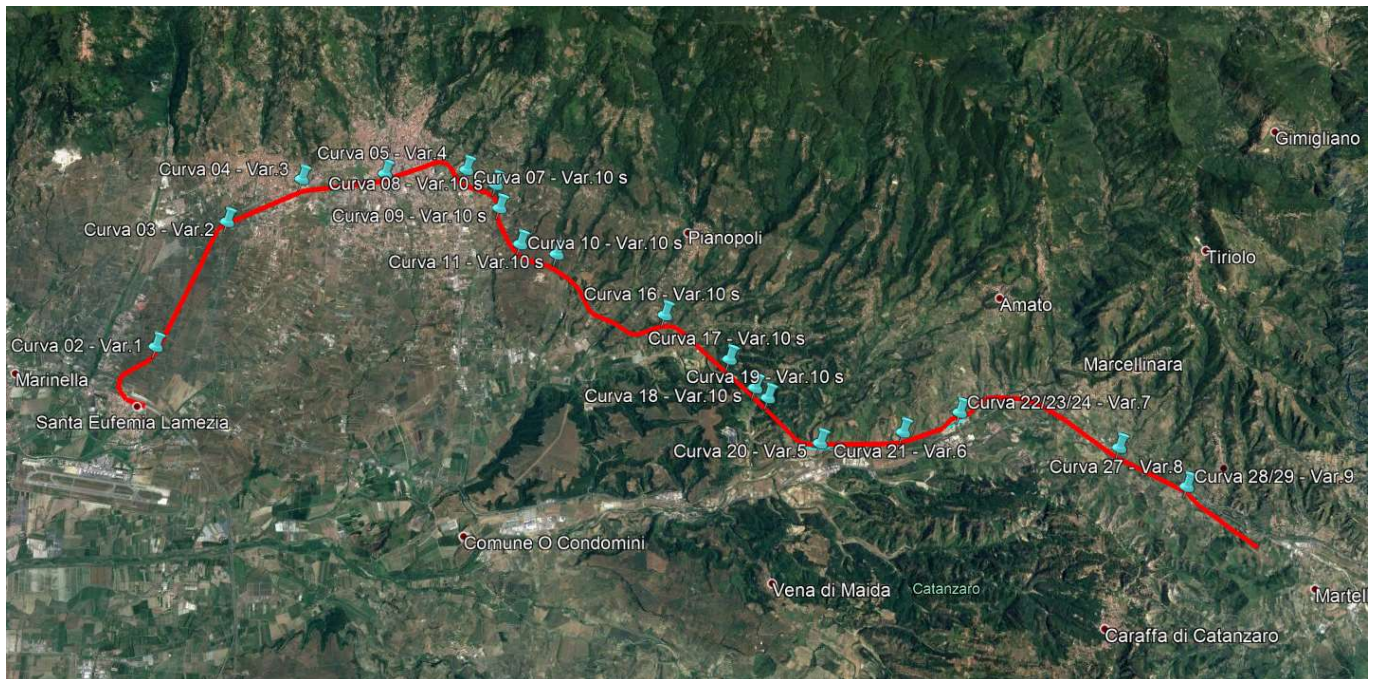


Figura 14-2 – Localizzazione delle opere di progetto.

14.2 AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE

La struttura dell'arco calabro, frammento alpino formato da rocce cristallino-metamorfiche, è stata soggetta ad un trasporto orogenetico verso l'area del Mediterraneo a seguito degli stress tettonici derivanti dall'avvicinamento tra la placca africana e quella europea. L'intero territorio calabro è sede di un'intensa deformazione crostale che si manifesta attraverso sistemi attivi di faglie normali e trascorrenti, portando la regione ad essere una tra le più attive dal punto di vista sismico d'Italia e, più in generale, dell'area del Mediterraneo Centrale.

La Calabria risulta attraversata da un sistema di faglie in piena attività, che si sviluppa dalla Valle del Crati (a Nord), passa per lo Stretto di Messina, fino alla Sicilia orientale. Tali faglie rappresentano settori ad elevato rischio sismico, originando la quasi totalità dei terremoti catastrofici che hanno colpito la Calabria in epoca storica: il terremoto della Valle del Crati del 1183 ($M=6.74$), la crisi sismica della Calabria meridionale del 1783 ($M=6.62$ -

7.02), terremoti della Calabria centrale del 1638 (M=7.03) e del 1905 (M=7.04), i terremoti del Cosentino del 1835 (M=6.20), 1854 (M=6.21) e 1870 (M=6.10), fino al terremoto di Reggio e Messina del 1908 (M=7.10).

In termini strettamente sismologici, la Figura 14-3 mostra la distribuzione degli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, CPTI15 (Rovida et al., 2016). Assieme agli epicentri sono riportate le sorgenti sismiche del modello di zone sismogenetiche ZS9 (Meletti et al., 2008), alla base dell'attuale mappa di pericolosità del territorio italiano associata alle Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC2008 e NTC2018). Sono inoltre riportate le principali faglie individuali (ISS) e le faglie composite (CSS) tratte dalla base di dati del progetto DISS3 (Haller e Basili, 2011). Si osserva come la definizione delle zone sismogenetiche ZS9 rifletta sia la distribuzione delle faglie sul territorio nazionale, come quella degli epicentri dei terremoti. Il modello sismogenetico racchiude pertanto informazioni sia di natura tettonica, sia dettate dalla sismicità storica.

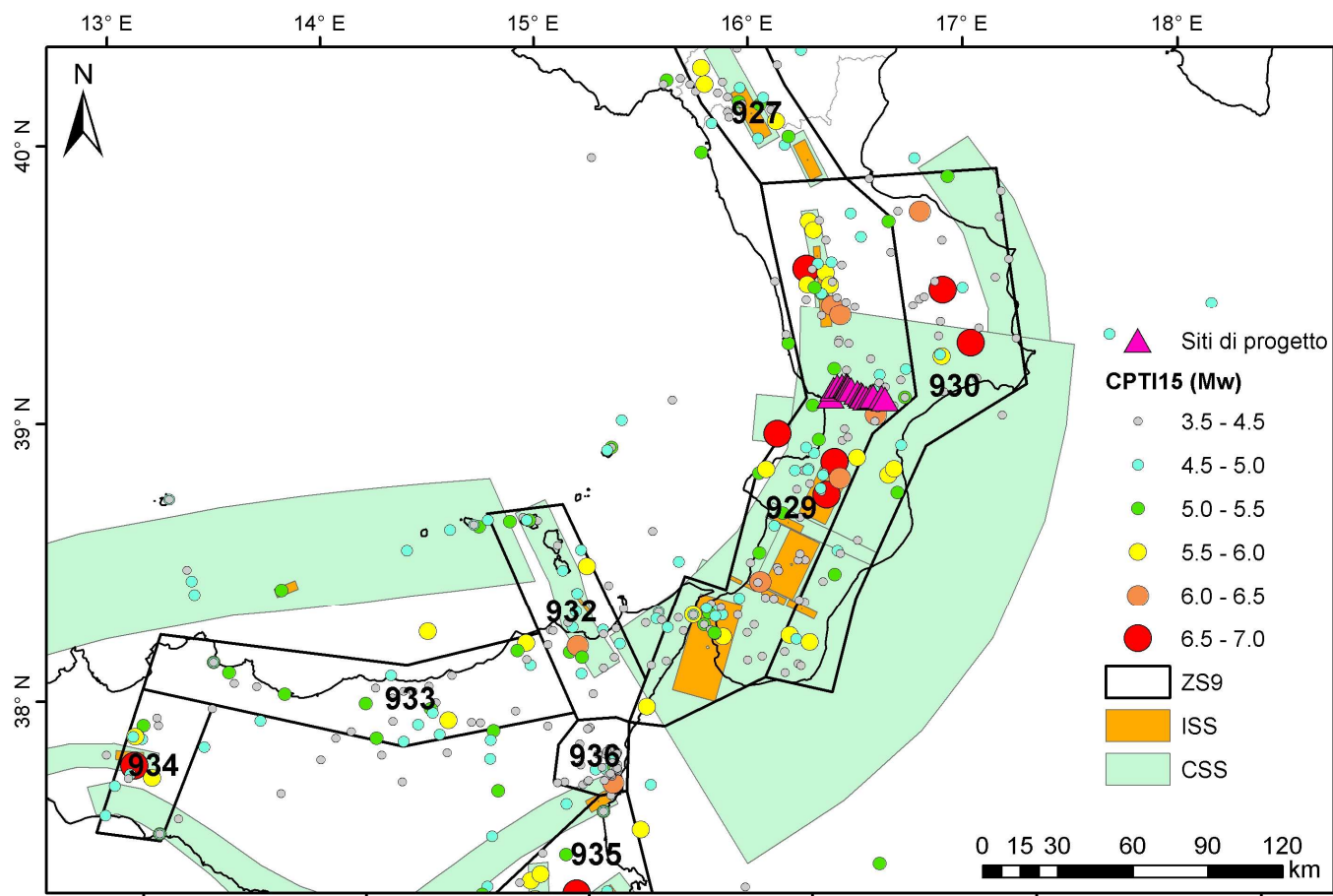


Figura 14-3 – Contesto sismo-tettonico della regione estesa nell'intorno dell'area di progetto: i poligoni in nero rappresentano i confini delle sorgenti sismogenetiche del modello ZS9 (Meletti et al., 2008), i cerchietti colorati rappresentano gli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). I rettangoli arancioni rappresentano le faglie individuali del modello DISS3 mentre quelli verdi i sistemi di faglie composite.

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 170 di 222

All'interno dell'area calabra si identificano due zone sismogenetiche caratterizzate da livelli di sismicità tra i più elevati: ZS929 sul lato tirrenico della regione (dove è localizzata il tracciato di progetto) e ZS930 sul lato del Mar Ionio. I terremoti con maggiore magnitudo hanno interessato i bacini del Crati (a Nord), del Savuto (a Centro) e del Mesima (a Sud di Calabria) fino allo Stretto di Messina (zona 929). Questi eventi comprendono la sequenza del 1783 (Calabria) ed i terremoti del 1905 (Calabria meridionale) e 1908 (Calabria meridionale-Messina). Viceversa, sul lato ionico della Calabria, solo 4 eventi hanno magnitudo superiore a 6, tra i quali il terremoto del 1638 (Calabria) appare come l'evento maggiormente energetico.

Procedendo verso nord, nell'Appennino meridionale, troviamo la ZS927, zona di dorsale caratterizzata dal massimo rilascio di energia legata alla distensione che ha interessato l'Appennino meridionale (es. Patacca et al., 1990) a partire da ca. 0.7 Ma. La ZS927 è sede di alcuni tra i maggiori rilasci di energia della storia sismica italiana, come ad es. quello di Val d'Agri del 1857.

Relativamente al territorio siciliano, il modello sismo-tettonico ZS9 individua 5 zone a sismicità diffusa: ZS932, ZS933, ZS934, ZS935 e ZS936. Le ZS932, ZS933 e ZS934 includono la parte settentrionale della Sicilia caratterizzata da una sismicità medio-alta, con magnitudo massima associata pari a 6.14. In particolare, la ZS935 è caratterizzata da elevata sismicità contenendo la zona epicentrale dell'evento del 1693 a cui è associata la magnitudo maggiore del catalogo dei terremoti italiani ($M_w=7.41$). Infine, la ZS936 coincide con l'area etnea all'interno della quale troviamo l'epicentro del terremoto del 1818 (Catanese).

I lineamenti di faglia più prossimi al sito di progetto (vedi l'estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS3.2 riportato nella Figura 14-4) sono costituiti da sistemi di faglie composite (CSS), all'interno dei quali si classificano alcune sorgenti individuali (ISS), e le zone di subduzione. Il tracciato di interesse attraversa alcune faglie composite come ITCS110 e ITCS068.

Il comune di Lamezia Terme ricade all'interno del *sistema di faglie composito* ITCS110 "Sant'Eufemia"; Lamezia è stata colpita dal terremoto della Calabria dell'8 settembre 1905 (M_w circa 7.0). L'area è stata inoltre sede dei grandi terremoti del 27 marzo 1638 (M_w 7.0, Calabria Centrale), 5 novembre 1659 (M_w 6.5, Calabria Centrale), e del 5 e 28 febbraio 1783 (entrambi M_w 7.0, Calabria). All'interno della ITCS110 è evidenziata la sorgente individuale ITIS139 generatrice dell'evento del 1905.

La sorgente ITCS068 ("Caraffa-Squillace Gulf") si estende tra la Calabria centrale e meridionale (in prossimità della città di Catanzaro); i cataloghi storici (Guidoboni et al., 2007; Rovida et al., 2016) mostrano per questa zona una notevole concentrazione dei terremoti distruttivi con magnitudo massima di M_w 6.9.

Sul lato orientale dell'arco Calabro, troviamo il *sistema di faglie composito* ITCS019 "Crotone-Rossano" dove è localizzato l'epicentro del terremoto di 8 Marzo 1832 (M_w 6.5). Vicino all'area del tracciato di interesse, nella

parte centrale di Calabria, vengono attraversate le ITCS177 (“Ampollino Lake”) e ITCS111 (“Savuto Valley”) magnitudo massima di 6.9 e 7.0, rispettivamente. All’interno della ITCS177 è evidenziabile la sorgente individuale ITIS143 generatrice dell’evento di 8 giugno 1638 (M_w 6.8; Crotonese).

Inoltre, è possibile evidenziare come di interesse la zona di subduzione ITSD001 “Arco Calabro”, una porzione del margine tra le placche dell’Eurasia e dell’Africa, come conseguenza della subduzione della crosta oceanica ionica sotto il margine meridionale della placca europea. Nei secoli scorsi questa zona è stata colpita da diversi terremoti con $M > 6$. Il più grande di essi è costituito dall’evento del 28 dicembre 1908 nello Stretto di Messina ($M_w=7.1$).

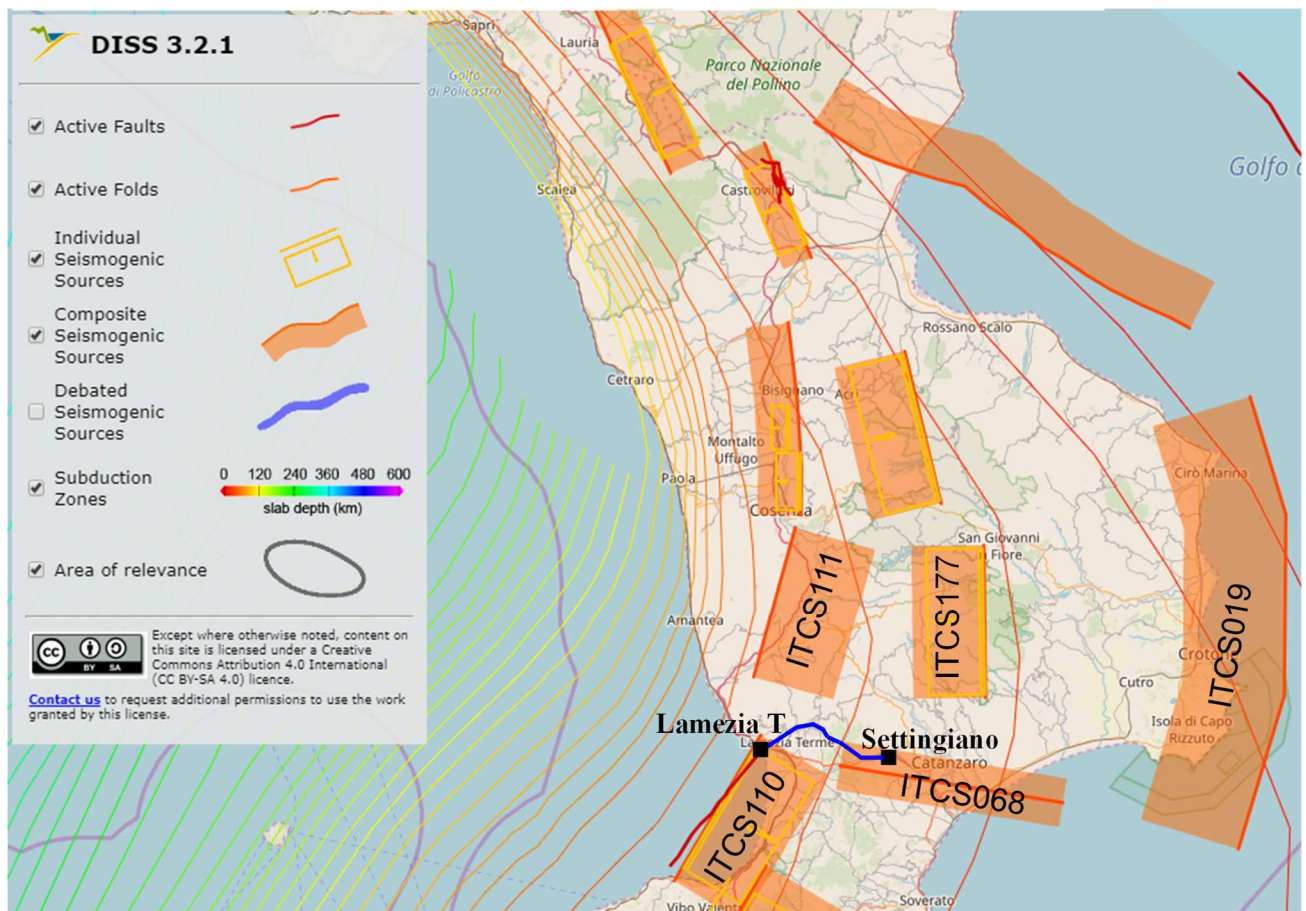


Figura 14-4 – Sorgenti sismogenetiche individuali e composite dal “Database of Individual Seismogenic Sources” (DISS 3.2) rilevanti per la zona studiata (linea blu).

14.3 FAGLIE ATTIVE

A completamento del quadro delineato, vanno considerati anche i dati relativi a possibili sorgenti sismogenetiche derivanti dagli studi condotti dall'ISPRA (Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale) confluiti nel "Progetto ITHACA – Catalogo delle faglie capaci". Figura 14-5 mostra la mappa dei dati relativi alle faglie capaci presenti nel territorio Calabrese dal catalogo ITHACA (ITaly HAZard from CApable faults). In particolare, il tratto del tracciato da Lamezia Terme a Settingiano incontra alcune faglie attive con il meccanismo obliquo normale con la massima lunghezza di 26 km ossia la faglia di "Nicastro".

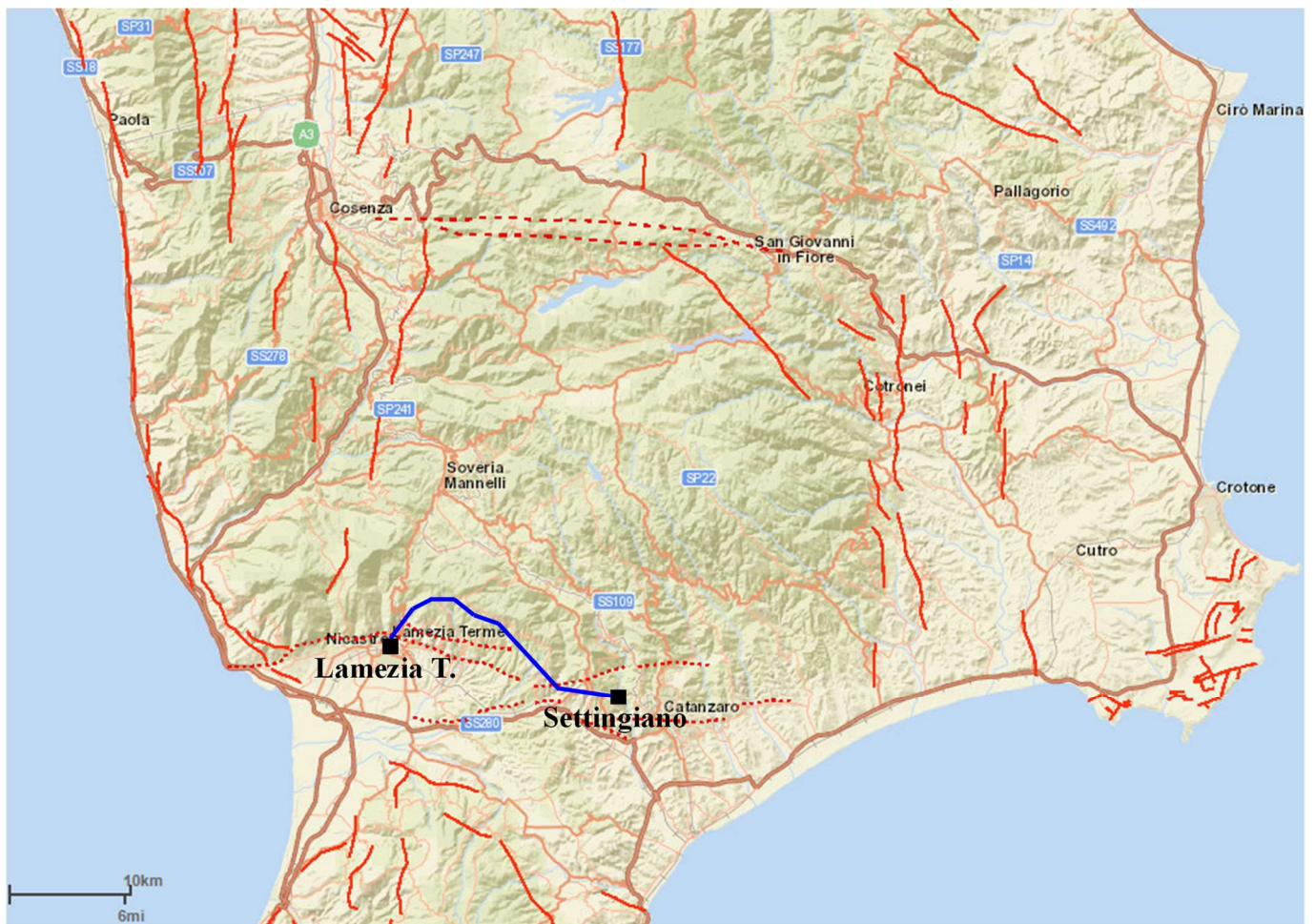


Figura 14-5 – Le faglie capaci dal "Catalogo ITHACA", (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/>) rilevanti per il tracciato di progetto (linea blu).

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 173 di 222

14.4 INTENSITÀ MACROSISMICHE

Per comporre un quadro completo dei livelli di sismicità dell'area di interesse, un utile riferimento è costituito dal Database Macrosismico Italiano DBMI15 (Locati et al., 2016), il quale contiene tutte le informazioni riguardanti le intensità macrosismiche (I_{MCS}) risentite a seguito dei terremoti accaduti fino al 2014.

Dall'analisi di questa base dati si deriva come la zona in esame sia stata interessata da uno importante numero di eventi sismici significativi; tra quelli più rilevanti si ricordano i seguenti:

- 1609 Calabria centrale $I_{MCS} = 8$, $M_W = 5.80$
- 1624 Calabria centrale $I_{MCS} = 7$, $M_W = 5.10$
- 1638 Calabria centrale $I_{MCS} = 11$, $M_W = 7.09$
- 1783 Calabria centrale $I_{MCS} = 8-9$, $M_W = 7.03$
- 1821 Calabria centrale $I_{MCS} = 7$, $M_W = 5.10$
- 1905 Calabria centrale $I_{MCS} = 7$, $M_W = 6.95$

Le figure seguenti mostrano la storia sismica in termini di valori di intensità associati ai due centri abitati corrispondenti ai limiti del tracciato della linea: Lamezia Terme e Settingiano per i quali è maggiore la disponibilità di osservazioni.

I maggiori risentimenti macrosismici sono associati a terremoti con area epicentrale in Calabria centrale, mentre le massime intensità risentite nei centri abitati più prossimi al tracciato risultano pari a 8-9 con l'eccezione del terremoto di 1638 di Calabria centrale con $I_{MCS} = 11$.

Da quanto sopra si evince come sia associabile all'area di progetto una sismicità elevata.

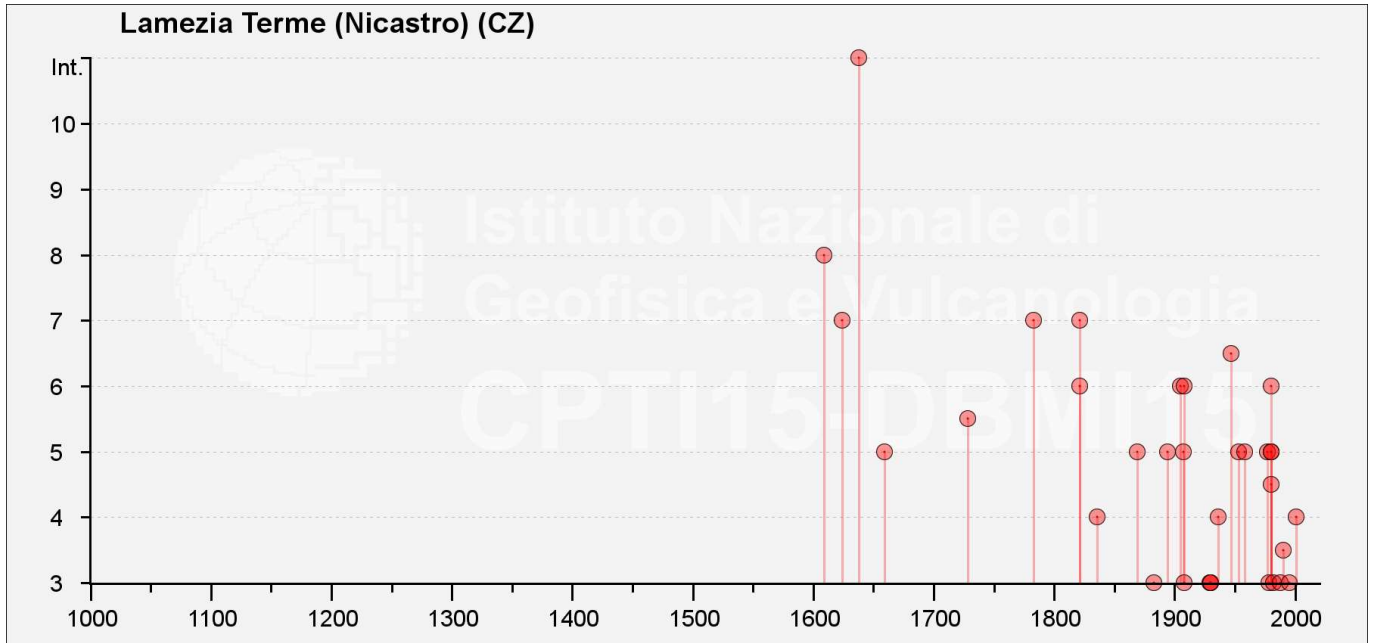


Figura 14-6 – Storia sismica del comune di Lamezia Terme (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

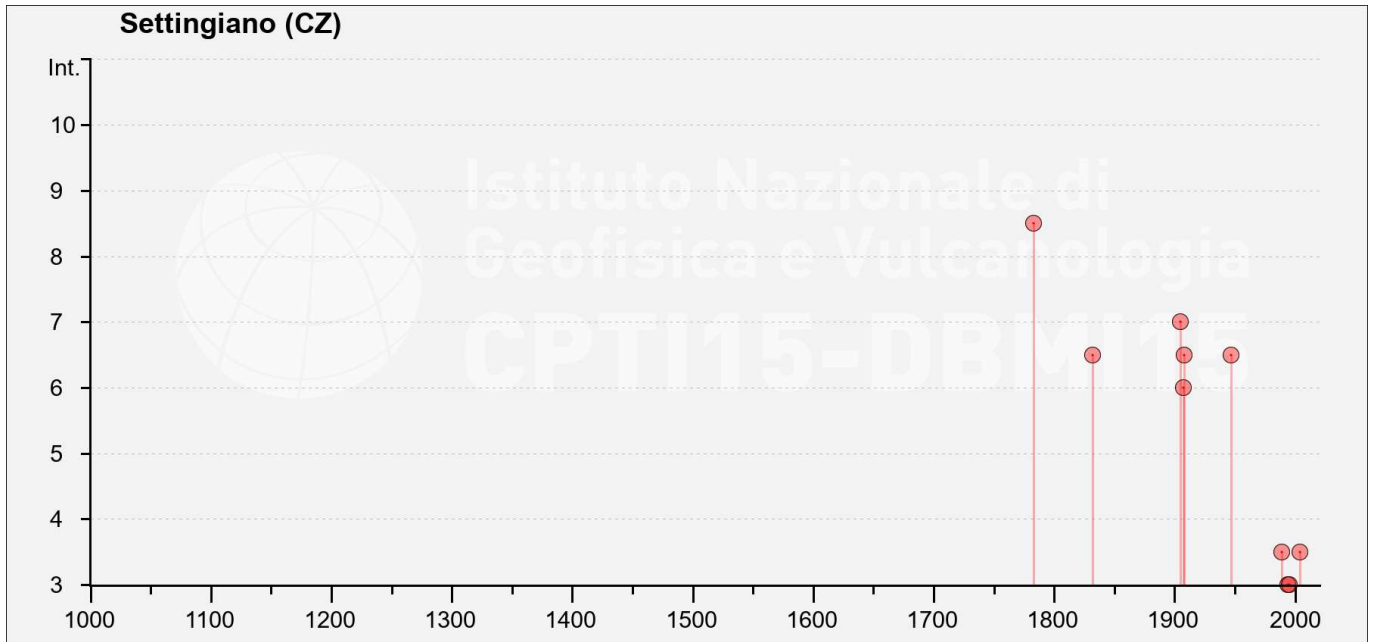


Figura 14-7 – Storia sismica del comune di Settingiano (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 175 di 222

14.5 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

14.5.1 Generalità

La definizione dell'azione sismica di progetto per l'opera segue quanto disposto dalle NTC2018. In particolare, l'azione sismica in base alla quale va valutato il rispetto dei diversi Stati Limite per le strutture in progetto (di esercizio – SLE e Ultimi - SLU) 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.

Nei paragrafi seguenti verrà dapprima determinato il periodo di riferimento per l'azione sismica (par. 14.5.2) sulla base delle indicazioni progettuali in termini di vita utile e classificazione delle opere. Successivamente, nel par. 14.5.3 saranno definiti gli stati limite di interesse per la verifica strutturale, arrivando a definire i periodi di ritorno corrispondenti dell'azione sismica da considerare determinata a sua volta per suolo rigido ed in corrispondenza dei punti definiti. La determinazione della categoria di suolo (e topografica) di riferimento attraverso l'interpretazione delle indagini geotecniche e geofisiche disponibili sarà oggetto del par. 14.5.5, arrivando a definire, per i diversi stati limite, l'azione sismica di riferimento da adottare per le verifiche.

14.5.2 Vita utile e classe d'uso

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 NTC2018:

- $V_N \leq 10$ 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, ai fini della definizione dell'azione sismica, i progettisti hanno assunto:

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 176 di 222

$$V_N = 75 \text{ anni}$$

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 dell'opera rispetto alle esigenze di operatività a valle di un evento sismico. Nel caso in esame, sempre sulla base delle indicazioni dei progettisti, le opere appartengono 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:

$$C_U = 1.0$$

Il periodo di riferimento V_R si ottiene moltiplicando la vita nominale V_N per il coefficiente d'uso C_U . Nel caso in esame:

$$V_R = V_N \times C_U = 75 \times 1.0 = 75 \text{ anni}$$

14.5.3 Stati limite e probabilità di superamento

L'azione sismica di progetto va quindi determinata in funzione degli Stati Limite di verifica e delle 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 P_{VR} dalla relazione:

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

Nel caso in esame, i valori di periodo di ritorno dell'azione sismica e le probabilità di superamento per i diversi Stati Limite sono mostrati in Tabella 14-1.

Tabella 14-1 – Periodi di ritorno per l'azione sismica di progetto per i diversi stati limite.

Stato limite di riferimento		Probabilità di superamento P_{VR}	Periodo di ritorno dell'azione sismica T_R
Stati limite di esercizio (SLE)	Stato limite di immediata operatività (SLO)	81%	45
	Stato limite di danno (SLD)	63%	75
Stati limite ultimi (SLU)	Salvaguardia della vita umana (SLV)	10%	712
	Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)	5%	1462

14.5.4 Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g

In allegato al Decreto del Ministero delle Infrastrutture 14 gennaio 2008 (riferita dalle NTC2018) i valori a_g (accelerazione orizzontale massima su sito rigido e superficie topografica orizzontale), F_o (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) sono forniti per ognuno dei 10751 nodi del reticolo di riferimento a coprire il territorio nazionale. I valori corrispondenti a punti intermedi alla griglia si ottengono per interpolazione sui quattro punti adiacenti. In Tabella 14-2, si sono riportati le coordinate dei siti di interesse lungo il tracciato per i quali vengono definiti i valori della pericolosità sismica di base.

In Figura 14-8 si mostra come un esempio, l'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica per "Var.1 - Curva 02" tramite l'elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009).

Il confronto fra i valori del parametro a_g valutato in corrispondenza dei punti di riferimento lungo il tracciato (cfr. Tabella 14-2) per diversi stati limite è illustrato in Figura 14-9. Tale confronto mostra come la variabilità dell'input sismico lungo la tratta sede delle opere sia bassa per tutti periodi di ritorno. Sulla base di tale considerazione, i valori leggermente superiori di pericolosità sismica calcolati per il punto P1 (Var.10 s - Curva 07) verranno applicati nel seguito per tutte le opere in progetto, indipendentemente dalla loro collocazione.

I risultati dell'interpolazione per i parametri a_g , F_o e T_{c*} per i diversi Stati Limite sono indicati in Tabella 14-3.

Tabella 14-2 – Identificazione e coordinate geografiche dei punti di interesse lungo il tracciato per la definizione dell'azione sismica di progetto.

Nome di sito	Longitudine	Latitudine
<u>Var.10 s - Curva 07</u>	<u>38.964304</u>	<u>16.33155</u>
Var.10 s - Curva 08	38.961447	16.33883
Var.10 s - Curva 09	38.956903	16.33988
Var.10 s - Curva 10	38.949938	16.34515
Var.10 s - Curva 11	38.948012	16.35413
Var.10 s - Curva 18	38.922627	16.40256
Var.10 s - Curva 19	38.920737	16.40560
Var.5 - Curva 20	38.912358	16.41809
Var.6 - Curva 21	38.914445	16.43797
Var.7 - Curva 22/23/24	38.918175	16.45160
Var.8 - Curva 27	38.911683	16.48945
Var.9 - Curva 28/29	38.904530	16.50531

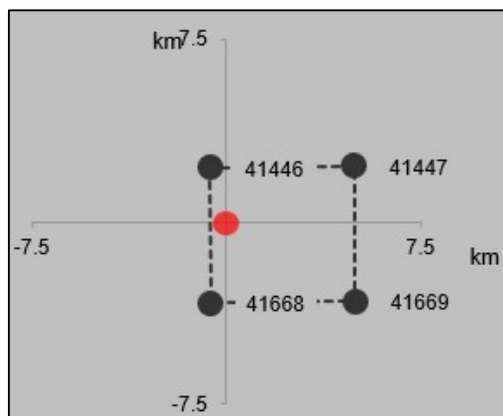


Figura 14-8 – Nodi del reticolo di riferimento nell’intorno punto “Var.1 - Curva 02”. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.

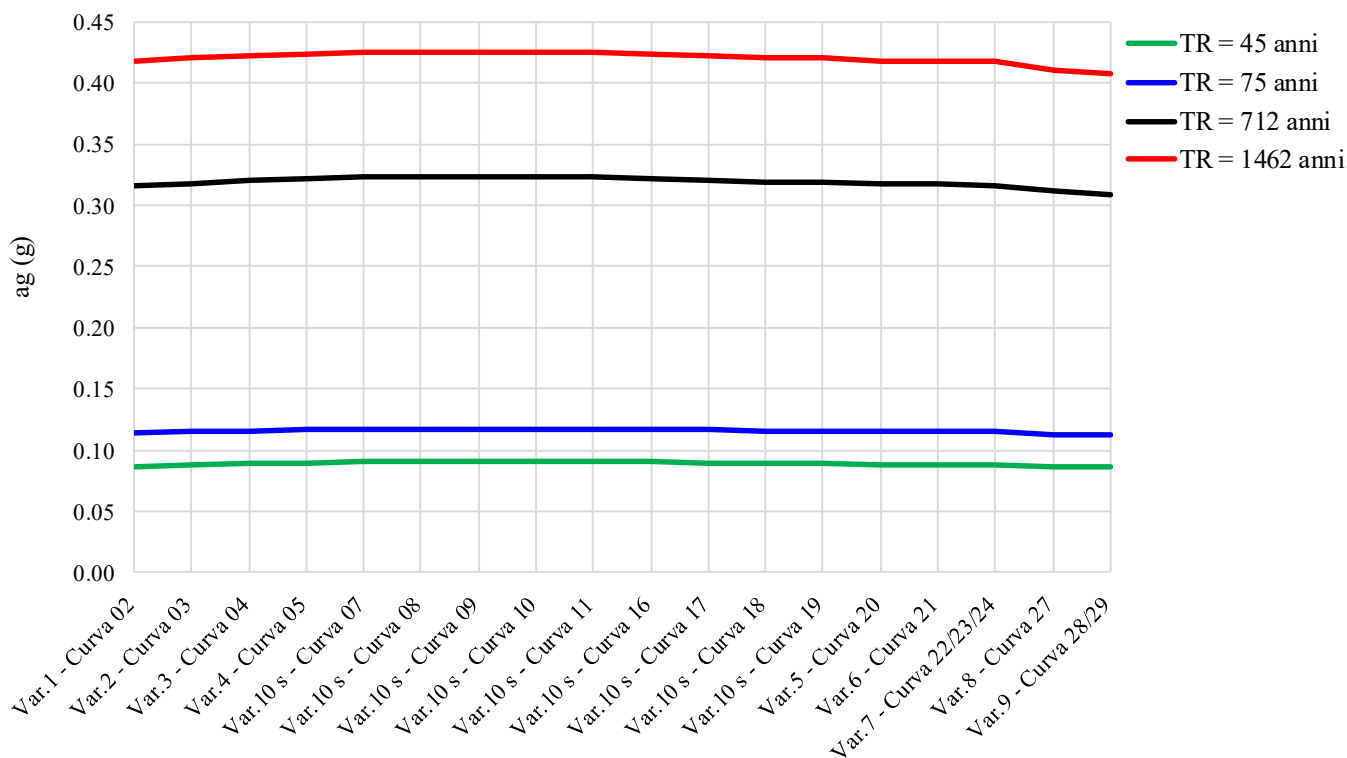


Figura 14-9 – Variazione del parametro di accelerazione su suolo rigido orizzontale a_g lungo il tracciato.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 180 di 222

Tabella 14-3 – Valori dei parametri a_g , F_0 e T_{c^*} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSLPP (2009)) per $V_R = 75$ anni, per il punto di riferimento P1 (Var.10 s - Curva 07).

SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_0 (-)	T_{c^*} (s)
SLO	45	0.090	2.281	0.295
SLD	75	0.117	2.299	0.317
SLV	712	0.323	2.456	0.388
SLC	1462	0.425	2.495	0.421

14.5.5 Risposta sismica locale

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

$$S = S_S \cdot S_T$$

La classificazione del sottosuolo si definisce sulla base delle condizioni stratigrafiche e del valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ (in m/s) definito dall'espressione:

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

dove:

h_i = spessore dell' i -esimo strato;

$V_{S,i}$ = valore di velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato;

N = numero di strati;

H = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_S non inferiore a 800 m/s.

Per il presente studio, è stata considerata la campagna di indagini geofisiche eseguita lungo il tracciato che ha compreso l'esecuzione di prove di tipo MASW e allineamenti a rifrazione in onde P e S. I risultati ricavati dalle prove tipo MASW e le sezioni sismiche tomografiche in termini di valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio, $V_{S,eq}$ sono riportati in Tabella 14-4 con le categorie di suolo corrispondenti (suolo C e B da


 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 181 di 222

Tabella 14-5). Per le altre opere dove non sono disponibili le indagini, è stata considerata la campagna di prove geofisiche per il progetto definitivo di Elettrificazione del Lotto 1 della linea Sibari-Lamezia Terme (Italferr 2019).

Sulla base di quanto osservato, la zona attraversata dal tracciato di interesse, è classificabile nelle categorie di sottosuolo C e B e perciò sono stati individuati due sezioni della linea per la definizione della categoria di suolo:

- Var.5, Var.6, Var.7, Var.8 e Var.9: Categoria di sottosuolo C
- Var.10s: Categoria di sottosuolo B

I coefficienti S_S per le categorie di sottosuolo B e C si ottengono dalle seguenti espressioni (vedi Tabella 3.2.IV del par. 3.2.3 delle NTC2018):

$$S_S = 1.00 \leq 1.40 - 0.40 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1.20 \quad (B)$$

$$S_S = 1.00 \leq 1.70 - 0.60 \cdot F_o \cdot a_g / g \leq 1.50 \quad (C)$$

Tabella 14-4 – Risultati delle prove geofisiche in termini di $V_{S,eq}$ e categoria di sottosuolo per i siti di progetto.

Nome di sito	$V_{S,eq}$ (m/s)	Tipo di suolo	Indagini utilizzati
Var.10 s - Curva 07	369	B	Rifrazione 5
Var.10 s - Curva 08	423	B	MASW 6-7
Var.10 s - Curva 09	469	B	Rifrazione 6 long
Var.10 s - Curva 10	-	-	-
Var.10 s - Curva 11	-	-	-
Var.10 s - Curva 18	-	-	-
Var.10 s - Curva 19	-	-	-
Var.5 - Curva 20	327	C	MASW8
Var.6 - Curva 21	-	-	-
Var.7 - Curva 22/23/24	299	C	Rifrazione 9
Var.8 - Curva 27	-	-	-
Var.9 - Curva 28/29	285	C	MASW10

Tabella 14-5 – Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato. (Tabella 3.2.II delle NTC2018).

Suolo	Descrizione geotecnica
A	Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m.

Suolo	Descrizione geotecnica
B	Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s.
C	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.
D	Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s.
E	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.

Per ciò che concerne l'amplificazione topografica, i siti di progetto si collocano su superficie sostanzialmente pianeggiante (cat. T1 - Superficie pianeggiante e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$, in accordo alla Tabella 3.2.III al par.3.2.2. delle NTC2018), o comunque non sulle sezioni di cresta o mezza costa. Pertanto, il fattore di amplificazione topografica risulta pari a:

$$S_T = 1$$

Sulla base di quanto sopra, i valori del fattore di sito S e dell'azione sismica di progetto $a_{\max} = S \cdot a_g$ per i periodi di ritorno corrispondenti ai diversi stati limite sono riportati in Tabella 14-6.

Si rimanda al testo delle NTC2018 per ogni altra indicazione, ad esempio in merito alla definizione degli spettri elastici di risposta.

Tabella 14-6 – Valori del parametro a_g , dei coefficienti di sito S ($S_T=1$) e accelerazione di progetto 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 $V_R = 75$ anni.

Sito	SL	T_R (anni)	a_g (g)	S (-)	a_{max} (g)
Var.5, Var.6, Var.7, Var.8 e Var.9	SLO	45	0.090	1.500	0.135
	SLD	75	0.117	1.500	0.176
	SLV	712	0.323	1.225	0.395
	SLC	1462	0.425	1.064	0.452
Var.10s	SLO	45	0.090	1.200	0.108
	SLD	75	0.117	1.200	0.140
	SLV	712	0.323	1.083	0.349
	SLC	1462	0.425	1.000	0.425

14.6 ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE

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 $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{IN} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{IN} 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 che delimitano il campo di suscettibilità, fornite nelle NTC2018.

In linea di principio, nessuno dei suddetti motivi di esclusione risulta verificato a priori, per cui dovrà essere effettuata una verifica del fenomeno di liquefazione in condizioni sismiche, oggetto della Relazione Geotecnica.

Per la definizione del valore di magnitudo di riferimento per le verifiche a liquefazione, oltre al quadro sismo-tettonico esposto ai paragrafi precedenti, può essere considerata l'analisi di disaggregazione dei valori di pericolosità sismica (accelerazione su suolo rigido orizzontale) di cui alle NTC2018, fornita quale elaborazione aggiuntiva direttamente dal progetto INGV-DPC S1 (vedi Figura 14-10), qui considerata per il punto P1 (Var.10 s - Curva 07). La valutazione del potenziale di liquefazione è stata condotta per il periodo di ritorno dell'azione sismica più vicino a quello dello stato limite SLV (712 anni), ossia 975 anni (probabilità di superamento di 5% in 50 anni). I risultati di tale analisi, svolta per il punto di griglia più prossimo al punto P1 (N. 41447) per un periodo di ritorno di 975 anni mostrano come siano dominanti terremoti con valori di magnitudo compresi tra 5.0-7.0 ed epicentro a distanza molto ridotta 0-10 km. I valori medi di magnitudo e distanza da analisi di disaggregazione sono rispettivamente $M=6.20$ e $d=7.47$.

Sulla base della sismicità storica, la magnitudo di riferimento da considerare risulta generalmente più elevata. Tenendo conto dei terremoti con maggiore risentimento nell'area di progetto (cfr. paragrafi precedenti) è ragionevole assumere, una magnitudo di riferimento per la verifica a liquefazione pari a **7.0**.

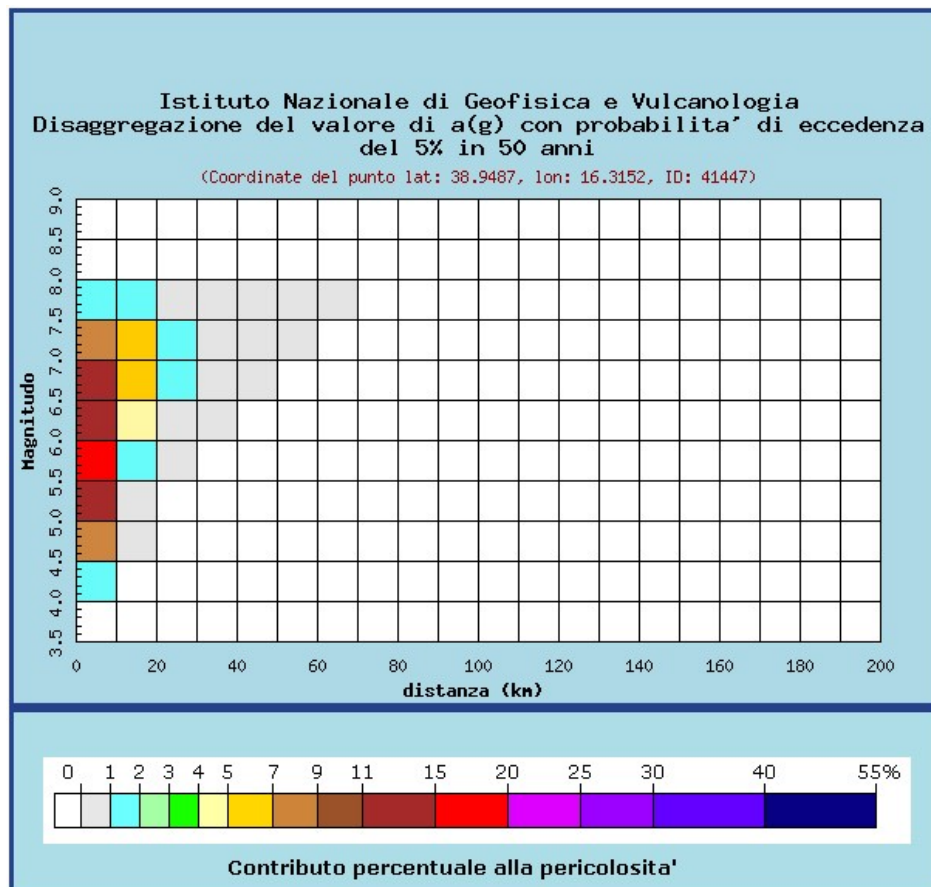


Figura 14-10 – Analisi di disaggregazione del dato di pericolosità per il punto di griglia 41447 (per T_R 975 anni, da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://zonesismiche.mi.ingv.it/>)).

	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 185 di 222

15 CONCLUSIONI

In conclusione, si può affermare che:

- dal punto di vista geografico le varianti oggetto del presente studio si sviluppano lungo circa 30 km della linea Lamezia-Catanzaro, a partire da Lamezia sino a Nicastro, da Nicastro in direzione sud-est attraverso l'area collinare ai piedi della Sila sino alla valle del Fiume Amato (variante 10), lungo la valle del Fiume Amato in direzione est-ovest sino a Marcellinara (varianti da 5 a 7), deviando poi verso sud-est nella valle del Fiume Fallaco sino a Settingiano (varianti 8 e 9).
- dal punto di vista geologico-strutturale l'area di studio è localizzata lungo la Stretta di Catanzaro, depressione tettonica nota come "graben di Catanzaro" (Tansi et al., 1998). Il graben è colmato da depositi plio-quadernari ed è strutturato da direttrici tettoniche sub-verticali con direzioni prevalenti ONO-ESE che evidenziano cinematismi per lo più normali, con una componente di trascorrenza sinistra che talora può diventare predominante. Il graben è interposto tra due horst costituiti da unità cristallino-metamorfiche paleozoiche appartenenti all'Arco calabro-peloritano rappresentati, rispettivamente, dalle propaggini più meridionali dei sistemi Catena Costiera-Altopiano Silano e da quelle più settentrionali del Massiccio delle Serre.
- Dal punto di vista geologico-stratigrafico le aree di variante sono impostate su:
 - o La variante 10 comprende n. 7 curve su 8 km di tracciato impostate su:
 - La curva 07 su scisti filladici paleozoici (svf);
 - La curva 08 a cavallo tra gli scisti filladici (svf) e depositi marini terrazzati (q), attraversando anche una breve fascia di materiali alluvionali (a).
 - La curva 09 su depositi marini terrazzati (q);
 - La curva 10 a cavallo tra depositi marini terrazzati (q) e depositi alluvionali (a);
 - La curva 11 a cavallo tra depositi marini terrazzati (q), argille marnose grigio azzurre (KCR) e alluvioni (a).
 - La curva 18 e 19 su sabbie gialle.
 - o La variante 5 in area geologicamente complessa, ove sono presenti sia argille plioceniche, sia depositi marini terrazzati, sia depositi alluvionali del fiume Amato;
 - o La variante 6 ricade tra i depositi alluvionali del fiume Amato (a) e le marne e argille azzurre plioceniche (p2a).

- La variante 7 ricade tra i depositi alluvionali del fiume Amato (a) e le marne e argille azzurre plioceniche (p2a), al limite, verso est con i conglomerati irregolari (P1c).
- La variante 8 ricade su materiali appartenenti alla Formazione Gessoso Solifera.
- La variante 9 ricade lungo una zona di contatto tra formazione gessoso solifera, localizzata lungo il versante destro della valle del Torrente Fallaco, sormontata da depositi alluvionali attuali e da depositi di versante, e di conglomerati poligenici in matrice sabbiosa (Mc) lungo il versante opposto.

I profili stratigrafici lungo le varianti sono stati ricostruiti sulla base dei dati resi disponibili dalle indagini eseguite in questa fase progettuale e sulla base di dati bibliografici. Al fine di dettagliare in maniera più approfondita la stratigrafie delle aree di variante, soprattutto per i tracciati ricadenti in zone geologicamente complesse caratterizzate dalla presenza di limiti stratigrafici e tettonici, risulterà necessario in fase progettuale successiva realizzare nuovi verticali di sondaggio a carotaggio continuo.

- Dal punto di vista geomorfologico le aree di progetto sono localizzate in diversi contesti. La variante 10 si sviluppa in area più marcatamente ondulata ai piedi del massiccio silano, con morfologie comunque piuttosto dolci, anche se spesso caratterizzate da locali fenomeni di dissesto per lo più superficiale. Le varianti 5 6 e 7 risultano impostate nella valle del Fiume Amato, ove i versanti principalmente di natura argillosa hanno dato e danno luogo a estesi fenomeni di dissesto e trasporto solido lungo i numerosi torrenti presenti. Le varianti in particolare corrono sia sul fondovalle pianeggiante, che in prossimità dei versanti. Le varianti 8 e 9 sono localizzate lungo la valle del Fiume Fallaco, avente ampio fondovalle confinato da versanti anche in questo caso soggetti a importanti fenomeni gravitativi potenzialmente interferenti con la linea ferroviaria.
- il reticolo idrografico della regione è fortemente condizionato dalla morfologia, la quale risulta controllata dalla tettonica, di conseguenza l'approfondimento del reticolato idrografico risulta molto intenso ed i limiti dei principali bacini mostrano buone corrispondenze con le principali strutture tettoniche. Oltre che la morfologia molto tormentata, anche la breve distanza che intercorre fra i principali sistemi montuosi ed il mare ed il rilevante sviluppo costiero rispetto all'estensione territoriale, fanno sì che i corsi d'acqua siano caratterizzati da bacini imbriferi generalmente molto modesti, da breve corso in pianura e da forte pendenze longitudinali. I corsi d'acqua principali che incontra li linea oggetto di studio sono il Fiume Corace, lungo il quale essa scorre sino a Settingiano, il fiume Fallaco, sino a Marcellinara, il fiume Amato, sino a Quote Barile, e in seguito una serie di torrenti affluenti del Fiume Amato, tra i quali i principali sono il Fiume Ippolito, il Canale delle Canne, il Torrente Piazza ed il Torrente Cantagalli.

- dal punto di vista idrogeologico i maggiori complessi idrogeologici regionali risultano:


- *Complesso dei depositi detritici recenti.*
- *Complesso conglomeratico-sabbioso-argilloso.*
- *Complesso dei depositi terrigeni ed evaporatici.*
- *Complesso argilloso caotico.*
- *Complesso delle alternanze arenaceo-marnoso-argillose calcareo-marnose.*
- *Complesso delle rocce metamorfiche a tessitura scistosa.*
- *Complesso calcareo-dolomitico.*

Il complesso dei depositi recenti risulta quello di maggior interesse per il presente studio; tra i depositi detritici recenti, gli acquiferi alluvionali di fondo valle dei principali corsi d'acqua costituiscono infatti il tema idrogeologico di maggiore interesse dell'intera regione per volumi di risorse immagazzinate e per favorevoli condizioni logistiche e quindi di sfruttamento. In particolare, uno dei tre maggiori acquiferi della regione viene attraversato dalla linea oggetto di studio, ovvero l'acquifero di Lamezia, impostato nelle alluvioni dell'omonima piana. La variante 10 risulta dislocata in contesto collinare complesso, ove la circolazione idrica sotterranea è probabilmente legata ai depositi alluvionali dei torrenti e ad una circolazione idrica superficiale lungo i versanti. Le varianti 5, 6, 7 risultano impostate lungo il fondovalle del fiume Amato, ove la circolazione idrica principale sarà connessa alle alluvioni di quest'ultimo, alimentata dagli apporti di versante. Medesima situazione si prevede per le varianti 8 e 9, localizzate in contesto simile lungo la valle del fiume Fallaco. Sulla base dei dati disponibili e delle informazioni bibliografiche si possono sintetizzare i seguenti dati:

- Lungo la porzione di tracciato compreso nell'area della piana di Sant'Eufemia i dati a disposizione risultano discontinui, in particolare evidenziando la presenza di una falda principale localizzata a profondità via via crescenti allontanandosi dalla costa tirrenica sino ad arrivare all'area di Nicastro, ai piedi dei rilievi. È probabile la presenza di falde sospese al di sopra dei livelli di materiale coesivo.
- Lungo la variante 10 i dati piezometrici a disposizione sono relativi ai sondaggi S06 ed S07, ed indicano la presenza di falda a 6.6 e 8.9 m da p.c. (curve 7 e 8);
- Lungo la variante 5 i dati piezometrici relativi ai sondaggi S08 ed S08ter indicano la presenza di falda tra 21.4 e 4.7 m da p.c.. In tal caso i dati sono relativi a contesti stratigrafici differenti.
- Lungo le varianti 6 e 7 i dati piezometrici relativi ai sondaggi S08ter ed S09 indicano la presenza di falda tra 4.7 e 0.7 m da p.c..
- Lungo la variante 9 il dato piezometrico relativo al sondaggio S10 indica la presenza di falda a 3.2 m da p.c..

Risulterà importante in fase progettuale successiva proseguire con il monitoraggio piezometrico delle verticali già installate ed eventualmente infittire la rete di monitoraggio con nuovi piezometri lungo i tracciati di variante.

- Per quanto concerne la pericolosità geomorfologica è stata analizzata la cartografia della pericolosità aggiornata dal PAI nel 2016. Sono state analizzate alcune situazioni di potenziale interferenza di elementi gravitativi cartografati con le aree di progetto; la linea infatti attraversa numerose aree classificate a pericolosità geomorfologica, in particolar modo localizzate tra Settingiano e Quote Barile, area ove la complessità geologica e stratigrafica si riflette particolarmente sulle condizioni geomorfologiche dei versanti. Un'analisi puntuale dei fenomeni gravitativi cartografati, sia lungo l'intera linea, sia in prossimità delle aree di approfondimento, viene effettuata nel paragrafo 10.
- Per quanto concerne le criticità di natura idraulica, la complessa rete idrografica che caratterizza la regione causa la presenza di numerose fasce classificate a pericolosità idraulica, che vengono inevitabilmente ad interferire con la linea ferroviaria. La cartografia tematica della pericolosità idraulica per l'intera linea e per le aree di approfondimento viene analizzata nel paragrafo 10.
- A valle dell'analisi della cartografia PAI sono state individuate le aree potenzialmente fonte di criticità di natura geomorfologica per le varianti in progetto. Tali aree sono state oggetto di rilievo geomorfologico di campo al fine di verificarne le evidenze, le geometrie e lo stato di attività, nonché è stata eseguita un'indagine geognostica/geofisica di approfondimento a supporto della progettazione. Le risultanze del rilievo sono riportate nel paragrafo 11.
- Sulla base delle risultanze delle analisi cartografiche, dei rilievi di campo e delle indagini eseguite, una sintesi delle potenziali criticità relative alle varianti è riportata nel paragrafo 13. Per quanto concerne tali criticità risulterà importante in particolare, in fase progettuale successiva, effettuare il monitoraggio inclinometrico e piezometrico.
- Dal punto di vista sismico i siti di progetto risultano caratterizzati da sismicità alta. Sulla base delle indagini geofisiche, i siti sono classificabili in categoria di suolo C e B. Per quanto riguarda il potenziale di liquefazione dei terreni, nessuno dei motivi di esclusione risulta verificato a priori, per cui dovrà essere effettuata una verifica del fenomeno di liquefazione che sarà oggetto della relazione geotecnica.

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	COLLEGAMENTO LAMEZIA T. - SETTINGIANO.					
	PFTE VELOCIZZAZIONE MEDIANTE RETTIFICHE DI TRACCIATO.					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0Y	LOTTO 00 F 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. B	FOGLIO 189 di 222

16 BIBLIOGRAFIA

- AA.VV. (2002) Regione Calabria – Autorità Regionale Ambientale 2. Acque POR Calabria 2000/2006 14 Valutazione Ex-ante Ambientale 31 dicembre 2002.
- Agip (1998) – *Studio previsionale della subsidenza relativa ai giacimenti fagliati di Linda e Heralacina (Crotona)*. Relazione Agip
- Alvarez S. M., (1976) – *Sobre la formación del estilo escultórico de Frómista y Jaca*.
- Amato A. & Cimini G.B., (2001) – *Deep structure from seismic tomography*. In: Vai G.B. & Martini I.P. (Eds) *Anatomy of an orogen: The Apennines and adjacent Mediterranean basins*. Kluwer Academic Publishers, Bodmin: 33-46.
- Amodio Morelli L., Bonardi G., Colonna V., Dietrich D., Giunta G., Ippolito F., Piccarreta G., (1976) – *L'arco calabro-peloritano nell'orogene appenninico-maghrebide*.
- Antronico L., Cotecchia F., Cotecchia V., Gabriele S., Gullà G., Iovine, G., Lollino G., Moraci N., Pagliarulo R., Petrucci O., Rocca F. Sorriso-Valvo M. & Terranova O., (2006) – *Attività di monitoraggio di siti in frana e di aree soggette a fenomeni di subsidenza*. POR Calabria, 200-2006.
- Baroni M., Dominici R., Muto F. & Critelli S., (2008) – *Detrital modes in a late Miocene wedge-top basin, northeastern Calabria, Italy: compositional record of wedge-top partitioning*. *Journal of Sedimentary Research*, v. **78**: 693-711.
- Bellotti P., Caputo C., Dall'Aglio P. L., Davoli L., & Ferrari K., (2009) – *Insedimenti umani in un paesaggio in evoluzione: interazione uomo-ambiente nella Piana di Sibari (Calabria Ionica)*. *Il Quaternario*, 22(1), 61-72.
- Bertoni W., Bratti C., Carbognin L., Cesi C., Chierici G. L., Dossena G., Guerricchio A., La Monica U., La Tegola A., Succetti A., (2000) – *Analysis of subsidence in the Crotona area along the Ionian coast of Calabria, Italy*. *Land Subsidence*. vol. 1, 155-166.
- Belluomini G., Gliozzi E., Ruggieri G., Branca M. & Delitala L. (1987) – *First dates on the terraces of the Crotona peninsula (Calabria, Southern Italy)*. *Boll. Soc. Geol. It.*, **7**: 249-254.
- Boccaletti M., Nicolich R., Tortorici L., (1984) – *The Calabrian Arc and the Ionian Sea in the dynamic evolution of the Central Mediterranean*. In *Seismicity and Sedimentation*. Edit by Cita M, B. & Ricci Lucchi F., *Mar. Geol.*, **55**, pp 219-245.

- Bonardi G., Giunta G., Perrone V., Russo M., Zuppetta A. & Ciampo G., (1980) – *Osservazioni sull'evoluzione miocenica dell'Arco Calabro-Peloritano nel Miocene inferiore: la Formazione di Stilo-Capo d'Orlando*. Boll. Soc. Geol. It., **99**, pp 365-393.
- Bonardi G., Cello G., Perrone V., Tortorici L., & Turco E., (1982) – *The evolution of the northern sector of the Calabria-Peloritani Arc in a semiquantitative palinspastic restoration*.
- Bonardi G., Messina A., Perrone V., & Russo S., (1984) – *L'Unità di Stilo nel settore meridionale dell'Arco Calabro-Peloritano*.
- Bonardi G., Cavazza W., Perrone V. & Rossi S. (2001) – *Calabria-Peloritani terrane and northern Ionian Sea*. In: VAI G.B. & MARTINI I.P. (Eds.), *Anatomy of an orogen: The Apennines and adjacent Mediterranean basins*. Kluwer Academic Publishers, Bodmin: 287-306.
- Boullin J.P., (1984) – *Nouvelle interprétation de la liason Apennin-Maghrebides en Calabre: consequences sur la paléogéographie téthysienne entre Gibraltar et les Alpes*. Rev. Géol. Dyn. Géog. Phys., **25**: 321-338.
- Boullin J.P., Durand-Delga M. & Olivier P., (1986) – *Betic-rifian and Tyrrhenian arcs: distinctive features, genesis and development stages*. In: F.C. Wezel (Ed) "The origin of Arcs", Elsevier: 281-304.
- Carobene L., (2003) – *Genesi, età sollevamento ed erosione dei terrazzi marini di Crosia-Calopezzati (costa ionica della Calabria-Italia)*, in Il Quaternario, Italian Journal of Quaternary Science, 16 (1), pp. 43-90.
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 50.000. F554 "Crucoli"; F562 "Cirò"; F571 "Crotone"; F577 "Isola di Capo Rizzuto". Progetto CARG.
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 100.000. F221 "Castrovillari"; F222 "Amendolara"; F230 "Rossano"; F241 "Nicastro"; F242 "Catanzaro"; F243 "Isola di Capo Rizzuto".
- Carta Geologica d'Italia alla scala 1: 25.000 dell'I.G.M.
- Cassa per il Mezzogiorno, (1978) – *Studio organico delle risorse idriche in Calabria - Atlante delle carte piezometriche e della qualità delle acque (1: 25.000)*. "Organic study of water resources in Calabria - Atlas of piezometric and water quality maps". Poligrafica & Cartevalori – Ercolano (NA)
- Catalano S., Monaco C., Tortorici L., Paltrinieri W. & N. Steel, (2004) – *Neogene-Quaternary tectonic evolution of the Southern Apennines*. Tectonics, **23**: TC2003, doi: 10.1029/2003TC001512.

- Ciaranfi N., Francescangeli R. & Rapisardi L., (1982) – *Osservazioni sulla neotettonica dei fogli 237 “San Giovanni in Fiore” e 238 “Crotona”*. Contrib. Concl. Realizzazione Carta Neotett. D’Italia, Pubbl. Progetto Finalizzato Geodinamica, **513**: 405-425.
- 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/>.
- Coop. M.R., Cotecchia F., (1997) – *The geotechnical settlements of the archaeological site of Sibari*. Geotech. Eng. for the Preservation of Monuments and Historic Sites, Viggiani (ed.), Balkema, 89-100.
- Cosentino D., Gliozzi E. & Salvini F. (1989) – *Brittle deformations in the Upper Pleistocene deposits of the Crotona Peninsula, Calabria, southern Italy*. Tectonophysics, **163**: 205-217.
- Cotecchia V., Dai Pra G., Magri G., (1971) – *Morfogenesi litorale olocenica tra Capo Spulico e Taranto nella prospettiva della protezione costiera*. Geologia Applicata e Idrogeologia, 6. 65- 78.
- Critelli S. & Le Pera E., (2000) – *Carta geologica della Calabria alla scala 1: 330.000, in Valutazione delle Piene in Calabria: Caratteristiche Morfometriche dei bacini della Calabria*. CNR-Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche – Linea 1: Previsione e Prevenzione degli Eventi idrologici Estremi. Rubettini Editore, Soveria Mannelli (CZ).
- Cuiuli E., (2012) – *Contributo alla conoscenza delle caratteristiche idrogeologiche della Piana di S. Eufemia Lamezia (Calabria) – Primi Risultati “Contribution to the knowledge of hydrogeological characteristics of S. Eufemia Lamezia plain (Calabria) - first results”*. Acque Sotterranee.127: 19 - 32.
- Cuiuli E., (2013) – *La carta della vulnerabilità intrinseca dell’acquifero superficiale della Piana di S. Eufemia Lamezia (Calabria) “The groundwater intrinsic vulnerability map of S. Eufemia Lamezia plain (Calabria)”*. Acque Sotterranee –Italian Journal of groundwater.2/132: 15 - 23.doi: 10.7343/AS-027-13
- Dewey J.F., Helman M.L., Turco E., Hutton D.H.W. & Knott S.D., (1989) – *Kinematics of the western Mediterranean*. In: Coward, M.P., Dietrich, D. & Park, R.G. (Eds.), *Alpine Tectonics*. Spec. Publ. Geol. Soc., **45**: 265-283.
- Di Grande A. (1967) – *Sezione tipo della Molassa di San Mauro (Calabrian) nel Bacino Crotonese*. Riv. It. Pal. Strat., **13**: 199-271.
- Di Nocera S., Ortolani F., Russo M. & Torre M. (1974) – *Successioni sedimentarie e limiti Miocene-Pliocene nella Calabria settentrionale*. Boll. Soc. Geol. It., 98, pp 559-587.

- DISS Working Group (2018). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.2.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: 10.6092/INGV.IT-DISS3.2.1.
- Doglioni C., (1991) – A proposal of kinematic modelling for W-dipping subductions. Possible applications to the Tyrrhenian-Apennines system. *Terra Nova*, **3**: 423-434.
- Dubois R., (1976) – *La suture calabro-apenninique crétacé-éocène et l'ouverture Tyrrhénienne néogène: étude pétrographique et structurale de la Calabre centrale*. Unpubl. Doctoral Thesis, Université P. et M. Curie, Paris, 567 pp.
- Finetti I., Lentini F., Carbone S., & Catalano S., (1996) – Il sistema Apennino Meridionale-Arco Calabro-Sicilia nel Mediterraneo Centrale: studio geologico-geofisico. 529-559.
- Ghisetti F. & Vezzani L. (1983) – *Deformazioni pellicolari mioceniche e plioceniche nei domini strutturali esterni dell'Appennino centro-meridionale (Maiella ed Arco Morrone-Gran Sasso)*. Mem. Soc. Geol. It., **26**: 563-577.
- Gignoux M. (1913) – *Les formations marines pliocènes et quaternaire de l'Italie du Sud et de la Sicilie*. Ann. Univ. Lyon, N.S, **1** (36): 693 p.
- Gliozzi E. (1987) – *I terrazzi del Pleistocene superiore della penisola di Crotona (Calabria)*. Geol. Romana, **26**: 17-79.
- Grandjacquet C., & Mascle G., (1978) – *The structure of the Ionian Sea, Sicily, and Calabria-Lucania*. In: *The ocean basins and margins* (pp. 257-329). Springer, Boston, MA.
- Guerrera F., Martín-Algarra A., & Perrone V., (1993) – *Late Oligocene-Miocene syn-/late-orogenic successions in western and central Mediterranean chains from the Betic Cordillera to the southern Apennines*. *Terra Nova*, **5**(6), 525-544.
- Guerricchio A., La Monica, Bertoni, Bratti, Carbognin L., Cesi, Chierici, Dossena G., La Tegola, Succetti (2000) – *Analysis of subsidence in Crotona area along the Ionian coast of Calabria, Italy*. Atti Convegno SISOLS 2000, Torino.
- Guerricchio A., Cantafora L., Guerricchio M., Ponte M., (2001) – *Discovery of submerged fixed archaeological structures in the Crotona coastal strip between Strongoli Marina and Le Castella (Calabria,*

Italy). Consideration on coastal erosion and subsidence phenomena. Atti Convegno 6th Inter. Symp. On Land Subsidence; Ravenna, septemb. 2000; Vol I, pp. 17-31.

- Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Comastri A., Tarabusi G., Valensise G. (2007.) CFTI4Med, Catalogue of Strong Earthquakes in Italy (461 B.C.-1997) and Mediterranean Area (760 B.C.-1500). INGV-SGA. <http://storing.ingv.it/cfti4med>
- Gulla G., Antronico L., Sorriso-Valvo M., & Tansi C., (2005) – *Proposta metodologica per la valutazione di indicatori di pericolo e rischio da frana a scala intermedia: l'area della Stretta di Catanzaro (Calabria, Italia)*. *Geologica Romana*, 38, 97-121.
- Gvirtzman Z. & Nur A., (2001) – *Residual topography, lithospheric structure and sunken slabs in the central Mediterranean*. *Earth and Planet. Sci. Lett.*, **187**: 117-130.
- Haccard D., Lorenz C., & Grandjacquet C., (1972) – *Essai sur l'évolution tectonogénétique de la liaison Alpes-Apennines (de la Ligurie a la Calabre)*. *Mem. Soc. Geol. It*, 11, 309-341.
- Haller K. M.m and Basili R. (2011). Developing seismogenic source models based on geologic fault data. *Seismol. Res. Lett.*, 82, 519-525.
- Knott S. D., (1987) – *The Liguride complex of southern Italy—A Cretaceous to Paleogene accretionary wedge*. *Tectonophysics*, 142(2-4), 217-226.
- Knott S.D. & Turco E. (1991) – *Late Cenozoic kinematics of the Calabrian Arc, southern Italy*. *Tectonics*, **10**: 1164-1172.
- Lambeck K., Antonioli F., Purcell A. & Silenzi S., (2004) – *Sea-level change along the Italian coast for the past 10,000 yr*. *Quaternary Science Reviews*, 23, pp. 567–598.
- Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A, Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016). DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database. *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*. <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.
- Malinverno A., & Ryan W.B.F. (1986) – *Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as a result of arc migration driven by sinking of the lithosphere*. *Tectonics*, **5**: 227-245.

- Massari F., Rio D., Sgavetti M., Prosser G., D'alessandro A., Asioli A., Capraro L., Fornaciari E. & Tateo F. (2002) – *Interplay between tectonics and glacio-eustasy: Pleistocene succession of the Crotona basin, Calabria (southern Italy)*. GSA Bull., **114**: 1183-1209.
- Mattei M., Cipollari P., Cosentino D., Argentieri A., Rossetti F., Speranza F. & Di Bella L. (2002) – *The Miocene tectono-sedimentary evolution of the southern Tyrrhenian Sea: Stratigraphy, structural and palaeomagnetic data from the on-shore Amantea basin (Calabrian Arc, Italy)*. Basin Res., **14**: 147-168.
- Matte P. (1986b) - *Tectonics and plate tectonics model for the Variscan belt of Europe*. Tectonophysics, **126**: 329-374, Amsterdam.
- 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.
- Mauz B. & Hassler U. (2000) – *Luminescence chronology of Late Pleistocene raised beaches in southern Italy: new data of relative sea-level changes*. Mar. Geol., **170**: 187-203.
- Messina A., Russo S., Borghi A., Colonna V., Compagnoni R., Caggianelli A., & Fornelli A., (1994) – *Il Massiccio della Sila. Settore settentrionale dell'Arco Calabro-Peloritano*. Guida all'escursione del Gruppo "I basamenti cristallini e granitoidi circum-mediterranei: evoluzione petrogenetica e implicazioni geodinamiche"(parte terza).
- Meulenkamp J.E., Hilgen F. & Voogt E. (1986) – *Late Cenozoic sedimentary-tectonic history of the Calabrian Arc*. In: BOCCALETTI M., GELATI R. & RICCI LUCCHI F. (Eds.), *Paleogeography and geodynamics of the perityrrhenian area*. Giorn. Geol., **48**: 345-359.
- Mellere D., Zecchin M. & Perale C. (2005) – *Stratigraphy and sedimentology of fault-controlled backstepping shorefaces, middle Pliocene of Crotona Basin, Southern Italy*. Sed. Geol., **176**: 281-303.
- Moretti A. (1993) – *Note sull'evoluzione tettono-stratigrafica del bacino crotonese dopo la fine del Miocene*. Boll. Soc. Geol. It., **112**: 845-867.
- Nalin R., Massari F. & Zecchin M. (2007) – *Superimposed cycles of composite marine terraces: the example of Cutro Terrace (Calabria, southern Italy)*. J. Sed. Res., **77**: 340-354.
- Norme di Attuazione e misure di salvaguardia dell'Autorità di bacino regionale Calabria. Testo aggiornato e approvato dal Comitato Istituzionale con Del. N. 3 dell'11-04-2016.

- Norme Tecniche per la Costruzione D.M. 20 Febbraio 2018.
- Ogniben L., (1969) – *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Mem. Soc. Geol. It., 8, 453-763.
- Ogniben L., (1973) – *Schema geologico della Calabria in base ai dati odierni*. Geologica Romana, 12, pp 243-585.
- Ogniben L., (1985) – *Relazione sul modello geodinamico "conservativo" della regione italiana*. Enea.
- Pagliarulo, R., Cotecchia, F., Coop, M.R., Cherubini, C., (1995) – *Studio litostratigrafico e geotecnico della Piana di Sybaris con riferimento all'evoluzione morfologica e ambientale del sito archeologico*. Geologia Applicata e Idrogeologia. 30, 375-391.
- Palmentola G., Carobene L., Mastronuzzi G. & Sansò P. (1990) – *I terrazzi marini Pleistocenici della Penisola di Crotona (Calabria)*. Geografi a Fisica e Dinamica Quaternaria, 13: 75-80.
- Palmieri E., (1992) – *Indagine sul fenomeno della subsidenza provocato dalle piattaforme ENI-Agip per l'estrazione di metano*. Relazione geologica nella vertenza giudiziaria Comune Crotona-Agip;
- Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) – *Tyrrhenian Basin and Apenninic Arcs: kinematics relations since Late Tortonian times*. Mem. Soc. Geol. it., 45: 425-451.
- Piano Tutela Acque – Regione Calabria
- Rehault J.P., Moussat E. & Fabbri A. (1987) – *Structural evolution of the Tyrrhenian back-arc basin*. Mar. Geol., 74: 123-150.
- Ritsema A.R., (1972) – *Deep earthquakes of the Tyrrhenian Sea*. Geol. Mijnbouw, 51: 541-545.
- Reghellin D., (2010) – *Paleoclimatic and paleoenvironmental history of the lower Pleistocene interval in the Crosia – Calopezzati Basin (Ionian Calabria, Southern Italy)*. Tesi di Laurea Specialistica. Università degli Studi di Padova.
- Roda C., (1964a) – *Distribuzione e facies dei sedimenti Neogenici nel Bacino Crotonese*. Geol. Romana, 3:319-366.
- Roda C., Critelli S., Muto F., Spina V., Chiarella D., Dominici R. & Barone M. – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1.50. 000, Foglio 554 Crucoli*. APAT, Roma.

- Roda C., Critelli S., Muto F., Spina V., Chiarella D., Dominici R. & Barone M. – *Carta Geologica d'Italia alla scala 1.50. 000, Foglio 562 Cirò*. APAT, Roma, 2009.
- Rovida A., Locati M., Camassi R., Lolli B., Gasperini P. (eds), (2016). CPTI15, the 2015 version of the Parametric Catalogue of Italian Earthquakes. *Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia*. doi:<http://doi.org/10.6092/INGV.IT-CPTI15>.
- Ruggieri G. (1941) – *Terrazzi quaternari e faune siciliane nel Golfo di Squillace*. Giorn. Geol., ser. 2, **15**: 78-88.
- Ruggieri G. (1948) – *Il terrazzo marino presiciliano della penisola di Crotona*. Giorn. Geol., ser. 2, **20**: 39-62.
- Scandone P., (1982) – *Structure and evolution of the Calabrian Arc*.
- Scheepers P. J. J., (1994) – *Tectonic rotations in the Tyrrhenian arc system during the Quaternary and late Tertiary*. (Vol. 112, pp. 1-352). Utrecht University.
- Segalla M., (2006) – *Caratterizzazione stratigrafica cronologica e paleoambientale della successione pleistocenica di Crosia-Calopezzati (Calabria ionica)*. Tesi di laurea magistrale, Univ. Di Padova, 61 pp.
- Sorriso-Valvo M. & Sylvester A., (1993) – *The relationship between geology and landforms along a coastal mountain front, northern Calabria, Italy*. Earth Surf. Proc. Landf., 18, 257-273.
- Spakman W., (1986) – *Subduction beneath Eurasia in connection with the Mesozoic Tethys*. Geol. Mijnbouw, **65**: 145-153.
- Tansi C. et al., (2007) – *Neogene-Quaternary strike-slip tectonics in the central Calabrian Arc (southern Italy)*. Journal of Geodynamics 43.3 (2007): 393-414.
- Tenuta B., Caira B., Aita M., Cufari G., Filice C., (2017) – *Piano Strutturale Assetto della Sibaritide*. Relazione Geologica Definitiva.
- Tortorici L., (1981) – *Analisi delle deformazioni fragili dei sedimenti postorogeni della Calabria settentrionale*, in Boll. Soc. Geol. It., 100, pp. 291-308.
- Tortorici L., (1982) – *Lineamenti geologico-strutturali dell'arco calabro-peloritano*. Rendiconti della Società Italiana Mineralogia Petrologia, 38, 927-940.

- Van Dijk J. P. (1990) – *Sequence stratigraphy, kinematics and dynamic geohistory of the Crotona Basin (Calabria Arc, Central Mediterranean): an integrated approach*. Mem. Soc. Geol. It., **44**: 259-285.
- Van Dijk J. P. (1991) – *Basin dynamics and sequence stratigraphy in the Calabrian Arc (Central Mediterranean); records and pathways of the Crotona Basin*. Geol. Mijnbouw, **70**: 187-201.
- Van Dijk J.P., (1992) – *Late Neogene fore-arc basin evolution in the Calabrian Arc (Central Mediterranean); tectonic sequence stratigraphy and dynamic geohistory*. With special reference to the geology of Central Calabria. Geol. Ultraiect., **92**, 288 pp.
- Van Dijk J.P. (1993) – *Three-dimensional quantitative restoration of Central Mediterranean Neogene basins*. In: Spencer A.M. (Ed.), Generation, accumulation and production of Europe's hydrocarbons III. Spec. Publ., European Assoc. Petrol. Geol., **3**, pp. 267-280.
- Van Dijk J. & Okkes M. (1990) – *The analysis of shear zones in Calabria; implications for the geodynamics of the Central Mediterranean*. Riv. It. Pal. Strat., **96**: 241-270.
- Van Dijk J. & Okkes M. (1991) – *Neogene tectonostratigraphy and kinematics of Calabrian basin; implications for the geodynamics of the Central Mediterranean*. Tectonophysics, **196**: 23-60.
- Van Dijk J.P. & Scheepers P.J.J. (1995) – *Neotectonic rotations in the Calabrian Arc; implications for a Pliocene-Recent geodynamic scenario for the Central Mediterranean*. Earth-Sci. Rev., **39**: 207-246.
- Van Dijk J.P., Barberis A., Cantarella G., Massa E. & Pescatori L. (1998) – *Central Mediterranean Messinian basin evolution: tectono-eustasy or eustato-tectonics?* Ann. Tecton., **12**: 7-27.
- Van Dijk J.P., Bello M., Brancaleoni G.P., Cantarella G., Costa V., Frixia A., Golfetto F., Merlini S., Riva M., Torricelli S., Toscano C. & Zerilli A. (2000) – *A regional structural model for the northern sector of the Calabrian Arc (southern Italy)*. Tectonophysics, **324**: 267-320.
- Versace P., Ferrari E., Fiorentino M., Gabriele S., Rossi F., (1989) – *Valutazione delle piene in Calabria*. CNR – IRPI – GEODATA n. 30.
- Vezzani L., (1968) – *I terreni plio-pleistocenici del basso Crati (Cosenza)*. Atti Accademia Gioenia Sc. Nat., **6**, pp 28-84.
- Westaway R., (1993) – *Quaternary uplift of Southern Italy*. J. Geophys. Res., **98**: 21741- 21772.

- Zecchin M., Mellere D., Massari F. & Prosser G. (2003a) – *Interplay between tectonics and sedimentation in the lower Pliocene fill of the Crotona Basin, Southern Italy*. AAPG/SEPM Annual Convention, Salt Lake City, Utah, Expanded Abstracts, **12**: 187.
- Zecchin M., Massari F., Mellere D. & Prosser G. (2003b) – *Architectural styles of prograding wedges in a tectonically active setting, Crotona Basin, Southern Italy*. J. Geol. Soc., London, **160**: 863-880.
- Zecchin M., Massari F., Mellere D. & Prosser G. (2004a) – *Anatomy and evolution of a Mediterranean-type fault bounded basin: the Lower Pliocene of the northern Crotona Basin (Southern Italy)*. Basin Res., **16**: 117-143.
- Zecchin M., Nalin R. & Roda C. (2004b) – *Raised Pleistocene marine terraces of the Crotona peninsula (Calabria, southern Italy): facies analysis and organization of their deposits*. Sed. Geol., **172**: 165-185.
- Zecchin M. (2005) – *Relationships between fault-controlled subsidence and preservation of shallowmarine small-scale cycles: example from the lower Pliocene of the Crotona Basin (southern Italy)*. J. SED. RES., **75**: 300-312.
- Zecchin M., Mellere D. & Roda C. (2006) – *Sequence stratigraphy and architectural variability in growth fault-bounded basin fills: a review of Plio-Pleistocene stratal units of the Crotona Basin, southern Italy*. J. Geol. Soc., London, **163**: 471-486.