

COMMITTENTE:



PROGETTAZIONE:



DIREZIONE TECNICA

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

PROGETTO DEFINITIVO

ELETTRIFICAZIONE TRATTA CATANZARO-LAMEZIA TERME (Lotto 01)

**RELAZIONE GEOLOGICA, GEOMORFOLOGICA, IDROGEOLOGICA E
SISMICA**

ITALFERR S.p.A.
Ordine degli Ingegneri della
Provincia di La Spezia
Dott. Ing. Aristide Nardimocchi
iscritto all'Albo Professionale
COD. N. A1263

PFTE da sottoporre all'esame del CSLPP ai sensi del DL 16 luglio 2020, n. 76 convertito con legge n. 120/2020 «Misure urgenti per la semplificazione e l'innovazione digitale.»

SCALA:

-

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

RC0W 01 D 69 RG GE0005 001 A

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato Data
A	EMISSIONE DEFINITIVA	R. Galbiati	Giugno 2020	F. Carli	Giugno 2020	S. Vanfiori	Giugno 2020	M. Comedini Giugno 2020



File: RC0T01D69RGGE0001001A.doc

n. Elab.:158

INDICE

1	PREMESSA	8
2	NORMATIVA DI RIFERIMENTO	9
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	10
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
6	INQUADRAMENTO IDROGRAFICO	30
7	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO.....	34
7.1.1	<i>Complessi idrogeologici.....</i>	<i>34</i>
7.1.2	<i>Inquadramento idrogeologico.....</i>	<i>36</i>
7.1.3	<i>Acquifero di Lamezia.....</i>	<i>37</i>
7.1.4	<i>Modello idrogeologico</i>	<i>40</i>
7.1.5	<i>Dati piezometrici dell'area di studio.....</i>	<i>43</i>
8	INDAGINI.....	44
8.1	PREMESSA	44
9	MODELLO GEOLOGICO DI DETTAGLIO DELLE AREE DI STUDIO.....	47
9.1	CATANZARO LIDO	47

9.2	CATANZARO	49
9.3	SETTINGIANO.....	50
9.4	MARCELLINARA	53
9.5	MARCELLINARA – LOCALITÀ MASSARO	56
9.6	LOCALITÀ QUOTE BARILE.....	58
9.7	SCALO FERROVIARIO DI FEROLETO.....	61
9.8	CONTRADA GABELLA CARDOLO	63
9.9	NICASTRO.....	65
9.10	SAMBIASE.....	68
9.11	LOCALITÀ BOSCO AMATELLO	70
9.12	GALLERIA GABELLA.....	71
9.13	GALLERIA CIMMINO	75
9.14	GALLERIA SANT’IPPOLITO	77
9.15	GALLERIA MONTECAVALIERE	80
9.16	GALLERIA MARCELLINARA	82
9.17	PIAZZALE PT05	85
9.18	VIABILITÀ PT06	86
9.19	VIABILITÀ PT07	88
9.20	VIABILITÀ PT08	88
10	ANALISI DELLE CRITICITA’ DI CARATTERE GEOMORFOLOGICO E IDRAULICO.....	91
10.1	PIANO STRALCIO DI BACINO PER L’ASSETTO IDROGEOLOGICO	91
10.1.1	<i>Metodologie e criteri per la valutazione del rischio di frana.....</i>	<i>92</i>

10.1.2	Rischio idraulico	93
10.2	NORME DI ATTUAZIONE E MISURE DI SALVAGUARDIA	94
10.3	ANALISI DELLA CARTOGRAFIA	103
10.3.1	Pericolosità da frana.....	103
10.3.2	Analisi della cartografia della pericolosità geomorfologica per ciascuna area di progetto delle SSE	121
10.3.3	Analisi della cartografia della pericolosità geomorfologica per le Viabilità PT05-PT06-PT08	129
10.3.4	Pericolosità e rischio idraulico	132
10.3.5	Analisi della cartografia della pericolosità e del rischio idraulico per le aree di progetto delle SSE.....	135
10.3.6	Analisi della cartografia della pericolosità e del rischio idraulico per le aree delle viabilità e piazzali PT05-PT06-PT07-PT08	147
11	INQUADRAMENTO SISMICO	151
11.1	PREMESSA	151
11.2	AREE SISMOGENETICHE DI INTERESSE	152
11.3	FAGLIE ATTIVE	155
11.4	INTENSITÀ MACROSISMICHE	156
11.5	DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO	158
11.5.1	Generalità.....	158
11.5.2	Vita utile e classe d'uso.....	158
11.5.3	Stati limite e probabilità di superamento	159
11.5.4	Accelerazione di riferimento su suolo rigido a_g	160
11.5.5	Risposta sismica locale.....	164
11.6	ANALISI DI PERICOLOSITÀ RISPETTO AL FENOMENO DELLA LIQUEFAZIONE	167

11.6.1	<i>Metodo di Analisi</i>	169
11.6.2	<i>CRR da correlazione su prove SPT</i>	170
11.6.3	<i>Risultati e considerazioni conclusive</i>	173
12	CONCLUSIONI	175
13	BIBLIOGRAFIA	178
	APPENDICE A RISULTATI DELLE VERIFICHE A LIQUEFAZIONE SULLA BASE DI PROVE SPT	188

TAVOLE ALLEGATE

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta geologica e geomorfologica	1:25000	R	C	0	W	0	1	D	6	9	G	3	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Carta idrogeologica	1:25000	R	C	0	W	0	1	D	6	9	G	3	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A
Profili geologici 1/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	1	A
Profili geologici 2/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	2	A
Profili geologici 3/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	3	A
Profili geologici 4/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	4	A
Profili geologici 5/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	5	A
Profili geologici 6/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	6	A
Profili geologici 7/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	7	A
Profili geologici 8/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	1	0	0	8	A
Profili idrogeologici 1/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A
Profili idrogeologici 2/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	2	A
Profili idrogeologici 3/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	3	A
Profili idrogeologici 4/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	4	A
Profili idrogeologici 5/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	5	A
Profili idrogeologici 6/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	6	A
Profili idrogeologici 7/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	7	A
Profili idrogeologici 8/8	1:2000/200	R	C	0	W	0	1	D	6	9	F	Z	G	E	0	0	0	2	0	0	8	A

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0W	01 D 69	RG	GE0001 001	A	7 di 131

DOCUMENTI ALLEGATI

Id	Scala	Codifiche Italferr																				
		R	C	0	W	0	1	D	6	9	I	G	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A
Indagini geofisiche	-	R	C	0	W	0	1	D	6	9	I	G	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A
Sondaggi e stratigrafie	-	R	C	0	W	0	1	D	6	9	S	G	G	E	0	0	0	2	0	0	1	A

1 PREMESSA

Il presente documento costituisce la Relazione Geologica, Geomorfologica, Idrogeologica e Sismica redatto nell'ambito del progetto di elettrificazione del Lotto 01 della linea Jonica, lungo la linea ferroviaria tra Catanzaro Lido e Lamezia Terme.

Lo studio in particolare analizza gli aspetti geologici lungo l'intera tratta oggetto di elettrificazione, ed esegue alcuni approfondimenti in aree di progetto di Sottostazioni Elettriche (di seguito SSE), gallerie e varianti di viabilità.

Lo studio raccoglie e sintetizza le informazioni attualmente disponibili derivanti da indagini geognostiche eseguite in questa fase progettuale e comprendenti:

- n. 18 sondaggi geognostici spinti sino alla profondità di 30.0 m dal p.c., con installazione di piezometro a "tubo aperto" per il monitoraggio della falda;
- n. 7 prove geofisiche MASW e n.1 prova down-hole per la definizione dell'azione sismica di progetto.

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 indagini geognostiche realizzate a supporto del progetto;
- Modello geologico generale lungo la linea;
- Modello geologico di riferimento per ciascuna delle aree di approfondimento;
- Analisi del rischio geomorfologico e idraulico generale lungo la linea e per le aree di approfondimento;
- Inquadramento sismico dell'area, definizione dell'azione sismica e della magnitudo di riferimento, analisi del rischio di liquefazione.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 9 di 131

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”.
- 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)

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0005 001	REV. A	FOGLIO 10 di 131

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

La linea ferroviaria oggetto di elettrificazione 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, da Catanzaro Lido a Lamezia Terme, si estende per una lunghezza di circa 40 km, inoltrandosi nell'entroterra catanzarese verso nord-ovest dalla costa Ionica e deviando poi verso ovest verso la costa tirrenica sino a Lamezia Terme (Figura 3-1).

Come accennato in premessa. Alcune aree sono state sottoposte ad approfondimento di studio per la progettazione e realizzazione di sottostazioni elettriche, ed in particolari esse ricadono:

- presso Catanzaro Lido;
- presso la stazione di Catanzaro in località Difesa;
- presso Settingiano;
- presso Marcellinara;
- presso la località Massaro;
- presso la località Quote Barile;
- presso lo scalo ferroviario Feroleto-Pianopoli;
- presso Contrada Gabella-Cardolo a Lamezia Terme;
- a Nicastro;
- presso Sambiase;
- presso la località Bosco-Amatello.

Inoltre sono stati eseguiti approfondimenti di studio per le gallerie Gabella, Cimmino, Sant'Ippolito, Montecavaliere, Marcellinara (Figura 3-3), per n. 3 viabilità in progetto per il collegamento con i nuovi piazzali denominati PT06, PT07 e PT08 (stralci planimetrici in **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.** Figura 3-4 Figura 3-5 e Figura 3-6), per il nuovo piazzale PT05 (localizzazione su immagine aerea in Figura 3-7).

In Figura 3-1 viene riportata un'immagine aerea dell'intera tratta, mentre in Figura 3-2 viene riportata l'ubicazione delle aree delle SSE con relative indagini geognostiche e geofisiche realizzate a supporto della progettazione.



Figura 3-1 – Immagine aerea della tratta ferroviaria Catanzaro Lido-Lamezia Terme (in rosso, Lotto 1), lungo la quale ricadono le SSE in progetto. (Google Earth).

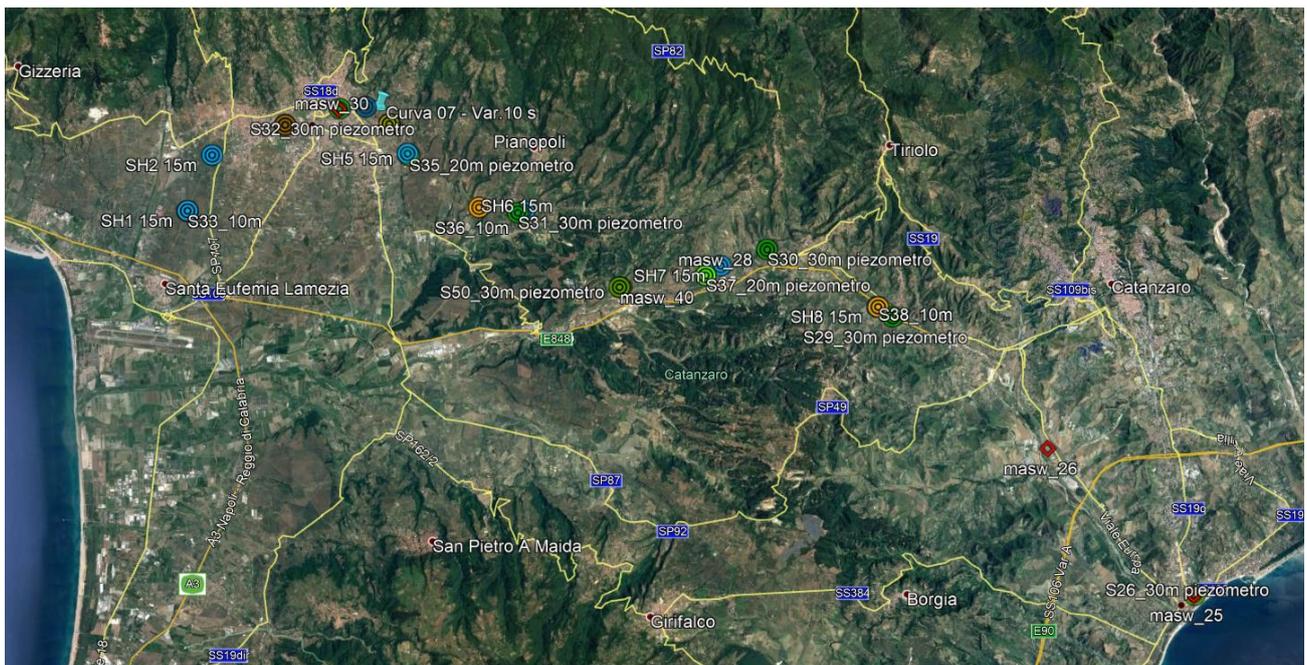


Figura 3-2 – Aree di progetto delle SSE da Catanzaro Lido a Lamezia Terme (Lotto 1). (Google Earth).

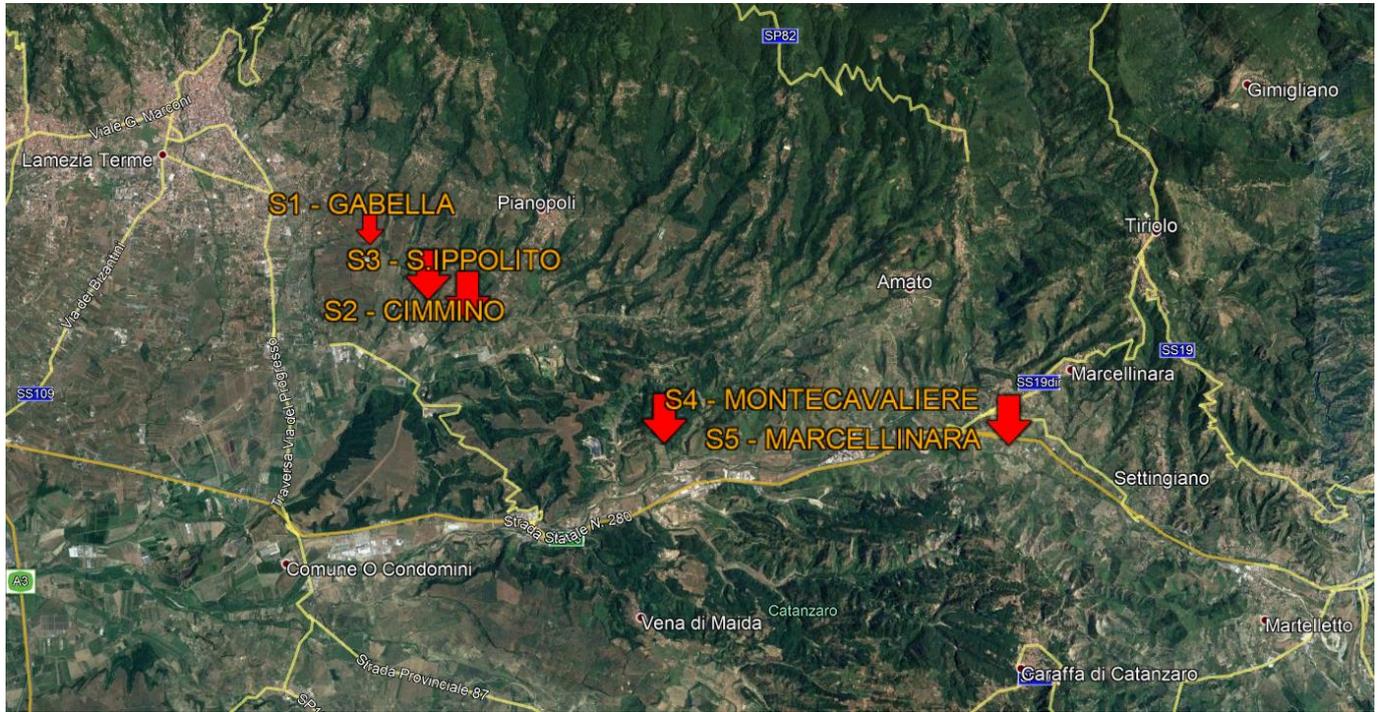


Figura 3-3 – Ubicazione delle aree di approfondimento di studio presso le gallerie di Gabella, S.Ippolito, Cimmino, Montecavaliere, Mrcellinara.

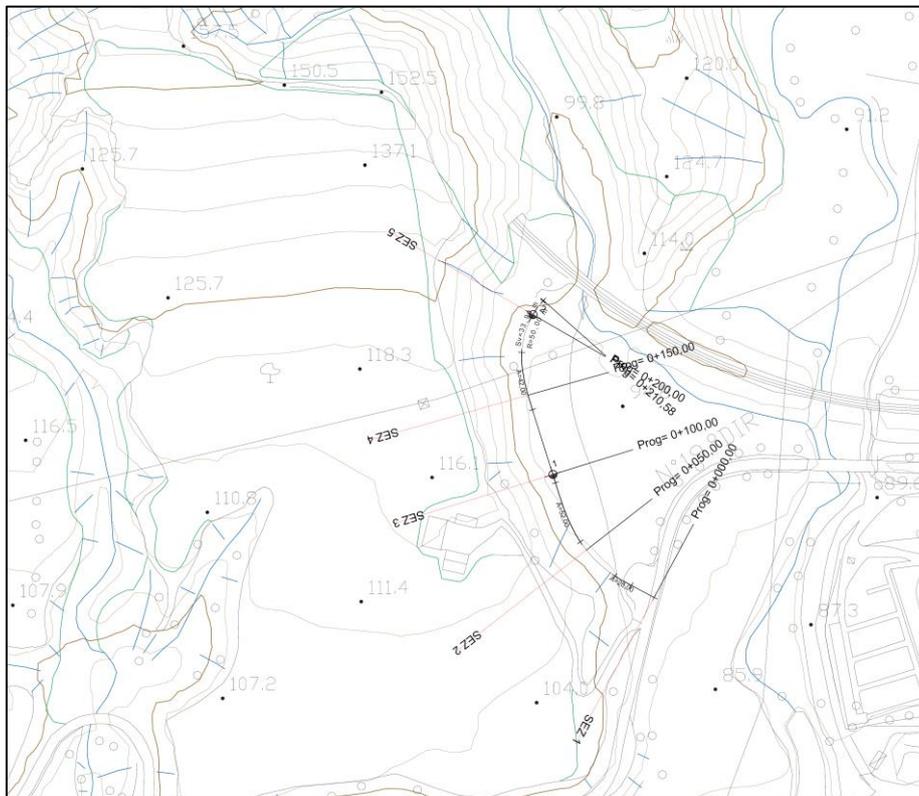


Figura 3-4 – Area viabilità piazzale di accesso Montecavaliere lato Catanzaro (PT06)

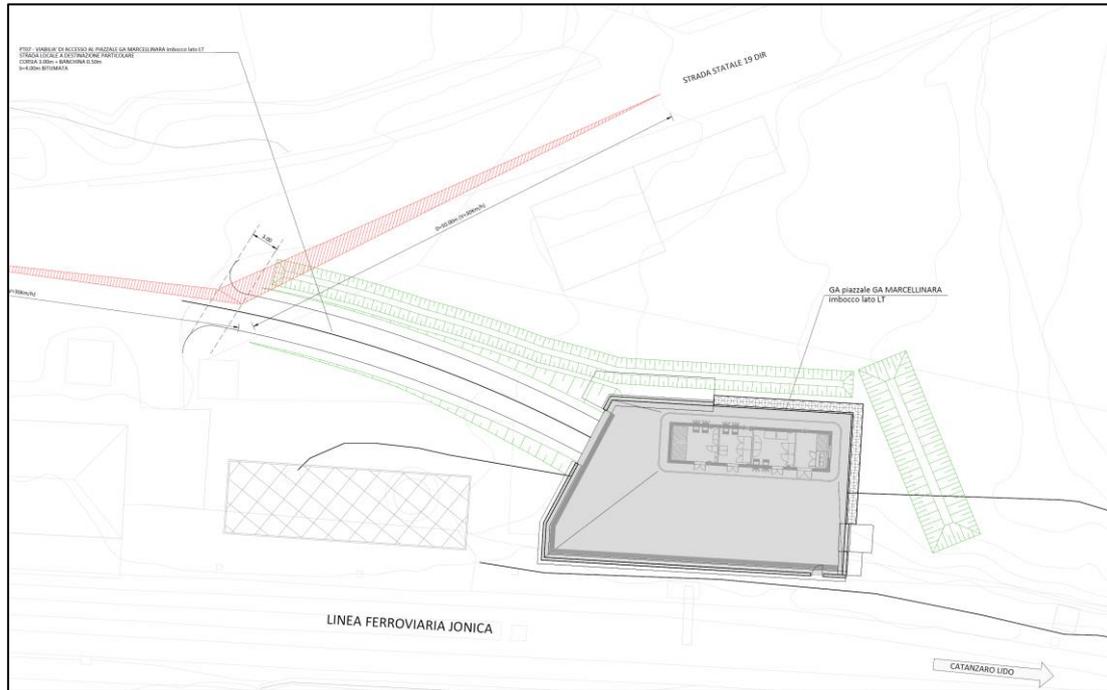


Figura 3-5 - Area viabilità piazzale di accesso GA Marcellinara (PT07)

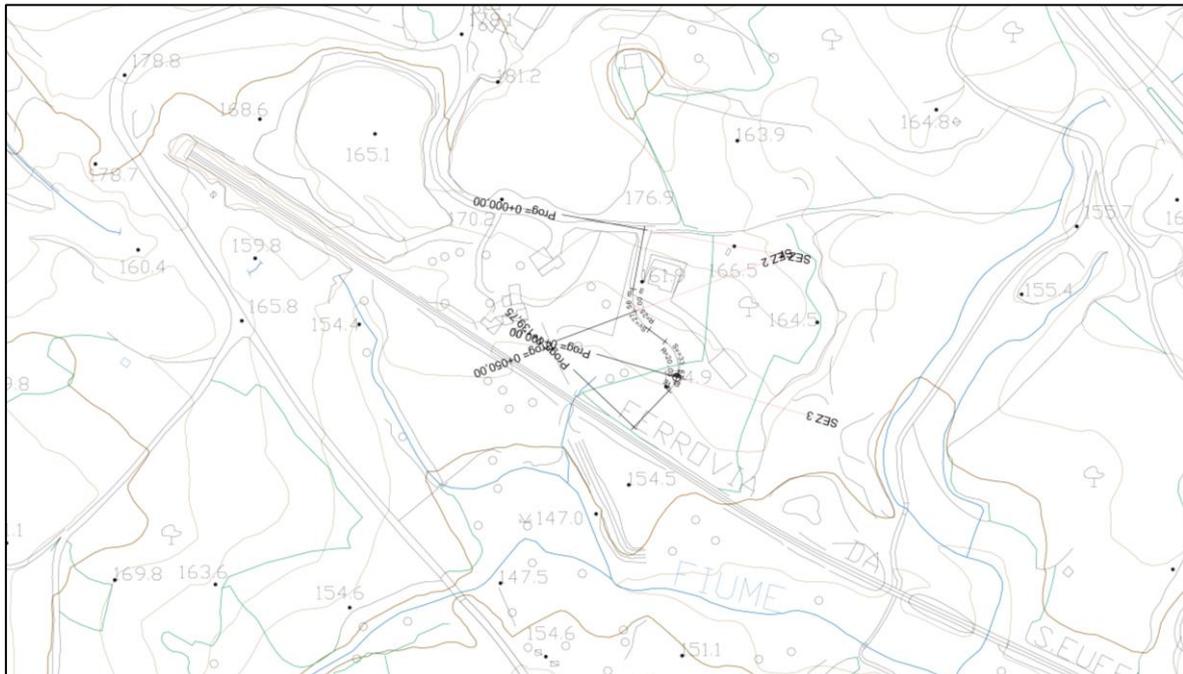


Figura 3-6 – Area viabilità piazzale di accesso area Marcellinara, imbocco lato Catanzaro (PT08)

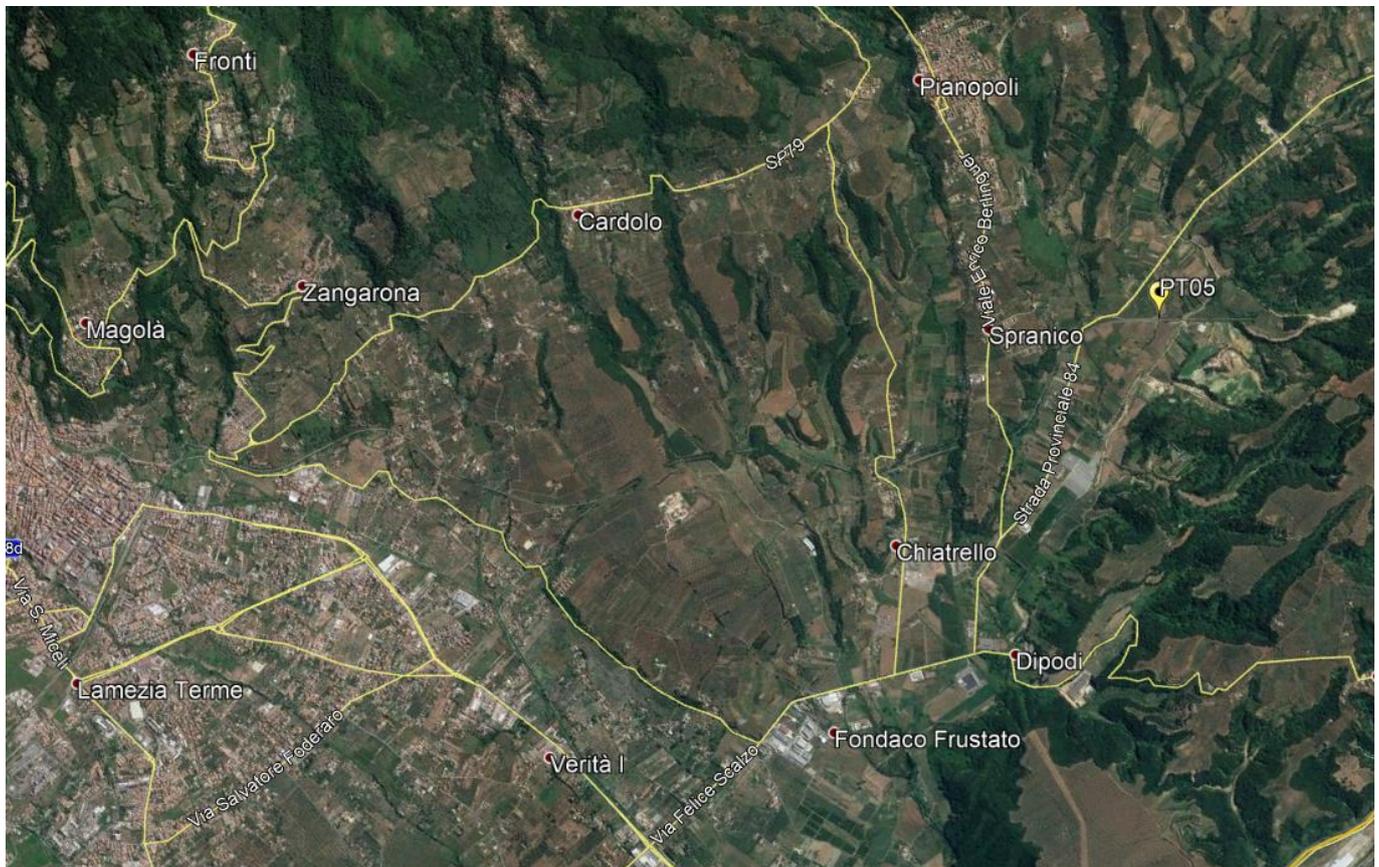


Figura 3-7 – Ubicazione del nuovo piazzale PT05

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

- da Catanzaro Lido, lungo la costa Ionica, la linea prosegue in direzione NO lungo la Valle del Fiume Corace e la Stretta di Catanzaro, sino a giungere a Marcellinara;
- da Marcellinara essa devia in direzione ovest lungo la valle del Fiume Amato per circa 5 km;
- presso l'abitato di Quote Barile essa, immettendosi in galleria, devia nuovamente in direzione Nord-ovest, attraversando Feroletto e giungendo a Nicastro, presso le propaggini meridionali del massiccio silano;
- da Nicastro essa volge verso sud-ovest sino a giungere a Lamezia Terme, a circa 3 km dalla costa tirrenica.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RCOW	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 15 di 131

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; Guerrera 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.

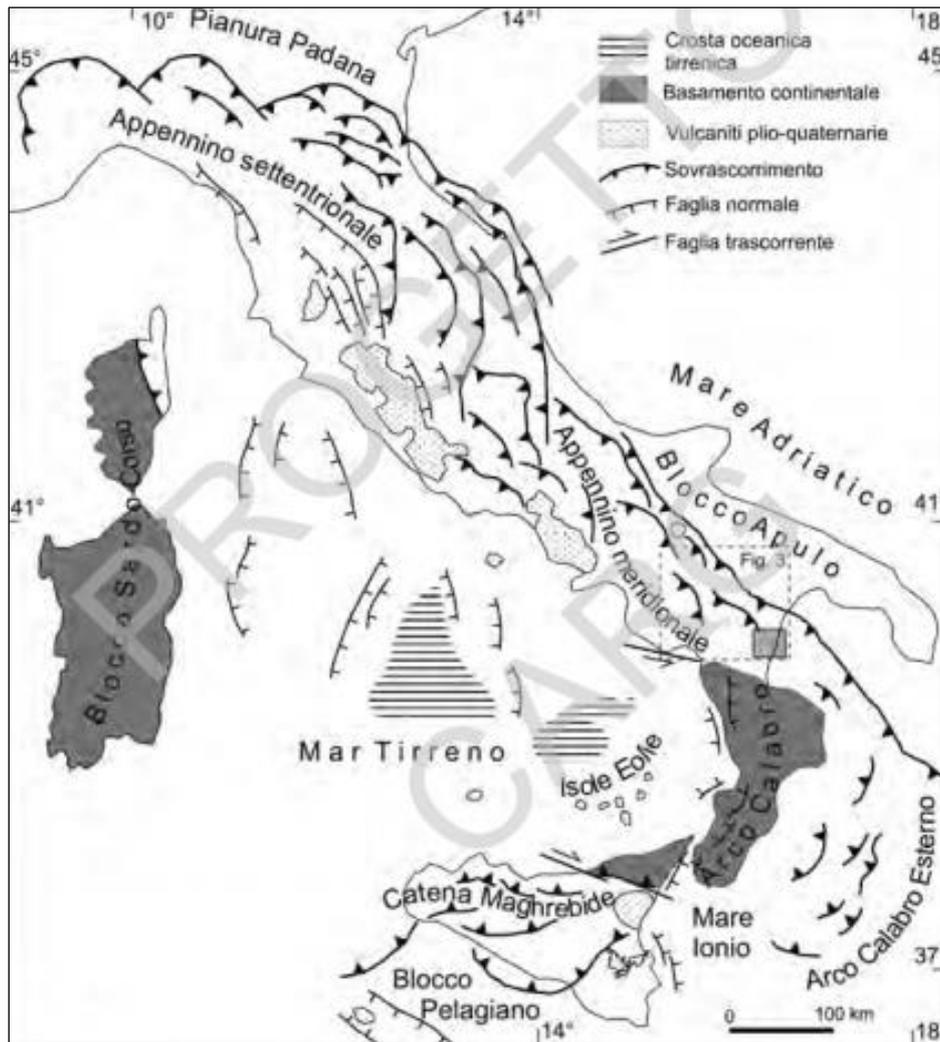


Figura 4-1 – Schema tettonico dell’orogene appenninico-maghrebide (da Catalano et alii, 2004).

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.

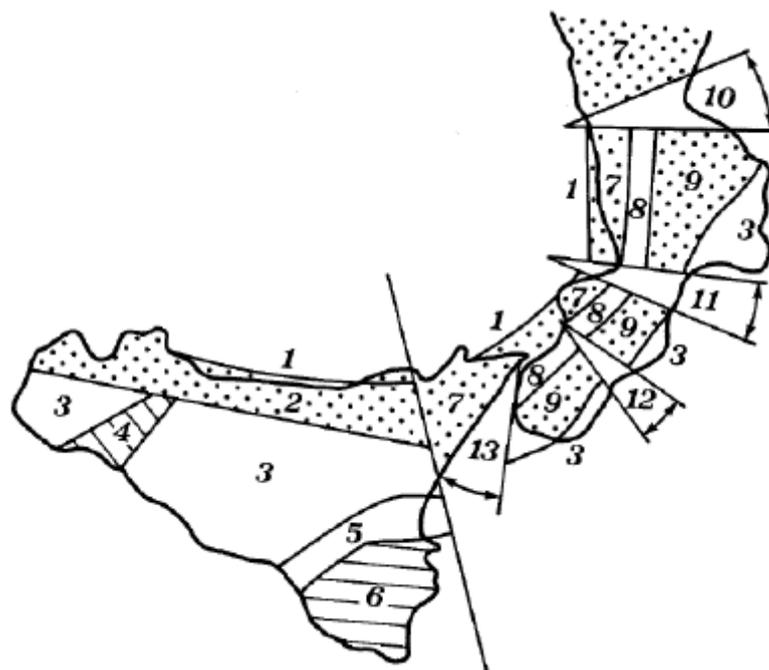


Figura 4-2 - Schema di segmentazione a blocchi dell'Arco Calabro-Peloritano.

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).

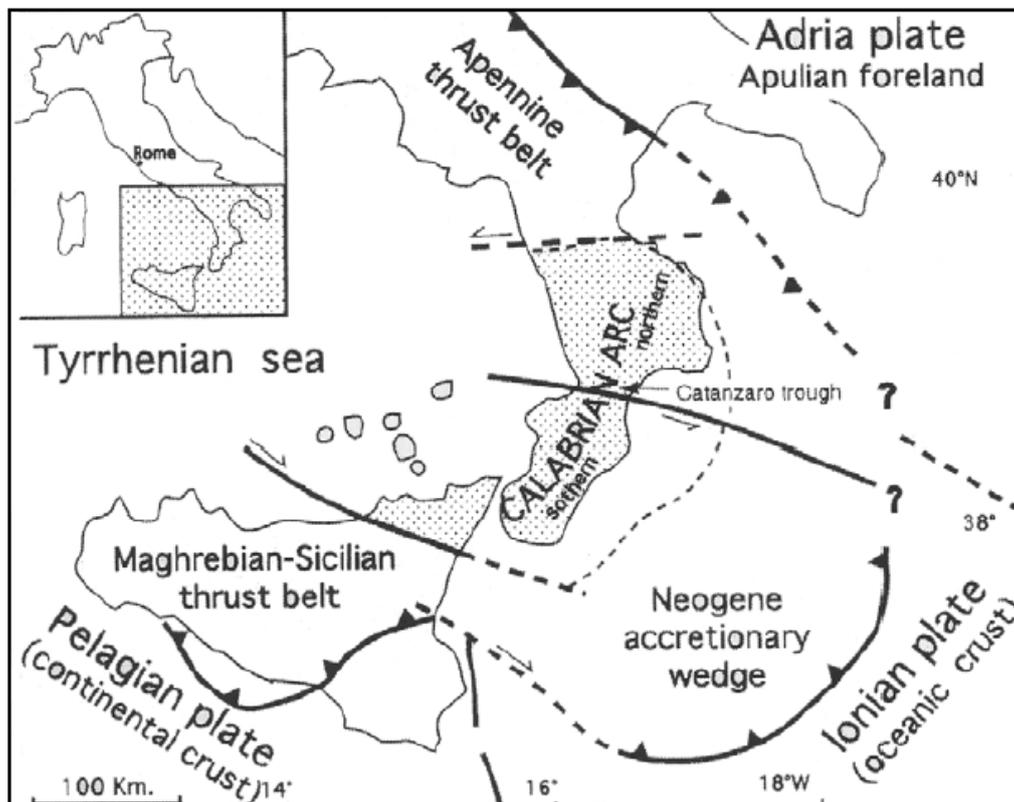


Figura 4-4 – Arco Calabro Peloritano e localizzazione della Stretta di Catanzaro (Catanzaro trough) (Tortorici, 1982).

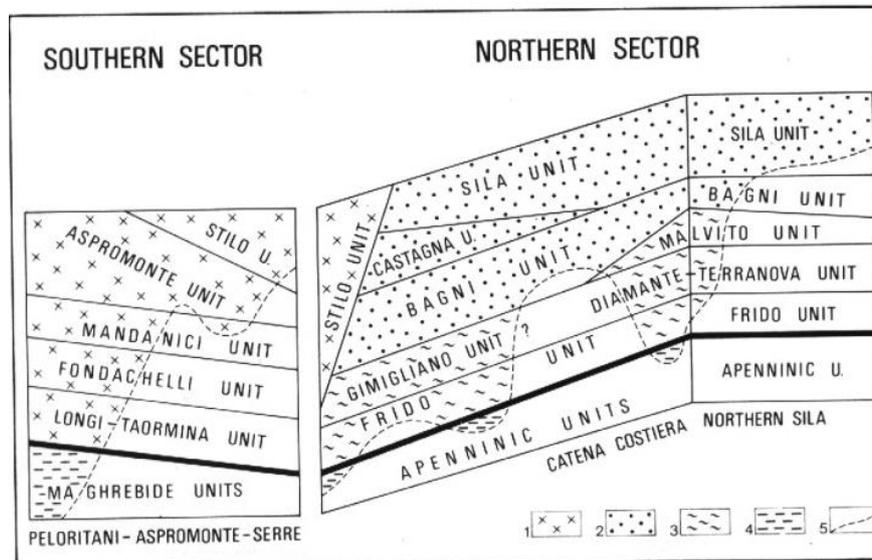


Fig. 1 - Schema dei rapporti geometrici tra le Unità dell'Arco Calabro-Peloritano. Da BONARDI et al. (1982a) modificato.
 Legenda: Settore meridionale: 1) Unità a basamento cristallino pre-Mesozoico. Settore settentrionale: 2) Unità Austro-Alpine. 3) Unità Ofiolitiche. 4) Catena Appenninico-Maghrebide. 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-Copanella” e “Maida-Case San Fantino”. Queste due strutture sono responsabili del sollevamento delle metamorfite paleozoiche dell'Unità di Polia-Copanella 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

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 21 di 131

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.

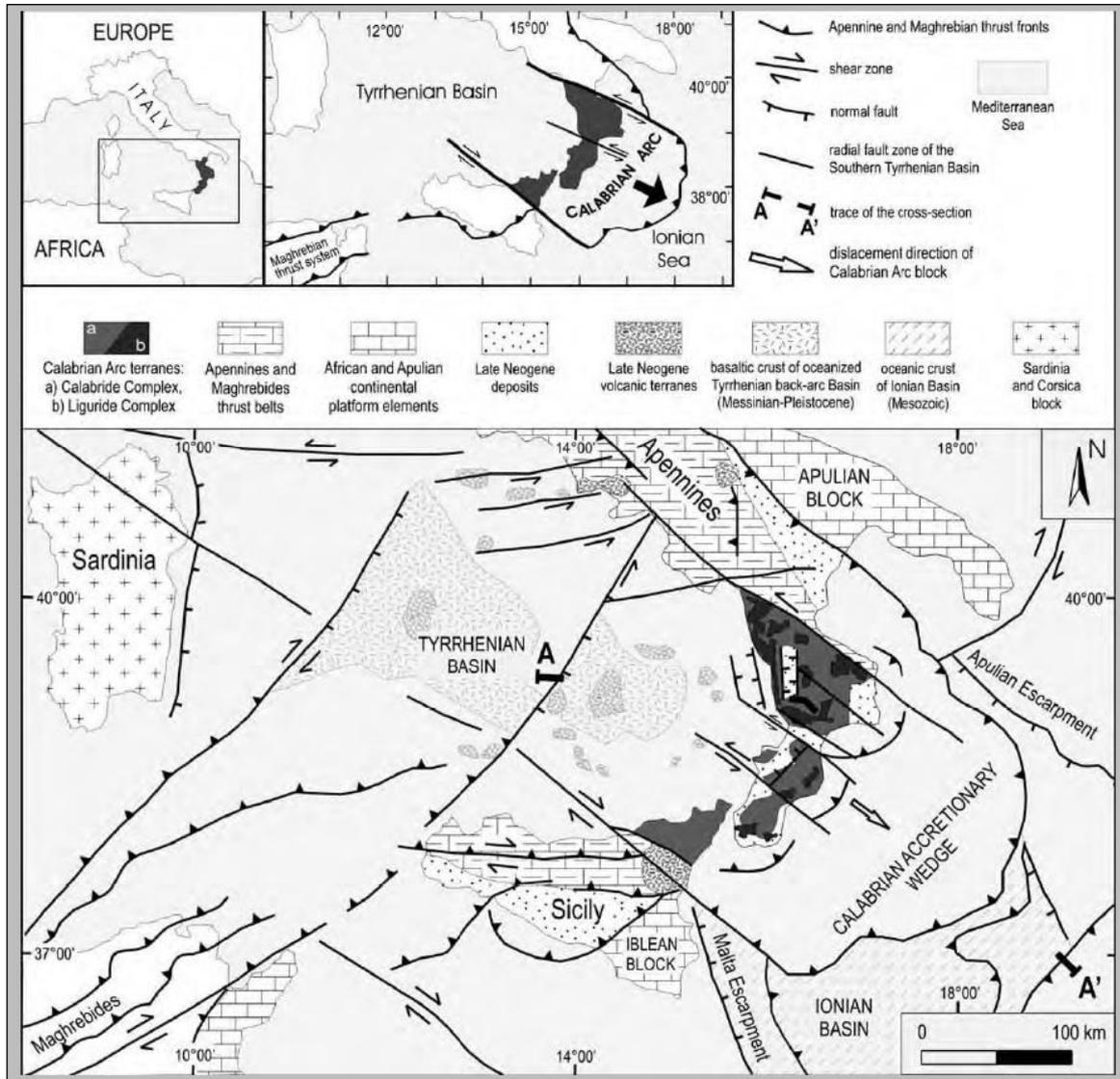


Figura 4-6 - Schema geologico del Mediterraneo Centrale (Tansi et alii, 2007) ed uno schema tettonico semplificato dell'Arco Calabro.

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.

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	<small>COMMESSA</small> RC0W	<small>LOTTO</small> 01 D 69	<small>CODIFICA</small> RG	<small>DOCUMENTO</small> GE0001 001	<small>REV.</small> A	<small>FOGLIO</small> 23 di 131

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 megacrystalli 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

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 24 di 131

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 (RC0T00D69G3GE0001001), 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 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.

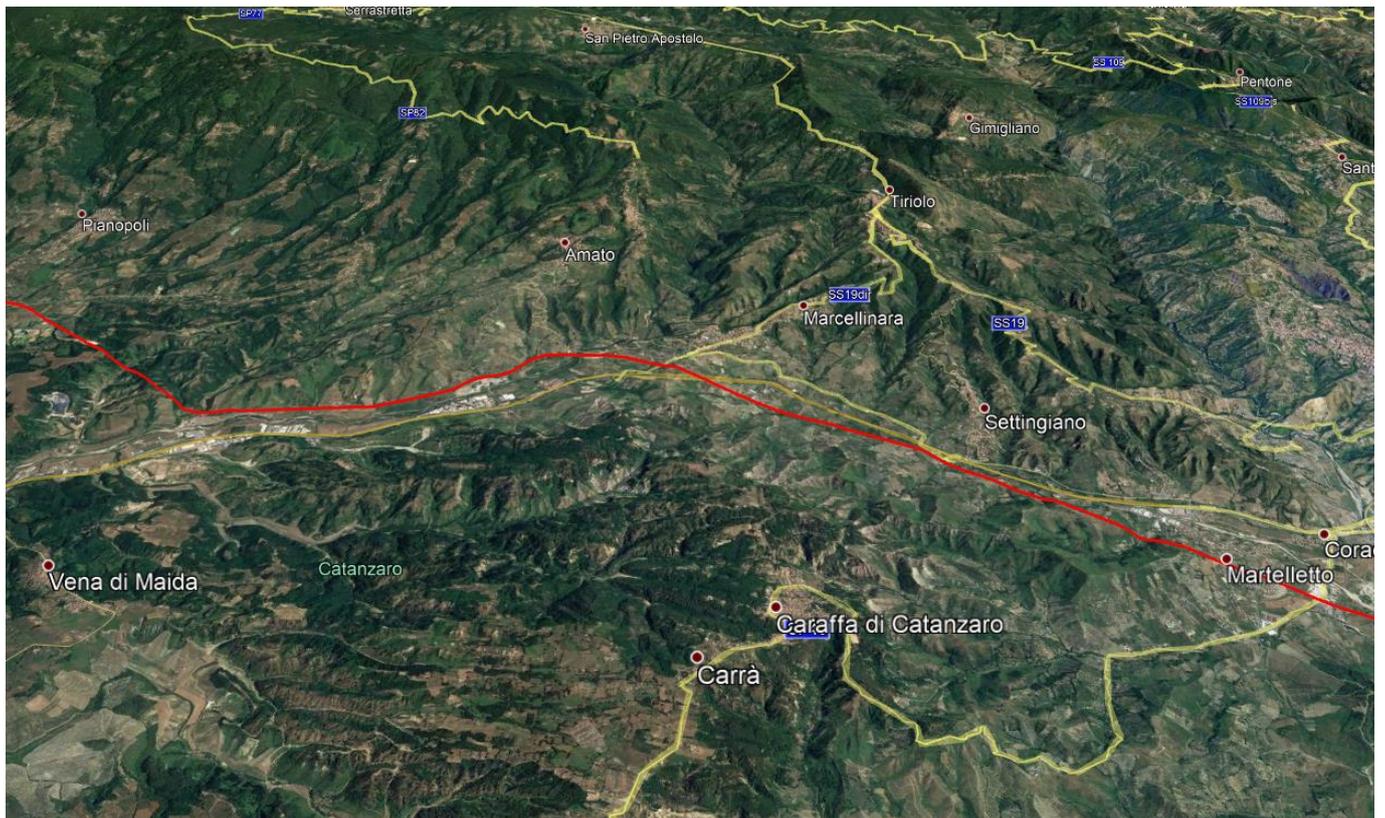


Figura 5-2 - Vista aerea tridimensionale delle propaggini meridionali del massiccio silano, ove corre la linea Lamezia-Catanzaro (in rosso) (Google Earth).

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.

I principali corpi idrici che attraversano l'area di interesse sono:

- Tra le stazioni di Simeri e Catanzaro Lido, la linea Ionica interseca i seguenti corpi idrici: il Fiume Simeri, il Fosso di Fegato, il Fiume Alli, il Torrente Castaci (rischio idraulico da R2 a R4), il Vallone Triolello, il Fosso la Russa, il Torrente Fiumarella di Catanzaro (rischio idraulico R4) e 2 corsi d'acqua della cui toponomastica non si hanno informazioni.
- Tra le stazioni di Catanzaro Lido e Catanzaro, la linea interseca i seguenti corpi idrici: la Fiumarella di Borgia, il Fosso Varrea, 5 affluenti del Fiume Corace; quest'ultimo risulta l'elemento idrografico di maggiore importanza dell'area, esso scorre sub-parallelamente alla linea ferroviaria.

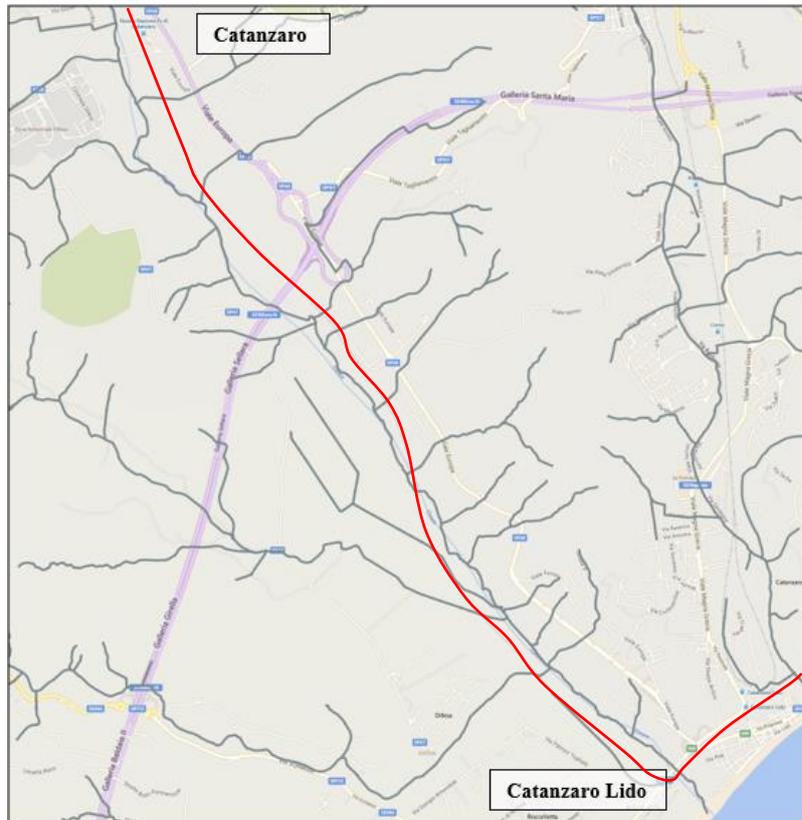


Figura 6-1 – Idrografia tratta Catanzaro Lido – Catanzaro (in rosso la linea ferroviaria).

- Tra le stazioni di Catanzaro e Settingiano, la linea interseca i seguenti corpi idrici: i Fiumi Corace e Fallaco (con i relativi affluenti), il Torrente Galato ed il Vallo del Convento.

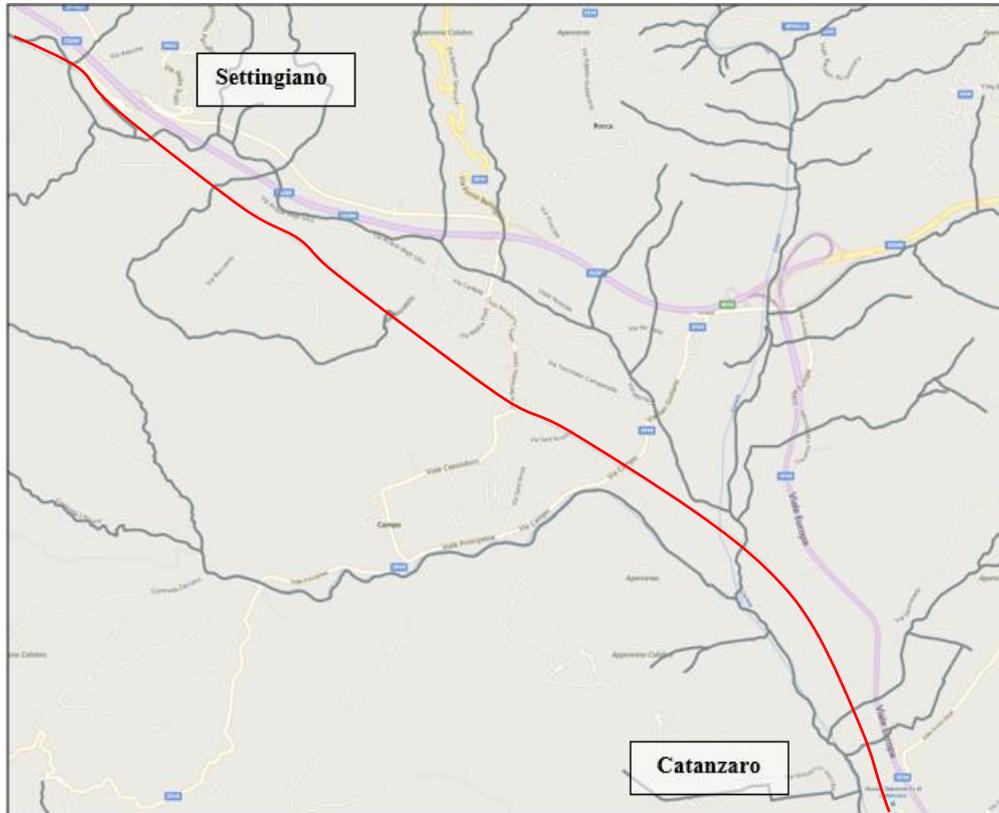


Figura 6-2 – Idrografia tra Catanzaro e Settingiano (in rosso la linea ferroviaria).

- Tra le stazioni di Settingiano e Marcellinara, la linea Jonica interseca i seguenti corpi idrici: il Vallone Vurga ed il Fiume Amato e i Fossi Riato e Dorsano.

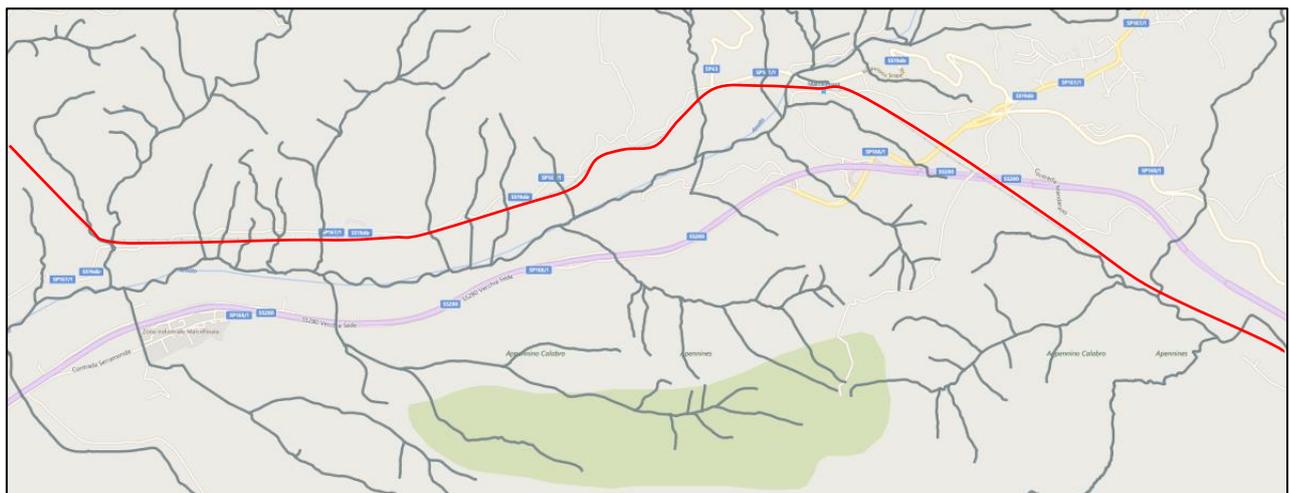


Figura 6-3 – Idrografia tra Settingiano e Quote Barile(in rosso la linea ferroviaria).

- Tra le stazioni di Marcellinara e Feroletto, la linea Jonica interseca i seguenti corpi idrici: il Fiume Amato, il quale scorre parallelo alla linea ferroviaria e origina delle zone a rischio idraulico di classe R2-R4, il Fosso Sughero Cupo, il Torrente Cancellò, il Torrente Drema, i Fossi Ippolito e Pigna e 11 corsi d'acqua della cui toponomastica non si hanno informazioni.
- Tra le stazioni di Feroletto e Nicastro, la linea Jonica interseca i seguenti corpi idrici: il Fiume Badia, i Fossi Mario e Cardolo ed il Canale Canne.

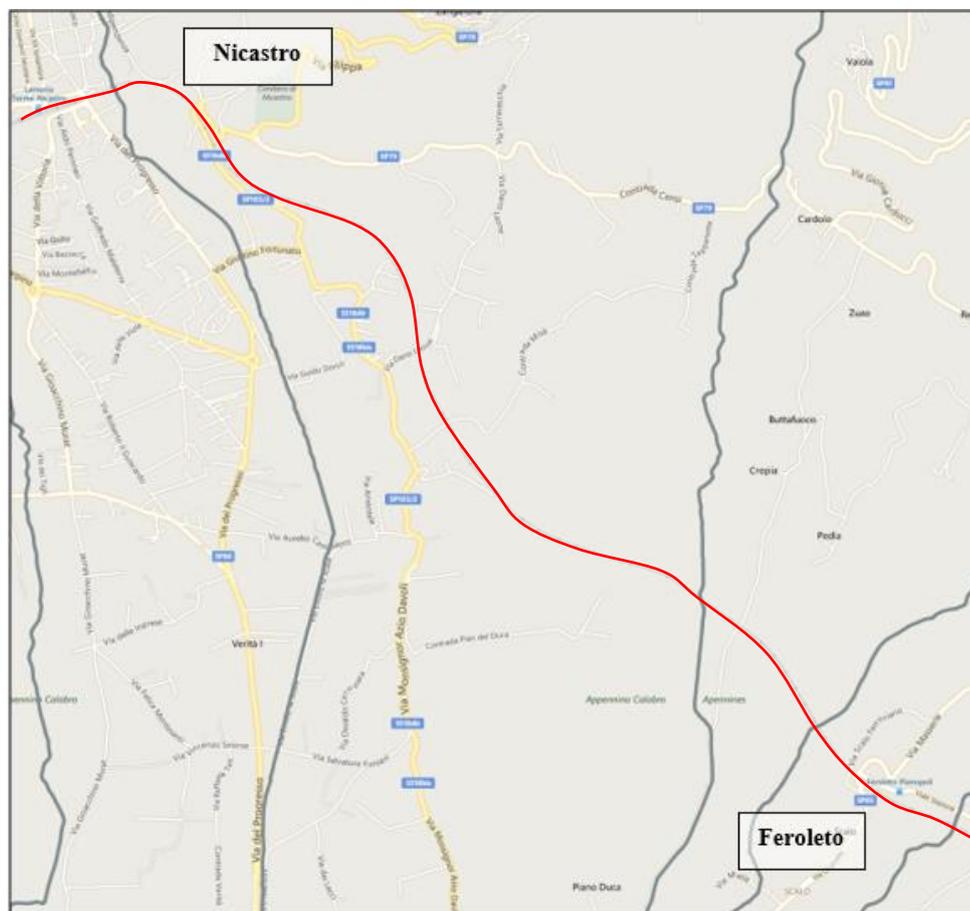


Figura 6-4 - Idrografia tra Feroletto e Nicastro(in rosso la linea ferroviaria).

- Tra le stazioni di Nicastro e Lamezia Terme, la linea Jonica interseca i seguenti corpi idrici: i Torrenti Piazza e Cantagalli, il Fosso Zippello.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 34 di 131

7 INQUADRAMENTO IDROGOEOLOGICO

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 Lauropoli e le Ghiaie di Altomonte, comprese nella parte regressiva del ciclo sedimentario sopra-pleiocenico-calabrianico. 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)

e di diversa età, con differenti caratteristiche idrogeologiche. Rispetto a questi terreni, i depositi alluvionali ed i termini sabbioso-conglomeratici infrapleistocenici (Figura 7-2) rivestono maggiore interesse idrogeologico.

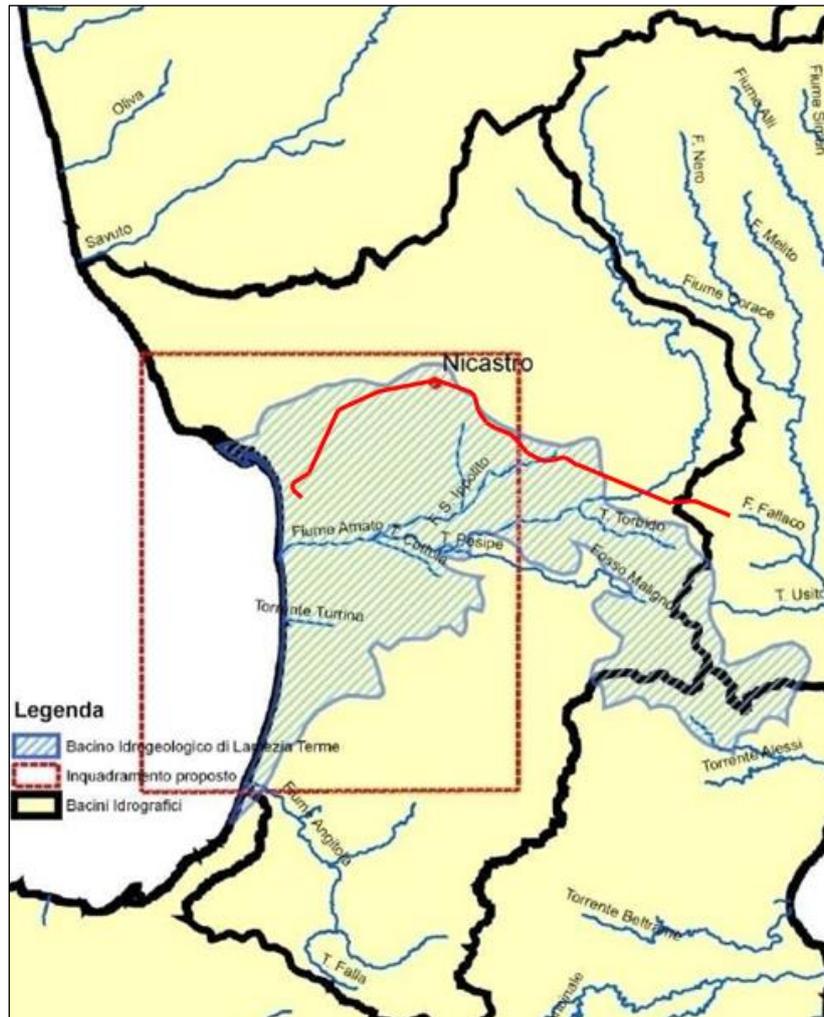


Figura 7-1 – Bacino idrogeologico e complessi acquiferi nell’area di Lamezia Terme. In rosso la linea oggetto di studio – Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria, Allegato G-Caratterizzazione idrogeologica

L’insieme dei depositi alluvionali della pianura, dei fondi valle dei corsi d’acqua e dei terrazzi pedemontani, unitamente alle sabbie dunari presenti lungo la costa, costituisce un acquifero superficiale di spessore variabile dai 20 - 30 m lungo le valli ai 50 - 100 m in corrispondenza della pianura ed in prossimità del litorale. L’articolazione della superficie piezometrica mette in evidenza un deflusso della falda convergente verso la costa, con valori del gradiente idraulico relativamente elevati lungo la valle del Fiume Amato (1,5% - 0,6%) e decisamente più bassi nell’area pianeggiante (0,4 - 0,2%).

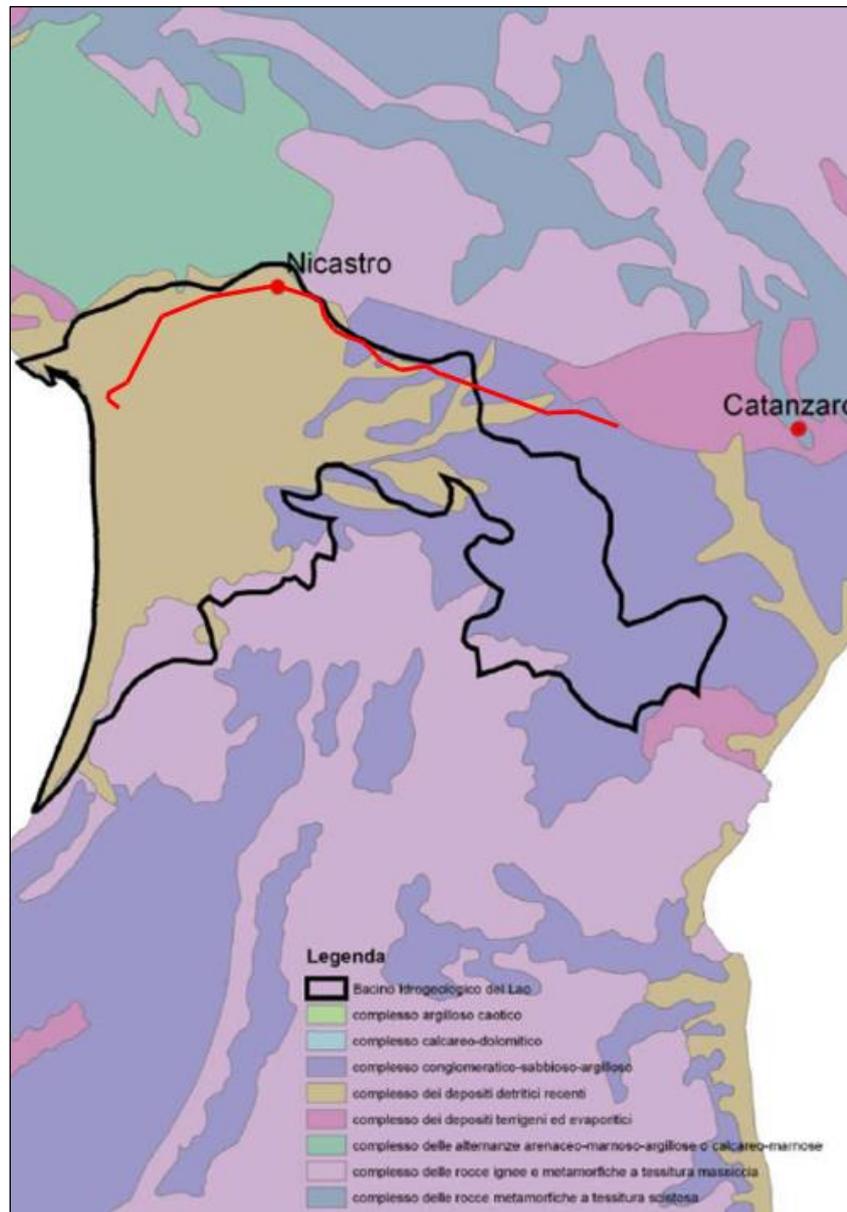


Figura 7-2 – Complessi idrogeologici dell’area di interesse - Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria, Allegato G-Caratterizzazione idrogeologica

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 dalle prove di permeabilità 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.

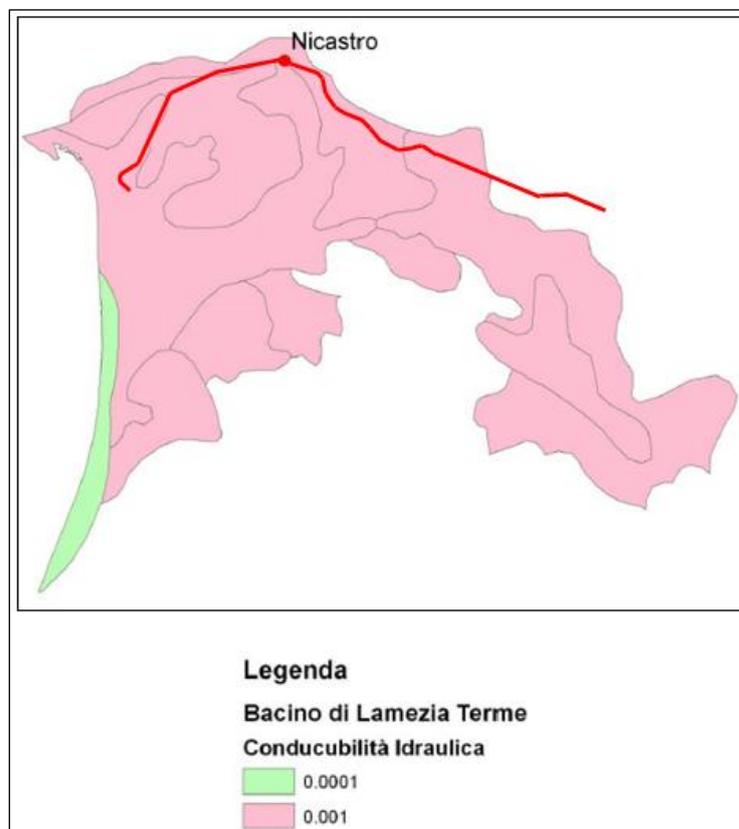


Figura 7-3 – Mappa della conducibilità idraulica per il Bacino di Lamezia Terme – Piano di Tutela delle Acque della Regione Calabria, Allegato G-Caratterizzazione idrogeologica

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).

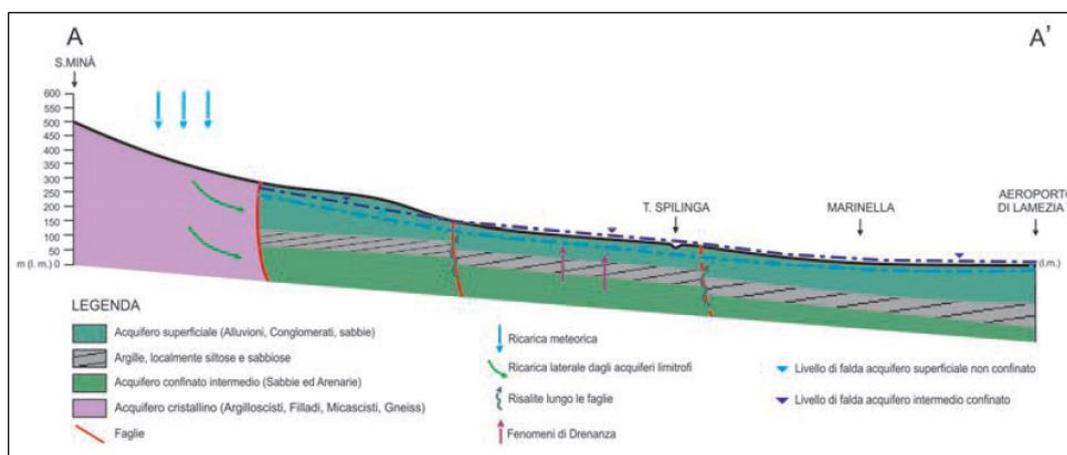


Figura 7-4 – Modello idrogeologico concettuale della piana di Sant'Eufemia – E. Cuiuli, 2013 - Considerazioni sull'assetto idrogeologico della piana di S. Eufemia Lamezia attraverso lo sviluppo della carta del tetto dell'acquifero confinato intermedio (Calabria Centrale).

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 (7.1.5) riporta le letture piezometriche ottenute durante la campagna indagini.

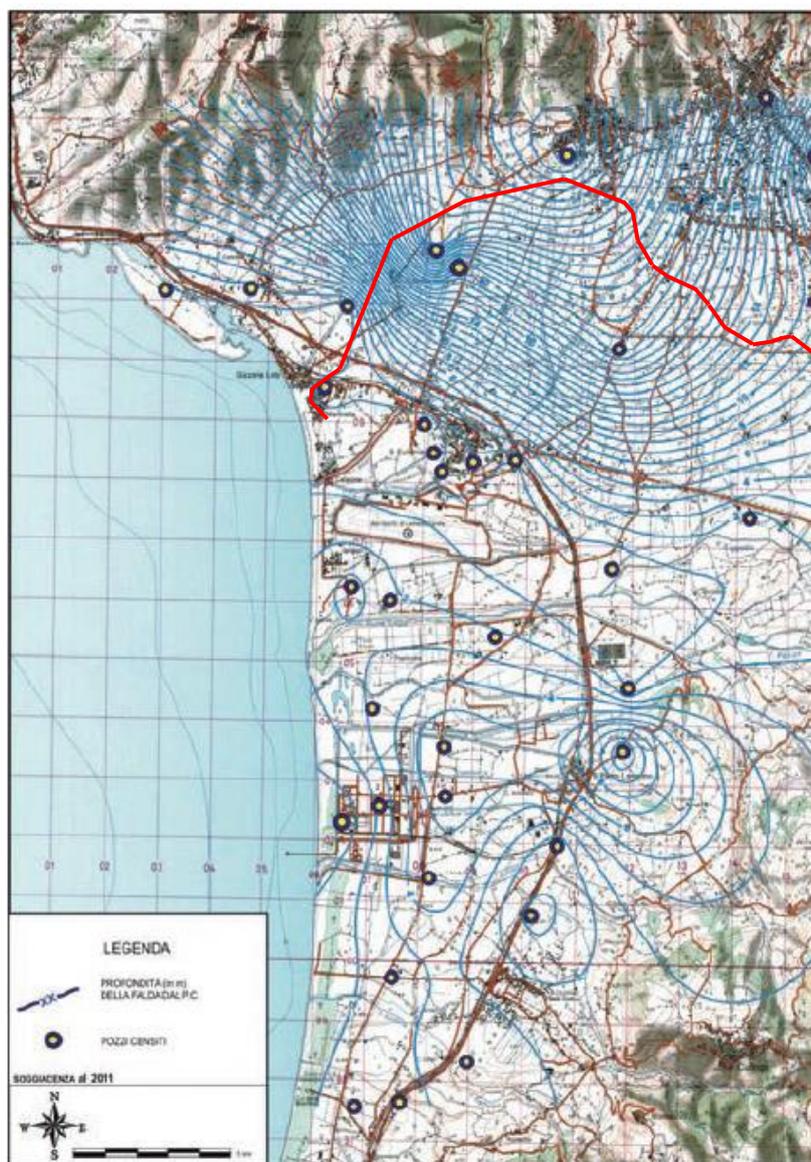


Figura 7-5 – Carta della Soggiacenza della falda superficiale della Piana di S. Eufemia Lamezia e pozzi censiti (E. Cuiuli, 2013 - La carta della vulnerabilità intrinseca dell'acquifero superficiale della Piana di S. Eufemia Lamezia (Calabria)). In rosso parte del tracciato della linea oggetto di studio.

7.1.5 Dati piezometrici dell'area di studio

Nell'ambito del PD per l'Elettrificazione della tratta Lamezia Terme-Catanzaro sono stati eseguiti n. 13 sondaggi a carotaggio continuo, dei quali 8 attrezzati, a fine perforazione, con piezometri a tubo aperto e cella di Casagrande. In Tabella 7-1 vengono riportati i valori di soggiacenza rilevati in 4 dei 5 piezometri disponibili.

Nella medesima tabella vengono, inoltre, riportati i valori di soggiacenza registrati in corso di perforazione nei sondaggi eseguiti per il progetto definitivo di potenziamento tecnologico della medesima tratta. L'ubicazione di tali sondaggi viene riportata negli elaborati grafici allegati realizzati a supporto del presente studio (RC0T01D69GE0001001A, RC0T01D69GE0002001A).

Tabella 7-1 – Valori di soggiacenza rilevati nei piezometri installati per il presente progetto e per il progetto di potenziamento tecnologico della linea.

Sondaggio	Livello di falda (m da p.c.)
S26	5.8
S29	4.4
S30	5.5
S32	5.0
S33	4.06
S34	9.5
S35	4.4
S36	5.5
S37	5.5
S38	7.0
S50	10.6
S51	8.6

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RCOW	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 44 di 131

8 INDAGINI

8.1 PREMESSA

Le indagini eseguite in questa fase progettuale a supporto del presente studio geologico comprendono:

- n. 18 sondaggi a carotaggio continuo spinti sino a profondità comprese tra i 10 e i 30 m da p.c., con associate prove di permeabilità a carico variabile tipo Lefranc e prove SPT. Questi, inoltre, sono attrezzati con piezometro a tubo aperto e di Casagrande;
- n. 7 prove geofisiche di tipo MASW e HVSR per la definizione dell'azione sismica di progetto.
- N.1 prova geofisica down-hole.

In Tabella 8-1 si riporta identificativo, profondità, data di esecuzione, quota e coordinate UTM Zone 33 S dei sondaggi eseguiti nei mesi di giugno e luglio 2019 a supporto del presente lavoro. In Tabella 8-2–Sondaggi eseguiti per l'approfondimento delle gallerie (Italferr 2020).

SONDAGGI						
ID	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 S		ATTREZZATURA
				E	N	
S1	30.00	07-14/02/2020	135,80	2637129,971	4311894,936	-
S2	30.00	31/01- 06/02/2020	122.49	2638174.261	4310911.182	Tubi per down-hole
S3	30.00	28-31/01/2020	132,00		4310702.92	-
S4	30.00	13-17/02/2020	115,18	2641968,924	4308544,698	-
S5	30.00	29/01/2020	202,00		4308492,69	-

Tabella 8-3 riporta la posizione delle prove geofisiche realizzate.

La Tabella 8-4 riporta i risultati delle prove SPT eseguite durante la perforazione dei sondaggi, mentre in

Tabella 8-5 è stata riportata la profondità dell'intervallo di prova ed i valori della conducibilità idraulica ottenuti dalle prove di permeabilità tipo Lefranc eseguite in foro di sondaggio.

Tabella 8-1–Sondaggi eseguiti per il progetto definitivo dell'eletttrificazione del Lotto 01 (Italferr 2019).

SONDAGGI						
ID	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 S		ATTREZZATURA
				E	N	
S26	30.00	17-18/07/2019	6.02	2660086.18	4298321.22	Piezometro a tubo aperto
S29	30.00	19-20/07/2019	110.69	2651012.62	4307117.98	Piezometro di Casagrande

SONDAGGI						
S30	30.00	19-20/07/2019	148.09	2647163.87	4309309.31	Piezometro di Casagrande
S32	30.00	23-24/07/2019	186	2634286.76	4313942.01	Piezometro a tubo aperto
S33	10.00	25/07/2019	75.54	2129862.56	4335350.40	-
S34	10.00	18/07/2019	159.84	2133036.93	4338173.01	-
S35	20.00	18/07/2019	126.49	2136630.71	4337380.55	Piezometro a tubo aperto
S36	10.00	23/07/2019	106.20	2138872.00	4335824.92	-
S37	20.00	27-29/07/2019	126.30	2146356.14	4334335.99	Piezometro a tubo aperto
S38	10.00	30/07/2019	115.90	2151206.57	4333241.40	-
S50	30.00	22-23/07/2019	91.18	2642674.94	4308252.73	Tubi per down-hole
S51	30.00	22-23/07/2019	92.26	2642784.02	4308235.19	Piezometro a tubo aperto

Tabella 8-2–Sondaggi eseguiti per l'approfondimento delle gallerie (Italferr 2020).

SONDAGGI						
ID	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 S		ATTREZZATURA
				E	N	
S1	30.00	07-14/02/2020	135,80	2637129,971	4311894,936	-
S2	30.00	31/01- 06/02/2020	122.49	2638174.261	4310911.182	Tubi per down-hole
S3	30.00	28-31/01/2020	132,00		4310702.92	-
S4	30.00	13-17/02/2020	115,18	2641968,924	4308544,698	-
S5	30.00	29/01/2020	202,00		4308492,69	-

Tabella 8-3 – MASW eseguite per il progetto definitivo dei fabbricati tecnologici (Italferr 2019).

PROVE GEOFISICHE							
ID	PROFONDITA' (m dal p.c.)	DATA ESECUZIONE	Quota (m s.l.m.)	Coordinate UTM Zone 33 S		V _{seq} (m/s)	Categoria suolo (NTC 2018)
				E	N		
MASW 25	30	Luglio 2019	5	640034.71	4298313.82	259	C
MASW 26	30	Luglio 2019	38	635668.42	4302951.60	235	C
MASW 27	30	Luglio 2019	110	631009.30	4307109.65	354	C
MASW 28	30	Luglio 2019	150	627236.49	4309280.57	359	C
MASW 29	30	Luglio 2019	102	619656.19	4310588.13	446	B
MASW 30	30	Luglio 2019	185	614268.45	4313938.97	337	C
MASW 40	30	Luglio 2019				349	C

Tabella 8-4 – Valori di N_{spt} risultanti da prove SPT

Profondità	S26	S29	S30	S32	S33	S34	S35	S36	S37	S50	S51	S1	S2	S3	S4	S5
1,5	3	R	4	8	-	-	-	-	-	20	9	-	-	-	-	-
2,5	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
3,0	-	-	-	-	-	-	52	-	11	-	-	48	R	40	4	35
3,5	-	-	18	-	-	52	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-
4,5	29	R	-	42	-	-	-	-	-	21	-	-	-	-	-	-
5,2	-	-	-	-	58	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
5,6	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	20	-	-	-	-	-
6,0	-	-	-	-	-	-	52	-	-	-	-	37	25	23	28	34
7,5	55	R	R	-	-	R	-	23	26	14	-	-	-	-	-	-
8,0	-	-	-	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
9,0	-	-	-	-	-	63	25	-	-	-	-	62	25	57	84	60
9,5	-	-	-	23	-	-	-	37	-	-	-	-	-	-	-	-
9,0	-	-	-	-	-	-	-	-	50	-	-	-	-	-	-	-
10,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-	-
10,5	R	R	76	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
12,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	31	25	84	56
13,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	30	41	-	-	-	-	-
13,5	83	-	R	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
15,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	44	35	40	R	46
16,6	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17,0	-	-	-	13	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
17,5	-	-	89	-	-	-	-	-	-	-	31	-	-	-	-	-
18,0	30	-	-	-	-	-	-	-	-	26	-	37	-	-	R	55
19,5	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	31	41	-	-
21,6	-	-	-	29	-	-	-	-	-	21	-	38	34	-	R	58
22,0	24	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	46	-	-
22,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	18	-	-	-	-	-
24,6	-	-	-	14	-	-	-	-	-	-	-	41	-	-	R	63
25,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	32	-	-	28	41	-	-
26,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	67
27,0	41	-	-	21	-	-	-	-	-	-	-	33	30	47	R	-
29,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	38	34	-	-	-
30,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	53	R	70

Tabella 8-5 – Valori di K (m/s) calcolati tramite prove Lefranc eseguite in foro di sondaggio.

ID	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
S26	7-8	4.723E-6

ID	Profondità prova (m da p.c.)	K (m/s)
S29	4-5	9.408E-7
S30	6-7	6.559E-5
S32	7-8	5.590E-5
S50	5-6	7,189E-06
S51	5-6	2,425E-06
S2	9-10.5	9,33E-06
S1	18-19.5	2,29E-06
S3	19.5-21	2,65E-06
S3	19.5-21	7,95E-06

 ITALFERR <small>GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE</small>	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 48 di 131

9 MODELLO GEOLOGICO DI DETTAGLIO DELLE AREE DI STUDIO

In questo paragrafo, per ciascuna area di approfondimento verranno descritti i principali caratteri geologici, idrogeologici e geomorfologici di dettaglio a livello locale. A supporto del presente studio sono stati inoltre redatti stralci cartografici in scala 1:2.000 con relativi profili stratigrafici locali (elaborati grafici RC0T01D69FZGE0001001A, RC0T01D69FZGE0001005A e RC0T01D69FZGE0001006A).

9.1 CATANZARO LIDO

L'area in esame rientra nel Foglio 242 "Catanzaro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-1). In questo settore affiorano depositi ciottolosi e sabbiosi dei letti fluviali (Olocene), materiale alluvionale e derivante da soliflusione e dilavamento (Olocene) e depositi conglomeratici e sabbiosi terrazzati di ambiente marino (Pleistocene). La cartografia geologica del Geoportale Nazionale rileva la presenza, nell'area di progetto, di Sabbie e conglomerati pleistocenici (R7), al limite con depositi alluvionali, detritici, lacustri e marini attuali (R1).

L'area oggetto di studio risulta localizzata tra il Fiume Corace, a ovest, ed il Torrente Fiumarella, ad est.

Dal punto di vista geomorfologico l'area si trova lungo la costa ionica, ed in particolare in corrispondenza della confluenza dei conoidi del Fiume Corace e del torrente Fiumarella. I rilievi costieri sono localizzati a nord dell'area di progetto e piuttosto prossimi ad essa, anche se ad una distanza tale da non interferire con quest'ultima. La morfologia dell'area risulta dunque fondamentalmente pianeggiante.

Nell'area di Catanzaro Lido è stato eseguito il sondaggio S26, che consente di osservare, escludendo i primi 0.7 metri di materiale dal p.c., costituiti dalla pavimentazione e dal sottofondo stradale, la seguente stratigrafia:

- Da 0.7 m dal p.c. a 2.1 m dal p.c. si trova sabbia debolmente limosa a granulometria da fine a media, da sciolta a poco addensata;
- Da 2.1 m dal p.c. a 4.9 m dal p.c. si osservano limi sabbiosi e/o argillosi; sono immersi nella massa siltosa frequenti inclusi di natura calcareo-marnosa e calcarenitica;
- Da 4.9 m dal p.c. a 15.9 m dal p.c. sono presenti ciottoli e ghiaia poligenica, immersi in abbondante matrice sabbioso-limosa;
- Da 15.9 m dal p.c. a fondo foro si trova sabbia da limosa a debolmente limosa. Sono frequenti i passaggi ad abbondante componente sabbiosa caratterizzati da un maggiore grado di addensamento.

La falda è stata incontrata a quasi 6.0 metri circa di profondità dal piano campagna; è stata eseguita una prova di permeabilità Lefranc a 6.0 m da p.c. in materiale sabbioso-limoso che ha restituito un valore di K di 4.72E-06 m/s.



Figura 9-1 – Stralcio (non in scala) del foglio 242 “Catanzaro”.



Figura 9-2 – Stralcio della cartografia geologica del Geoportale Nazionale. In rosso l’area di studio.

9.2 CATANZARO

L'area in esame rientra nel Foglio 242 "Catanzaro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-3). Nell'area di studio affiorano depositi alluvionali del fondovalle del Fiume Corace (a), mentre nelle aree di versante limitrofe affiorano Argille azzurre plioceniche, sabbie e conglomerati intercalati alle argille (P2a). La cartografia geologica del Geoportale Nazionale (Figura 9-4) rileva la presenza, nell'area di progetto, di depositi alluvionali, detritici, lacustri e marini attuali (R1), mentre i versanti circostanti sono composti da argille plio-pleistoceniche (R12).

Dal punto di vista geomorfologico l'area è impostata presso il fondovalle alluvionale del fiume Corace, poco a monte della confluenza con il torrente Usito; la valle risulta circondata da blandi rilievi costituiti prevalentemente da materiale argilloso, i cui versanti si trovano a distanze di circa 500 – 700 m dall'area di progetto. Quest'ultima dunque si trova in un contesto sostanzialmente pianeggiante, ad una distanza dal fiume Corace di circa 180 m.

Nell'area non sono disponibili stratigrafie di sondaggi; dai risultati della prova MASW 26 eseguita nell'area è possibile dedurre che il passaggio tra i depositi alluvionali e le sottostanti argille plioceniche potrebbe essere tra i 18 ed i 20 m da p.c..

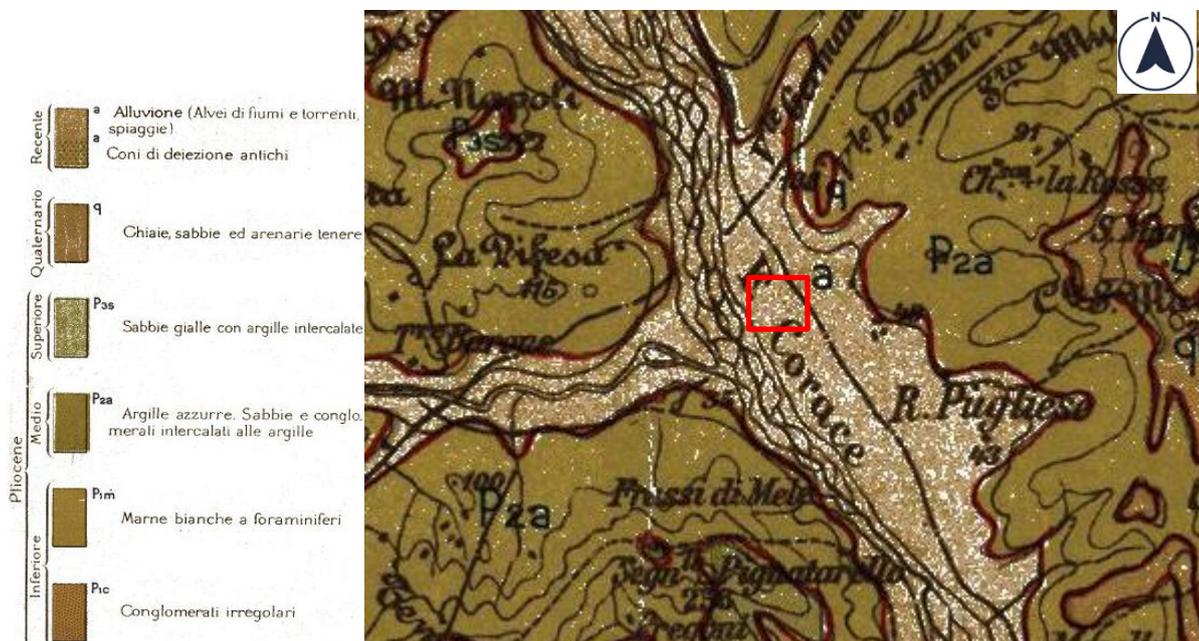


Figura 9-3 – Stralcio (non in scala) del foglio 242 "Catanzaro".



Figura 9-4 - Stralcio della cartografia geologica del Geoportale Nazionale. In rosso l'area di studio.

9.3 SETTINGIANO

L'area in esame rientra nel Foglio 242 "Catanzaro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000 (Figura 9-5). Secondo tale carta l'area risulta localizzata sul versante di Settingiano, dominato dalla formazione gessoso-solfifera, mentre, più a monte sono presenti materiali conglomeratici miocenici. Anche la cartografia geologica del Geoportale nazionale (Figura 9-6) individua, presso l'area di studio, materiali ascrivibili alla Formazione Gessoso-solfifera (R19).

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.

Il profilo stratigrafico dell'area di progetto Settingiano viene descritto sulla base del sondaggio S29. La stratigrafia osservata viene sinteticamente riportata di seguito:

- Dal piano campagna a 0.8 m dallo stesso è presente terreno vegetale costituito da materiale granulare;
- Da 0.8 m dal p.c. a 3.9 m dal p.c. si trova ghiaia e sabbia da media a fine in matrice limosa, generalmente addensata;
- Da 3.9 m dal p.c. a fondo foro si osserva un'alternanza di argille limoso-marnose, da molto consistenti a dure, con intercalazioni di livelli da pluricentimetrici a decimetrici di arenarie grossolane, siltiti e

microconglomerati, con clasti di arenarie e rocce cristallino-metamorfiche. 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.

La soggiacenza della falda è di circa 4.5 metri; è stata eseguita una prova di permeabilità Lefranc a 5.0 m da p.c. in materiale argilloso che ha restituito un valore di K di 9.40E-07 m/s.

Circa 500 m più a nord, in direzione Marcellinara, è stato realizzato anche il sondaggio S38, la cui stratigrafia in particolare individua, al di sotto di 0.5 m di terreno vegetale:

- Dal piano campagna a 5.3 m sabbia eterometrica con ghiaia; tale materiale, viene associato ai depositi alluvionali dell'adiacente Fiume Fallaco.
- Da 5.3 a 7.7 m da p.c. ghiaia con sabbia grossa debolmente limosa, molto umida, di colore grigio scuro. La frazione ghiaiosa si presenta medio-fine, policroma, subarrotondata, addensata, prevalentemente di origine metamorfica. 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, che aumentano in frequenza con l'aumentare della profondità. Tali materiali possono essere ascritti al membro intermedio della formazione gessoso solfifera (argille grigio azzurre).

Durante la perforazione la falda è stata rinvenuta a 4.65 m da p.c. È stata eseguita una prova di permeabilità di tipo Lefranc a 7 m da p.c., all'interno di materiale ghiaioso-sabbioso, la quale ha restituito un valore di k di 7,06E-05 m/s

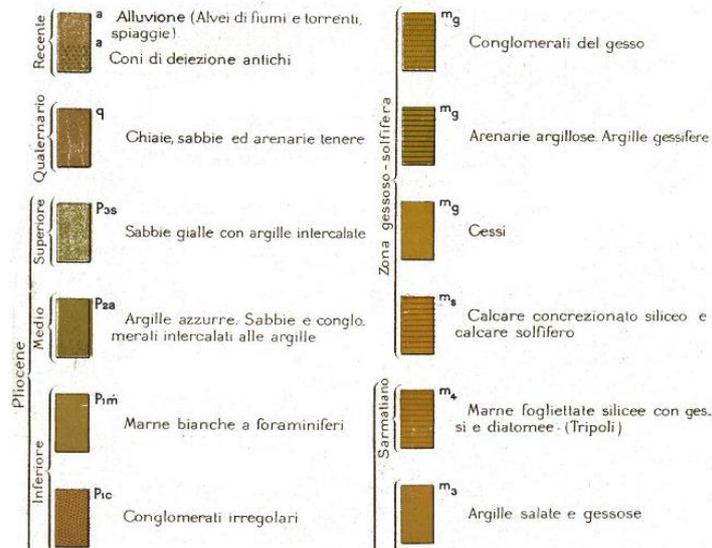


Figura 9-5 – Stralcio (non in scala) del foglio 242 “Catanzaro”.

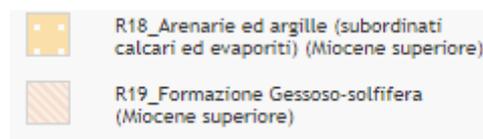


Figura 9-6 – Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l’area di studio.

9.4 MARCELLINARA

L’area in esame rientra nel Foglio 242 “Catanzaro” della Carta Geologica d’Italia, scala 1: 100.000. Nel settore di interesse affiorano argille grigio-azzurre con intercalazioni sabbiose e siltiti, esse sono ascrivibili alle Argille di Cutro (Piacenziano-Calabriano); argilliti e/o siltiti con lenti di gesso microcristallino appartenenti alla formazione gessoso-solfifera (Miocene Medio-Superiore); gessi macrocristallini (Miocene Superiore) e conglomerati poligenici in matrice sabbiosa grossolana poco consolidati (Miocene Superiore – Pliocene Inferiore). La cartografia geologica del Geoportale Nazionale rileva la presenza, nell’area di progetto, di Arenarie ed argille (subordinati calcari ed evaporiti) del Miocene superiore (R18) e della Formazione Gessoso-Solfifera (R19).

Sono presenti, inoltre, materiali alluvionali e derivanti da solifluzione e dilavamento (Olocene) e detriti di frana (Olocene). L’area di studio è lambita dal Fiume Amato.

Nell’area di Marcellinara è stato eseguito il sondaggio S30, che consente di osservare, escludendo i primi 0.3 metri di materiale dal p.c., costituiti dal sottofondo stradale, la seguente stratigrafia:

- Da 0.3 m dal p.c. a 1.2 m dal p.c. si trova materiale detritico, costituito da clasti di gessoareniti, sciolto, eterometrico e con intercalati sottili livelli argilloso-siltosi;

- Da 1.2 m dal p.c. a 4.5 m dal p.c. si trovano limi sabbiosi, con frequenti inclusi eterometrici di natura cristallina immersi all'interno della massa siltosa;
- Da 4.5 m dal p.c. a 8.1 m dal p.c. si osservano sabbie e/o arenarie grossolane con passaggi da pluricentimetrici a decimetrici ciottolosi da calcarenitici a calciruditi a stratificazione indistinta;
- Da 8.1 m dal p.c. a 8.7 m dal p.c. si trova limo argilloso debolmente sabbioso;
- Da 8.7 m dal p.c. a fondo foro si trovano argille limoso-marnose, da molto consistenti a dure, con intercalazioni di livelli da pluricentimetrici a decimetrici arenarie, siltiti e microconglomerati. Le argilliti si presentano con un aspetto caotico e/o torbiditico. I passaggi litoidi sono generalmente da poco a molto fratturati, in parte a causa di discontinuità strutturali, in parte dal detensionamento indotto dal carotaggio stesso.

La falda è stata rinvenuta a circa 5.5 metri di profondità dal piano campagna; è stata eseguita una prova di permeabilità Lefranc a 6.0 m da p.c. in materiale limoso-sabbioso che ha restituito un valore di K di $6.55E-05$ m/s.



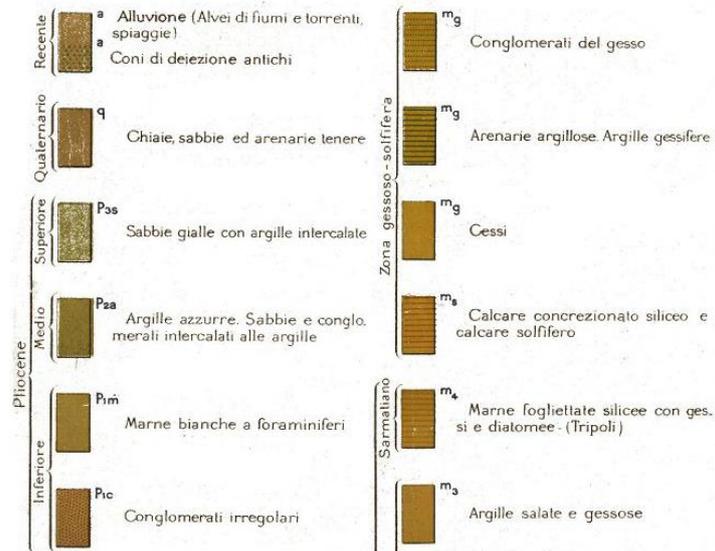


Figura 9-7 – Stralcio (non in scala) del foglio 242 “Catanzaro”.

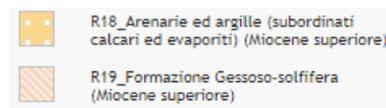
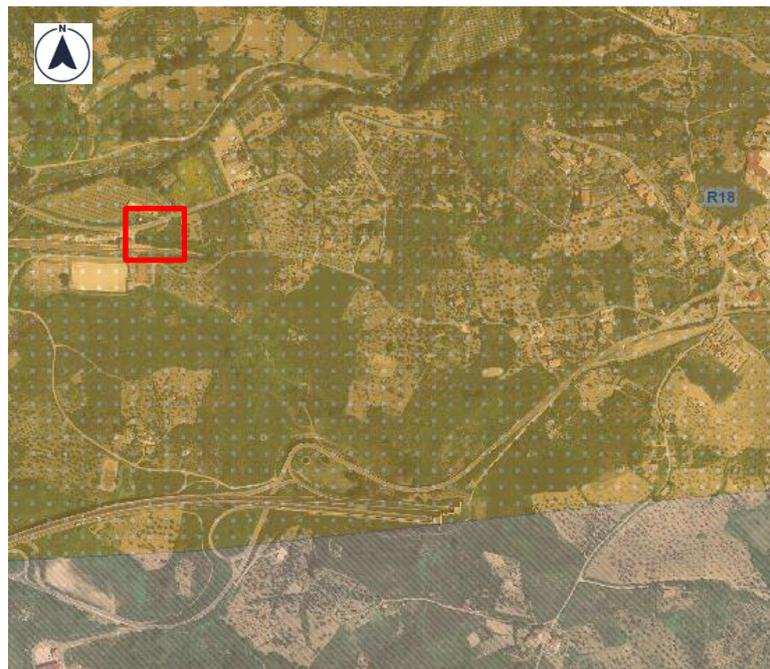


Figura 9-8 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l'area di studio.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 57 di 131

9.5 MARCELLINARA – LOCALITÀ MASSARO

L'area in esame ricade nel foglio 241 "Nicastro" Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-11). L'area di studio ricade a cavallo tra argille grigio-azzurre con intercalazioni sabbiose e siltiti, ascrivibili alle Argille di Cutro (Piacenziano-Calabriano), e depositi marini terrazzati pleistocenici. In prossimità dell'area sono inoltre presenti depositi alluvionali attuali relativi al Fiume Amato. La cartografia geologica del Geoportale Nazionale (Figura 9-12) rileva la presenza, nell'area di progetto, di Argille plio-pleistoceniche (R12).

Dal punto di vista geomorfologico l'area di interesse risulta localizzata presso il fondovalle del Fiume Amato, area circondata da versanti di modesta elevazione ma caratterizzati da numerosi fenomeni gravitativi attivi e quiescenti. Essa si colloca in sponda idrografica destra del fiume.

Nell'area di Massaro è stato eseguito il sondaggio S37, che consente di osservare, escludendo i primi 0.3 metri di materiale dal p.c., costituiti dal sottofondo stradale, la seguente stratigrafia:

- Da 0.3 m dal p.c. a 1.2 m dal p.c. limo sabbioso marrone giallastro, consistente, debolmente umido, di colore marrone.
- Da 1.2 m dal p.c. a 8.0 m dal p.c., argilla debolmente sabbiosa, fine, molto consistente, con inclusi alterati centimetrici, umida;
- Da 8.0 a 9.5 m da p.c., Limo argilloso debolmente sabbiosa, molto consistente, fine, umida, stratificata, con intercalazioni di livelli di sabbia (8,5 m-8,7 m) (8,8m - 8,9m), saturi, di colore beige.
- Da 9.5 a 11.7 m da p.c. ghiaia eterometrica, poligenica (prevalentemente di origine metamorfica), subarrotondata, da addensata a molto addensata, con sabbia grossolana, satura, di colore grigio nerastro.
- Da 11.7 a 20.0 m da p.c., argilla limosa, di colore grigio verdastro, da molto consistente a dura, debolmente umida. Presenti tra 13 e 14 m intercalazioni millimetriche sabbiose fini.

La falda è stata rinvenuta a circa 5.5 metri di profondità dal piano campagna; è stata eseguita una prova di permeabilità Lefranc a 6.0 m da p.c. in materiale limoso-sabbioso che ha restituito un valore di K di 6.55E-05 m/s.



Figura 9-9 -Stralcio (non in scala) della Carta geologica d'Italia in scala 1:100.000, Foglio 241 Nicastro. In rosso l'area di progetto.



Figura 9-10 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l'area di studio.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 59 di 131

9.6 LOCALITÀ QUOTE BARILE

L'area in esame rientra nel Foglio 241 "Nicastro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-11). Sulla base di tale cartografia l'area di progetto ricadrebbe in un'area di transizione tra le alluvioni (a, alvei di torrenti e laghi) e marne e argille azzurre (p2a). Data la scala della cartografia risulta difficoltoso localizzare con precisione l'area di progetto; analizzando la cartografia geologica resa disponibile dal Geoportale Nazionale (Figura 9-12) si evidenzia come l'area ricadrebbe in questo caso su Sabbie e conglomerati pleistocenici (R11).

Dal punto di vista geomorfologico l'area si trova sul fondovalle del Fiume Amato, al piede del versante nord che delimita la valle, ed in prossimità della confluenza delle due vallecole formate dai due rami del torrente Cannello.

Per quanto concerne la stratigrafia del sondaggio S50, eseguito per il presente progetto, è possibile osservare:

- Da p.c. a 6.5 m, 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. Si associa tale materiale alle sabbie e conglomerati pleistocenici.
- Da 6.5 a 9.3 m da p.c. limo argilloso, a tratti debolmente sabbioso giallastro con screziature brunastre negli orizzonti sommitali, a struttura eterogenea.
- Da 9.3 m a 11.0 m da p.c. 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. Anche in questo caso si associa tale materiale alle sabbie e conglomerati pleistocenici.
- Da 11.0 a 30.0 m da p.c. alternanza di argille limoso-marnose di colore variabile dal verdolino al verdastro fino al grigio verde scuro, da molto consistenti a dure, con intercalazioni di livelli da pluricentrici 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. Si ritiene che tale materiale sia parte delle marne e argille azzurre plioceniche.

Durante la perforazione la falda è stata rinvenuta a 5.5 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.

Il sondaggio S51, eseguito in prossimità del precedente

- Da p.c. a 13.6 Alternanza di argille limoso-marnose di colore variabile dal verdolino al verdastro fino al grigio verde scuro, da molto consistenti a dure, con intercalazioni di livelli da pluricentrici 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; 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 di colore variabile dal verdolino al verdastro fino al grigio verde scuro, da molto consistenti a dure, 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. 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 5.5 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.

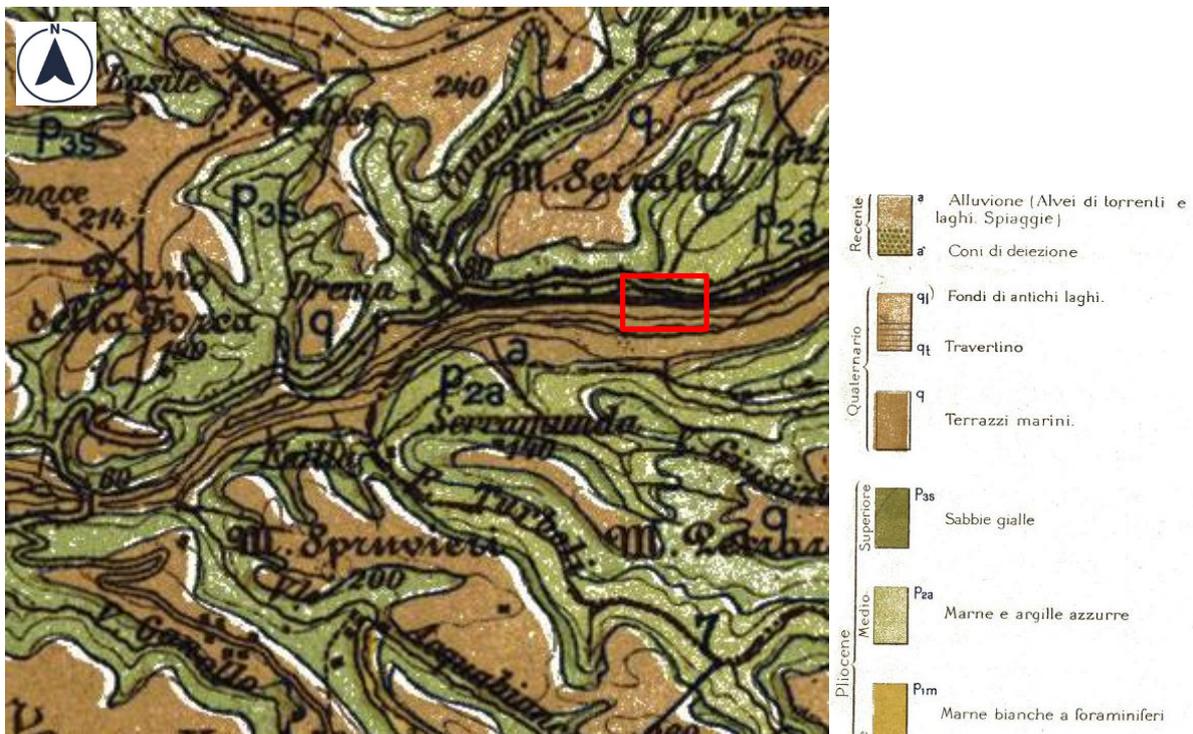


Figura 9-11 - Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro”. In rosso si evidenzia l’area di progetto.

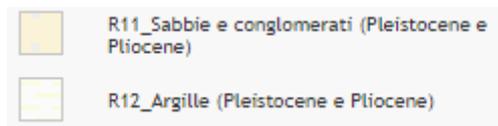


Figura 9-12 – Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 62 di 131

9.7 SCALO FERROVIARIO DI FEROLETO

L'area in esame rientra nel Foglio 241 "Nicastro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-13). Nel settore di interesse affiorano depositi marini terrazzati pleistocenici ed un lembo isolato di materiale alluvionale. Analizzando la cartografia geologica resa disponibile dal Geoportale Nazionale (Figura 9-12) si evidenzia come l'area del sondaggio S31 ricadrebbe in questo caso su Sabbie e conglomerati plio-pleistocenici (R11), mentre l'area del sondaggio S36 su Sabbie e conglomerati pleistocenici.

Dal punto di vista geomorfologico l'area è localizzata in un contesto collinare, con pendenze molto blande che degradano progressivamente verso la piana di Lamezia Terme. L'area è collocata sulla dorsale ove sorge l'abitato di Chiatrello, e isolata dalle vallecole incise rispettivamente ad est e ad ovest dal Fiume Badia e dal fosso Mario.

Per quanto concerne la stratigrafia dell'area, è stato eseguito il sondaggio S36; esso evidenzia il seguente profilo:

- Da p.c. a 1.7 m ghiaia eterometrica metamorfica, alterata, sub-angolare, con sabbia grossolana, sciolta, debolmente umida, di colore giallastro. Si associa tale materiale ai depositi alluvionali attuali.
- Da 1.7 a 5.5 m da p.c. sabbia fine limosa, addensata, debolmente umida, di colore avana giallastra. Si associa tale materiale ai depositi marini terrazzati
- Da 5.5 a 8.8 m da p.c. sabbia da fine a media limosa debolmente argillosa, stratificata in livelli centimetrici, addensata, grigio nocciola. Tale materiale si riconduce alla formazione delle argille azzurre plioceniche.
- Da 8.8 a 10 m da p.c. argilla debolmente limosa, plastica, molto consistente, di colore grigiastro. Anche tale materiale si riconduce alle argille azzurre plioceniche.

Per quanto concerne la permeabilità dei depositi investigati, è stata realizzata una prova di permeabilità Lefranc a 6.0 m da p.c. in sabbia limoso-argillosa, la quale ha restituito un valore di k di $1,43E-06$ m/sec.

Per quanto concerne la falda, essa è stata rilevata in corso di perforazione a 5.5 m da p.c.

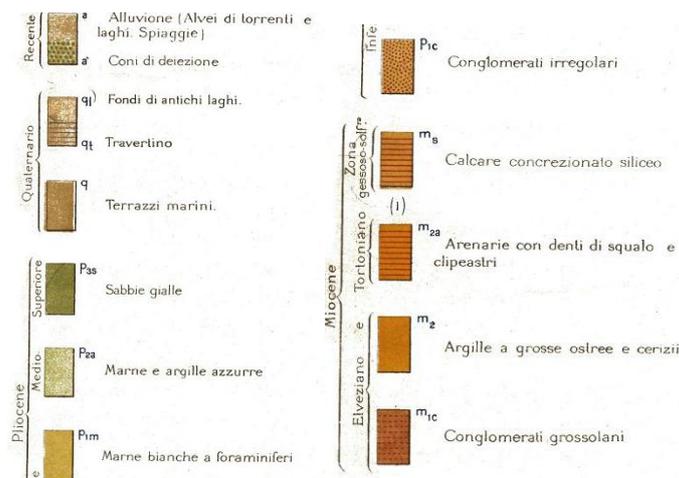
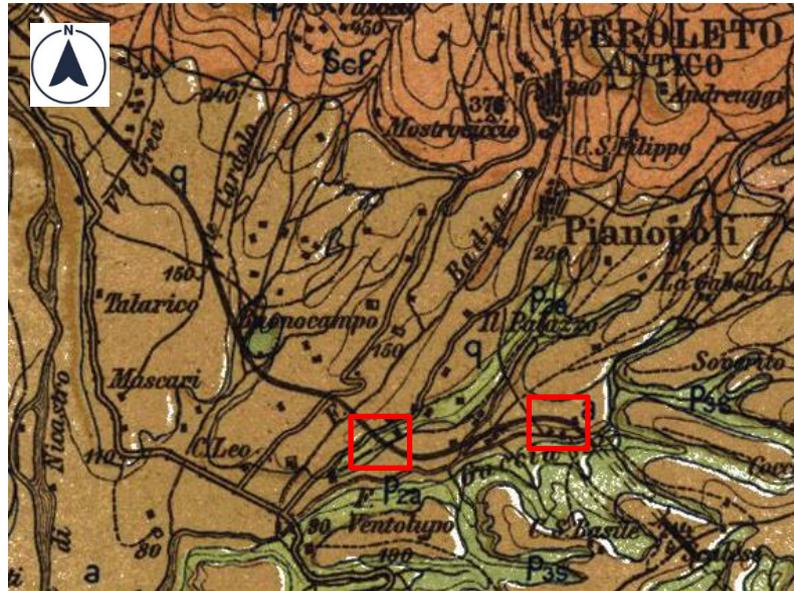


Figura 9-13 – Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro”. In rosso l’area di progetto.



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

9.8 CONTRADA GABELLA CARDOLO

L'area in esame rientra nel Foglio 241 "Nicastro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1:100.000 (Figura 9-15). Essa ricade sui depositi marini terrazzati, e, sulla base della cartografia geologica regionale, superficialmente al limite di depositi alluvionali e di conoide. Analizzando la cartografia geologica resa disponibile dal Geoportale Nazionale (Figura 9-16) si evidenzia come l'area del sondaggio S31 ricadrebbe in questo caso su Sabbie e conglomerati plio-pleistocenici (R11), mentre l'area del sondaggio S36 su Sabbie e conglomerati pleistocenici.

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. Essa si pone allo sbocco del conoide di deiezione del Torrente Zangarona.

Per quanto concerne la stratigrafia dell'area, è stato eseguito il sondaggio S35; esso evidenzia il seguente profilo:

- Da p.c. a 0.4 m, terreno vegetale;
- Da 0.4 a 2.4 m da p.c., sabbia medio/fine, limosa, ghiaiosa, moderatamente addensata, poligenica, debolmente umida, di colore grigiastro. Tali materiali vengono associati ai depositi alluvionali (a).

- Da 2.4 a 8.3 m da p.c., ghiaia eterometrica, prevalentemente di origine metamorfica, molto addensata, limoso argillosa, umida, da marrone grigiasta a grigiasta. Tali materiali vengono associati ai depositi marini terrazzati (conglomerati e sabbie pleistoceinci).
- Da 8.3 a 12.2 m da p.c., Sabbia grossolana con ghiaia, umida di colore nocciola, moderatamente addensata. La frazione ghiaiosa si presenta medio fine subangolare. Tali materiali vengono associati ai depositi marini terrazzati (conglomerati e sabbie pleistoceinci).
- Da 12.2 a 20.0 m da p.c., Sabbia medio fine, limosa, moderatamente addensata, umida-debolmente umida, di colore beige. Presenti inclusi centimetrici sub-arrotondati. Tali materiali vengono associati ai depositi marini terrazzati (conglomerati e sabbie pleistoceinci).

Per quanto concerne la permeabilità dei depositi investigati, è stata realizzata una prova di permeabilità Lefranc a 6.0 m da p.c. in ghiaie limoso-argillose, la quale ha restituito un valore di k di $7,40E-07$ m/sec.

Per quanto concerne la falda, essa è stata rilevata in corso di perforazione a 4.4 m da p.c..

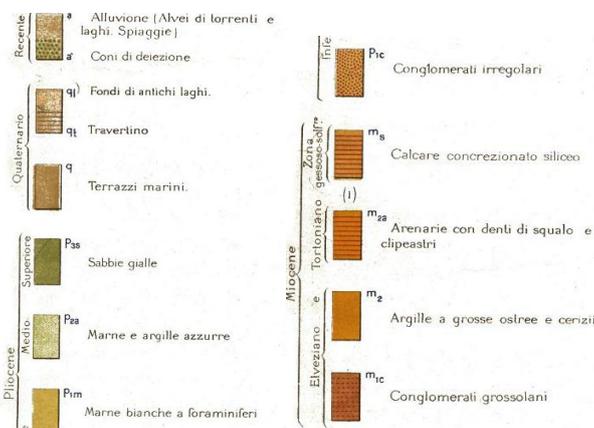
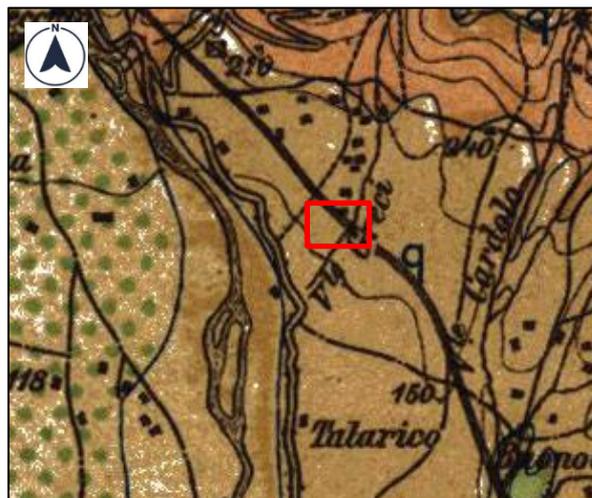


Figura 9-15 - Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro”. In rosso l’area di progetto.

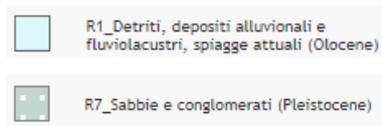
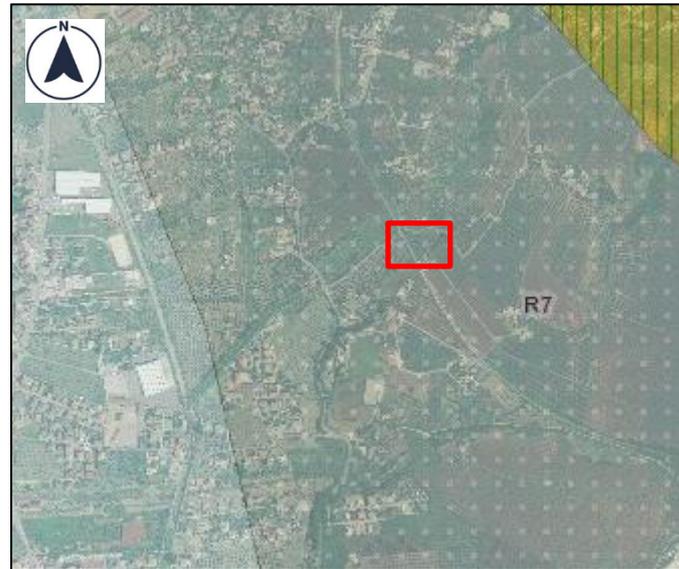


Figura 9-16 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l'area di studio.

9.9 NICASTRO

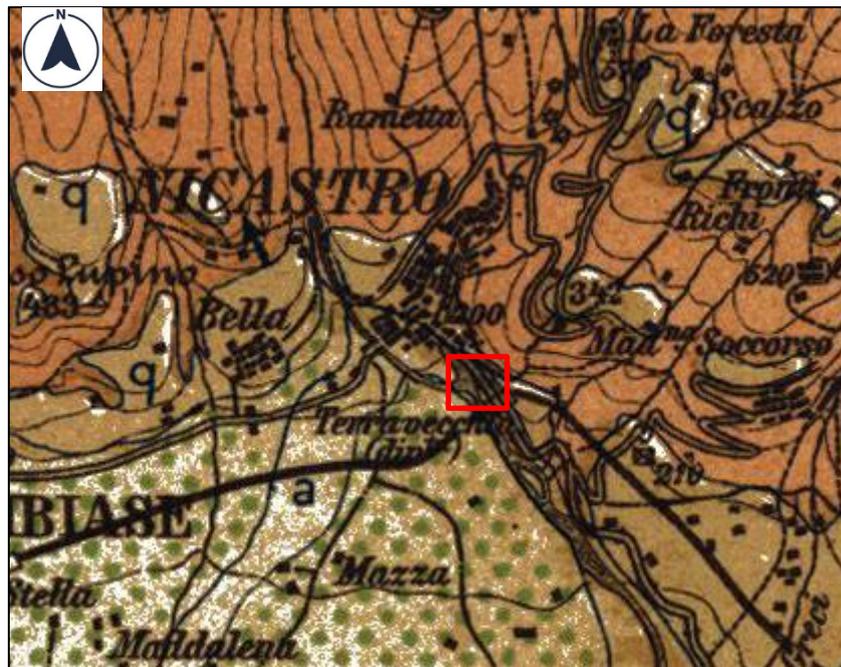
L'area in esame rientra nel Foglio 241 "Nicastro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-17). Nel settore di interesse affiorano conglomerati poligenici in matrice sabbiosa grossolana poco consolidati (Miocene Superiore – Pleistocene Inferiore). È presente materiale alluvionale e derivante da soliflusione e dilavamento (Olocene). Analizzando la cartografia geologica resa disponibile dal Geoportale Nazionale (Figura 9-18) si evidenzia come l'area di progetto ricade su depositi olocenici (R1).

La stratigrafia del sottosuolo dell'area di Nicastro è stata descritta basandosi sulla realizzazione del sondaggio S32. La stratigrafia osservata viene sinteticamente riportata di seguito:

- Dal piano campagna a 0.5 m dallo stesso si trova materiale stabilizzato costituito da elementi lapidei eterometrici;
- Da 0.5 m dal p.c. a 9.0 m dal p.c. si trovano ciottoli e ghiaia poligenica, immersi in matrice sabbioso-limosa. I ciottoli sono eterometrici;
- Da 9.0 m dal p.c. a 10.0 m dal p.c. si incontra argilla debolmente limosa;

- Da 10.0 m dal p.c. a 15.0 m dal p.c. si trovano ghiaie poligeniche e ciottoli immersi in matrice sabbioso-limosa;
- Da 17.0 m dal p.c. a 19.0 m dal p.c. si trovano limi sabbiosi, con immersi all'interno della massa siltosa frequenti inclusi eterometrici di natura calcareo-marnosa e calcarenitica;
- Da 19.0 m dal p.c. a 28.0 m dal p.c. si incontra limo argilloso debolmente sabbioso, localmente nella porzione sommitale limo con argilla, con grado di addensamento da moderato ad addensato con la profondità;
- Da 28.0 m dal p.c. a fondo foro si incontrano argille e argille limose con silt. Esse sono generalmente consistenti e a struttura omogenea.

La falda è stata intercettata ad una profondità di circa 5.0 metri dal piano campagna; è stata eseguita una prova di permeabilità Lefranc a 7.0 m da p.c. in materiale ghiaioso che ha restituito un valore di K di $5.59E-05$ m/s.



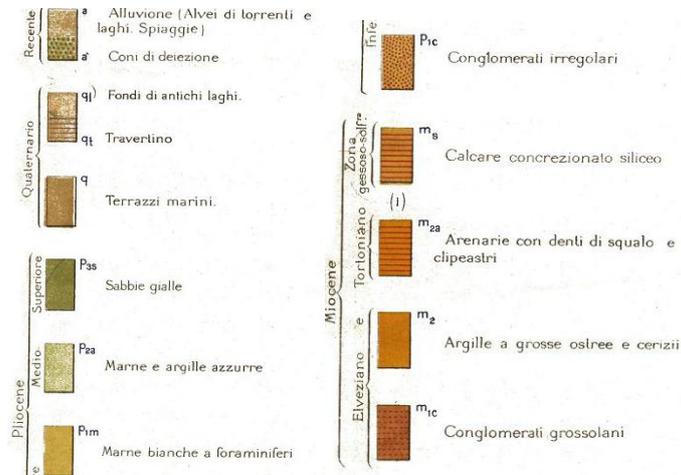


Figura 9-17 – Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro”.

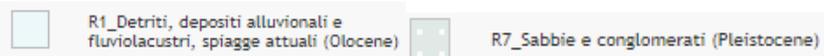


Figura 9-18 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l’area di studio.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 69 di 131

9.10 SAMBIASE

L'area in esame rientra nel Foglio 241 "Nicastro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-19). Nel settore di interesse, secondo tale cartografia, affiora materiale alluvionale (Olocene), mentre la cartografia geologica regionale individua anche materiale di conoide antico (Pleistocene). La cartografia resa disponibile dal Geoportale nazionale (Figura 9-20) pone l'area di studio al di sopra di depositi detritici, alluvionali e fluviolacustri pleistocenici (R4), in prossimità del limite con depositi alluvionali attuali (R1).

Dal punto di vista geomorfologico l'area di progetto ricade nel settore settentrionale della piana di Lamezia, tra gli abitati di Nicastro e Sambiasse, in un contesto urbanizzato pedecollinare ai bordi dell'area di pianura. L'elemento idrografico di maggior rilievo e più prossimo è il Torrente Piazza, posto a circa 1200 m a est dell'area.

Per quanto concerne la stratigrafia dell'area, è stato eseguito il sondaggio S34; esso evidenzia il seguente profilo:

- Da p.c. a 5.4 m, Ghiaia eterometrica detritica, prevalentemente di origine metamorfica, addensata, umida, di colore grigiastro, con interposti livelli decimetrici di limo argilloso sabbioso fine, di colore marrone scuro (2,6m-2,8m; 3,3m-3,5m). Si associa tale materiale ai depositi alluvionali olocenici (a)
- Da 5.4 m a 6.4 m da p.c. limo argilloso, molto consistente-duro, di colore marrone, ghiaioso, marrone scuro, umido-debolmente umido. La frazione ghiaiosa si presenta generalmente grossolana e di natura metamorfica. Si associa tale materiale ai depositi alluvionali olocenici (a)
- Da 6.4 a 10.0 m da p.c., Ghiaia poligenica prevalentemente di origine metamorfica, umida, con sabbia molto addensata, con rari elementi ciottolosi dispersi. Si associa tale materiale ai depositi terrazzati pleistocenici (q/R4).

Per quanto concerne la permeabilità dei depositi investigati, è stata realizzata una prova di permeabilità Lefranc a 9.5 m da p.c. in materiale ghiaioso/sabbioso, la quale ha restituito un valore di k di $4,22E-06$ m/sec.

La falda non è stata rilevata all'interno del sondaggio eseguito. Dati piezometrici relativamente prossima all'area indicano la presenza di falda tra i 5 ed i 10 m da p.c..

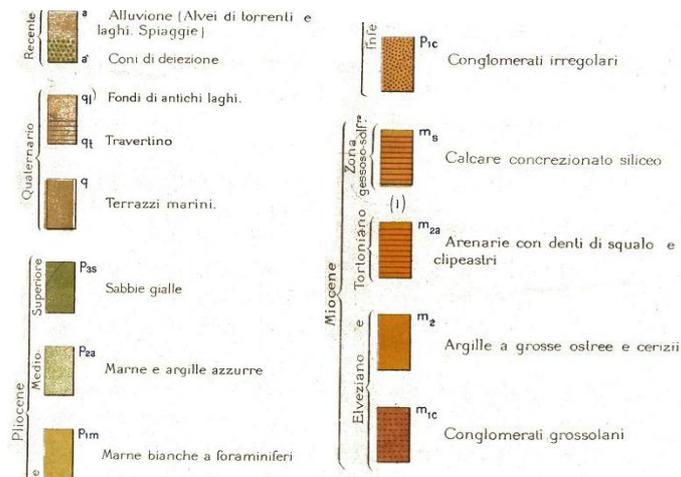
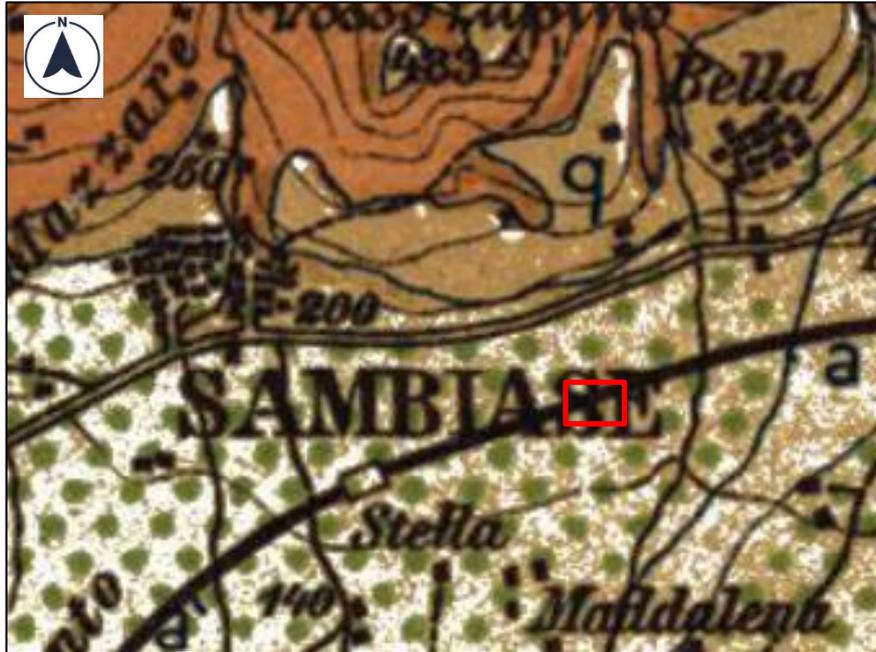


Figura 9-19 – Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro”.



Figura 9-20 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l'area di studio.

9.11 LOCALITÀ BOSCO AMATELLO

L'area in esame rientra nel Foglio 241 "Nicastro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-21). Nel settore di interesse, secondo tale cartografia, affiora materiale alluvionale (Olocene) e da materiale di conoide (Olocene-Pleistocene). La cartografia geologica regionale individua in quest'area depositi di conoide sabbioso-conglomeratici. La cartografia resa disponibile dal Geoportale nazionale pone l'area di studio al di sopra di depositi detritici, alluvionali e fluviolacustri pleistocenici (R4), in prossimità del limite con depositi alluvionali attuali (R1).

Dal punto di vista geomorfologico l'area si inserisce in un contesto di piana alluvionale che degrada dolcemente verso la costa tirrenica, posta a circa 4 km di distanza.

Per quanto concerne la stratigrafia dell'area, è stato eseguito il sondaggio S33; esso evidenzia il seguente profilo:

- Da p.c. a 0.6 m, Ghiaia fine con sabbia grigiastra.

- Da 0.6 a 3.0 m da p.c., sabbia limosa;
- Da 3.0 a 5.2 m da p.c., Sabbia grossolana, debolmente ghiaiosa fine, alterata, molto addensata, umida, di colore marroncino.
- Da 5.2 a 10.0 m da p.c., Ghiaia poligenica metamorfica, con sabbia media, molto addensata, policroma, assortita, grigio verdastra, umida. Inclusi ciottoli angolari.

I materiali sopra evidenziati vengono associati ai depositi di conoide pleistocenici.

Per quanto concerne la permeabilità dei depositi investigati, è stata realizzata una prova di permeabilità Lefranc a 7.5 m da p.c. in materiale ghiaioso/sabbioso, la quale ha restituito un valore di k di $5,02E-05$ m/sec

Per quanto concerne la presenza della falda, durante la perforazione del sondaggio essa è stata incontrata a 4.06 m da p.c., dato concorde con i valori bibliografici relativi alla piana di Sant'Eufemia.

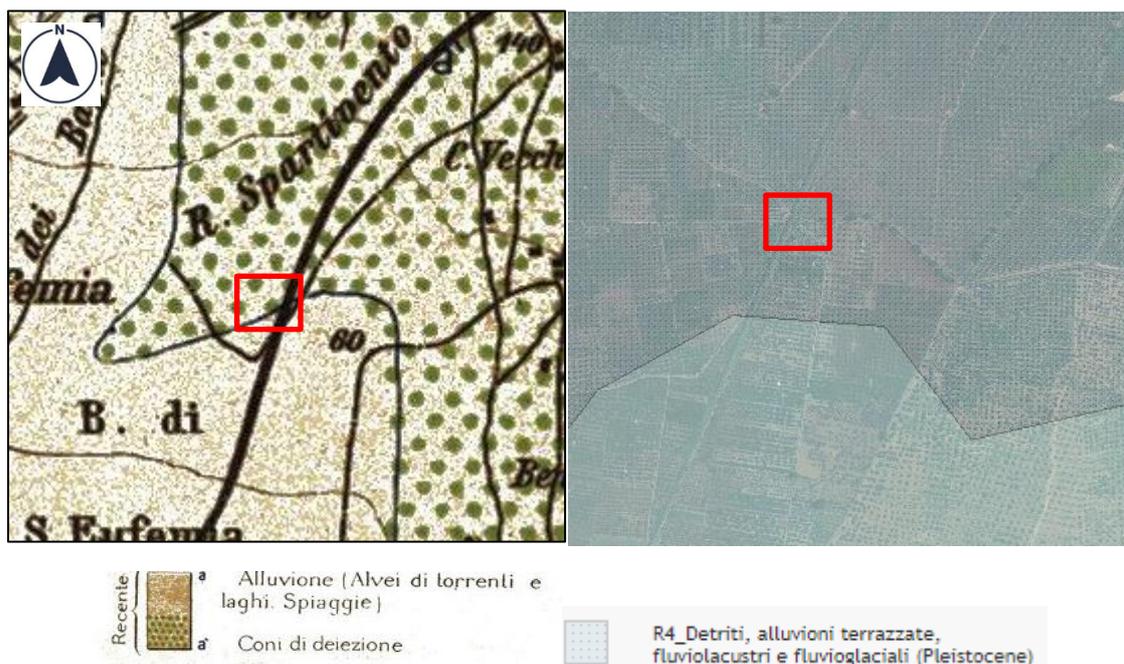


Figura 9-21 - Stralcio (non in scala) del foglio 236 “Nicastro” e della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l’area di studio.

9.12 GALLERIA GABELLA

L’area in esame rientra nel Foglio 241 “Nicastro” della Carta Geologica d’Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-22). Nel settore di interesse, secondo tale cartografia, affiorano depositi conglomeratici e sabbiosi terrazzati di ambiente marino (q) (Pleistocene). La Galleria Gabella si inserisce in direzione E-O per una lunghezza di 209 m in terreni caratterizzati dai sopracitati depositi pleistocenici e da sabbie ed arenarie tenere con locali intercalazioni di argille

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 73 di 131

siltose (Psar) (Pliocene medio-Calabriano). Dalla cartografia resa disponibile dal Geoportale nazionale (Figura 9-23), l'area in esame si imposta su sabbie e conglomerati del Pleistocene (R7).

Dal punto di vista geomorfologico l'area è localizzata in un contesto collinare, con pendenze molto blande che degradano progressivamente verso la piana di Lamezia Terme.

Per quanto concerne la stratigrafia dell'area, è stato eseguito il sondaggio S1; esso evidenzia il seguente profilo:

- Da p.c. a 2.0 m, Limo sabbioso, asciutto, di color marrone-brunastro, con presenza di rari clasti;
- Da 2.0 a 6.0 m da p.c., Sabbia ghiaiosa debolmente limosa, asciutta, addensata di color marrone chiaro;
- Da 6.0 a 8.0 m da p.c., Ghiaia con sabbia limosa, color nocciola;
- Da 8.0 a 11.7 m da p.c., Sabbia limosa, da asciutta ad umida, molto addensata, da marrone a marrone-verdastra. Presenza di livelli centimetrici di ghiaia;
- Da 11.7 a 30.0 m da p.c., Sabbia limosa, umida, addensata di color marrone-verdastra. Presenza di livelli di ghiaia.

I materiali sopra evidenziati, da p.c. a 8.0 m da p.c. vengono associati ai depositi conglomeratici e sabbiosi terrazzati pleistocenici. Da 8.0 a 30.0 m da p.c. sono ascrivibili alle sabbie ed arenarie tenere con locali intercalazioni di argille siltose del Pleistocene medio-Calabriano.

Per quanto concerne la presenza della falda, durante la perforazione del sondaggio è risultata assente.

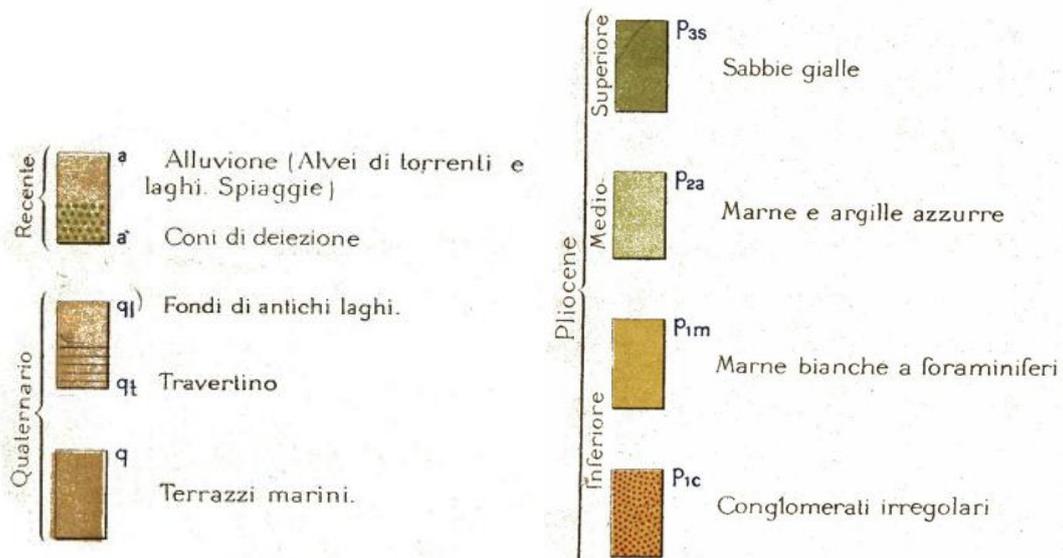
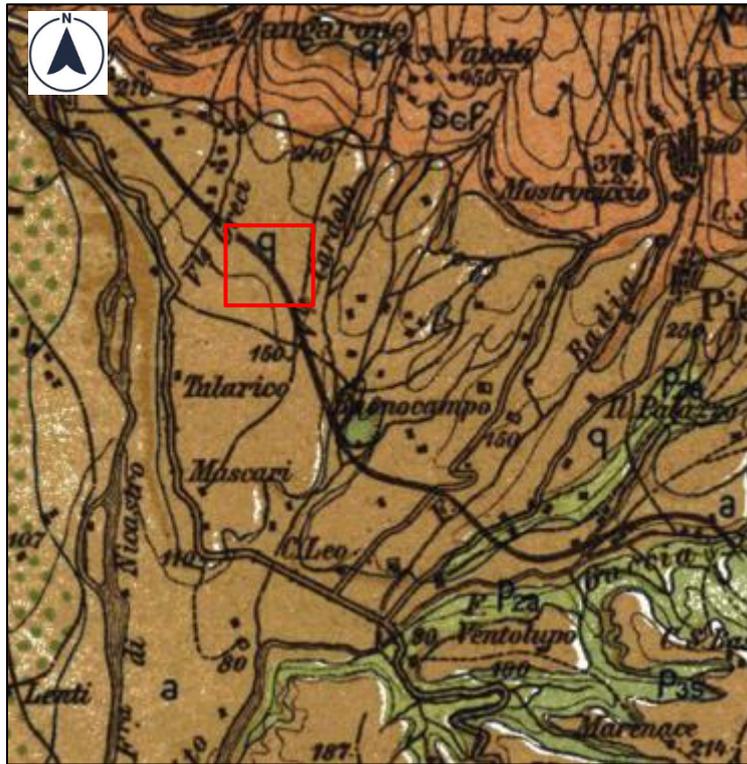


Figura 9-22 – Stralcio (non in scala) del foglio 241 “Nicastro”.

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

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0W	01 D 69	RG	GE0001 001	A	75 di 131

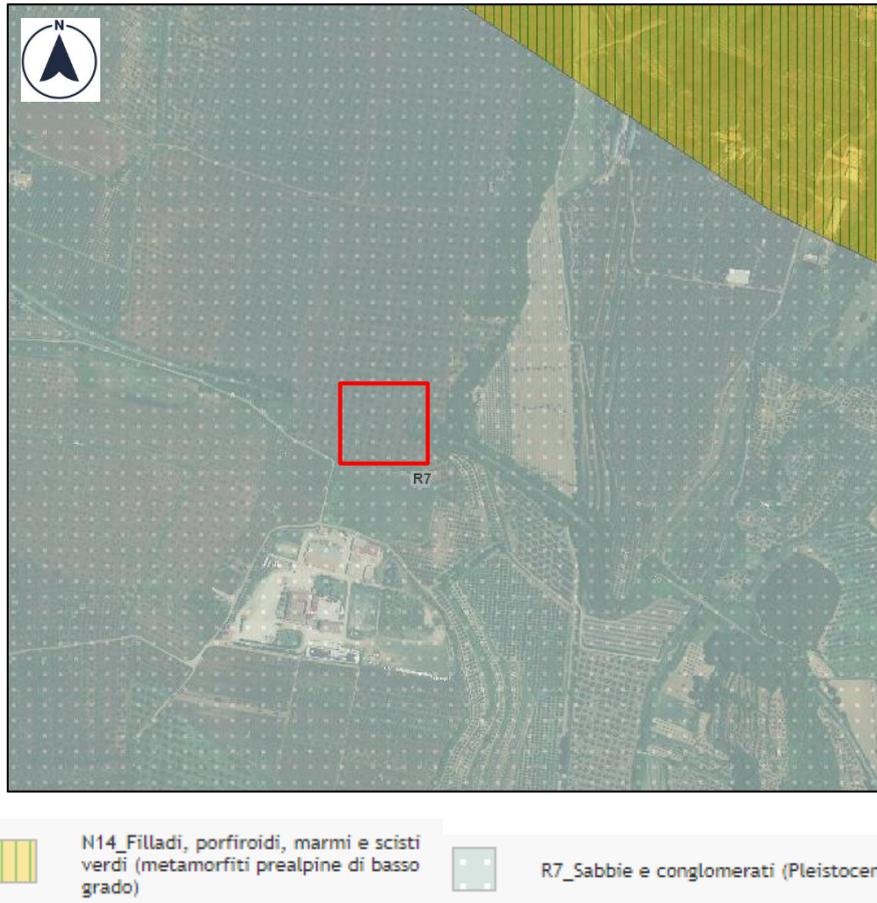


Figura 9-23 – Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l'area di studio.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 76 di 131

9.13 GALLERIA CIMMINO

L'area in esame rientra nel Foglio 241 "Nicastro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-13). Nel settore di interesse, in cui è situata la Galleria Cimmino che si sviluppa in direzione NO-SE per una lunghezza di 125.05 m, affiorano depositi marini terrazzati pleistocenici (q). Analizzando la cartografia geologica resa disponibile dal Geoportale Nazionale (Figura 9-25) si evidenzia come l'area del sondaggio S2 ricadrebbe anche in questo caso in Sabbie e conglomerati pleistocenici (R7).

Dal punto di vista geomorfologico l'area è localizzata in un contesto collinare, con pendenze molto blande che degradano progressivamente verso la piana di Lamezia Terme. L'area è collocata sulla dorsale ove sorge l'abitato di Chiatrello, e isolata dalle vallecole incise rispettivamente ad est e ad ovest dal Fiume Badia e dal fosso Mario.

Per quanto concerne la stratigrafia dell'area, è stato eseguito il sondaggio S2; esso evidenzia il seguente profilo:

- Da p.c. a 0.7 m da p.c., Argilla limosa sabbiosa, umida, di color marrone-brunastra, con rari clasti da millimetrici a centimetrici;
- Da 0.7 a 1.30 m da p.c., Sabbia medio-fine debolmente limosa, asciutta, di color ocrea. Presenti rari clasti millimetrici;
- Da 1.30 a 4.0 m da p.c. Sabbia debolmente limosa, asciutta, grigiasta, con ghiaia eterometrica e rari ciottoli;
- Da 4.0 a 5.8 m da p.c., Sabbia fine limosa, umida, giallastra con patine di ossidazione ocracee e spalmature grigiastre;
- Da 5.8 a 17.2 m da p.c., Sabbia fine da debolmente limosa a limosa, umida, da moderatamente addensata ad addensata, color marrone-verdastra;
- Da 17.2 a 30.0 m da p.c., Sabbia fine limosa a luoghi sabbia con limo, da umida a satura, addensata, a luoghi moderatamente addensata, grigiasta.

I materiali sopra evidenziati sono ascrivibili alle sabbie ed arenarie tenere con locali intercalazioni di argille siltose del Pleistocene medio-Calabriano (Psar). Questi sono attraversati dal passaggio della Galleria Cimmino.

Per quanto concerne la permeabilità dei depositi investigati, sono state realizzate due prove di permeabilità Lefranc in sabbie fini limose a 9.0 e 18 m da p.c, che hanno restituito valori, rispettivamente di 9.33E-06 e 2.29E-06 m/sec.

Per quanto concerne la falda, essa è stata rilevata in corso di perforazione a 15.42 m da p.c

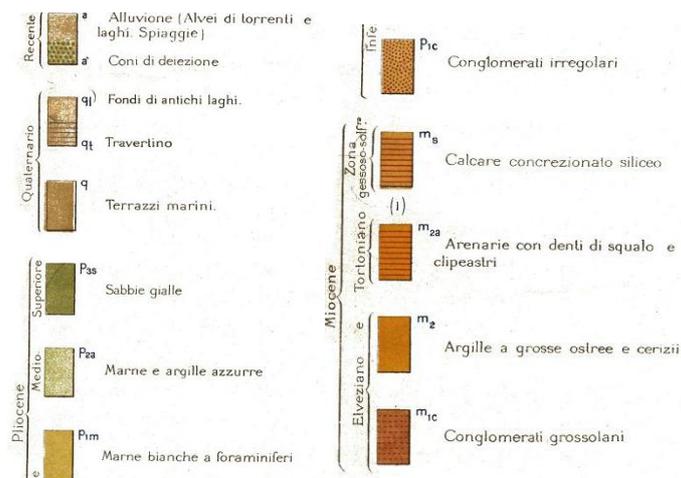
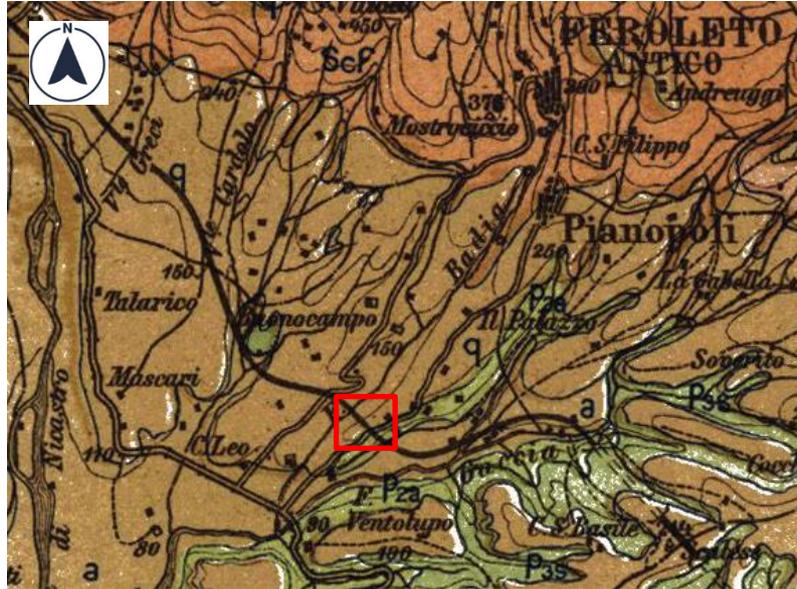


Figura 9-24 – Stralcio (non in scala) del foglio 241 “Nicastro”.



Figura 9-25 – Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l’area di studio.

9.14 GALLERIA SANT’IPPOLITO

L’area in esame rientra nel Foglio 241 “Nicastro” della Carta Geologica d’Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-26). Nel settore di interesse si inserisce la Galleria San Ippolito in direzione NO-SE (per 317.60 m) e secondo la cartografia sopracitata, l’area di studio si imposta sui depositi marini terrazzati pleistocenici (q). Analizzando la cartografia geologica resa disponibile dal Geoportale Nazionale (Figura 9-27) si evidenzia come l’area del sondaggio S3 ricadrebbe, anche in questo caso, in Sabbie e conglomerati pleistocenici (R7).

Dal punto di vista geomorfologico l’area è localizzata in un contesto collinare, con pendenze molto blande che degradano progressivamente verso la piana di Lamezia Terme. L’area è collocata sulla dorsale ove sorge l’abitato di Chiatrello, e isolata dalle vallecole incise rispettivamente ad est e ad ovest dal Fiume Badia e dal fosso Mario.

Per quanto concerne la stratigrafia dell’area, è stato eseguito il sondaggio S3; esso evidenzia il seguente profilo:

- Da p.c. a 0.7 m da p.c., Limo argilloso debolmente sabbioso fine, umido, di color marrone-brunastra;
- Da 0.7 a 1.60 m da p.c., Argilla limosa sabbiosa fine, umida, marrone-rossastra, con clasti da millimetrici a centimetrici;
- Da 1.60 a 3.4 m da p.c., Limo argilloso sabbioso medio-fine, umido, da consistente a molto consistente, di color marrone;
- Da 3.4 a 5.7 m da p.c., Limo argilloso sabbioso fine, umido, da molto consistente a duro, marrone-verdastro con rari clasti da millimetrici a centimetrici;
- Da 5.7 a 6.9 m da p.c., Limo sabbioso eterometrico, umido, consistente, marrone, con ghiaia eterometrica;
- Da 6.9 a 10.30 m da p.c., Sabbia con limo ghiaiosa, umida, molto addensata, marrone-verdastra con patine di ossidazione ocracee. La frazione ghiaiosa si presenta eterometrica;
- Da 10.30 a 17.9 m da p.c., Sabbia fine limosa, debolmente umida, da moderatamente addensata ad addensata, color marrone-giallastra. Presenti livelli centrimetrici di argilla limosa;
- Da 17.9 a 35 m da p.c., Sabbia fine con limo, umida, da addensata a molto addensata, grigiastra. Presenti livelli da millimetrici a centimetrici, a luoghi decimetrici, argilloso limosi, umidi, da consistenti a molto consistenti, grigiastri

I materiali sopra evidenziati, da p.c. a 10.30 m da p.c. vengono associati ai depositi conglomeratici e sabbiosi terrazzati pleistocenici. Da 10.30 a 17.90 m da p.c. sono ascrivibili alle sabbie ed arenarie tenere con locali intercalazioni di argille siltose del Pleistocene medio-Calabriano (Psar), mentre i restanti 17 m circa investigati dal sondaggio S3 identificano la presenza delle Argille marnose di Cutro (KCR) caratterizzate dal passaggio della Galleria in questione.

Per quanto concerne la permeabilità dei depositi investigati, è stata realizzata una prova di permeabilità Lefranc in sabbie fini con limo a 19.5 m da p.c., la quale ha restituito un valore di k pari a 2.65E-06 m/sec.

Per quanto concerne la presenza della falda, durante la perforazione del sondaggio essa è stata incontrata a 20.82 m da p.c..

Relazione geologica, geomorfologica,
idrogeologica e sismica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RCOW	01 D 69	RG	GE0001 001	A	80 di 131

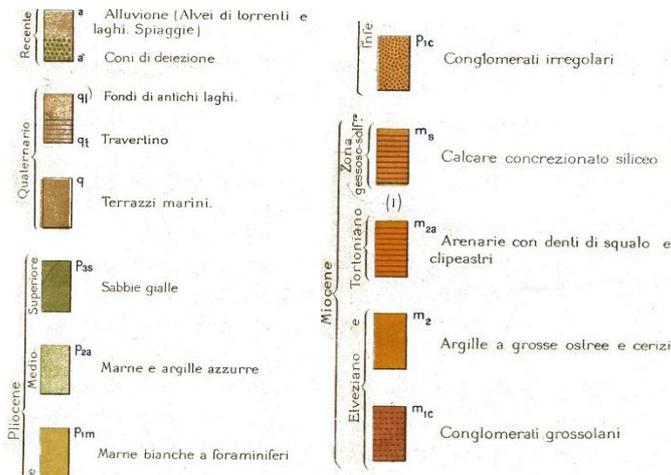
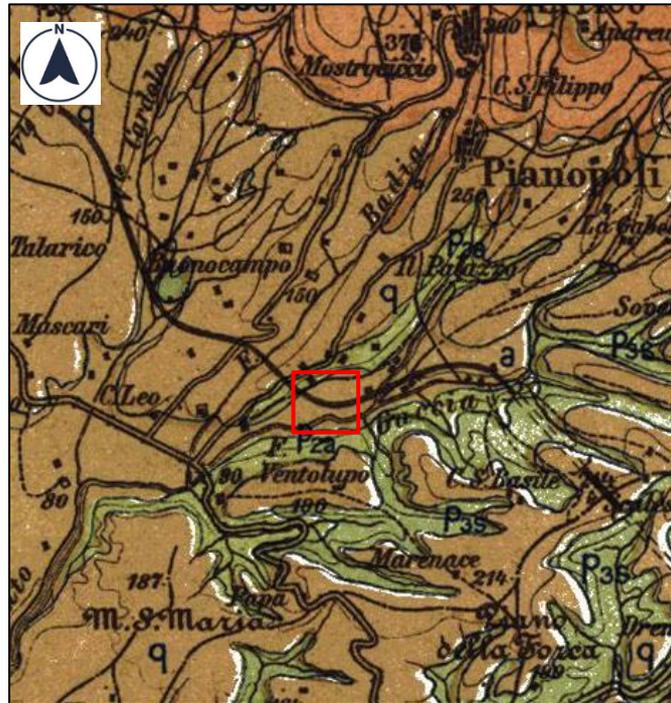


Figura 9-26 – Stralcio (non in scala) del foglio 241 “Nicastro”.

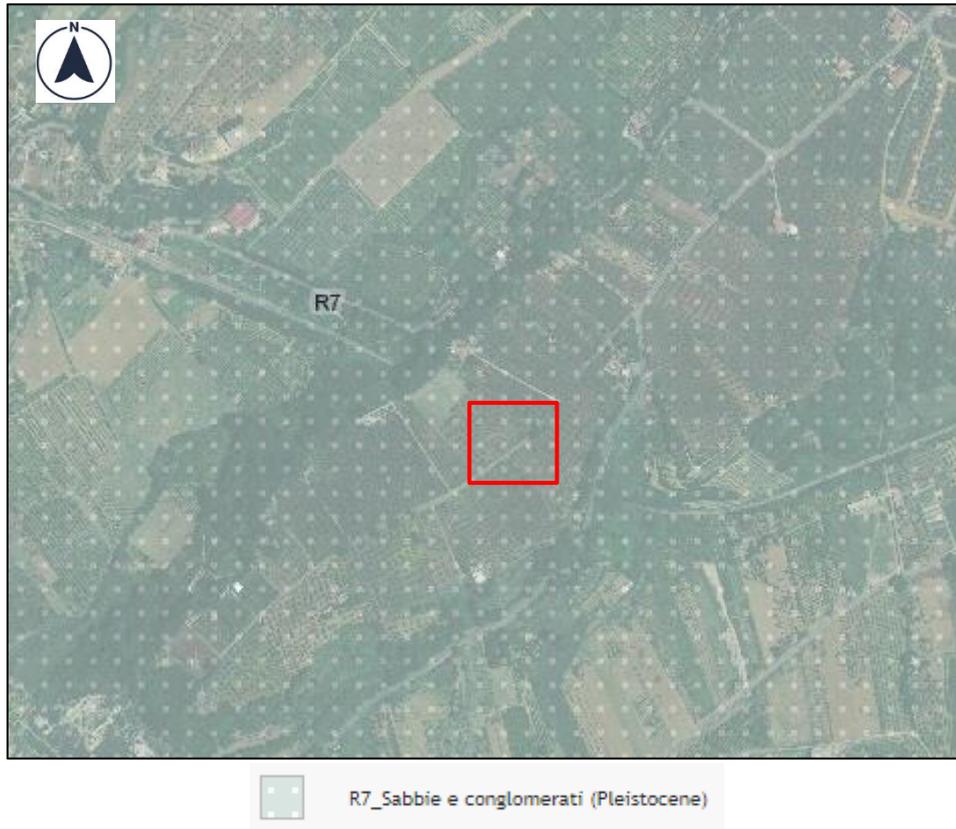


Figura 9-27 – Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l’area di studio.

9.15 GALLERIA MONTECAVALIERE

L’area in esame rientra nel Foglio 241 “Nicastro” della Carta Geologica d’Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-28 - Stralcio (non in scala) del foglio 241 “Nicastro”. In rosso si evidenzia l’area di progetto.). Sulla base di tale cartografia la Galleria Montecavaliere, orientata NO-SE per una lunghezza di 924 m, ricadrebbe in un’area di transizione tra i depositi conglomeratici e sabbiosi terrazzati pleistocenici (q) e le sabbie ed arenarie tenere (Psar) del Pliocene medio-Calabriano (quest’ultimi caratterizzati dal passaggio della galleria Montecavaliere), mentre la cartografia geologica resa disponibile dal Geoportale Nazionale (Figura 9-29) evidenzia come l’area ricadrebbe in questo caso su Sabbie e conglomerati pleistocenici (R11).

Dal punto di vista geomorfologico l’area si trova sul fondovalle del Fiume Amato, al piede del versante nord che delimita la valle, ed in prossimità della confluenza delle due vallecole formate dai due rami del torrente Cannello.

Per quanto concerne la stratigrafia del sondaggio S4, eseguito per il presente progetto, è possibile osservare:

- Da p.c. a 18.0 m da p.c., Sabbia medio-fine limosa, a luoghi eterometrica, da asciutta ad umida, a luoghi satura, da moderatamente addensata a molto addensata, marrone-verdastra con patine di ossidazione ocracee. Presenti clasti eterometrici, con rari ciottoli;
- Da 18.0 a 39.7 m da p.c., Sabbia medio-fine limosa, a luoghi eterometrica, da umida a molto umida, molto addensata, marrone-verdastra con patine di ossidazione ocracee. Presenti livelli centimetrici da debolmente cementati a cementati;
- Da 39.7 m a 50.0 m da p.c., Sabbia medio-fine limosa, a luoghi eterometrica, molto umida, verdastra con livelli centimetrici grigio-verdastri e patine di ossidazione ocracee. Presenti livelli centimetrici cementati e livelli centimetrici siltitici;

I materiali sopra evidenziati, da p.c. a 50.0 m da p.c., sono ascrivibili alle sabbie ed arenarie del Pliocene medio-Calabriano.

Durante la perforazione la falda è stata rinvenuta a 24.31 m da p.c..

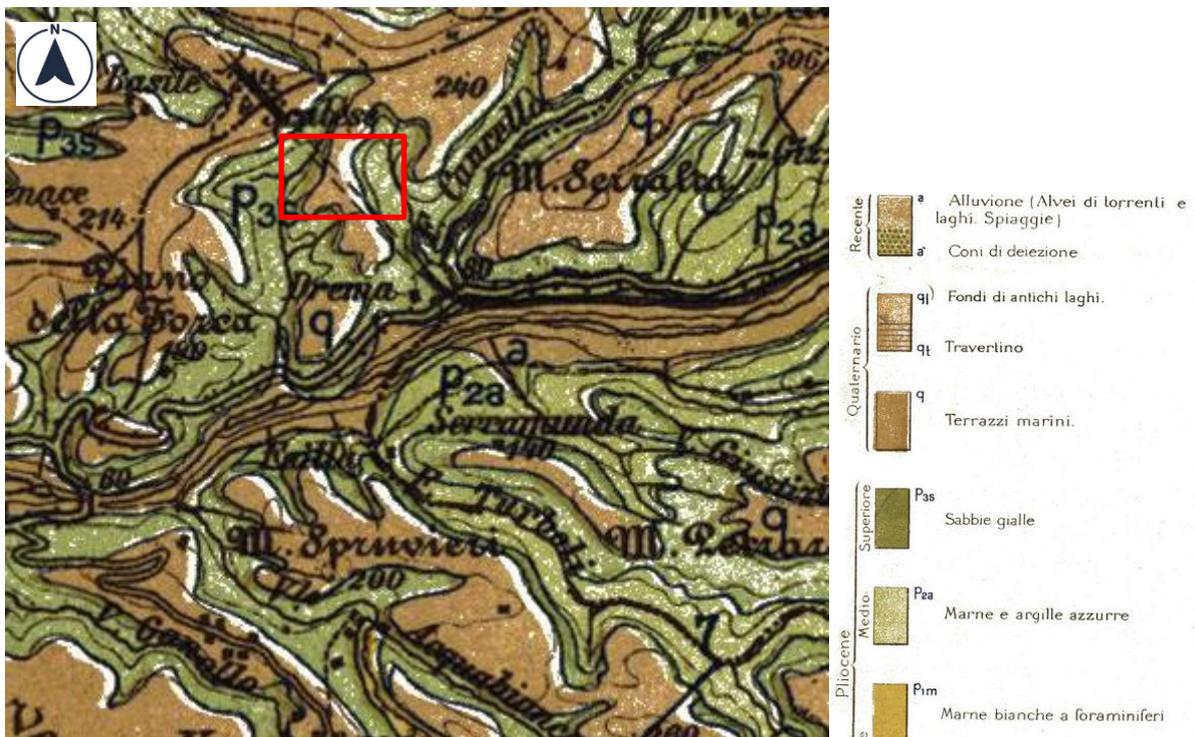


Figura 9-28 - Stralcio (non in scala) del foglio 241 "Nicastro". In rosso si evidenzia l'area di progetto.

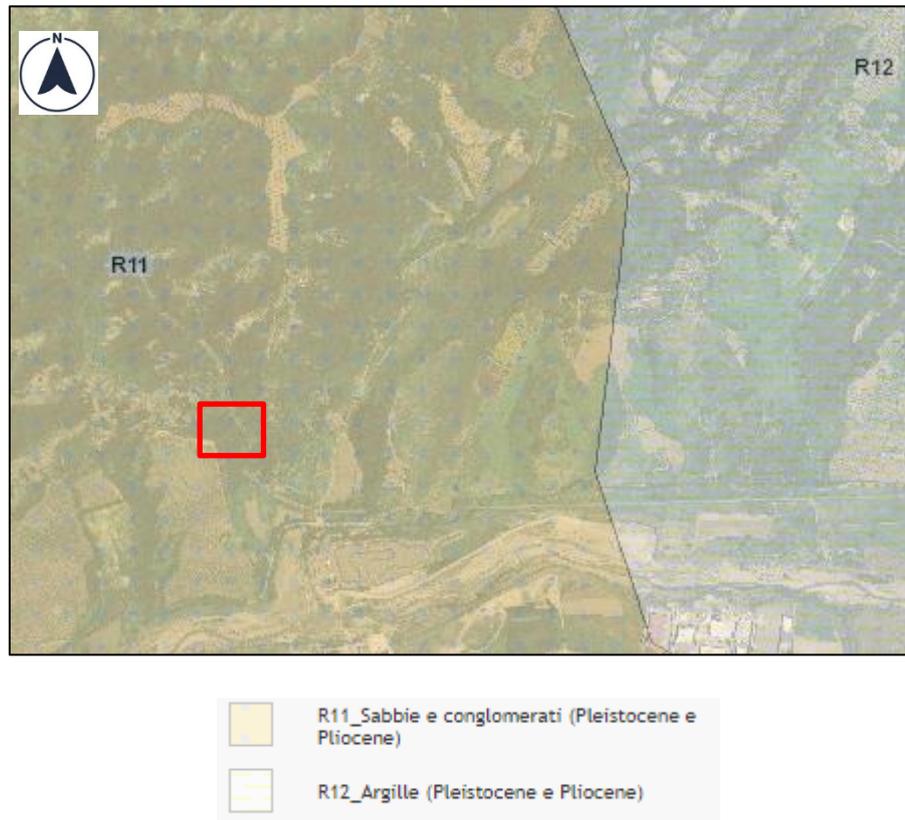


Figura 9-29 – Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale.

9.16 GALLERIA MARCELLINARA

L'area in esame rientra nel Foglio 242 "Catanzaro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-30). Sulla base di tale cartografia il sito di interesse risulta caratterizzato da argille grigio-azzurre con intercalazioni sabbiose e siltiti, esse sono ascrivibili alle Argille di Cutro (Piacenziano-Calabriano) (KCR), intercalazioni sabbioso-siltose nelle argille grigio-azzurre (Mar) del Pliocene medio-Calabriano, argilliti e/o siltiti con lenti di gesso microcristallino appartenenti alla formazione gessoso-solfifera (Ma) (Miocene Medio-Superiore) e gessi macrocristallini (Mg) del Miocene Superiore. È presente, inoltre, un corpo di frana per colamento lento (Olocene). L'area di studio è lambita dal Fiume Amato. La galleria Marcellinara, orientata in direzione E-O su una lunghezza di 1763 m, si inserisce nelle argilliti e siltiti e nei gessi macrocristallini sabbiosi.

Analizzando la cartografia geologica resa disponibile dal Geoportale Nazionale (Figura 9-31) si evidenzia come l'area di progetto ricadrebbe in questo caso in corrispondenza della Formazione gessoso-solfifera (R19).

Nell'area della galleria Marcellinara è stato eseguito il sondaggio S5, che consente di osservare, escludendo il primo metro dal p.c. di materiale di riporto, la seguente stratigrafia:

- Da 1.0 a 2.3 m dal p.c., Argilla limosa, debolmente umida, dura, marrone-verdastra con sfumature grigiastre. Presenti clasti millimetrici, poligenici, angolari, grigio chiari;
- Da 2.3 a 6.0 m dal p.c., Argilla, umida, molto consistente, da grigia a grigio chiara, con intercalazioni da millimetriche a centimetriche di gesso biancastro;
- Da 6.0 a 8.0 m dal p.c., Argilla sabbioso limosa, a luoghi debolmente marnosa, umida, dura, grigio verdastra con rare patine di ossidazione ocracee;
- Da 8.0 a 14.5 m dal p.c., Argilla debolmente marnosa, umida, dura, grigiastra, con livelli millimetrici di sabbia fine, umida, grigio chiara. Da 9,30m a 9,60m e da 12,00m a 13,30m sabbia medio-fine limosa, molto umida, molto addensata, grigio chiara.;
- Da 14.5 a 34.0 m dal p.c., Marna argillosa grigiastra, a struttura compatta, a luoghi laminata, con stratificazione sub-orizzontale, fratturata, con fratture sub-orizzontali, di forma piana.
- Da 34.0 a 35.4 m dal p.c., Marna argillosa verdastra con spalmature grigiastre, a struttura compatta, alterazione da assente a moderata, da intatta a poco fratturata.
- Da 35.4 a 37.8 m da p.c., Arenaria a struttura granulare fine, grigio chiara-verdastra, da mediamente a moderatamente alterata, fratturata, con fratture poli-orientate, da beanti ad aperte, a luoghi riempite da limo argilloso. Presenti livelli centimetrici di marna argillosa verdastra e livelli da millimetrici a centimetrici di gesso cristallizzato, biancastro.
- Da 37.8 a 50.0 m da p.c., Gesso biancastro a struttura cristallina, a luoghi clastica, alterazione da moderata a media, da debolmente fratturato a fratturato, con fratture a luoghi riempite da limo argilloso grigio-verdastro. Presenti livelli centimetrici di natura arenacea e pelitica

I materiali sopra evidenziati, da 1 a 34.0 m da p.c. sono ascrivibili alle argilliti e siltiti della Formazione gessoso-solfifera (Miocene medio-superiore), mentre da 34.0 m sino a fondo foro sono associabili ai gessi macrocristallini sabbiosi. (Miocene superiore).

La falda è stata rinvenuta, nel corso della perforazione, a circa 10.40 metri di profondità dal piano campagna; è stata eseguita una prova di permeabilità Lugeon a 35 m da p.c. Questa prova ha restituito un valore di k pari a 5.3E-08 m/s, valori di una condizione di ammasso avente sistemi di fratture molto chiuse.

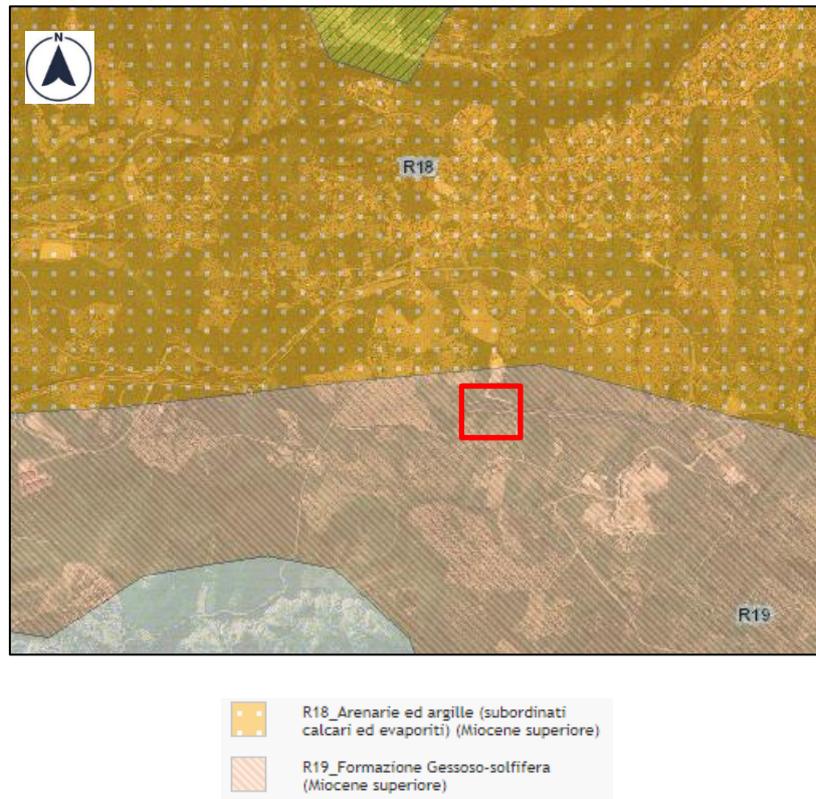


Figura 9-31 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l'area di studio.

9.17 PIAZZALE PT05

L'area in esame rientra nel Foglio 241 "Nicastro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-33). Secondo la cartografia sopracitata, nell'intorno dell'area di studio, affiorano depositi alluvionali ciottolosi e sabbiosi dei letti fluviali (ac) (Olocene), materiali alluvionali olocenici (a), depositi conglomeratici e sabbiosi terrazzati di ambiente fluviale pleistocenici (Q), depositi conglomeratici e sabbiosi terrazzati di ambiente marino pleistocenici (q) e sabbie ed arenarie tenere del Pliocene medio-Calabriano (Psar).

Dal punto di vista geomorfologico l'area è localizzata in un contesto collinare, con pendenze molto blande che degradano progressivamente verso la piana di Lamezia Terme. L'area è collocata sulla dorsale ove sorge l'abitato di Chiatrello, e isolata dalle vallecicole incise rispettivamente ad est e ad ovest dal Fiume Badia e dal fosso Mario.

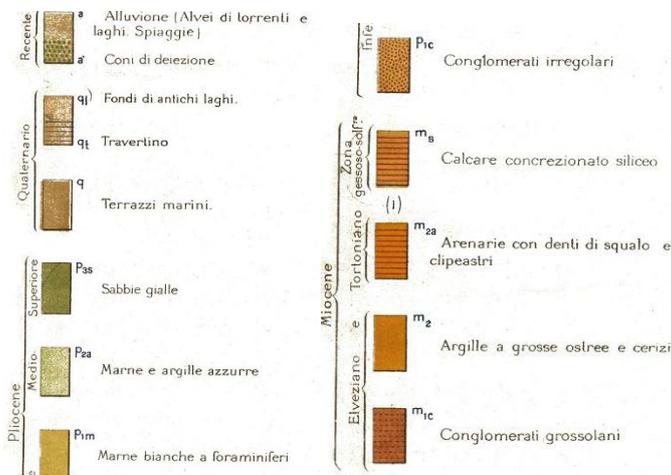
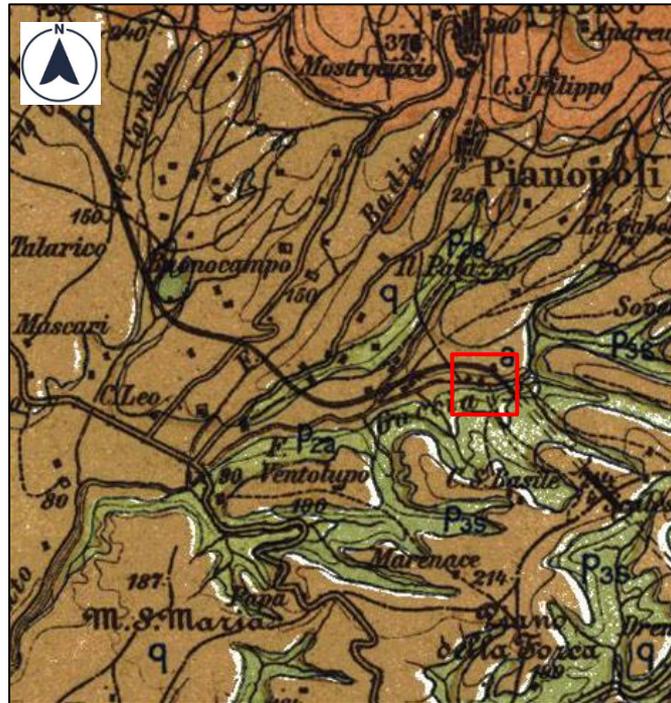


Figura 9-32 – Stralcio (non in scala) del foglio 241 “Nicastro”.

9.18 VIABILITÀ PT06

Per quanto concerne la viabilità PT06, essa rientra nel Foglio 241 “Nicastro” della Carta Geologica d’Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-33). Sulla base di tale cartografia, in quest’area, affiorano materiali alluvionali olocenici (a), depositi conglomeratici e sabbiosi terrazzati di ambiente fluviale pleistocenici (Q), depositi conglomeratici e sabbiosi terrazzati di ambiente marino pleistocenici (a) e sabbie ed arenarie tenere del Pliocene medio-Calabriano

(Psar). Basandosi sul sondaggio S51, eseguito per l'area di studio Quote Barile (paragrafo 9.6), la tratta in esame (PT06) è caratterizzata da sabbie ed arenarie tenere con locali intercalazioni di argille siltose (Pliocene medio-Calabriano) sino a circa 20 m di profondità, proseguendo in profondità il sondaggio evidenzia la presenza di argille ascrivibili alle argille marnose di Cutro (Piacenziano-Calabriano). Analizzando la cartografia geologica resa disponibile dal Geoportale Nazionale (Figura 9-34) si evidenzia come l'area in esame ricada in Sabbie e conglomerati del Pliocene e Pleistocene (R11). In prossimità della viabilità PT06 è presente un'area a franosità diffusa superficiale (si rimanda al paragrafo 10.3.3.2).

Dal punto di vista geomorfologico l'area si trova sul fondovalle del Fiume Amato, al piede del versante nord che delimita la valle, ed in prossimità della confluenza delle due vallecole formate dai due rami del torrente Canello.



Figura 9-33 - Stralcio (non in scala) del foglio 241 "Nicastro". In rosso si evidenzia l'area di progetto.

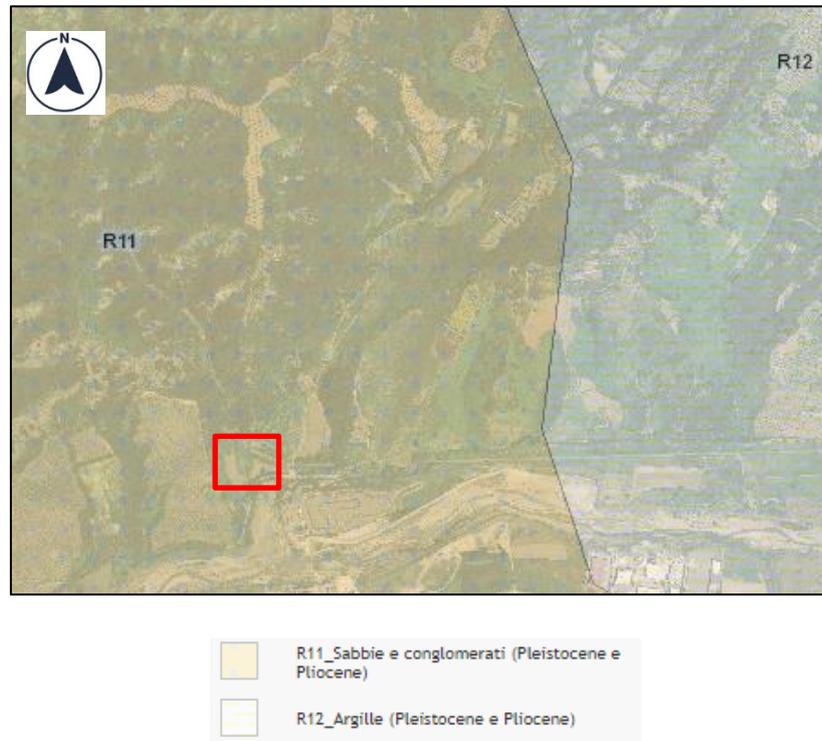


Figura 9-34 – Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale.

9.19 VIABILITÀ PT07

L'area in esame rientra nel Foglio 242 "Catanzaro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000. Nel settore di interesse affiorano argille grigio-azzurre con intercalazioni sabbiose e siltiti, esse sono ascrivibili alle Argille di Cutro (Piacenziano-Calabriano); argilliti e/o siltiti con lenti di gesso microcristallino appartenenti alla formazione gessoso-solfifera (Miocene Medio-Superiore); gessi macrocristallini (Miocene Superiore) e conglomerati poligenici in matrice sabbiosa grossolana poco consolidati (Miocene Superiore – Pliocene Inferiore). La cartografia geologica del Geoportale Nazionale rileva la presenza, nell'area di progetto, di Arenarie ed argille (subordinati calcari ed evaporiti) del Miocene superiore (R18) e della Formazione Gessoso-Solfifera (R19).

Sono presenti, inoltre, materiali alluvionali e derivanti da soliflussione e dilavamento (Olocene) e detriti di frana (Olocene). L'area di studio è lambita dal Fiume Amato. Per l'analisi della stratigrafia del sondaggio S30 si rimanda al paragrafo 9.4.

9.20 VIABILITÀ PT08

L'area in esame rientra nel Foglio 242 "Catanzaro" della Carta Geologica d'Italia, scala 1: 100.000 (Figura 9-35). Nel settore di interesse affiorano i gessi macrocristallini sabbiosi del miocene superiore (Mg). Sono presenti,

inoltre, materiali alluvionali e derivanti da solifluzione e dilavamento (Olocene) e detriti di frana (Olocene). L'area di studio è lambita dal Fiume Amato. La cartografia geologica del Geoportale Nazionale (Figura 9-36) rileva la presenza, nell'area di progetto, di Arenarie ed argille (subordinati calcari ed evaporiti) del Miocene superiore (R18) e della Formazione Gessoso-Solfifera (R19).

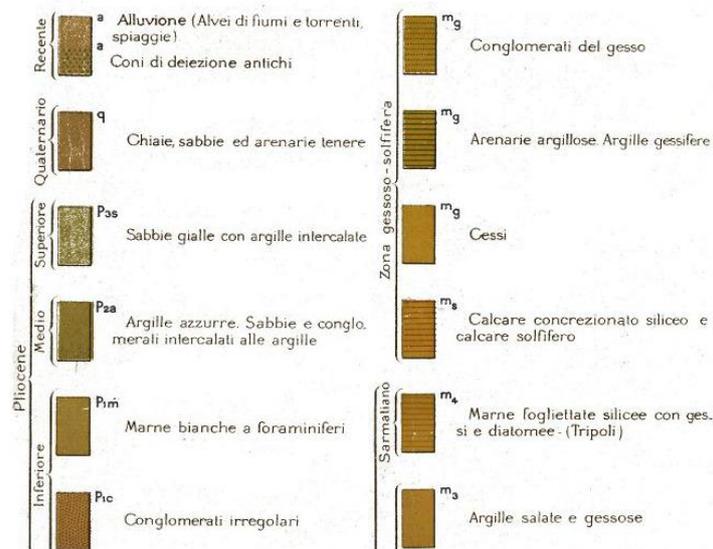


Figura 9-35 – Stralcio (non in scala) del foglio 242 “Catanzaro”.

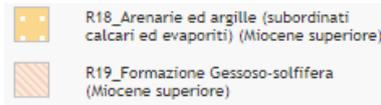
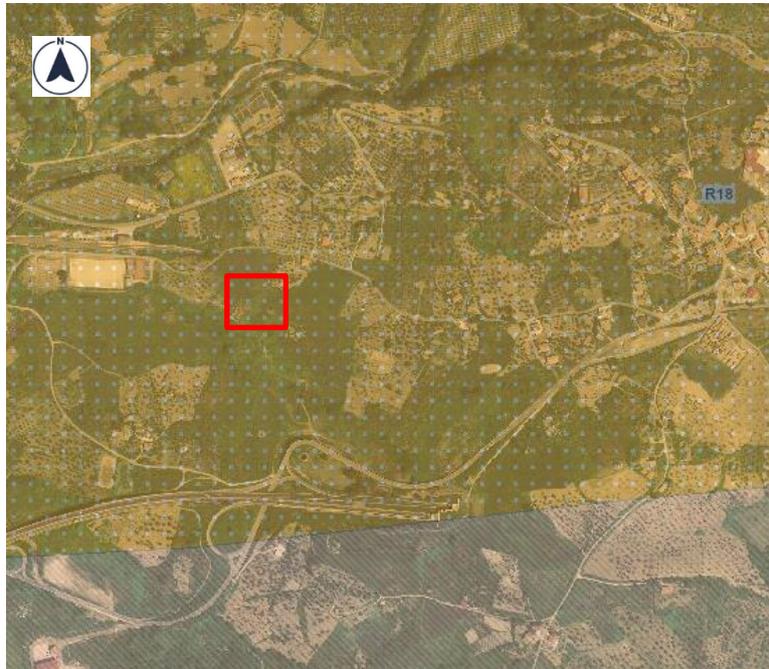


Figura 9-36 - Stralcio (non in scala) della cartografia geologica pubblicata sul Geoportale Nazionale. In rosso l'area di studio.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RCOW	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 92 di 131

10 ANALISI DELLE CRITICITA' DI CARATTERE GEOMORFOLOGICO E IDRAULICO

Per quanto concerne i rischi di natura geologico-geomorfologica e idraulica 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 PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano Stralcio di Bacino per l'assetto idrogeologico (PAI) previsto dal DL 180/'98 (Decreto Sarno) è finalizzato alla valutazione del rischio di frana ed alluvione ai quali la Regione Calabria, per la sua specificità territoriale (730 km di costa), ha aggiunto quello dell'erosione costiera. Il Piano, come sancito dalla legge 11/12/00 n. 365, art. 1bis comma 5, ha valore sovraordinatorio sulla strumentazione urbanistica locale. Il programma regionale sulla difesa del suolo che ha avviato l'iter del PAI, è stato approvato con delibera della Giunta Regionale n. 2984 del 7 luglio 1999, riportando il coordinamento e la redazione all'interno dell'Autorità di Bacino Regionale. Gli atti amministrativi che segnano l'iter di adozione e approvazione del Piano sono:

- Delibera di Giunta Regionale n. 3410 del 26 ottobre 1999, Legge 13.07.1999 n. 226, art. 9 comma 2. Adempimenti;
- Delibera di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 10 del 27 aprile 2001, Proposta di adozione del progetto di Piano Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico con le modalità di cui all'art. 20 della L. 18.05.1989, n. 183 e successive modificazioni;
- Delibera di Giunta Regionale n. 345 del 27 aprile 2001, L. 11.12.2000 n. 365 – art. 1 bis – Adozione del progetto di Piano Stralcio per la tutela del rischio idrogeologico – Provvedimenti;
- Delibera di Comitato Istituzionale dell'Autorità di Bacino Regionale n. 13 del 29 ottobre 2001, DL 180/98 e successive modificazioni ed integrazioni – Adozione Piano di Assetto Idrogeologico (PAI);
- Delibera di Giunta regionale n.900 del 31.10.2001, DL 180/98 e successive modificazioni ed integrazioni – Piano di Assetto Idrogeologico (PAI) – Provvedimenti;

- Delibera di Consiglio Regionale n. 115 del 28.12.2001, DL 180/98 e successive modificazioni. Piano stralcio per l'assetto idrogeologico.

La fase di adozione del Piano ha seguito l'iter previsto dall'art. 1 bis comma 3 L. 365/2000. Le norme di attuazione del Piano constano di n. 30 articoli e sono state elaborate sotto l'assistenza della commissione nominata all'interno del Comitato Tecnico dell'Autorità di Bacino ed allargata alla partecipazione della protezione Civile regionale e degli Uffici ex Genio Civile.

10.1.1 Metodologie e criteri per la valutazione del rischio di frana

In coerenza al disposto del D.L. 180/1998, sono state prese in considerazione le frane già presenti mentre è stata rinviata alla fase successiva all'adozione del PAI l'analisi di quelle di prima generazione. Gli standard di lavoro e le specifiche adottate sono stati elaborati, sulla base delle disposizioni normative vigenti, in modo da pervenire alla definizione, sia pure qualitativa, dei fattori di rischio in maniera che essi risultino univoci, accurati ed uniformi. La definizione dei parametri di valutazione è riferita al Rapporto Unesco di Varnes & Jaeg (1984) rielaborato dal CNR GNDCI (1994) oltre che alle metodologie utilizzate e calibrate in altre Regioni (Prestininzi, 2000). I parametri di rischio sono definiti nel modo seguente:

Intensità: (I)=magnitudo del fenomeno distruttivo espressa in scala relativa od in funzione di grandezze che caratterizzano il fenomeno (velocità, volume, energia, ecc.);

Pericolosità: (H)=probabilità che il fenomeno si verifichi in una data area entro un dato periodo temporale;

Elementi a rischio: (E)=persone, attività economiche, reti, beni ambientali e culturali ubicati in una data area esposta a rischio che possono subire danno;

Valore degli elementi a rischio: (W)= espresso in termini monetari od in unità degli elementi esposti;

Vulnerabilità: (V)=perdita di valore prodotta dal verificarsi di un evento di data pericolosità ed intensità su uno o più elementi esposti;

Danno potenziale: (WI)=perdite potenziali prodotte dal verificarsi di un evento di data intensità. $WL = W(E) V(I,E)$;

Rischio specifico: (Rs) = grado di perdite atteso in conseguenza di un dato evento di nota intensità (I) e con probabilità annua per un dato elemento a rischio (E). $Rs(E,I)=H(I) V(I,E)$;

Rischio totale: (R)=valore atteso del danno (espresso in costo annuo o unità perse per anno) sul complesso degli elementi a rischio in conseguenza di un dato evento: $R(I,E) = H(I) V(I,E) W(E) = Rs (I,E) W(E) = H(I) WL (I,E)$.

L'atto di indirizzo e coordinamento di cui al DPCM 11/09/1998 prevede che gli elementi a rischio da considerare sono in ordine prioritario: l'incolumità delle persone, gli abitati, le aree degli insediamenti produttivi, degli impianti tecnologici di rilievo, le infrastrutture a rete e le vie di comunicazione strategiche, il patrimonio ambientale ed i beni culturali di interesse rilevante, le aree sede dei servizi pubblici e privati, di impianti sportivi e ricreativi, le strutture ricettive e le infrastrutture primarie.

L'ordine di priorità adottato ha consentito la valutazione del rischio di frana per 837 centri abitati della Calabria e di alcuni Comuni della Basilicata e la valutazione della pericolosità per le reti infrastrutturali fondamentali. Alla successiva fase post adozione, sono demandate le valutazioni a carattere preventivo del rischio correlabile alle frane di prima generazione, mediante sperimentazione e standardizzazione della metodologia su aree campione.

Il DPCM 11 settembre 1998 definisce due fasi di sviluppo dell'analisi di rischio che sono state appositamente pianificate per la Regione Calabria in funzione delle priorità e degli obiettivi oltre che della disponibilità degli elementi conoscitivi, dei supporti di base e dei tempi assegnati:

FASE 1 – individuazione delle aree in frana attraverso le informazioni disponibili;

FASE 2 – valutazione dei livelli di rischio e perimetrazione delle aree.

10.1.2 Rischio idraulico

Il PAI prodotto dall'Autorità di Bacino Regionale (ABR) della Calabria si conforma a quanto espresso nell'«Atto di indirizzo e coordinamento», approvato con D.P.C.M. 29/09/98,1 relativo all'adozione, da parte delle Autorità di Bacino e delle Regioni, 2 di Piani Stralcio di bacino per l'Assetto Idrogeologico, che contengano l'individuazione e perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico, e all'adozione in tali aree di misure di salvaguardia.

Nell'Atto suddetto si premette che, visto il carattere emergenziale del D.L. n.180/1998, l'individuazione e perimetrazione sia delle aree a rischio, sia di quelle dove la maggiore vulnerabilità del territorio si lega a maggiori pericoli per le persone, le cose e il patrimonio ambientale, vanno perciò intese come suscettibili di perfezionamento, non solo dal punto di vista delle metodologie di individuazione e perimetrazione, ma anche, conseguentemente, nella stessa scelta sia delle aree collocate nella categoria di prioritaria urgenza, sia delle altre. L'individuazione esaustiva delle possibili situazioni di pericolosità dipendenti dalle condizioni idrogeologiche del territorio può essere realizzata attraverso metodologie complesse, capaci di calcolare la probabilità di accadimento in aree mai interessate in epoca storica da tali fenomeni. Tuttavia, i limiti temporali imposti dalla norma per realizzare la perimetrazione delle aree a rischio consentono, in generale, di poter assumere, quale elemento essenziale per l'individuazione del livello di pericolosità, la localizzazione e la caratterizzazione di eventi avvenuti nel passato riconoscibili o dei quali si ha al momento presente cognizione.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 95 di 131

Per quanto attiene la valutazione del rischio dipendente da tali fenomeni di carattere naturale, si fa riferimento alla sua formulazione ormai consolidata in termini di rischio totale, considerando il prodotto di tre fattori:

- 1) pericolosità o probabilità di accadimento dell'evento calamitoso;
- 2) valore degli elementi a rischio (persone, beni localizzati, patrimonio ambientale);
- 3) vulnerabilità degli elementi a rischio.

Pertanto, la valutazione del rischio è stata conseguita utilizzando: 1) i risultati di modelli idrologico-idraulici, che hanno permesso di individuare le sezioni di esondazione per portate di piena con assegnati tempi di ritorno, usualmente pari a $T=20\div50$, $100\div200$ e $300\div500$ anni; 2) criteri geomorfologici, per tener conto dell'andamento plano-altimetrico degli alvei fluviali e delle evidenze relative ai depositi alluvionali conseguenti a fenomeni di trasporto dei materiali solidi; 3) le informazioni storiche, da cui si è dedotto per i vari eventi alluvionali in quali località si siano verificate le inondazioni; 4) le aerofotogrammetrie, utili per l'osservazione delle tracce di piena.

10.2 NORME DI ATTUAZIONE E MISURE DI SALVAGUARDIA

Parte II, Metodologia del Piano.

Art. 8 (Rischio idrogeologico e di erosione costiera)

1. Il rischio idrogeologico viene definito dall'entità attesa delle perdite di vite umane, feriti, danni a proprietà, interruzione di attività economiche, in conseguenza del verificarsi di frane, inondazioni o erosione costiera.
2. Il Piano individua il rischio laddove nell'ambito delle aree in frana, inondabili, oppure soggette ad erosione costiera, si rileva la presenza di elementi esposti.
3. Gli elementi esposti a rischio sono costituiti dall'insieme delle presenze umane e di tutti i beni mobili e immobili, pubblici e privati, che possono essere interessati e coinvolti dagli eventi di frana, inondazione ed erosione costiera.
4. Nelle finalità del Piano, le situazioni di rischio vengono raggruppate, ai fini delle programmazioni degli interventi, in tre categorie:
 - rischio di frana;
 - rischio d'inondazione;
 - rischio di erosione costiera.
5. Per ciascuna categoria di rischio, in conformità al DPCM 29 settembre 1998, sono definiti quattro livelli:

- **R4** - rischio molto elevato: quando esistono condizioni che determinano la possibilità di perdita di vite umane o lesioni gravi alle persone; danni gravi agli edifici e alle infrastrutture; danni gravi alle attività socioeconomiche;

- **R3** - rischio elevato: quando esiste la possibilità di danni a persone o beni; danni funzionali ad edifici e infrastrutture che ne comportino l'inagibilità; interruzione di attività socioeconomiche;

- **R2** - rischio medio: quando esistono condizioni che determinano la possibilità di danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale senza pregiudizio diretto per l'incolumità delle persone e senza comprometterne l'agibilità e la funzionalità delle attività economiche;

- **R1** - rischio basso: per il quale i danni sociali, economici e al patrimonio ambientale sono limitati.

Art. 9 (Aree pericolose)

1. Nell'attuale stesura del PAI, sono definite aree pericolose quelle porzioni del territorio, corrispondenti ad un congruo intorno dei centri abitati e delle infrastrutture, in cui i dati disponibili indicano condizioni di pericolo, la cui effettiva sussistenza e gravità potrà essere quantificata a seguito di studi, rilievi e indagini di dettaglio. Sono individuate:

- a) aree con pericolo di frana, tracciate in via transitoria sulla base dell'inventario delle frane rilevate, così come definite nelle specifiche tecniche del PAI e localizzate nelle corrispondenti tavole grafiche di cui all'allegato 15.2 e 15.3;
- b) aree di attenzione per pericolo di inondazione, che interessano tutti i tratti dei corsi d'acqua di cui all'articolo 3, comma 4 per i quali non sono stati ancora definiti i livelli di rischio;
- c) aree con pericolo di erosione costiera che interessano i tratti di spiaggia retrostanti la linea di riva per una fascia di m 50.

Art. 10 (Individuazione delle aree a rischio e/o pericolo di frana)

1. Il PAI riporta le situazioni di pericolo e/o di rischio connesse alla presenza di frane, rilevate e cartografate dall'Autorità di Bacino Regionale tramite indagini estese su tutto il territorio di sua competenza e riguardanti i centri abitati censiti alla data del 31 ottobre 2001, le reti infrastrutturali, i beni soggetti a vincoli di legge e gli altri beni esposti di cui al DPCM 29.09.1998.

2. In fase di aggiornamento si procederà all'ulteriore individuazione di aree a rischio di frana non contemplate nella presente prima versione, si procederà inoltre all'elaborazione di specifiche e all'avvio delle attività relative alla

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 97 di 131

valutazione della pericolosità e del rischio relativamente alle frane di prima generazione relative ad aree sperimentali significative per l'intero territorio della Calabria.

3. Nelle aree interessate da fenomeni franosi il PAI disciplina l'uso del territorio sulla base del livello di rischio dei fenomeni rilevati, in relazione alle classi di rischio contrassegnate dalle sigle R4, R3, R2, R1 nell'“Atto di indirizzo e coordinamento per l'individuazione e la perimetrazione delle aree a rischio idrogeologico” (D.P.C.M. 29.09.1998) e nelle specifiche tecniche adottate dalla regione Calabria.

4. Il PAI disciplina l'uso del territorio anche nelle aree in frana non oggetto delle perimetrazioni di cui al comma precedente, se associate ad aree a rischio. Nelle aree in frana, riportate negli elaborati del PAI senza rischio associato gli enti competenti dovranno tenere conto delle normative vigenti, in particolare di quanto previsto dall'art. 13 della Legge 64/74.

Art. 11 (Individuazione delle aree a rischio e/o pericolo d'inondazione)

1. Il presente Piano riporta le situazioni di rischio e/o pericolo d'inondazione stimate dall'Autorità tramite indagini estese su tutto il territorio di sua competenza. Sulla base delle caratteristiche dei fenomeni rilevati o attesi e delle indagini esperite il PAI disciplina l'uso del territorio nelle:

- a) aree perimetrate mediante modellazione analitica con attribuzione delle classi R4, R3, R2 e R1;
- b) aree storicamente inondate e/o localizzate dai Piani di Protezione Civile e riportate nell'Atlante allegato al Piano; aree all'intorno di tratti e punti critici rilevati (riduzioni di 10 sezioni, ostruzioni, rotture d'argine, ecc.) e indicati negli elaborati del PAI come aree di attenzione, linee di attenzione e punti di attenzione.

Art. 12 (Individuazione delle aree a rischio e/o pericolo di erosione costiera)

1. Il PAI riporta le perimetrazioni delle aree a rischio di erosione costiera nei tratti di costa con livelli R3 ed R2 e rappresentate nell' “Atlante dei centri abitati a rischio di erosione costiera” di cui all'allegato 12.2. Il PAI riporta altresì le aree con fenomeni di arretramento della linea di riva per effetto dell'erosione costiera di cui all'allegato 12.1, individuando una fascia di m 50 parallela alla linea di riva, nel suo attuale assetto, alla quale si attribuiscono condizioni di pericolo per erosione costiera.

TITOLO II – NORME SPECIFICHE. Parte I – Assetto geomorfologico

Art. 16 (Disciplina delle aree a rischio R4 e delle aree in frana ad esse associate)

1. Nelle aree a rischio R4 e nelle aree in frana ad esse associate:

- a) sono vietati scavi, riporti e movimenti di terra e tutte le attività che possono esaltare il livello di rischio e/o pericolo;
- b) è vietata ogni forma di nuova edificazione;
- c) non è consentita la realizzazione di collettori fognari, condotte d'acquedotto, gasdotti o oleodotti ed elettrodotti o altre reti di servizio, salvo quando queste si configurano come opere di urbanizzazione primaria a scala comunale e siano ritenute indispensabili per l'interesse pubblico, come sancito da Delibera del Consiglio Comunale;
- d) per le opere già autorizzate e non edificate dovranno essere attivate procedure e interventi finalizzati all'eliminazione dei livelli di rischio e pericolosità esistenti. La documentazione tecnica comprovante gli interventi di riduzione della pericolosità e del rischio sarà trasmessa all'ABR che, in conformità a quanto previsto dall'art. 2, commi 1 e 2, provvederà ad aggiornare la Carta della pericolosità e del rischio;
- e) non sono consentite le operazioni di estirpazione di cespugli, taglio ed estirpazione di ceppaie di piante appartenenti a specie forestali compresa la macchia mediterranea. Debbono altresì essere salvaguardate le piante isolate di interesse forestale o comunque consolidanti, a norma di quanto previsto dal R.D.L. 3267/1923 e successive modificazioni e integrazioni. Inoltre, nelle aree a rischio o con pericolo di frana, si estendono i vincoli o i divieti di cui agli articoli 10 e 11 della legge 21.11.2000, n. 353, qualunque sia la vegetazione percorsa dal fuoco;
- f) l'autorizzazione degli interventi di trasformazione delle aree boscate dovrà tenere conto delle finalità del PAI.

2. Relativamente agli elementi a rischio ricadenti nelle aree R4 e nelle aree in frana ad esse associate sono consentiti:

- a) gli interventi per la mitigazione del rischio di frana e, in genere, tutte le opere di bonifica e sistemazione dei movimenti franosi;
- b) il taglio di piante qualora sia dimostrato che esse concorrano a determinare lo stato di instabilità dei versanti, soprattutto in terreni litoidi e su pareti subverticali;
- c) gli interventi di demolizione senza ricostruzione;
- d) gli interventi strettamente necessari a ridurre la vulnerabilità dei beni esposti e a migliorare la tutela della pubblica incolumità, senza aumenti di superficie e volume e mutamenti di destinazione d'uso che comportino aumento del carico urbanistico;

e) gli interventi di manutenzione ordinaria e straordinaria, così come definiti dall'art. 31, lettere a) e b) della L. 457/1978, senza aumento di superficie e volume;

f) gli interventi necessari per la manutenzione ordinaria e straordinaria relativa alle opere infrastrutturali e alle opere pubbliche o di interesse pubblico;

g) gli interventi volti alla tutela, alla salvaguardia e alla manutenzione degli edifici e dei manufatti vincolati ai sensi della legge 1 giugno 1939 n.1089 e della legge 29 giugno 1939 n. 1497 nonché di quelli di valore storico-culturale così classificati in strumenti di pianificazione urbanistica e territoriale vigenti.

3. I progetti relativi agli interventi di cui al comma 1 lettera c) e al comma 2 lettere a), b), d), f), e g) dovranno essere corredati da un adeguato studio di compatibilità geomorfologica, il quale dimostri che l'intervento in esame è stato progettato rispettando il criterio di non aumentare il livello di rischio ivi registrato e di non precludere la possibilità di eliminare o ridurre le condizioni di rischio, che dovrà ottenere l'approvazione dei competenti servizi regionali, previo parere dell'ABR da esprimersi motivatamente entro sessanta giorni. Per i progetti relativi agli interventi di cui al comma 1 lettera c), lo studio dovrà, inoltre, dimostrare: che non esistono alternative di progetto; che la realizzazione dell'opera è legata ad una effettiva esigenza di pubblico interesse; che i nuovi interventi previsti sono tali da migliorare o comunque non aggravare le condizioni di sicurezza del territorio.

4. Sugli edifici già compromessi nella stabilità strutturale per effetto dei fenomeni di dissesto in atto sono consentiti solo gli interventi di demolizione senza ricostruzione e quelli volti alla tutela della pubblica incolumità.

Art. 18 (Disciplina delle aree a rischio R2, R1 e delle aree in frana ad esse associate)

1. Nelle aree predette:

a) la realizzazione di opere, scavi e riporti di qualsiasi natura deve essere programmata sulla base di opportuni rilievi e indagini geognostiche, di valutazioni della stabilità globale dell'area e delle opere nelle condizioni "ante", "post" e in corso d'opera effettuate da un professionista abilitato;

b) sono consentite le operazioni di estirpazione di cespugli, taglio ed estirpazione di ceppaie di piante appartenenti a specie forestali compresa la macchia mediterranea. Debbono comunque essere salvaguardate le piante isolate di interesse forestale o comunque consolidanti, a norma di quanto previsto dal R.D.L. n. 3267/1923 e successive modificazioni e integrazioni. Inoltre, nelle aree a rischio o con pericolo di frana, si estendono i vincoli o i divieti di cui agli articoli 10 e 11 della legge 21.11.2000 n. 353, qualunque sia la vegetazione percorsa dal fuoco;

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 100 di 131

c) l'autorizzazione degli interventi di trasformazione delle aree boscate dovrà tenere conto delle finalità del PAI.

Art. 19 (Ulteriore disciplina delle aree con pericolo di frana)

1. L'ABR, nel triennio 2002 – 2004, sulla base dei finanziamenti acquisiti ai sensi della L.183/89, provvederà ad effettuare gli studi e le indagini necessari alla classificazione dell'effettiva pericolosità, con perimetrazione delle aree che possono essere interessate anche da frane di prima generazione.
2. I soggetti interessati possono effettuare di loro iniziativa studi volti alla classificazione delle aree definite pericolose. Tali studi saranno presi in considerazione dall'ABR solo se rispondenti ai requisiti minimi stabiliti dal PAI e indicati nelle specifiche tecniche e nelle linee guida predisposte dall'ABR.
3. L'ABR, a seguito di studi eseguiti come ai punti 1 e 2, provvede ad aggiornare la perimetrazione delle aree a pericolo di frana secondo la procedura di cui all'art. 2, commi 1 e 2.

Art. 20 (Verifica locale delle condizioni di pericolo di frana)

1. Sia nella fase di attuazione dei piani urbanistici vigenti, sia in sede di formazione del nuovo PRG o di sue varianti ai sensi delle leggi regionali vigenti, le amministrazioni e gli enti pubblici interessati possono effettuare verifiche e presentare istanza di modifica della perimetrazione, art. 2 commi 1 e 2, delle aree a pericolo di frana molto elevato (R4) ed elevato (R3), in base a più approfondite conoscenze delle condizioni effettive dei fenomeni di dissesto. Tali proposte di rettifica dovranno essere riportate su cartografie di adeguato dettaglio e su specifici rilievi topografici, come indicato nelle specifiche tecniche e nelle linee guida predisposte dall'ABR.
2. L'ABR, sulla base dei propri studi e della documentazione prodotta dai soggetti interessati, provvede, entro 90 giorni dall'acquisizione delle proposte di rettifica, all'eventuale aggiornamento del PAI.
3. Ove i Comuni rilevino situazioni di pericolosità e rischio che non siano già comprese nelle perimetrazioni riportate negli elaborati cartografici del PAI, procedono a delimitare le situazioni di pericolosità e rischio secondo i criteri contenuti nell'Atto di indirizzo e coordinamento emanato con D.P.C.M. 29 settembre 1998 e secondo le specifiche tecniche allegate alle presenti norme, con le modalità indicate nelle linee guida predisposte dall'ABR.
4. I soggetti di cui ai punti 1 e 3 del presente articolo sono invitati a comunicare all'ABR ogni nuova informazione e risultanza di accertamenti, osservazioni e segnalazioni specifiche a seguito delle quali si procederà ad ulteriori verifiche e ad eventuali aggiornamenti delle perimetrazioni.

Parte II – Assetto idraulico

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 101 di 131

Art. 21 (Disciplina delle aree a rischio d'inondazione R4)

1. Nelle aree a rischio R4, così come definite nell'art. 11, il PAI persegue l'obiettivo di garantire condizioni di sicurezza idraulica, assicurando il libero deflusso della piena con tempo di ritorno 20 – 50 anni, nonché il mantenimento e il recupero delle condizioni di equilibrio dinamico dell'alveo.

2. Nelle aree predette sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencate:

- a) interventi di demolizione senza ricostruzione;
- b) interventi sul patrimonio edilizio esistente, di manutenzione ordinaria, straordinaria, restauro e risanamento conservativo, così come definiti dall'articolo 31, lettere a), b) e c) della legge 5 agosto 1978, n. 457, senza aumento di superfici e di volumi;
- c) interventi di adeguamento del patrimonio edilizio esistente per il rispetto delle norme in materia di sicurezza e igiene del lavoro, di abbattimento delle barriere architettoniche, nonché interventi di riparazione di edifici danneggiati da eventi sismici e di miglioramento e adeguamento sismico;
- d) interventi finalizzati alla manutenzione ordinaria e straordinaria delle infrastrutture, delle reti idriche e tecnologiche, delle opere idrauliche esistenti e delle reti viarie;
- e) interventi idraulici volti alla messa in sicurezza delle aree a rischio, previo parere dell'ABR, che non pregiudichino le attuali condizioni di sicurezza a monte e a valle dell'area oggetto dell'intervento;
- f) interventi volti a diminuire il grado di vulnerabilità dei beni e degli edifici esistenti esposti al rischio, senza aumento di superficie e di volume;
- g) ampliamento e ristrutturazione delle opere pubbliche o d'interesse pubblico riferite ai servizi essenziali e non delocalizzabili, nonché la sola realizzazione di nuove infrastrutture lineari o a rete non altrimenti localizzabili, compresi i manufatti funzionalmente connessi, a condizione che non costituiscano ostacolo al libero deflusso, o riduzione dell'attuale capacità d'invaso, previo parere dell'ABR;
- h) le pratiche per la corretta attività agraria, con esclusione di ogni intervento che comporti modifica della morfologia del territorio o che provochi ruscellamento ed erosione;
- i) interventi volti alla bonifica dei siti inquinati, ai recuperi ambientali e in generale alla ricostruzione degli equilibri naturali alterati e all'eliminazione dei fattori d'interferenza antropica;

j) occupazioni temporanee, se non riducono la capacità di portata dell'alveo, realizzate in modo da non recare danno o da risultare di pregiudizio per la pubblica incolumità in caso di piena;

k) interventi di manutenzione idraulica ordinaria, di idraulica forestale, di rinaturazione come definiti nelle linee guida predisposte dall'ABR.

3. Non è richiesto il parere di cui al R.D. 523/1904 rilasciato dall'autorità competente in materia idraulica relativamente agli interventi di cui alle lettere a), b), c), d), h) del precedente comma.

Art. 22 (Disciplina delle aree a rischio di inondazione R3)

1. Nelle aree predette, il PAI persegue l'obiettivo di garantire le condizioni di sicurezza idraulica, mantenendo o aumentando le condizioni d'invaso delle piene con tempo di ritorno di 200 anni, unitamente alla conservazione e al miglioramento delle caratteristiche naturali e ambientali.

2. In tali aree sono vietate tutte le opere e attività di trasformazione dello stato dei luoghi e quelle di carattere urbanistico e edilizio, ad esclusiva eccezione di quelle di seguito elencate:

- a) tutti gli interventi consentiti nelle aree a rischio R4;
- b) gli interventi di cui alla lettera d) dell'art. 31 della L. 457/1978, a condizione che gli stessi non aumentino il livello di rischio e non comportino significativo ostacolo o riduzione dell'attuale capacità d'invaso delle aree stesse senza aumento di superficie e volume;
- c) gli interventi di ampliamento degli edifici esistenti per necessità di adeguamento igienicosanitario;
- d) i depositi temporanei conseguenti e connessi ad attività estrattive autorizzate, da realizzarsi secondo le modalità prescritte dai dispositivi di autorizzazione.

Art. 23 (Disciplina delle aree a rischio di inondazione R2 e R1)

1. Nelle aree a rischio R2 e R1 non è consentita la realizzazione di locali sotterranei e/o seminterrati ad uso abitativo e commerciale.

Art. 24 (Disciplina delle aree d'attenzione per pericolo d'inondazione)

1. L'ABR, nel triennio 2002-2004, sulla base dei finanziamenti acquisiti ai sensi della L.183/89, provvede ad effettuare gli studi e le indagini necessarie alla classificazione dell'effettiva pericolosità e alla perimetrazione delle aree di cui all'art. 11.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 103 di 131

2. I soggetti interessati possono effettuare di loro iniziativa studi volti alla classificazione della pericolosità delle aree d'attenzione di cui all'art. 9 comma b. Tali studi verranno presi in considerazione dall'ABR solo se rispondenti ai requisiti minimi stabiliti dal PAI e indicati nelle specifiche tecniche e nelle linee guida predisposte dall'ABR.

3. L'ABR, a seguito degli studi eseguiti come ai commi 1 o 2, provvede ad aggiornare la perimetrazione di tali aree secondo la procedura di cui all'art. 2 comma 2.

4. Nelle aree di attenzione, in mancanza di studi di dettaglio come indicato ai commi 1 e 2 del presente articolo, ai fini della tutela preventiva, valgono le stesse prescrizioni vigenti per le aree a rischio R4.

Art. 25 (Verifica locale delle condizioni di pericolo d'inondazione)

1. Sia nella fase di attuazione dei piani urbanistici vigenti, sia in sede di formazione del nuovo PRG o di sue varianti ai sensi della DGR 2649/99, le amministrazioni e gli enti pubblici interessati possono effettuare verifiche e presentare istanza di modifica della perimetrazione delle aree a rischio d'inondazione molto elevato (R4) ed elevato (R3), in base a più specifiche conoscenze sulle condizioni effettive dei fenomeni di inondazione. Tali proposte di rettifica dovranno essere riportate su cartografie di adeguato dettaglio e su specifici rilievi topografici, come indicato nelle specifiche tecniche e nelle linee guida predisposte dall'ABR.

2. Ove i Comuni rilevino situazioni di pericolosità e rischio che non siano già comprese nelle perimetrazioni riportate negli elaborati cartografici del PAI, procedono a delimitare le situazioni di pericolosità e rischio secondo i criteri contenuti nell'Atto di indirizzo e coordinamento emanato con D.P.C.M. 29 settembre 1998 e secondo le specifiche tecniche allegate alle presenti norme, con le modalità indicate nelle linee guida predisposte dall'ABR.

3. L'ABR, entro 90 giorni dall'acquisizione delle proposte di modifica di cui al precedente comma 1, sulla base dei propri studi e della documentazione prodotta dai soggetti interessati, provvede alla verifica e all'eventuale accettazione dell'istanza di modifica e, successivamente, all'aggiornamento del PAI secondo quanto previsto dall'art. 2 commi 1 e 2.

4. I soggetti di cui ai punti 1 e 2 del presente articolo sono invitati a comunicare all'ABR ogni nuova informazione e risultanza di accertamenti, osservazioni e segnalazioni specifiche a seguito delle quali si procederà ad ulteriori verifiche e ad eventuali aggiornamenti delle perimetrazioni.

5. Per l'area urbana di Crotona valgono le perimetrazioni e relative misure di salvaguardia assunte ai sensi dell'OM n. 97/K del 30/04/1998, intendendosi che le "zone ad alto rischio di inondazione" sono classificate R4, le "zone a moderato rischio di inondazione" sono classificate R3 e le "zone a limitato rischio di inondazione" sono classificate

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 104 di 131

R2. La presente norma vige fino alla data di completamento delle opere idrauliche in corso di realizzazione relativamente al fiume Esaro e al torrente Passovecchio.

Art. 26 (Verifica di compatibilità dei progetti)

L'ABR definisce, entro novanta giorni dall'approvazione del PAI, con proprie direttive: i tempi di ritorno delle portate di piena per il dimensionamento o la verifica delle diverse opere ed i franchi da assumere per i rilevati arginali e per le opere di contenimento e di attraversamento. Nelle more di emanazione delle direttive vigono le norme preesistenti all'approvazione del PAI. Nella progettazione delle opere di difesa idraulica, delle opere di consolidamento dei versanti e delle infrastrutture interferenti con i corsi d'acqua, salvo i casi espressamente previsti da altre norme di legge, le Amministrazioni competenti all'approvazione o al rilascio di nulla osta sono tenute a rispettare la direttiva di cui al precedente comma e a trasmettere, per conoscenza, la relativa documentazione che includa il progetto all'ABR. Le stesse Amministrazioni possono applicare deroghe in relazione a particolari situazioni collegate sia a specifiche modalità di uso del territorio e relativi insediamenti, sia alle caratteristiche idrologiche dei corsi d'acqua, esplicitando le motivazioni delle scelte compiute e indicando gli effetti sulle opere progettate e sul livello di rischio per il territorio. Ogni variazione rispetto ai valori definiti nella direttiva di cui al precedente comma 1, viene comunicata per l'approvazione dall'Amministrazione competente all'ABR che provvede, se del caso, a validare i dati ed eventualmente ad aggiornare le tabelle di riferimento.

10.3 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.

10.3.1 Pericolosità da frana

Per quanto riguarda la pericolosità da fenomeni franosi nelle aree interessate dal passaggio della linea Ionica, è stata consultata la cartografia resa disponibile dal PAI della Regione Calabria, la quale comprende, sia la cartografia della pericolosità da frana, elaborata a partire dall'inventario dei fenomeni franosi pubblicato per il progetto IFFI. Le aree sono state, come anticipato, verificate tramite il Geoportale Nazionale, portale che unifica la cartografia tematica relativamente a tutto il territorio nazionale.

10.3.1.1 Tratto da Catanzaro Lido a Settingiano

Nella tratta compresa tra il lido di Catanzaro, sulla costa Jonica, e l'abitato di Settingiano si individuano, due zone ove sono presenti aree classificate a pericolosità da frana, una presso Catanzaro Lido (evidenziata in azzurro in Figura 10-1), ed una presso Settingiano (evidenziata in verde in Figura 10-1).

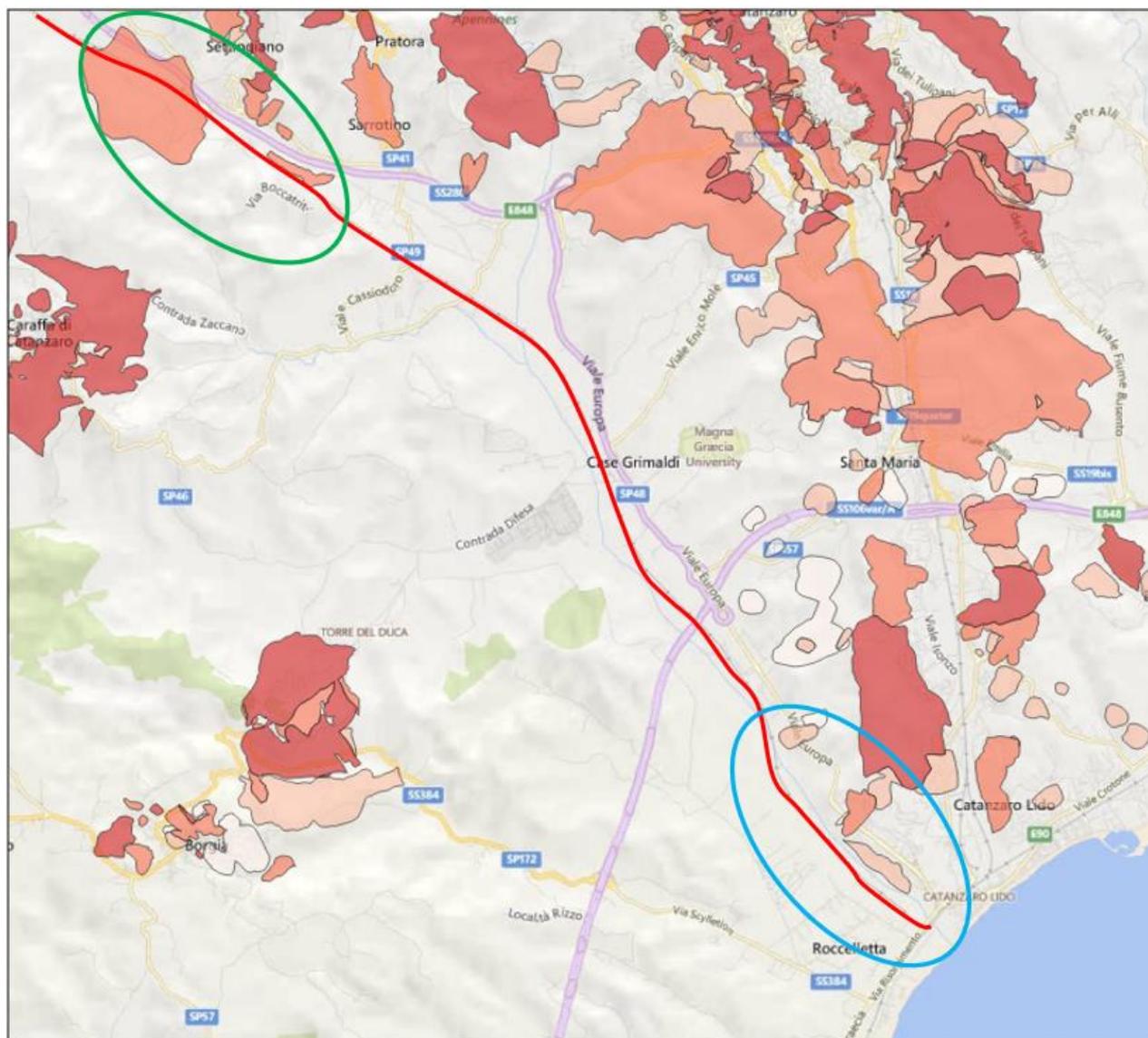


Figura 10-1 – Carta della pericolosità geomorfologica della Regione Calabria (2016). Tratta Catanzaro Lido-Settingiano. In rosso la linea ferroviaria.

Nel primo tratto, sono presenti aree a pericolosità da media (P2) ad elevata (P3), corrispondenti ad aree soggette a frane superficiali diffuse di ridotta estensione, localizzate lungo l'alveo del Fiume Corace a circa 230 m dalla linea ferroviaria (Figura 10-2, Figura 10-3). Vista la limitata altezza dei versanti coinvolti e la distanza della linea, nonché la presenza tra i due elementi del Fiume Corace, si ritiene che i fenomeni cartografati non possano coinvolgere le opere in progetto.

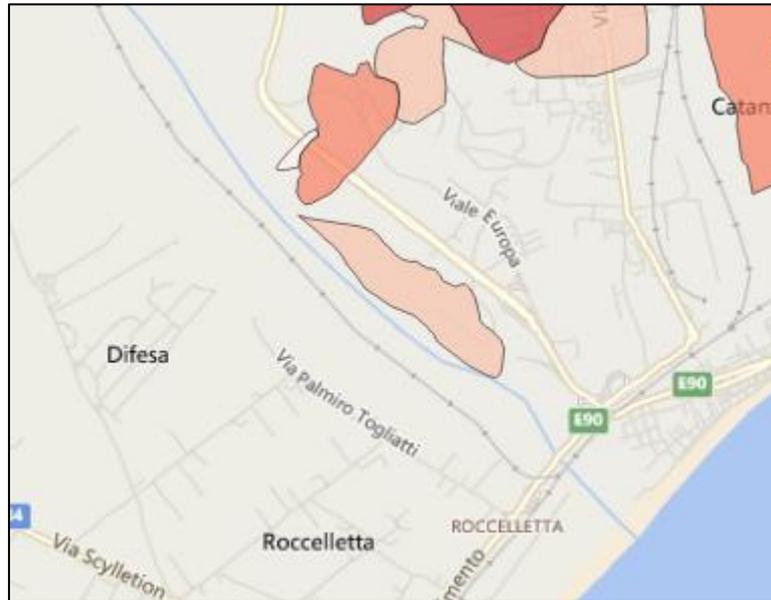


Figura 10-2 – Aree a pericolosità da frana in prossimità di Catanzaro Lido



Figura 10-3 – Vista tridimensionale del versante in erosione classificato a pericolosità media e area di versante a pericolosità elevata presso Catanzaro Lido.

In prossimità di Settingiano si individua una seconda area nella quale la linea ferroviaria attraversa aree classificate a pericolosità elevata (P3).

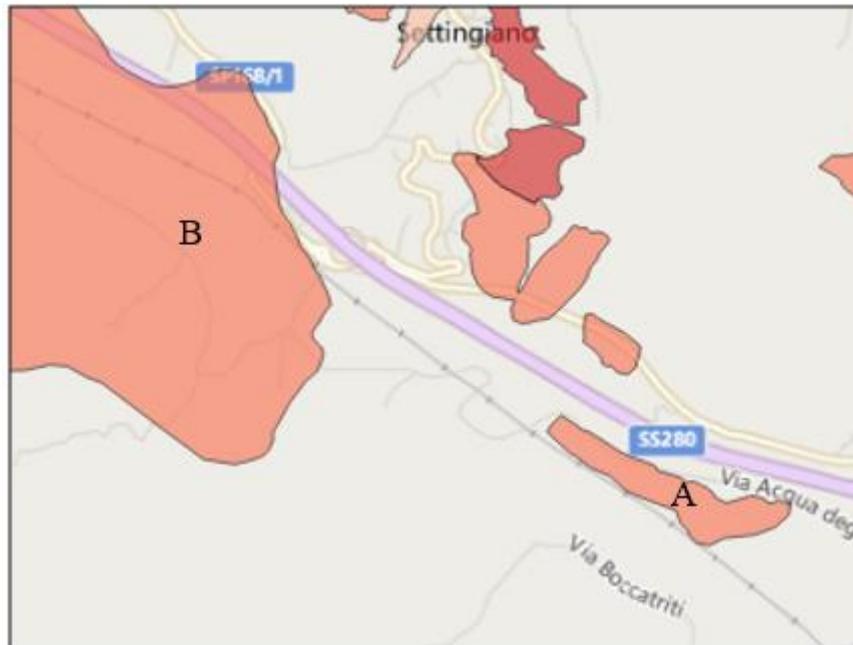


Figura 10-4 – Aree a pericolosità geomorfologica in prossimità di Settingiano

La prima corre lungo la linea ferroviaria per una lunghezza di circa 800 metri (A in Figura 10-4), tuttavia essa è relativa ad un rilievo ove la linea ferroviaria corre interamente in galleria, dunque non si ritiene che essa possa costituire una criticità per le opere in progetto.

La seconda ha un'estensione notevolmente superiore, (circa 1700x1200 metri), e costituisce un'area a franosità diffusa quiescente che interseca la linea ferroviaria per una lunghezza di circa 1300 metri (B in Figura 10-4). Il versante coinvolto ha un dislivello di circa 110 metri, è adibito per la gran parte alla coltivazione di olivi, mentre non risulta urbanizzato. Esso presenta blande pendenze, tuttavia con diffuse contropendenze indice di possibili movimenti superficiali (Figura 10-6, Figura 10-8, Figura 10-9). I movimenti risultavano nettamente più evidenti nel 2010, come mostrato in Figura 10-7

Riguardo le formazioni gessoso-solfifere mioceniche (introdotte e descritte al paragrafo 4.3), incontrate lungo il tracciato nel comune di Marcellinara, esse risultano problematiche in presenza di acqua. Nel corso del tempo, queste litologie possono andare incontro a fenomeni di dissoluzione del gesso, creando depressioni naturali come doline o cavità sotterranee secondo un processo "carsico" analogo a quello su rocce carbonatiche. Sia da sopralluogo che da 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 (Figura 10-10, Figura 10-11, Figura 10-12, Figura 10-13).



Figura 10-5 – Vista tridimensionale del versante classificato a pericolosità elevata (P3) presso Settingiano. È visibile l'imbocco della galleria ferroviaria.

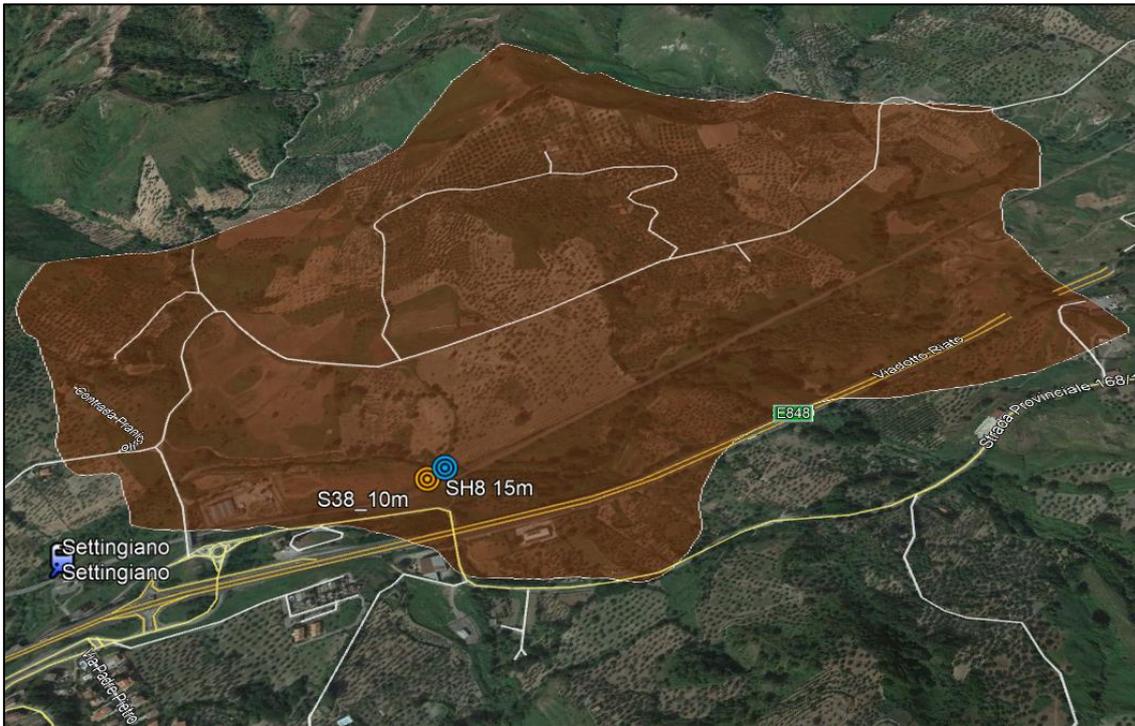


Figura 10-6 – Vista tridimensionale del versante classificato a pericolosità elevata (P3) presso Settingiano.



Figura 10-7 – 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).



Figura 10-8 – Vista dalla zona centrale del versante classificato a pericolosità P3, in direzione della linea ferroviaria (visibile l'imbocco della galleria).



Figura 10-9 – Vista dalla zona centrale del versante classificato a pericolosità P3, verso monte.



Figura 10-10 – Area lungo linea nel comune di Marcellinara. L'immagine mostra i numerosi frammenti di gesso macrocristallino, con dimensione da sub centimetrica a centimetrica, presenti nel terreno.



Figura 10-11 - Dolina con acqua sul fondo nei pressi del tracciato.



Figura 10-12 - Dolina, probabilmente con inghiottitoio, in cui è stata realizzata un'opera di protezione.



Figura 10-13- Alcune doline, nel corso degli anni sono state riempite di materiale antropico, ad oggi risultano vegetate e non distinguibili dal territorio circostante.

10.3.1.2 Tratto da Settingiano a Feroletto

Le aree a pericolosità geomorfologica si concentrano sempre nell'area di Marcellinara, presso la cosiddetta "sella di Marcellinara". In quest'area il tracciato infatti si immette nella valle del Fiume Amato, caratterizzata da instabilità diffusa lungo i versanti principalmente dominati dalle argilliti della formazione gessoso solfifera e dalle argille plioceniche azzurre. In Figura 10-14 si individuano in particolare due aree ove la linea interseca versanti classificati a pericolosità geomorfologica. Una prima area è localizzata in prossimità di Marcellinara (evidenziata in azzurro in Figura 10-14), ed una seconda area evidenziata in verde, in prossimità della località Quote Barile.

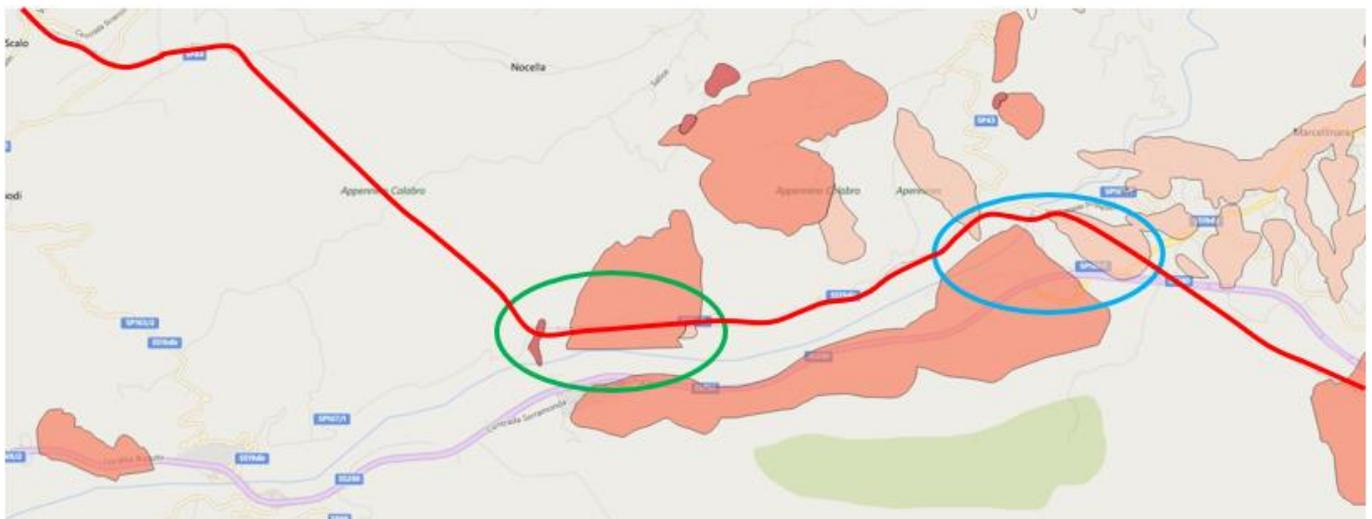


Figura 10-14 - Carta della pericolosità geomorfologica della Regione Calabria (2016). Tratta Settingiano - Feroletto. In rosso la linea ferroviaria.

In prossimità di Marcellinara la linea interseca una prima area (in Figura 10-15 area A) classificata a pericolosità media (P2), e corrispondente ad uno scorrimento quiescente. Tale elemento, oltre che per lo stato quiescente che lo caratterizza, risulta poco significativo per le opere in progetto, poiché in quest'area la linea risulta in galleria. L'area classificata a pericolosità elevata (P3) riportata sempre in Figura 10-15 (B), corrisponde ad una zona a franosità diffusa attiva, visibile in Figura 10-16. Tale area non interseca direttamente la ferrovia, è localizzata poco a monte lungo un versante di circa 1 km di larghezza e circa 100 m di dislivello. Il versante, attraversato dalla strada statale 280, degrada presso il fondovalle del Fiume Amato in un'area pseudo-pianeggiante che lo separa dalla linea ferroviaria. Sulla base di tale caratteristica si ritiene poco probabile un'interazione dell'area pericolosa con le opere in progetto lungo la linea ferroviaria.

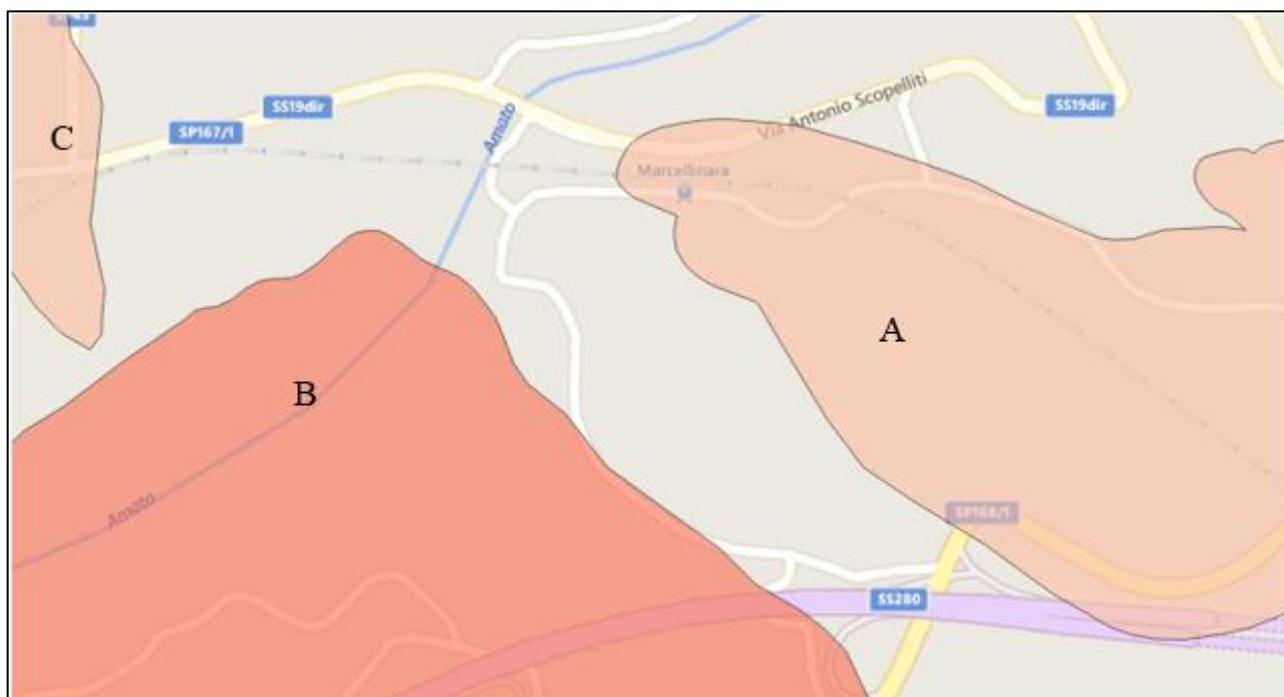


Figura 10-15 - Aree a pericolosità geomorfologica in prossimità di Marcellinara



Figura 10-16 - Vista tridimensionale del versante classificato a pericolosità elevata (P3) presso Marcellinara (B). In rosso la linea ferroviaria

Una terza area (C in Figura 10-15) interseca la linea ferroviaria ed è caratterizzata da pericolosità media (P2). Tale area corrisponde all'impluvio formato dal Fosso Sughero attraversato dalla linea stessa nella sua porzione terminale. Tale elemento potrebbe essere fonte di criticità in caso di trasporto solido lungo il torrente.

L'ultima area potenzialmente interessata da movimenti di versante è presso la località Quote Barile (Figura 10-17). La linea interseca un versante a pericolosità elevata (P3) per una lunghezza di circa 1 km ed un dislivello di circa 100 m su uno sviluppo di 2500 m (A in Figura 7-1). Essa corrisponde ad un'area a franosità superficiale attiva.



Figura 10-17 - Aree a pericolosità geomorfologica in prossimità di Quote Barile

Il versante è visibile con maggior dettaglio in Figura 10-18 su immagine aerea ed in Figura 10-20. Come è possibile osservare, esso risulta caratterizzato da una pendenza piuttosto elevata (Figura 10-22) ed è solcato da profonde incisioni caratterizzate da erosione attiva (Figura 10-21). Nel 2010 esso è stato soggetto a diffusi fenomeni gravitativi, come visibile in Figura 10-19, attualmente mascherati dalla vegetazione arbustiva.

Lo stato di attività dei fenomeni di versante cartografati non è al momento noto, ad ogni modo, vista la breve distanza dalla linea ferroviaria e le caratteristiche sopracitate non si esclude un possibile coinvolgimento delle opere in progetto in caso di movimenti gravitativi.

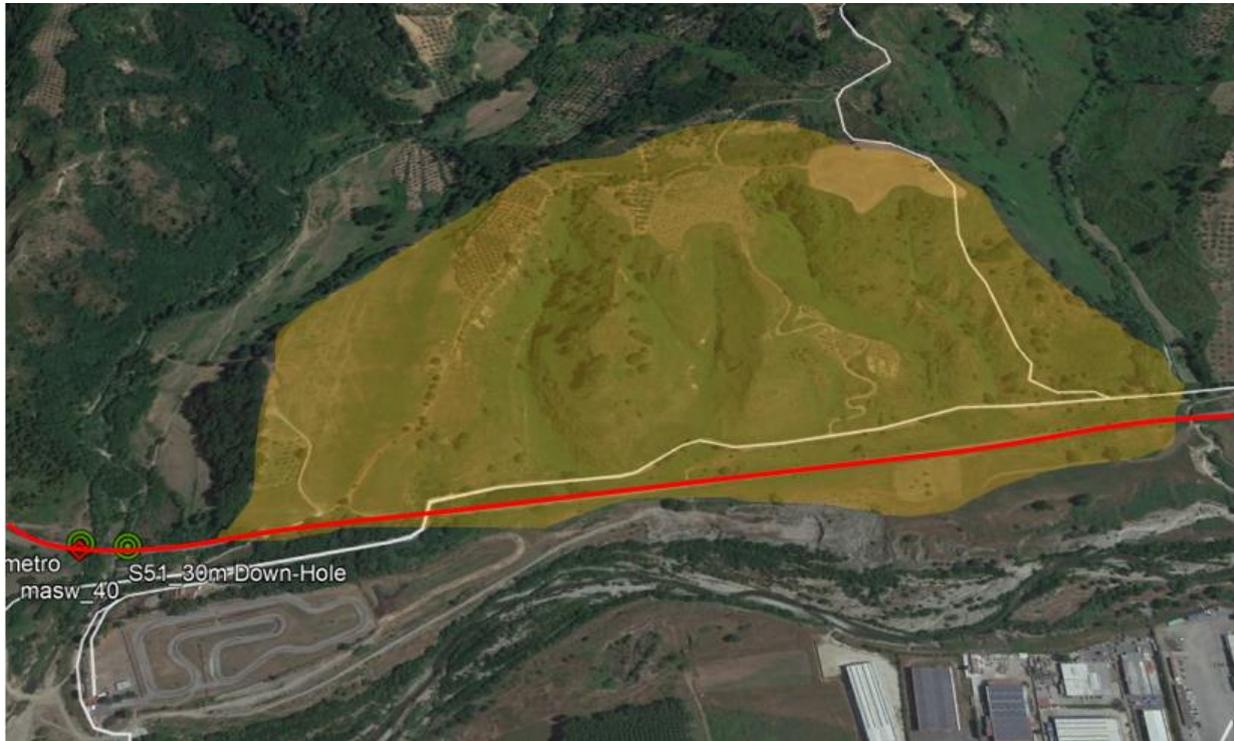


Figura 10-18 - Vista tridimensionale del versante classificato a pericolosità elevata (P3) presso la località Quote Barile. In rosso la linea ferroviaria.

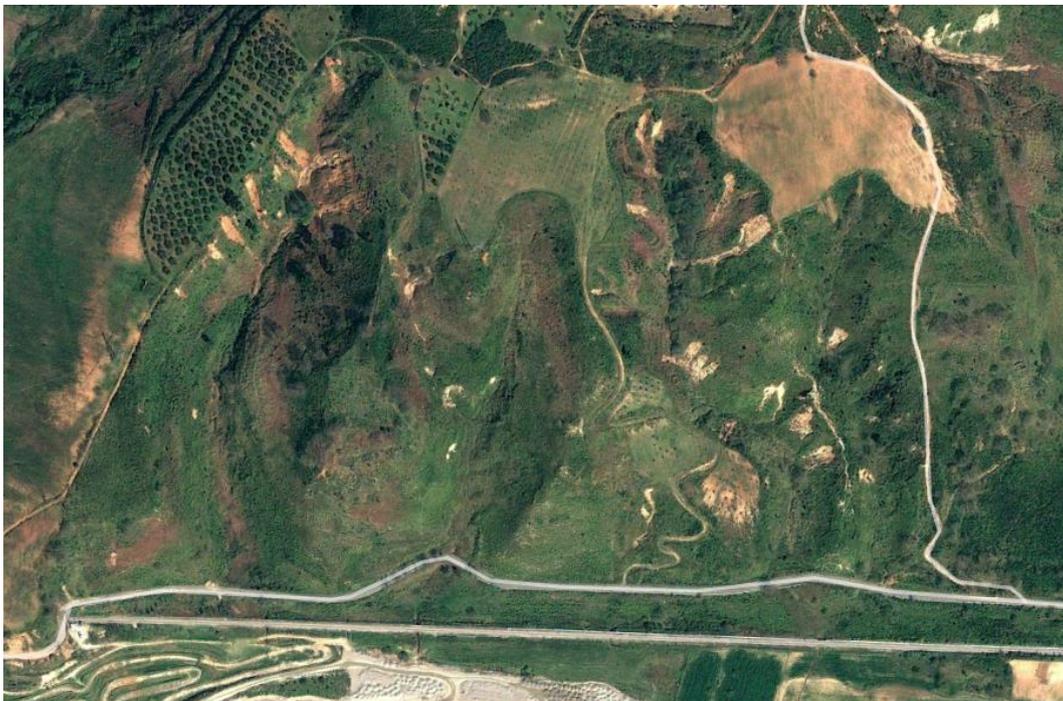


Figura 10-19 - Vista aerea del 2010, nella quale sono evidenti i corpi di frane superficiali



Figura 10-20 - Vista complessiva da valle del versante classificato a pericolosità elevata (P3) presso la località Quote Barile.



Figura 10-21 – Incisione lungo il versante Figura 10-22 – Vista del versante dalla strada che corre alla base parallelamente alla linea ferroviaria (visibile a sinistra)

L'area B in Figura 10-17, ovvero l'area di attraversamento del Torrente Canello, è classificata a pericolosità molto elevata (P4). Anche tale area infatti mostra i segni di danneggiamento dovuti agli eventi calamitosi avvenuti tra il 2009 ed il 2010 (Figura 10-23). L'immagine della stessa area riferita al 2019 mostra come la maggior parte delle aree in erosione siano attualmente vegetate e poco visibili. Non si hanno informazioni riguardo allo stato di attività di eventuali fenomeni gravitativi che potrebbero interessare la linea. Ad ogni modo non si può escludere, anche in questo caso, un possibile coinvolgimento delle opere in progetto.



Figura 10-23 – Confronto tra l'immagine del 2010 dell'intersezione tra la linea ferroviaria e la vallecola del Torrente Cancellone e l'immagine del 2019. Sono evidenti, nel primo caso, le aree in erosione attiva lungo i versanti.



Figura 10-24 – Immagine complessiva del 2010 dei fenomeni franosi lungo la valle del Torrente Cancellone. In rosso la linea ferroviaria oggetto di studio.

10.3.1.3 Tratta da Feroletto a Lamezia

La tratta da Feroletto sino a Lamezia Terme risulta sostanzialmente impostata in territorio dalle morfologie dolci e semipianeggianti, su depositi per lo più alluvionali e di conoide. Per tale motivo si individuano pochi elementi di criticità che tendenzialmente non interferiscono con le opere in progetto. La cartografia PAI riporta la presenza di un'area di modeste dimensioni a pericolosità elevata (P3) in prossimità della linea lungo la tratta che lambisce il versante meridionale del massiccio silano, vicino Nicastro. Lungo tale pendio infatti 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 colluviali potenzialmente instabili.

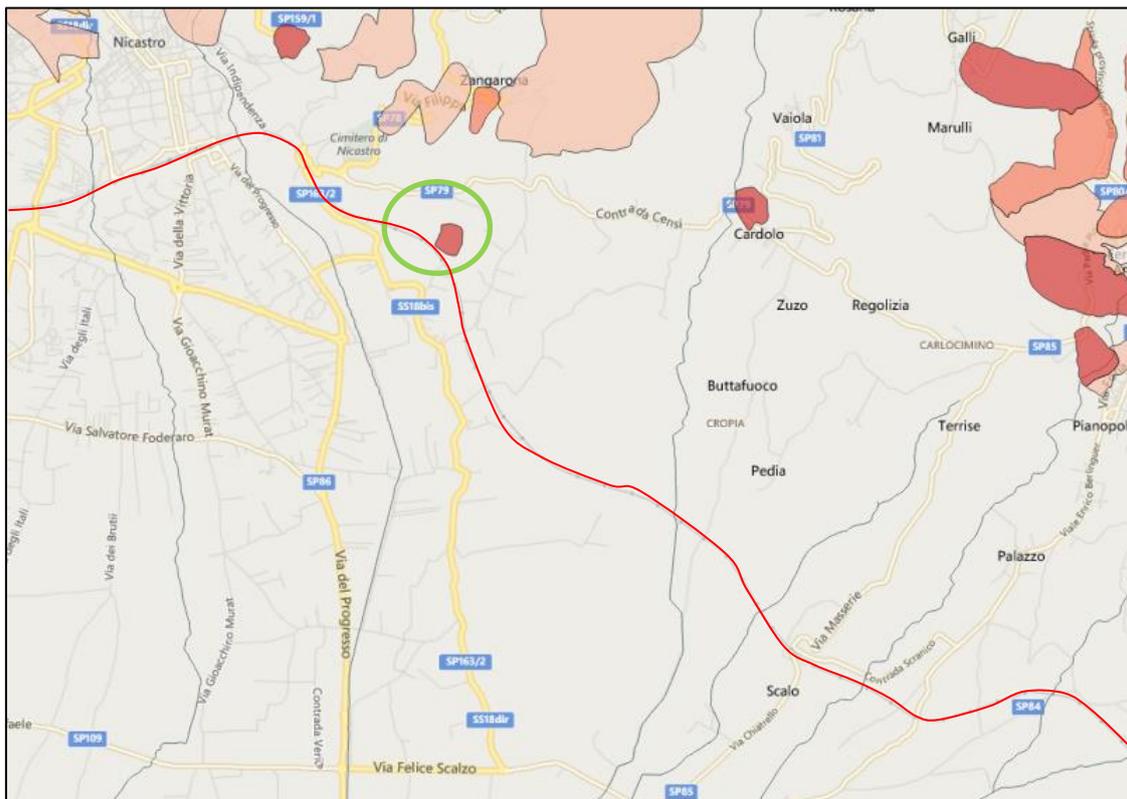


Figura 10-25 - Carta della pericolosità geomorfologica della Regione Calabria (2016). Tratta Feroletto-Lamezia Terme. In rosso la linea ferroviaria.



Figura 10-26 - Stralcio della cartografia della pericolosità geomorfologica del PAI (2016) relativa all'area presso Nicastro.



Figura 10-27 - piccolo colamento dovuto al ruscellamento delle acque superficiali, nei pressi del Cimitero di Nicastro.

10.3.2 Analisi della cartografia della pericolosità geomorfologica per ciascuna area di progetto delle SSE

Si analizza nel presente paragrafo, per ciascuna delle aree di progetto, l'eventuale interferenza con aree classificate dal PAI a pericolosità geomorfologica.

10.3.2.1 Area di Catanzaro Lido

L'area di progetto di Catanzaro Lido non risulta in prossimità di aree a pericolosità geomorfologica. L'area a pericolosità P2 visibile in Figura 10-28 è ubicata ad oltre 700 m di distanza dall'area di progetto.

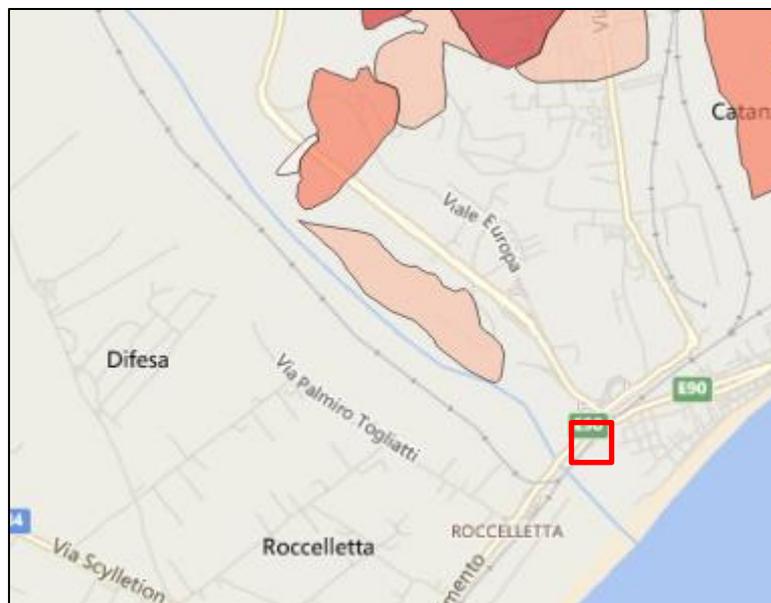


Figura 10-28 – Aree a pericolosità da frana in prossimità di Catanzaro Lido

10.3.2.2 Area di Catanzaro-Difesa

L'area di progetto di Catanzaro Lido non risulta in prossimità di aree a pericolosità geomorfologica. Le aree a pericolosità visibili in Figura 10-29 sono ubicate ad oltre 3 km di distanza dall'area di progetto



Figura 10-29 - Aree a pericolosità da frana in prossimità di Catanzaro Lido

10.3.2.3 Area di Settingiano

L'area di Settingiano, visibile in Figura 10-30, risulta collocata all'esterno dell'area a pericolosità elevata (P3) già descritta nel paragrafo 10.3.1.1, costituita da una zona di frana complessa.

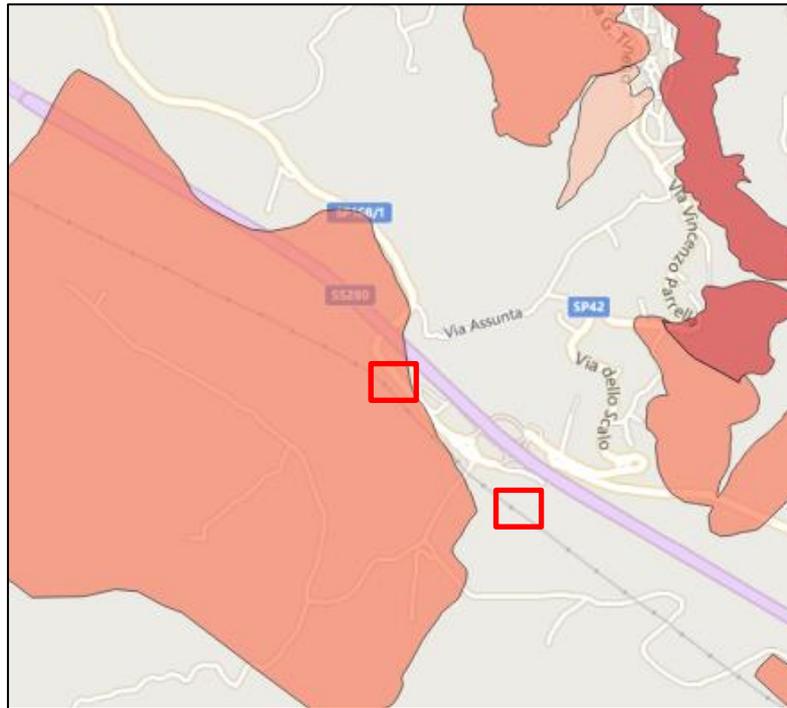


Figura 10-30 – Stralcio della cartografia PAI della pericolosità geomorfologica (2016) per l'area di approfondimento di Settingiano.

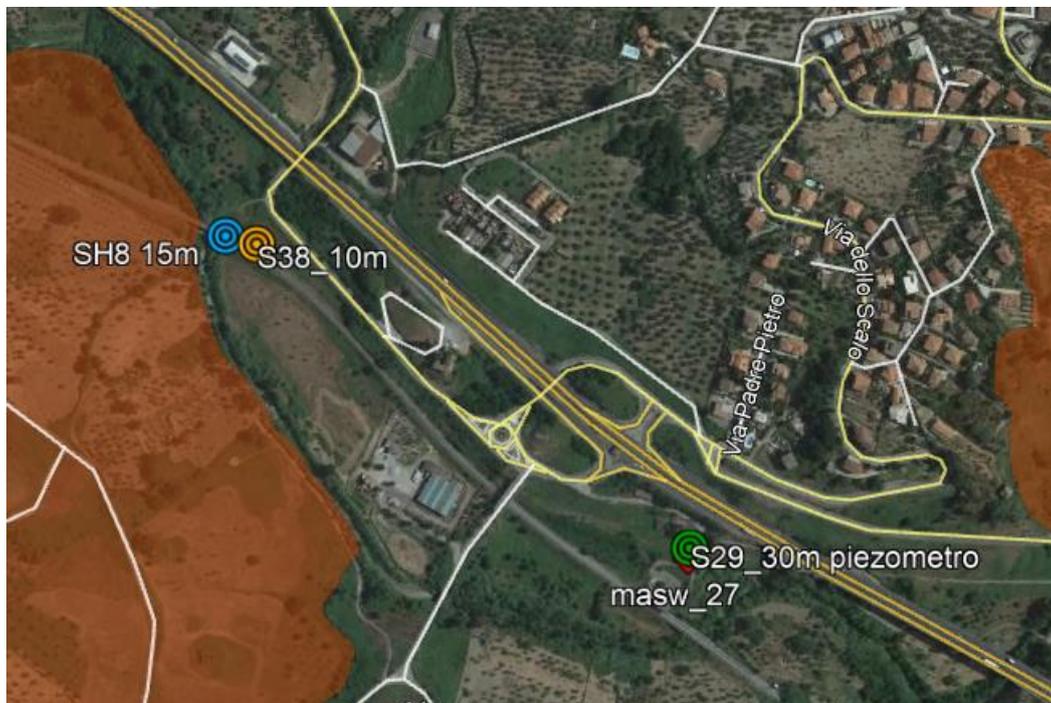


Figura 10-31 – Vista aerea delle aree di progetto con relative indagini eseguite e delimitazione dell'area a pericolosità geomorfologica PAI



Figura 10-32 – Vista dell’area di progetto in direzione SE

10.3.2.4 Area di Marcellinara

L’area di progetto della SSE presso la stazione di Marcellinara risulta localizzata alla base di un corpo di frana di scorrimento quiescente classificato dal PAI a pericolosità media (Figura 10-33). L’area cartografata in frana è una vallecola percorsa da elementi idrografici scarsamente organizzati, come visibile in Figura 10-35. Dall’analisi delle immagini aeree attuali e storiche attualmente non sono visibili particolari morfologie che lascino presupporre una riattivazione del movimento.

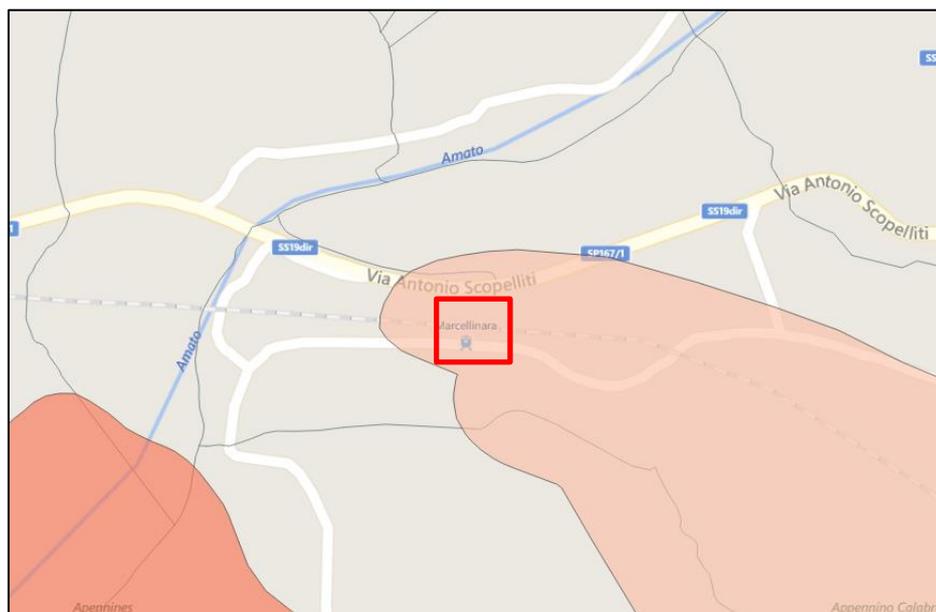


Figura 10-33 - Stralcio della cartografia PAI della pericolosità geomorfologica (2016) per l’area di approfondimento di Marcellinara



Figura 10-34 – Immagine aerea tridimensionale dell’area cartografata in frana quiescente a monte della stazione di Marcellinara.



Figura 10-35 – Reticolo idrico scarsamente organizzato.

10.3.2.5 Area di Massaro

L'area di Massaro, visibile in Figura 10-36, è collocata a valle dell'ampia zona a franosità diffusa già descritta nel paragrafo 10.3.1.2 (B). L'area risulta collocata sulla sponda opposta del Fiume Amato, ed è separato dal versante stesso da un'ampia fascia pianeggiante di circa 400 metri di larghezza. Non si ritiene in questo caso che il fenomeno cartografato possa interferire con l'area, vista la presenza di tale fascia lungo la quale scorre il Fiume Amato ed è presente un'area di cava attiva.

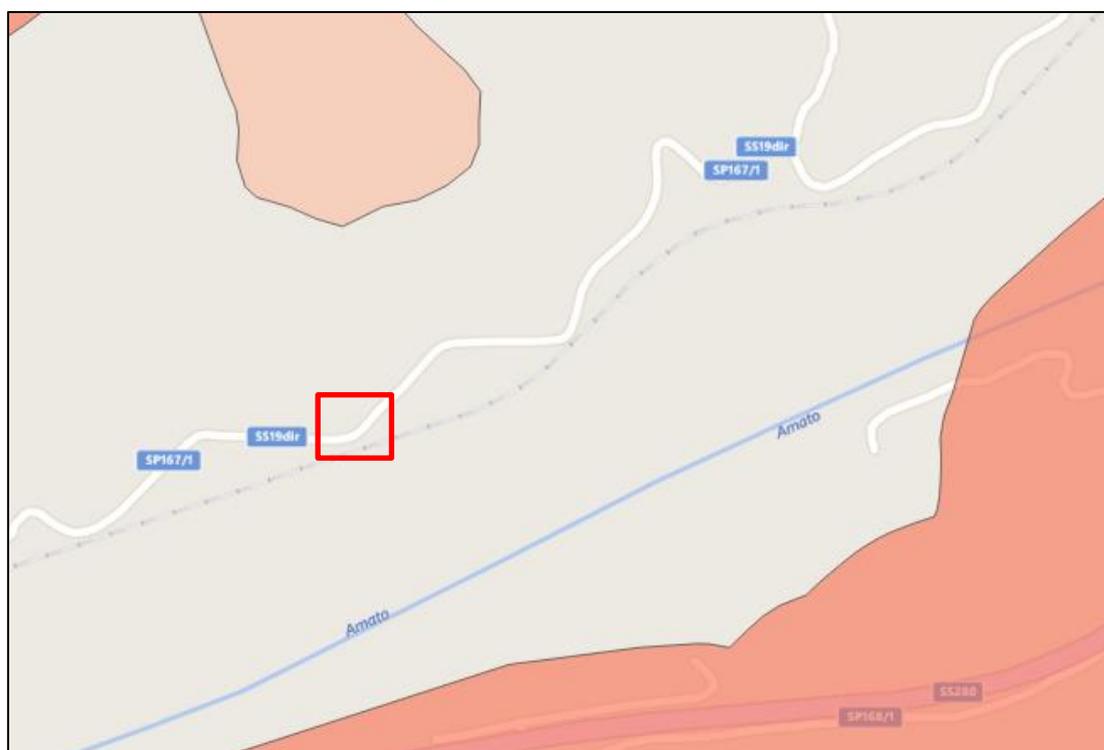


Figura 10-36 - Stralcio della cartografia PAI della pericolosità geomorfologica (2016) per l'area di approfondimento di Massaro

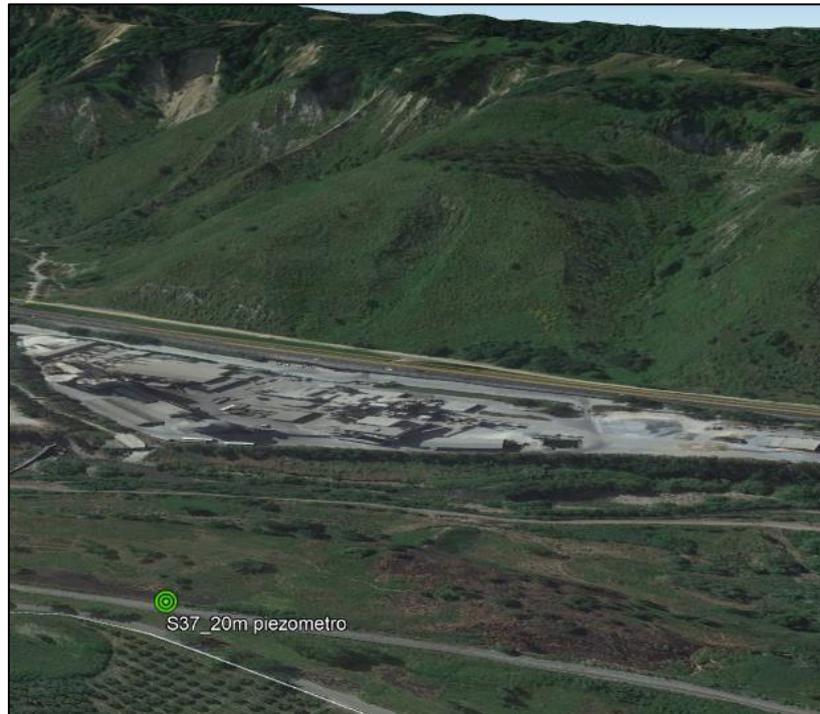


Figura 10-37 – Vista tridimensionale dell’area di approfondimento con relativo sondaggio eseguito in direzione del versante classificato a pericolosità P3.

10.3.2.6 Area di Quote Barile

Per quanto riguarda quest’area, come già riportato nel paragrafo 10.3.1.2., essa risulta interessata dalla presenza di estesi fenomeni di instabilità che caratterizzano il versante destro della valle del Fiume Amato e la valle del torrente Cannello. Si rimanda al paragrafo 10.3.1.2. per un’analisi delle evidenze dei fenomeni.

10.3.2.7 Aree di Feroletto-Pianopoli

Le aree di progetto di Feroletto e Pianopoli non risultano prossime a fenomeni di instabilità cartografati.

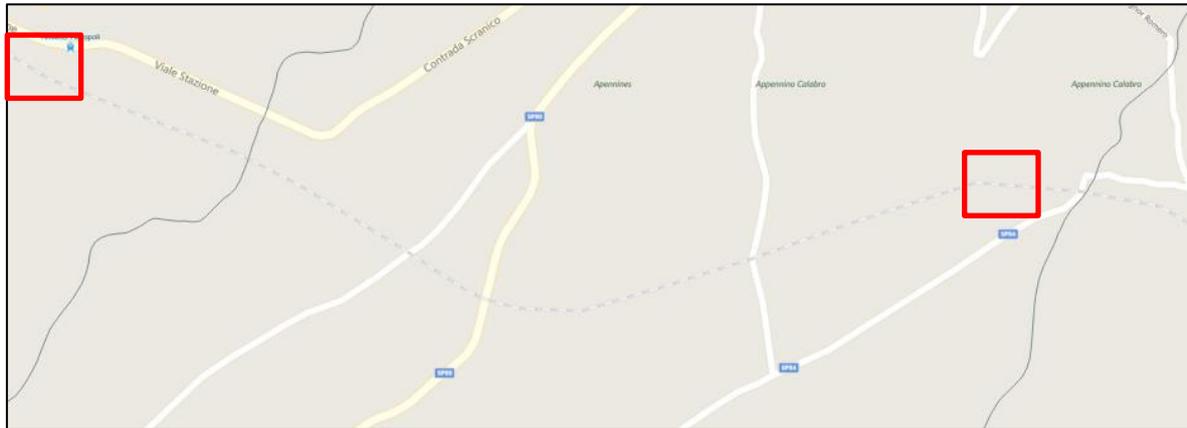


Figura 10-38 – Stralcio della cartografia PAI della pericolosità geomorfologica (2016) per l'area di progetto di Feroletto-Pianopoli

10.3.2.8 Area di Contrada Gabella-Cardolo

Le aree di progetto di Contrada Gabella Cardolo non risultano prossime a fenomeni di instabilità cartografati.

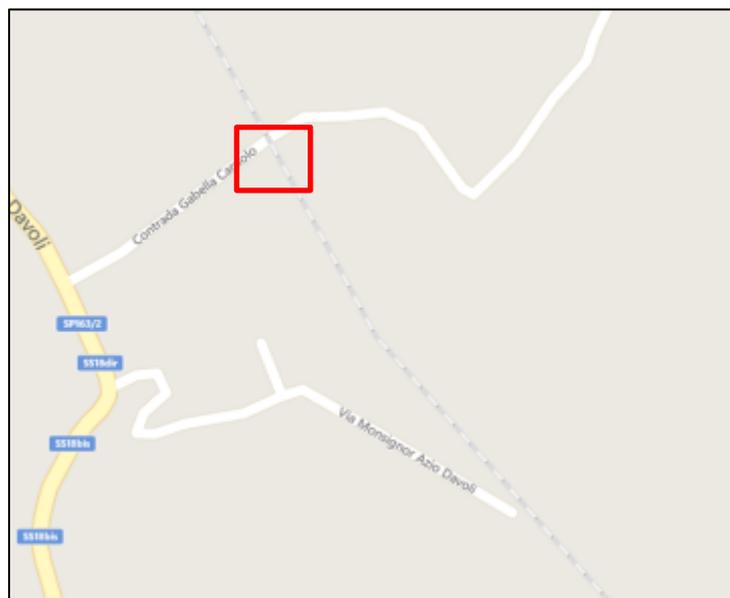


Figura 10-39 - Stralcio della cartografia PAI della pericolosità geomorfologica (2016) per l'area di progetto di Gabella-Cardolo

10.3.2.9 Area di Nicastro

Le aree di progetto di Nicastro non risultano prossime a fenomeni di instabilità cartografati.



Figura 10-40 - Stralcio della cartografia PAI della pericolosità geomorfologica (2016) per l'area di progetto di Nicastro

10.3.3 *Analisi della cartografia della pericolosità geomorfologica per le Viabilità PT05-PT06-PT08*

10.3.3.1 Piazzale PT05

L'area destinata alla viabilità PT05 non risulta prossima a fenomeni di instabilità cartografati (Figura 10-41).



Figura 10-41 – Stralcio della cartografia PAI della pericolosità geomorfologica (2016) per l'area PT05

10.3.3.2 Viabilità PT06

Per quanto concerne la viabilità di collegamento al piazzale PT06, essa si inserisce in un contesto caratterizzato da aree definite a pericolosità elevata (P3) ed a pericolosità molto elevata (P4). L'area a pericolosità P3 (Figura 10-42) è localizzata in corrispondenza della località Quote Barile (descritta precedentemente ai paragrafi 10.3.1.2 e 10.3.2.6) ad una distanza di circa 300 m dall'area di interesse PT06. Quest'ultima ricade in prossimità dell'area definita a pericolosità molto elevata P4 (Figura 10-42), area di attraversamento del Torrente Canello (area descritta al paragrafo 10.3.1.2). La viabilità ad ogni modo, sebbene sia localizzata in una porzione di territorio particolarmente soggetta a fenomeni di instabilità superficiale, non risulta intersecare la fascia lungo il torrente che il PAI classificata a pericolosità molto elevata, la quale in effetti risulta ubicata all'interno della valle incisa dal torrente Canello, dunque a quote inferiori rispetto al piazzale e relativa viabilità in progetto.

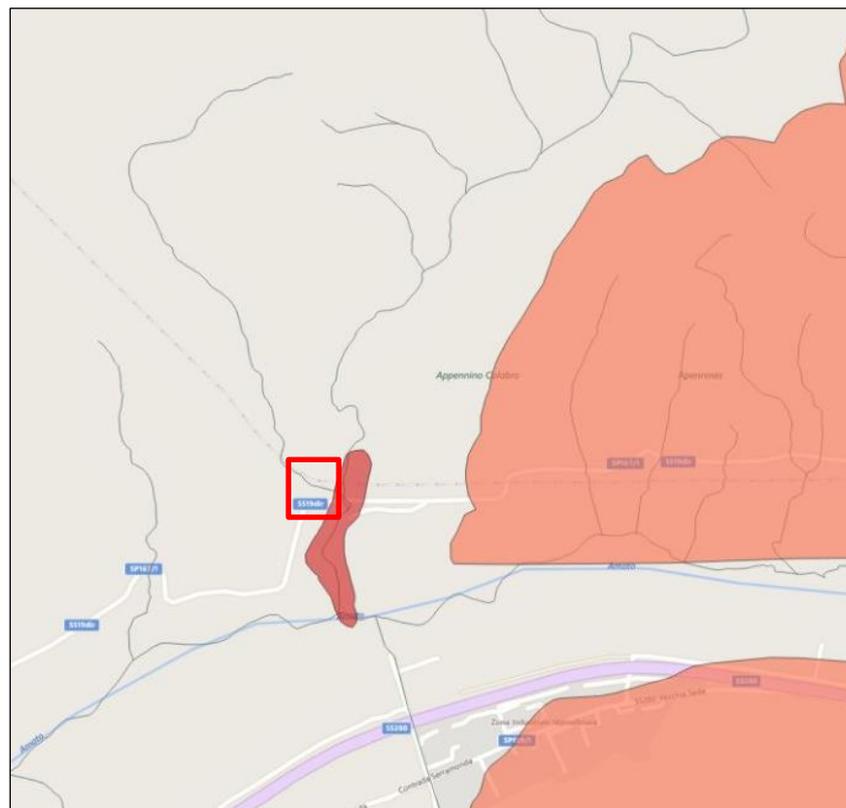


Figura 10-42 – Stralcio della cartografia PAI della pericolosità geomorfologica (2016) per l'area PT06

10.3.4 Pericolosità e rischio idraulico

Nel presente paragrafo viene riportata la cartografia redatta dall’Autorità di Bacino della Regione Calabria della pericolosità e del rischio idraulico per tutta la tratta della linea Catanzaro Lido - Lamezia interessata dal progetto di elettrificazione. La cartografia in particolare riporta le 3 categorie di pericolosità e le 4 categorie di rischio, ovvero:

- P1 bassa
- P2 media,
- P3 elevata

R4 aree/elementi a rischio molto elevato	Sono possibili perdite di vite umane e lesioni gravi alle persone, danni gravi agli edifici, alle infrastrutture ed al patrimonio ambientale, la distruzione di attività socio-economiche
R3 aree/elementi a rischio elevato	Sono possibili problemi per l'incolumità delle persone, danni funzionali agli edifici e alle infrastrutture con conseguente inagibilità degli stessi la interruzione di funzionalità delle attività socio-economiche e danni relativi al patrimonio ambientale
R2 aree/elementi a rischio medio	Sono possibili danni minori agli edifici, alle infrastrutture e al patrimonio ambientale che non pregiudicano l'incolumità delle persone, l'agibilità degli edifici e la funzionalità delle attività economiche
R1 aree/elementi a rischio moderato o nullo	I danni sociali, economici ed al patrimonio ambientale sono trascurabili o nulli

Come è possibile notare dagli stralci riportati da Figura 10-44 a Figura 10-47 la linea ferroviaria interseca un numero molto elevato di fasce fluviali classificate a pericolosità idraulica.

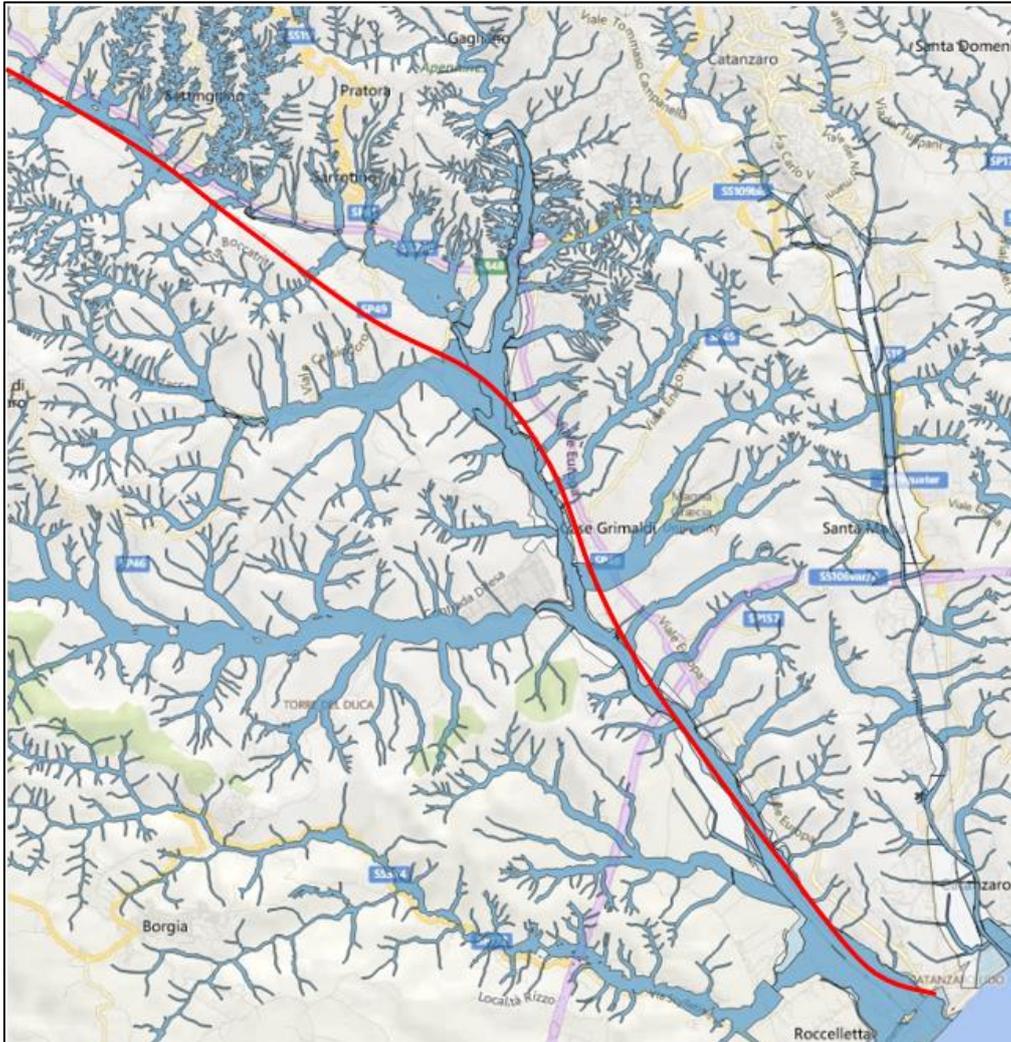


Figura 10-44 – Stralcio della cartografia PAI del 2016 della pericolosità idraulica tra Catanzaro Lido e Settingiano. In rosso la linea ferroviaria.

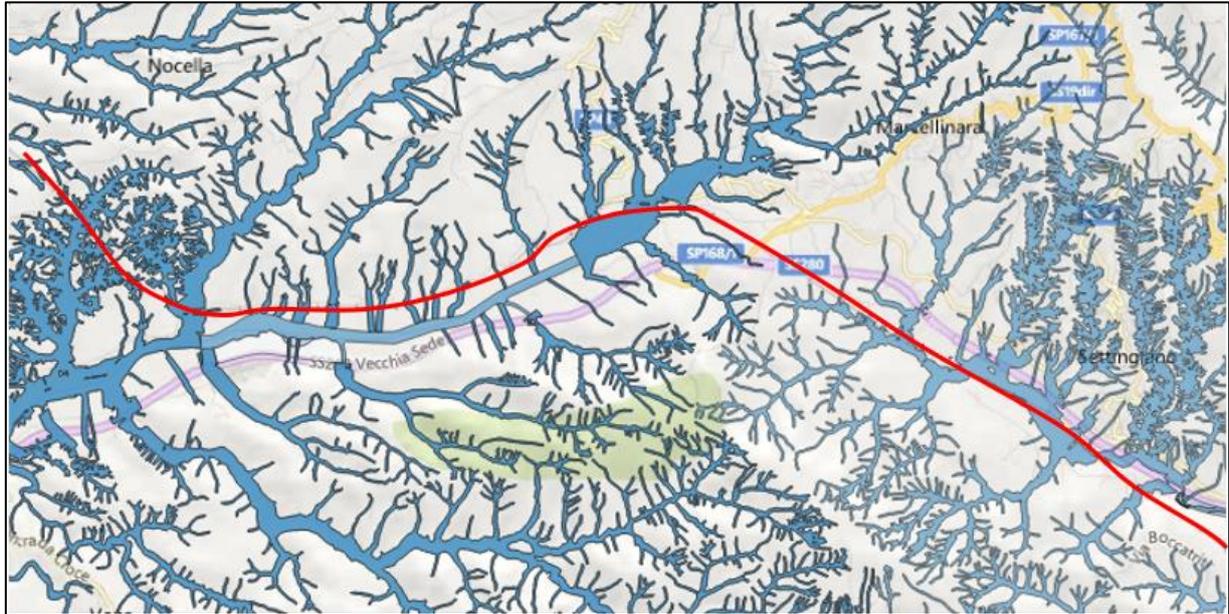


Figura 10-45 - Stralcio della cartografia PAI del 2016 della pericolosità idraulica tra Settingiano e Quote Barile. In rosso la linea ferroviaria

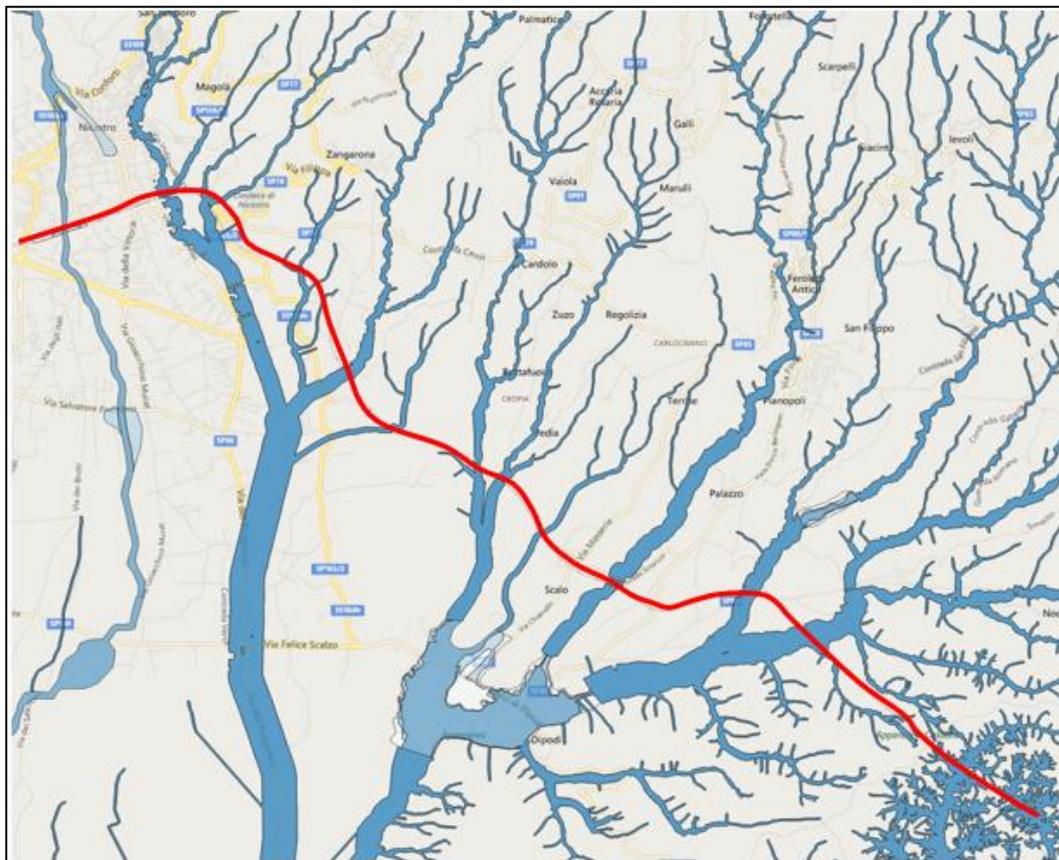


Figura 10-46 - Stralcio della cartografia PAI del 2016 della pericolosità idraulica tra Quote Barile e Nicastro. In rosso la linea ferroviaria

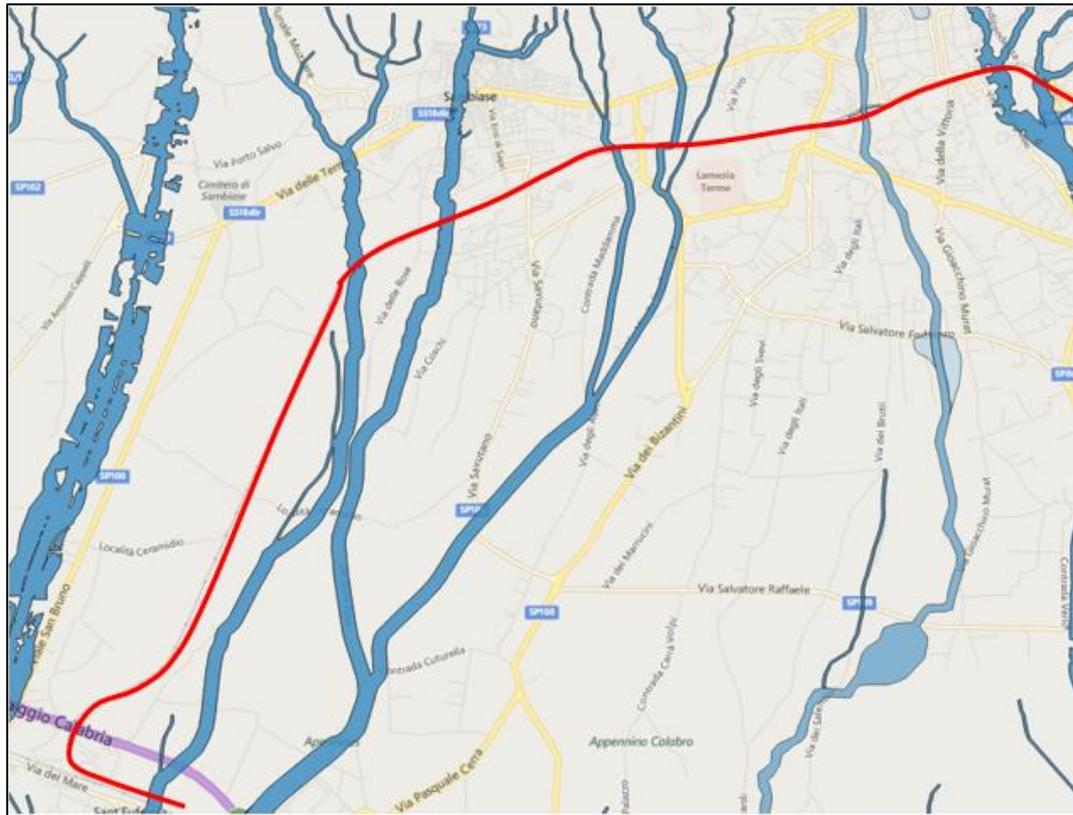


Figura 10-47 - Stralcio della cartografia PAI del 2016 della pericolosità idraulica tra Nicastro e Lamezia Sant'Eufemia. In rosso la linea ferroviaria

10.3.5 *Analisi della cartografia della pericolosità e del rischio idraulico per le aree di progetto delle SSE*

Si analizza nel presente paragrafo, per ciascuna delle aree di progetto, l'eventuale interferenza con aree classificate dal PAI a pericolosità e a rischio idraulico.

10.3.5.1 Area di Catanzaro Lido

L'area di progetto di Catanzaro Lido risulta localizzata all'interno della fascia classificata a pericolosità bassa (P1) relativa al Torrente la Fiumarella.

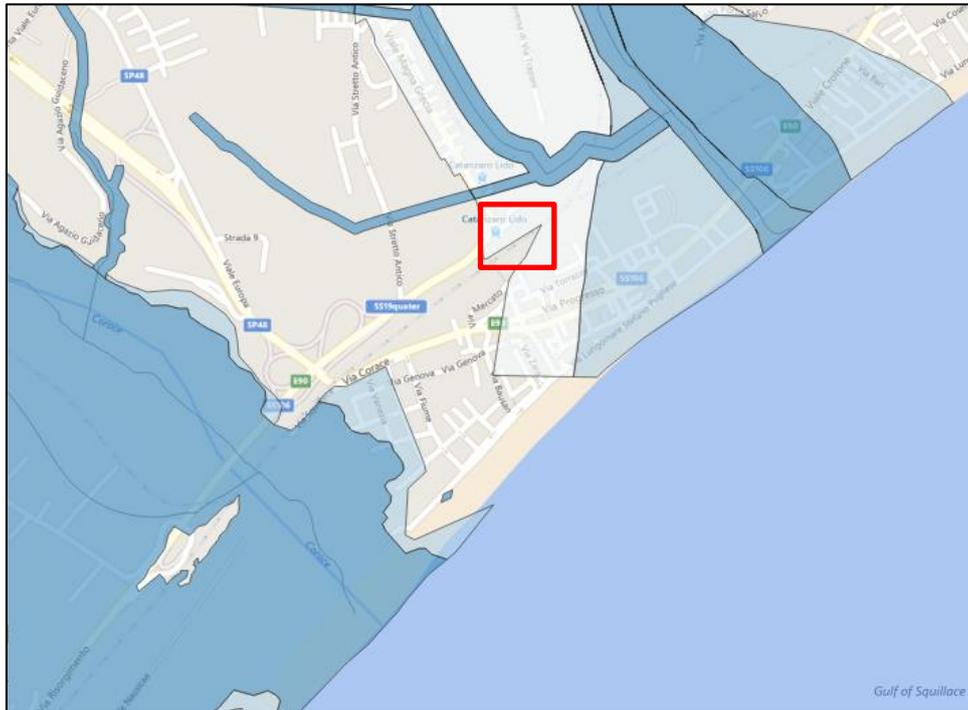


Figura 10-48 - Stralcio (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l'area di progetto di Catanzaro Lido.

10.3.5.2 Area di Catanzaro-Difesa

L'area della stazione di Catanzaro non risulta inserita in alcuna fascia a pericolosità idraulica. Essa risulta a circa 200 m dalla fascia di pericolosità relativa al fiume Corace.



Figura 10-49 - Stralcio (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l'area di progetto di Catanzaro.

10.3.5.3 Area di Settingiano

Le aree di progetto di Settingiano sono collocate in prossimità del Fiume Fallaco. Analizzando la cartografia della pericolosità idraulica del PAI del 2016, in Figura 10-50, è possibile osservare come le aree ricadano in una zona classificata a pericolosità elevata (P3). Per quanto concerne il rischio idraulico (Figura 10-51) le due aree non risultano a rischio.

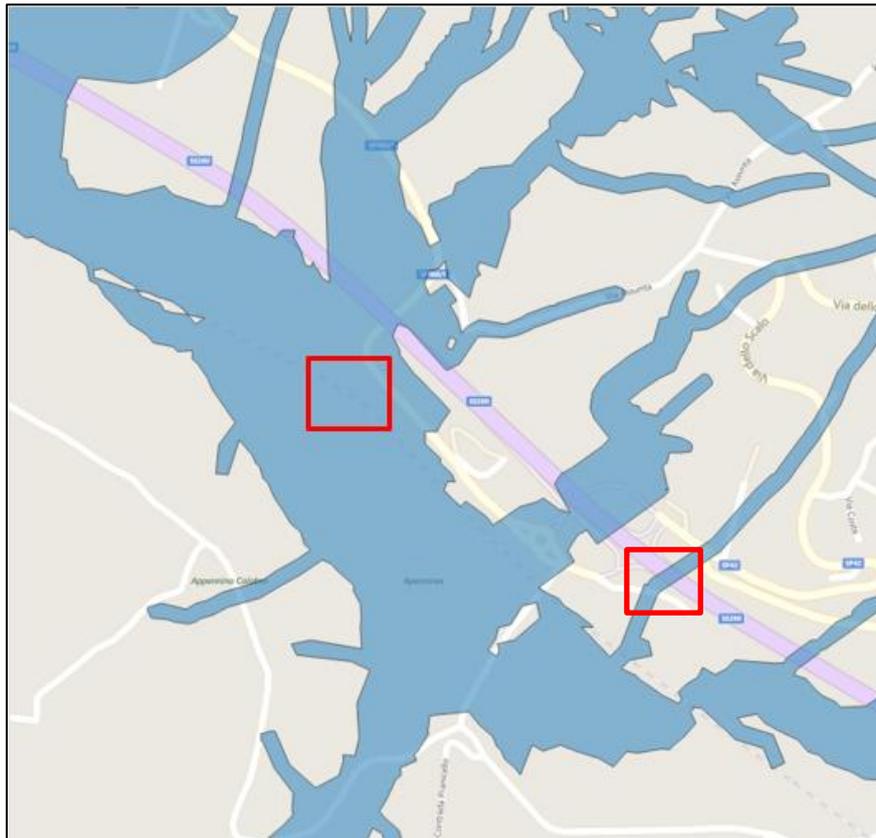


Figura 10-50 – Stralcio (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l'area di approfondimento di Settingiano.

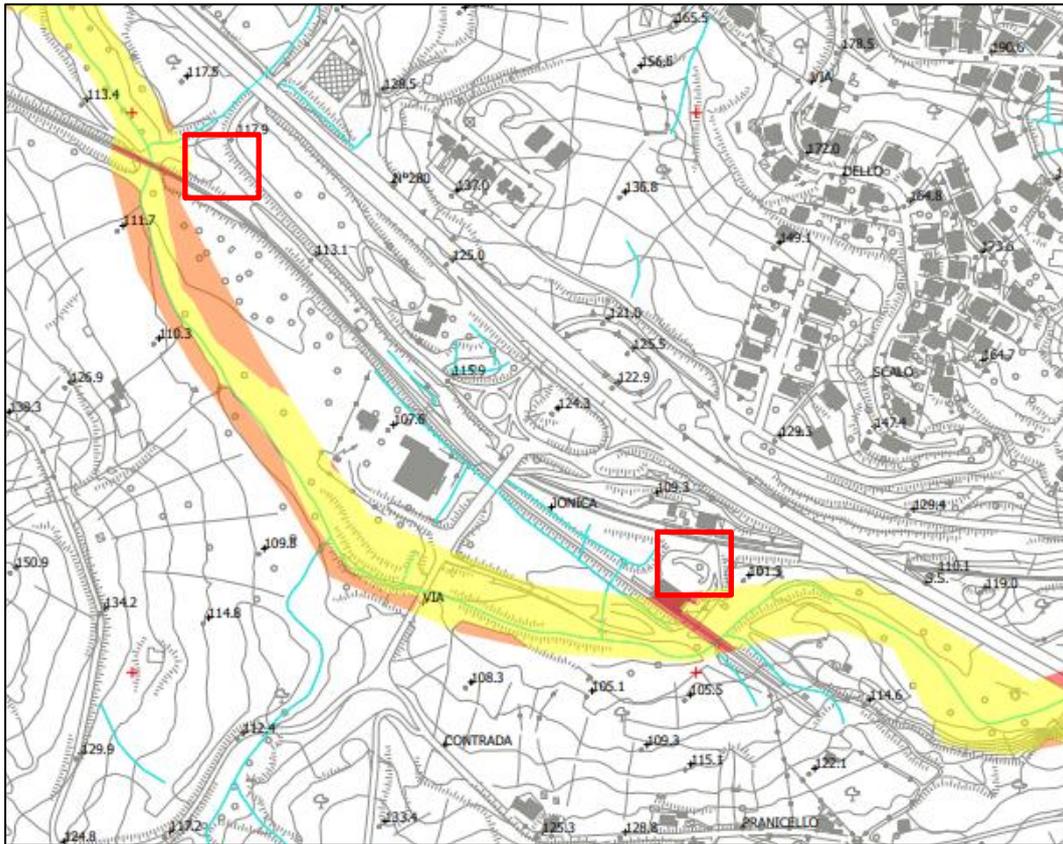


Figura 10-51 - Stralcio (non in scala) della cartografia del rischio idraulico del PAI (2013). In rosso l'area di approfondimento di Settingiano.

10.3.5.4 Area di Marcellinara

L'area di progetto di Marcellinara risulta lambita dalla fascia pericolosità elevata (P3) relativa al Fiume Amato (Figura 10-52). Per quanto riguarda il rischio (Figura 10-53), l'area di progetto risulta prossima all'area ferroviaria classificata a rischio molto elevato (R4).

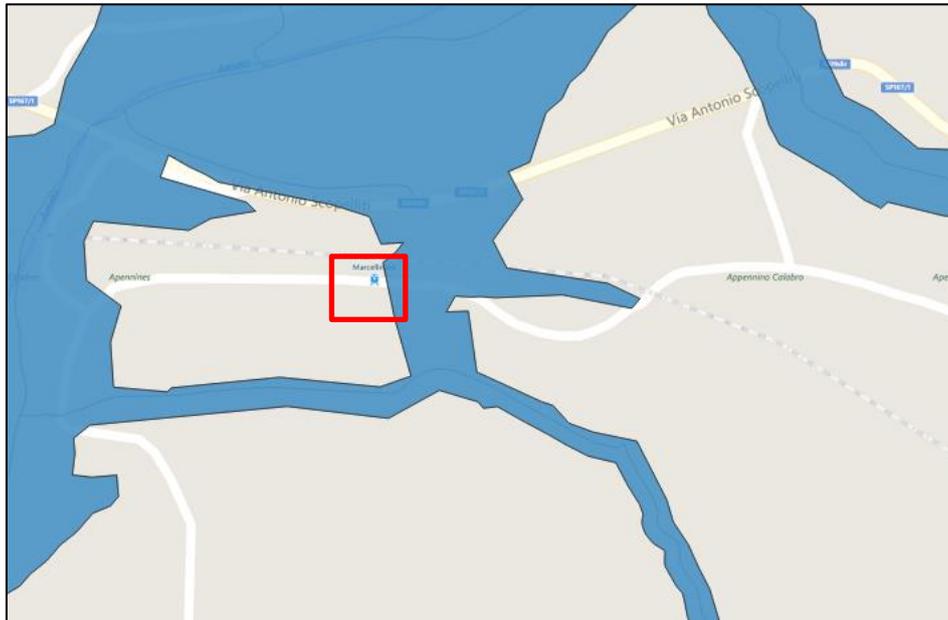


Figura 10-52 - Stralcio (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l'area di approfondimento di Marcellinara.

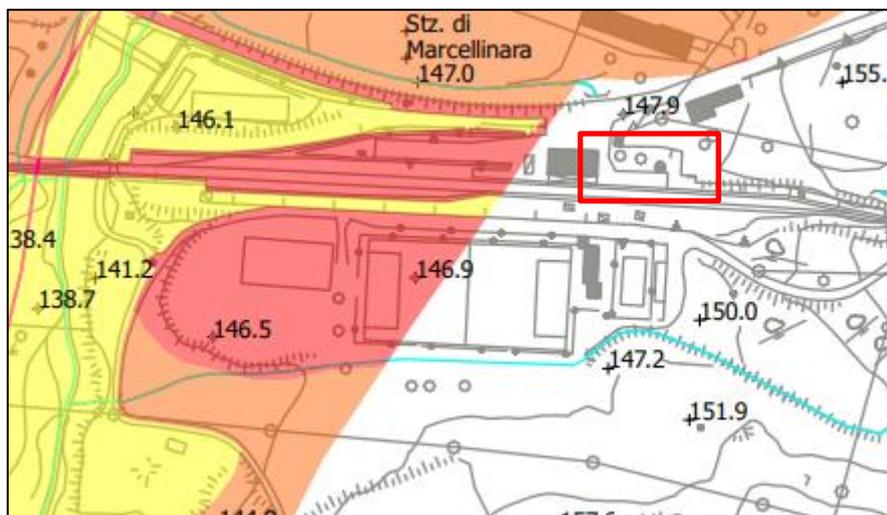


Figura 10-53 - Stralcio (non in scala) della cartografia del Rischio idraulico del PAI (2013). In rosso l'area di approfondimento di Marcellinara.

10.3.5.5 Area di Massaro

L'area di approfondimento di Massaro è collocata lungo la valle del Fiume Amato, dal quale dista circa 200 m. Analizzando la cartografia della pericolosità idraulica del PAI del 2016, in Figura 10-54, è possibile osservare come l'area non ricada in zone classificate a pericolosità idraulica; in particolare essa risulta topograficamente più elevata rispetto all'area del Fiume Amato, e non risulta interferente con i torrenti affluenti di quest'ultimo.

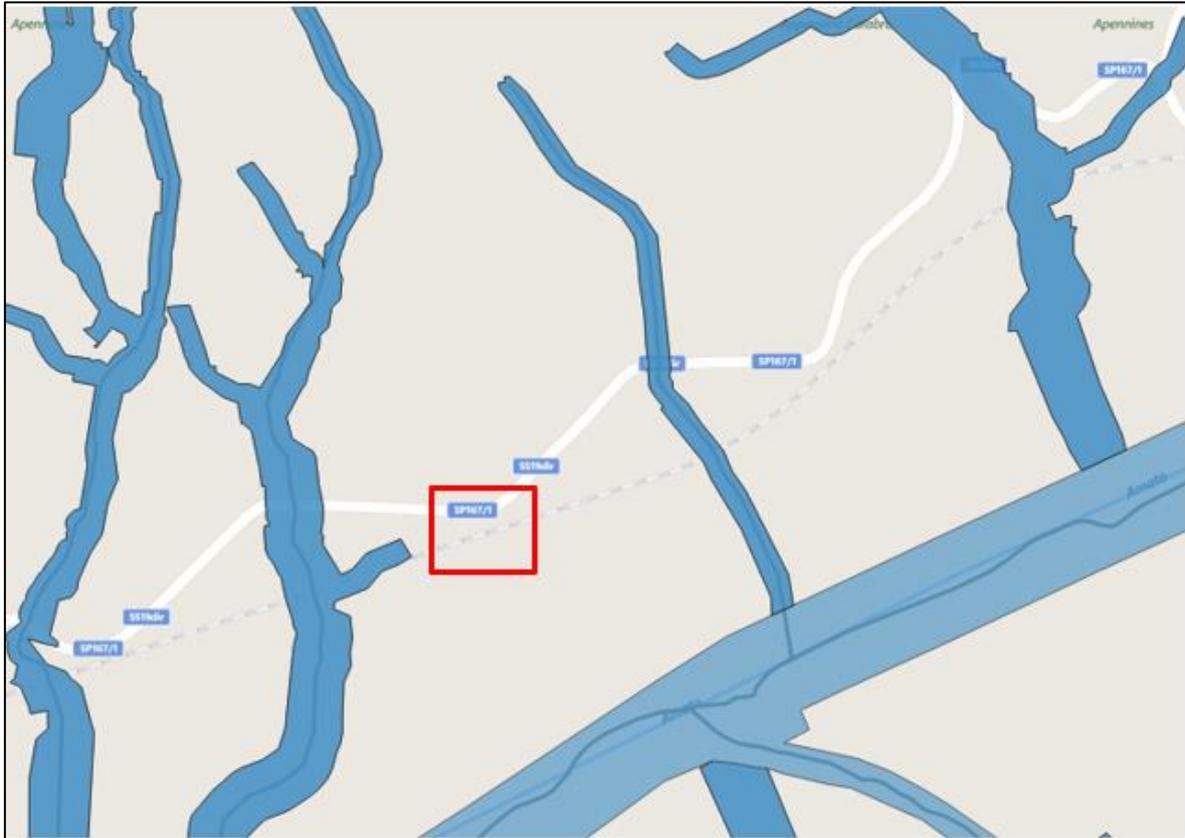


Figura 10-54 - Stralci (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l'area di approfondimento di Massaro.

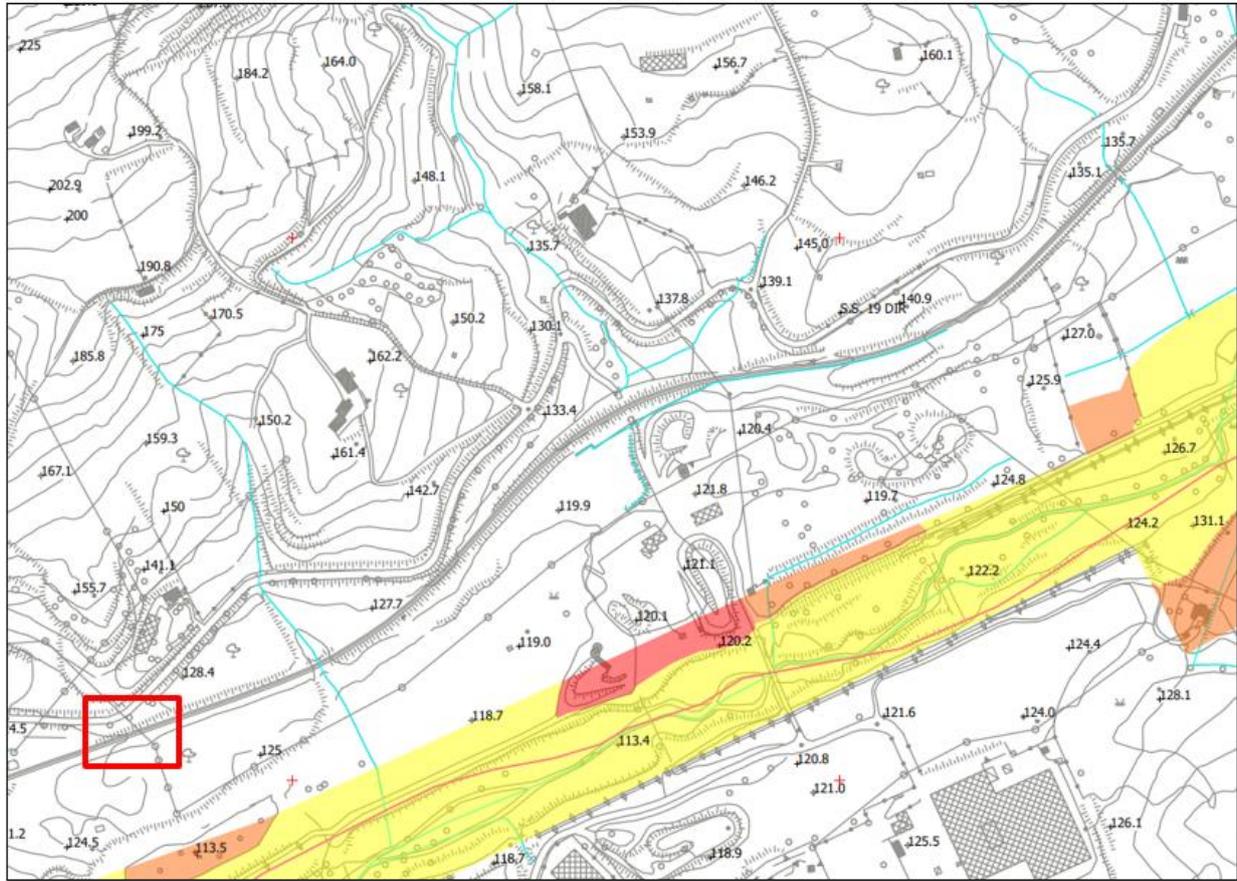


Figura 10-55 - Stralcio (non in scala) della cartografia del rischio idraulica del PAI (2013). In rosso l'area di approfondimento di Massaro.

10.3.5.6 Area di Quote Barile

L'area di approfondimento di Quote Barile è collocata sempre lungo la valle del Fiume Amato, in prossimità dell'alveo del Torrente Canello. Analizzando la cartografia della pericolosità idraulica del PAI del 2016, in Figura 10-56, è possibile osservare come l'area ricada all'interno di una fascia classificata a pericolosità elevata (P3).

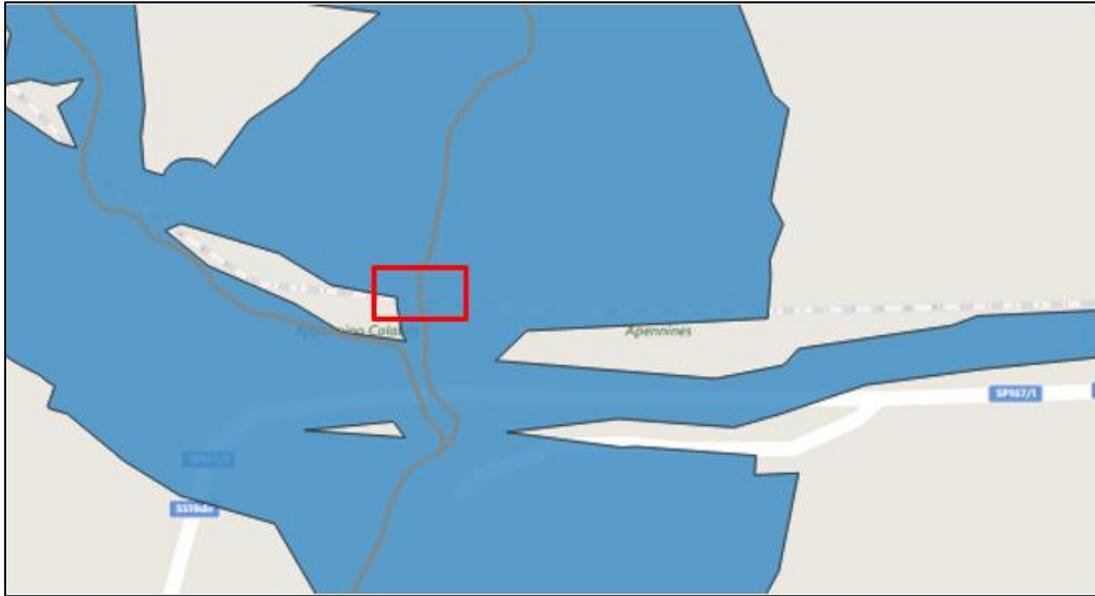


Figura 10-56 - Stralcio (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l'area di progetto di Quote Barile.

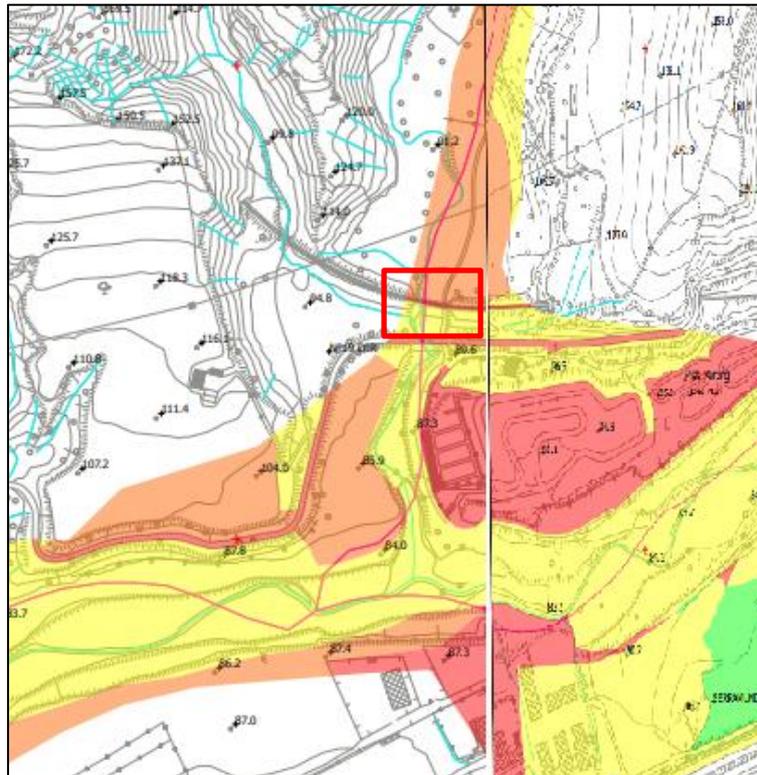


Figura 10-57 - Stralcio (non in scala) della cartografia del rischio idraulico del PAI (2013). In rosso l'area di progetto di Quote Barile.

10.3.5.8 Area di Contrada Gabella Cardolo

L'area di approfondimento di Contrada Gabella Cardolo è collocata in prossimità di uno degli affluenti del Canale Canne, a sua volta affluente del Fiume Amato. Analizzando la cartografia della pericolosità idraulica del PAI del 2016, in Figura 10-60, si osserva come l'area ricada all'interno di una fascia classificata a pericolosità elevata (P3).



Figura 10-60 - Stralcio (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l'area di approfondimento di Contrada Gabella Cardolo

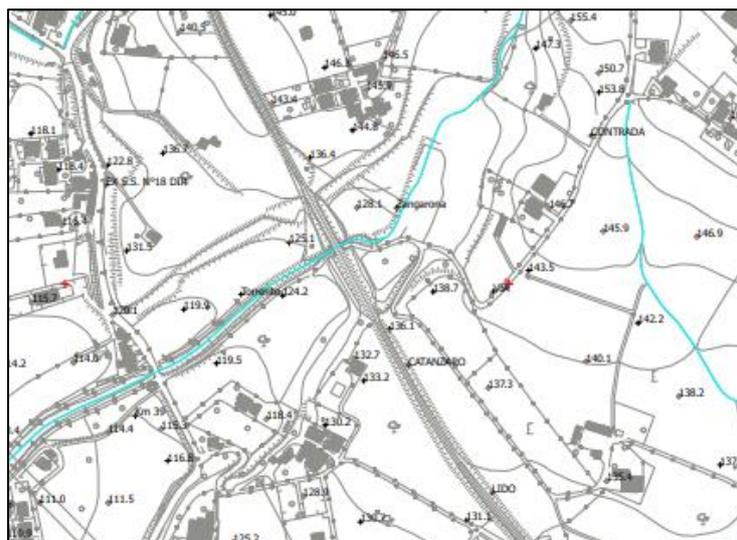


Figura 10-61 - Stralcio (non in scala) della cartografia del rischio idraulico del PAI (2013). In rosso l'area di progetto di Gabella Cardolo.

10.3.5.10 Area di Sambiase

L'area di progetto di Sambiase non interseca alcuna area a pericolosità ed a rischio idraulico.



Figura 10-64 - Stralcio (non in scala) della cartografia del rischio idraulico del PAI (2013). In rosso l'area di progetto di Sambiase.

10.3.5.11 Area di Bosco Amatello

L'area di progetto di Bosco Amatello non interseca alcuna area a pericolosità ed a rischio idraulico.

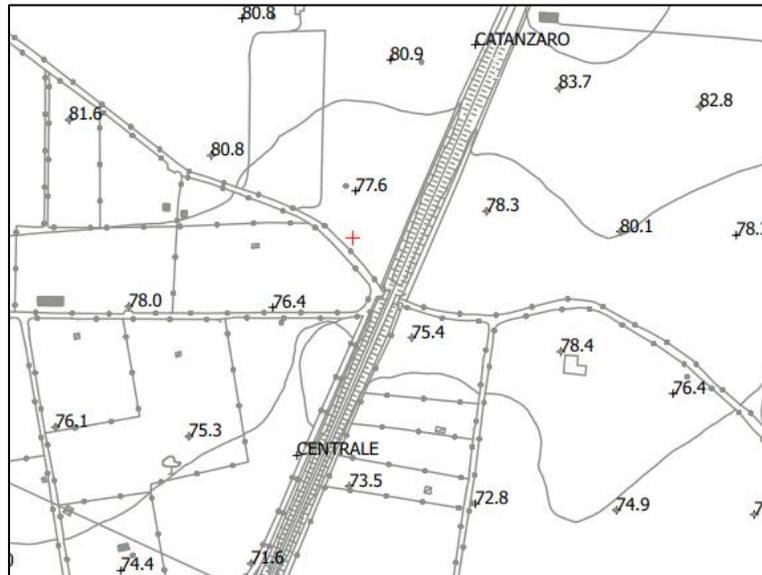


Figura 10-65 - Stralcio (non in scala) della cartografia del rischio idraulico del PAI (2013). In rosso l'area di progetto di Bosco Amatello.

10.3.6 Analisi della cartografia della pericolosità e del rischio idraulico per le aree delle viabilità e piazzali PT05-PT06-PT07-PT08

10.3.6.1 Piazzale PT05

L'area destinata al piazzale PT05 (rettangolo rosso in Figura 10-66) è collocata in prossimità del Torrente Gaccia. Analizzando la cartografia della pericolosità idraulica redatta dal PAI (2016), in Figura 10-66, è possibile osservare come l'area lambisca zone a pericolosità elevata (P3).

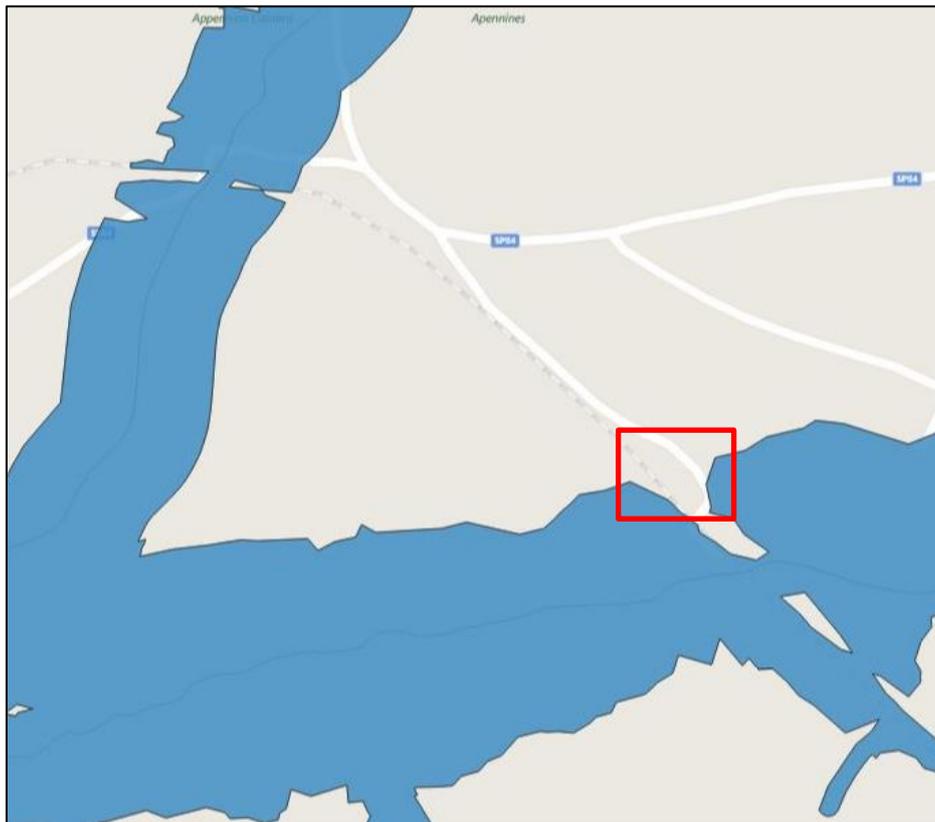


Figura 10-66 – Stralcio (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l’area del piazzale PT05

10.3.6.2 Viabilità PT06

La viabilità di collegamento al piazzale PT06 si inserisce lungo la valle del Fiume Amato, in prossimità dell’alveo del Torrente Canello. Analizzando la cartografia della pericolosità idraulica del PAI del 2016, in Figura 10-67, è possibile osservare come l’area ricada all’interno di una fascia classificata a pericolosità elevata (P3).



Figura 10-67 – Stralcio (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l'area di approfondimento PT06

10.3.6.3 Viabilità PT07

Per quanto concerne l'area destinata alla viabilità del piazzale PT07 si fa riferimento al paragrafo 10.3.5.4 che analizza l'area della stazione di Marcellinara.

10.3.6.4 Viabilità PT08

Per quanto concerne l'area destinata alla viabilità di collegamento al piazzale PT08, analizzando la cartografia della pericolosità del PAI del 2016 (Figura 10-68), è possibile osservare come la zona di interesse tende ad essere prossima ad aree classificate a pericolosità elevata (P3).



Figura 10-68 – Stralcio (non in scala) della cartografia della pericolosità idraulica del PAI (2016). In rosso l'area di approfondimento PT08

11 INQUADRAMENTO SISMICO

11.1 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.

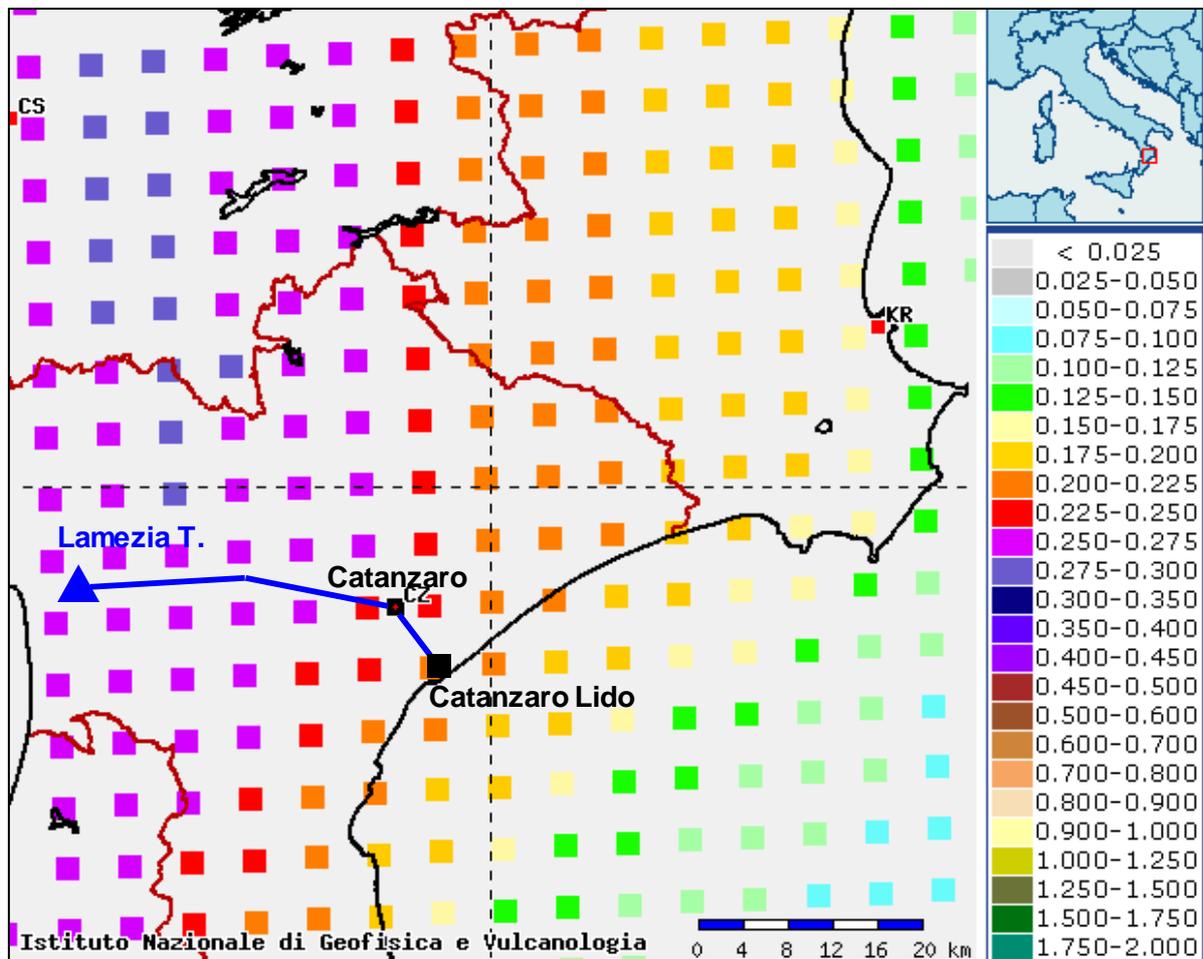


Figura 11-1 – Valori di pericolosità sismica in termini di accelerazione di riferimento su suolo rigido (g) nell'intorno dell'itinerario di progetto (linea blu), da elaborazioni DPC-INGV S1 (<http://esse1-gis.mi.ingv.it/>).

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

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 153 di 131

Si ricorda che, ai sensi delle NTC2018, l'azione sismica deve essere innanzitutto determinata in condizioni di campo libero, su sito di riferimento rigido (Categoria A) e superficie topografica orizzontale (Categoria T1), facendo riferimento alle tabelle in allegato alla edizione 2008 delle NTC; tali tabelle (non aggiornate nella nuova edizione delle Norme) elencano i valori di accelerazione massima al suolo ed i parametri spettrali in corrispondenza di una griglia di punti con apertura 5x5 km distribuiti sul territorio nazionale (vedasi il dettaglio dell'area di progetto in Figura 11-1).

Per la localizzazione delle opere in progetto, può essere fatto riferimento alla Figura 3-2.

11.2 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 11-2 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.

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 e ZS930 sul lato del Mar Ionio (dove è localizzata il tracciato di progetto). 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 zona 927 ad includere l'area 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).

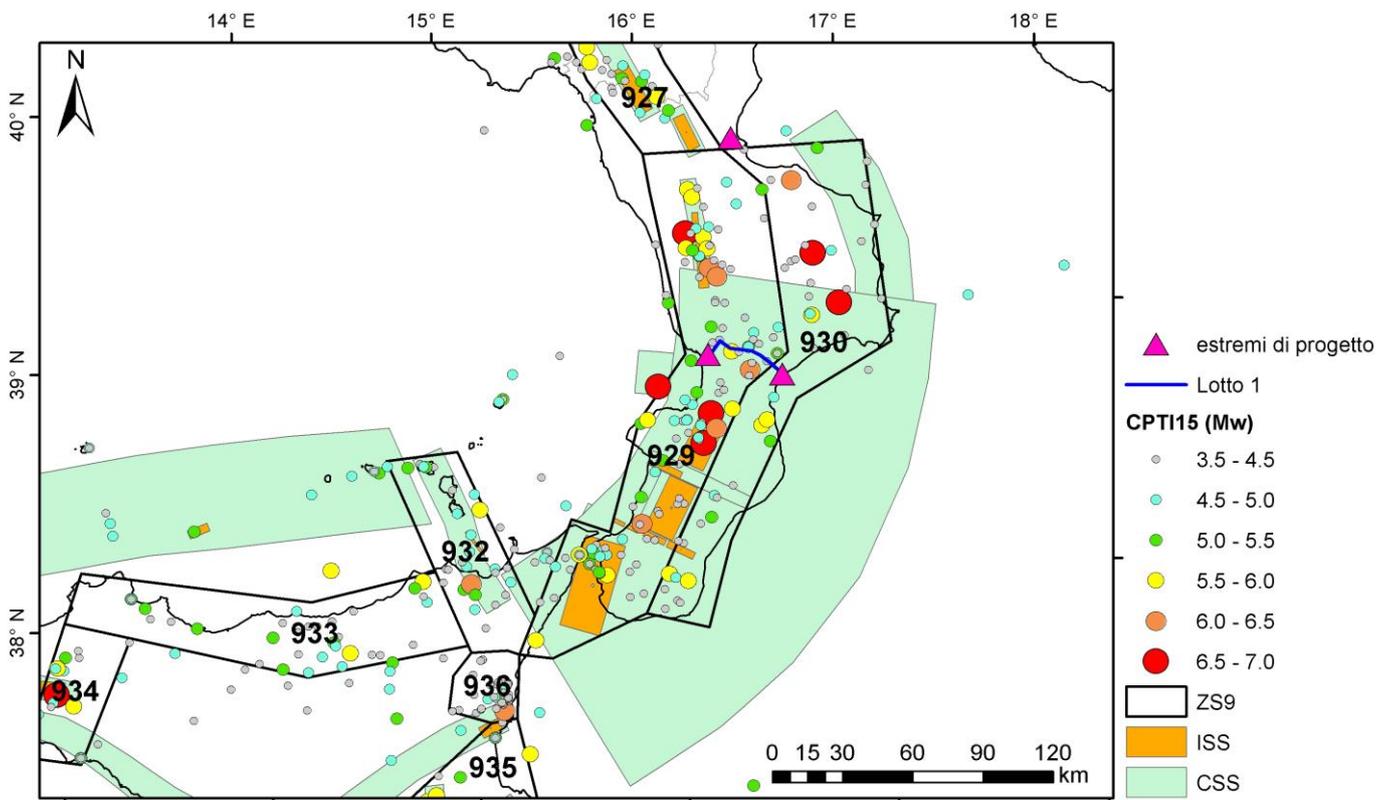


Figura 11-2 – Contesto sismo-tettonico della regione estesa nell'intorno dell'area di progetto: i poligoni in nero rappresentano i confini delle sorgenti sismogenetiche del modello ZS9 (Meletti et al., 2008), i cerchi colorati rappresentano gli epicentri dei terremoti inclusi nel Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (CPTI15). I rettangoli arancioni rappresentano le faglie individuali del modello DISS3 mentre quelli verdi i sistemi di faglie composte.

I lineamenti di faglia più prossimi al sito di progetto (vedi l'estratto dal database italiano delle zone sismogenetiche DISS3.2 di Figura 11-3) 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 (inizio del tracciato ferroviario di riferimento) 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 tale zona una notevole concentrazione dei terremoti distruttivi con magnitudo massima di M_w 6.9.

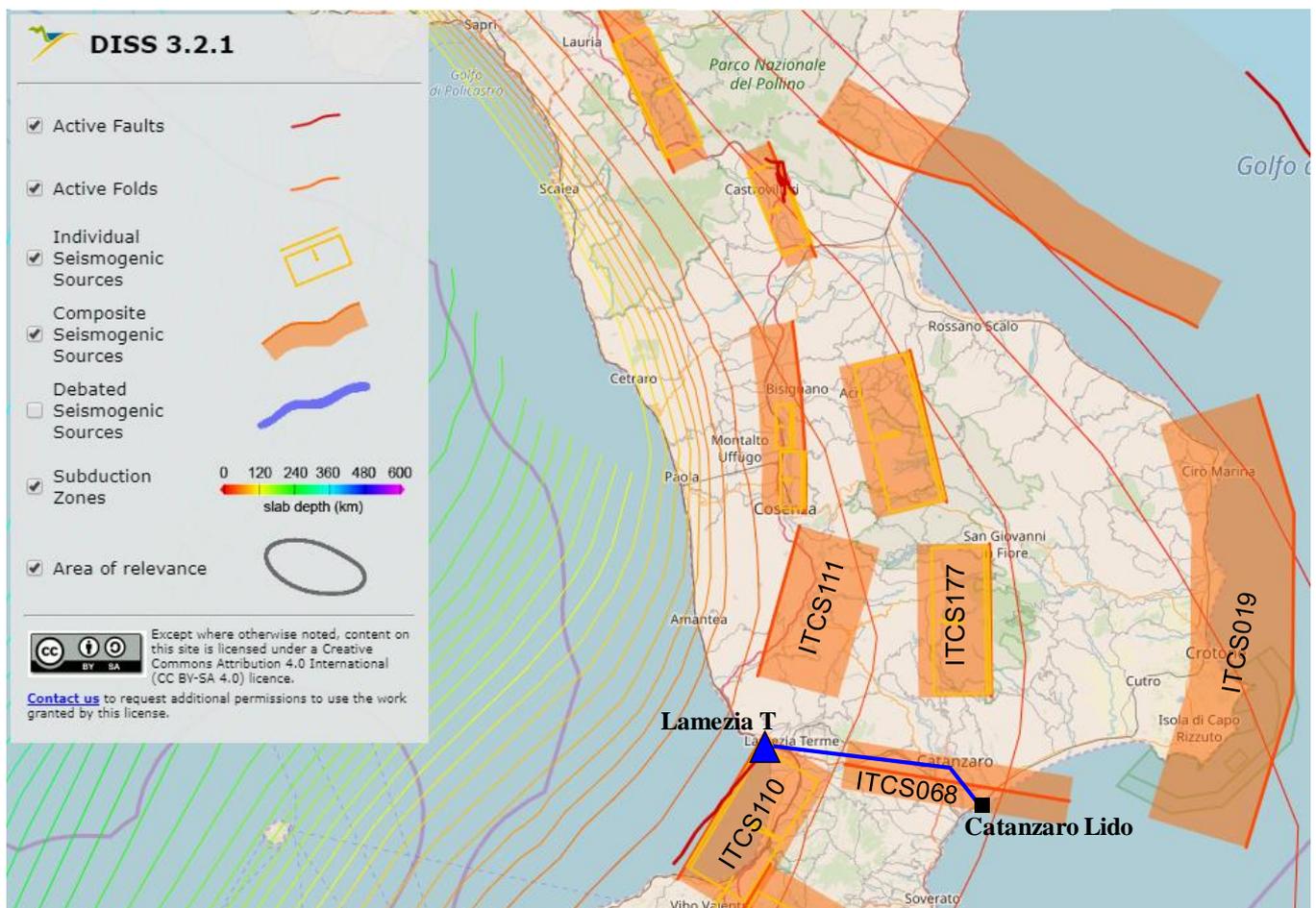


Figura 11-3 – Sorgenti sismogenetiche individuali e composite dal “Database of Individual Seismogenic Sources” (DISS 3.2) rilevanti per la zona studiata (linea blu).

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 ($M_w=7.1$).

11.3 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 11-4 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 Catanzaro lido incontra alcune faglie attive con il meccanismo obliquo normale con la massima lunghezza di 26 km ossia la faglia di "Nicastro".

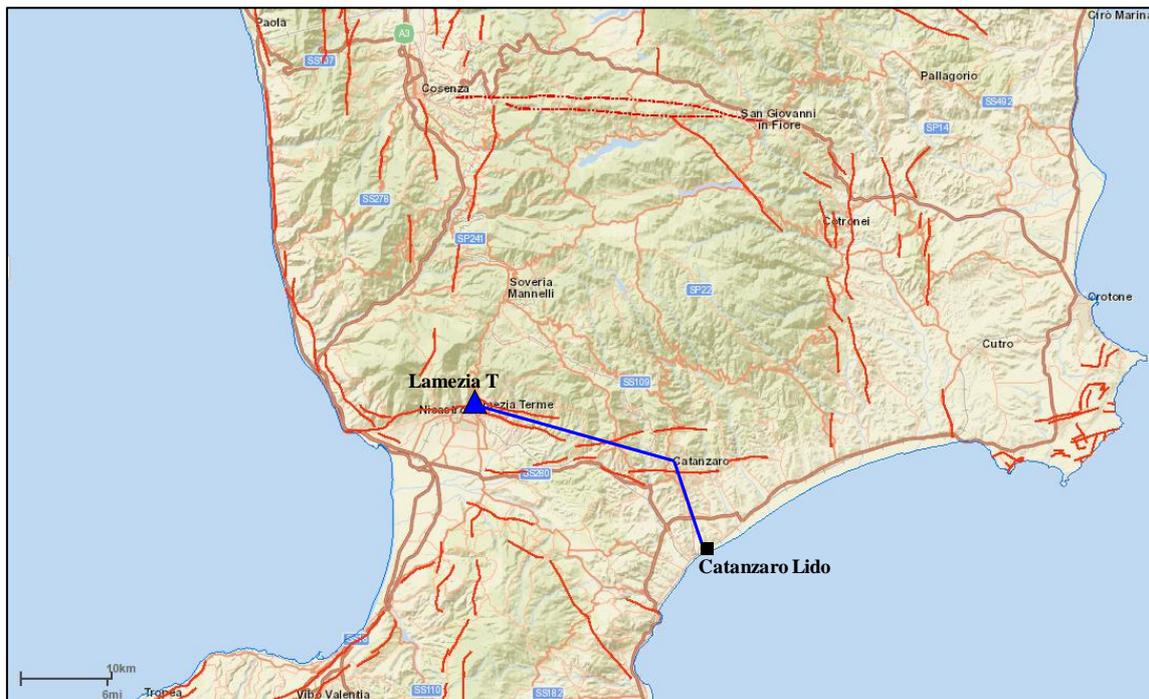


Figura 11-4 – Le faglie capaci dal "Catalogo ITHACA", (<http://sgi2.isprambiente.it/ithacaweb/>) rilevanti per il tracciato di progetto (linea blu).

 ITALFERR GRUPPO FERROVIE DELLO STATO ITALIANE	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 157 di 131

11.4 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}) osservate a seguito dei terremoti accaduti fino al 2014.

Dall'analisi del database si deriva come l'area in esame sia stata interessata da un importante numero di eventi sismici significativi; tra gli eventi più rilevanti si ricordano i seguenti:

- 1638 Calabria centrale $I_{MCS} = 11$, $M_W = 7.09$
- 1609 Calabria centrale $I_{MCS} = 8$, $M_W = 5.80$
- 1638 Crotonese $I_{MCS} = 8-9$, $M_W = 6.76$
- 1832 Crotonese $I_{MCS} = 8-9$, $M_W = 6.65$
- 1659 Calabria centrale $I_{MCS} = 8$, $M_W = 6.57$
- 1744 Sila Piccola $I_{MCS} = 8$, $M_W = 5.74$
- 1783 Calabria centrale $I_{MCS} = 8$, $M_W = 7.03$

Le seguenti figure mostrano la storia sismica in termini di intensità macrosismica associata ai due principali centri abitati attraversati dal tracciato della linea: Lamezia Terme e Catanzaro, per i quali è maggiore la disponibilità di osservazioni. I maggiori risentimenti macrosismici sono associati a terremoti con area epicentrale in Crotona e 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.

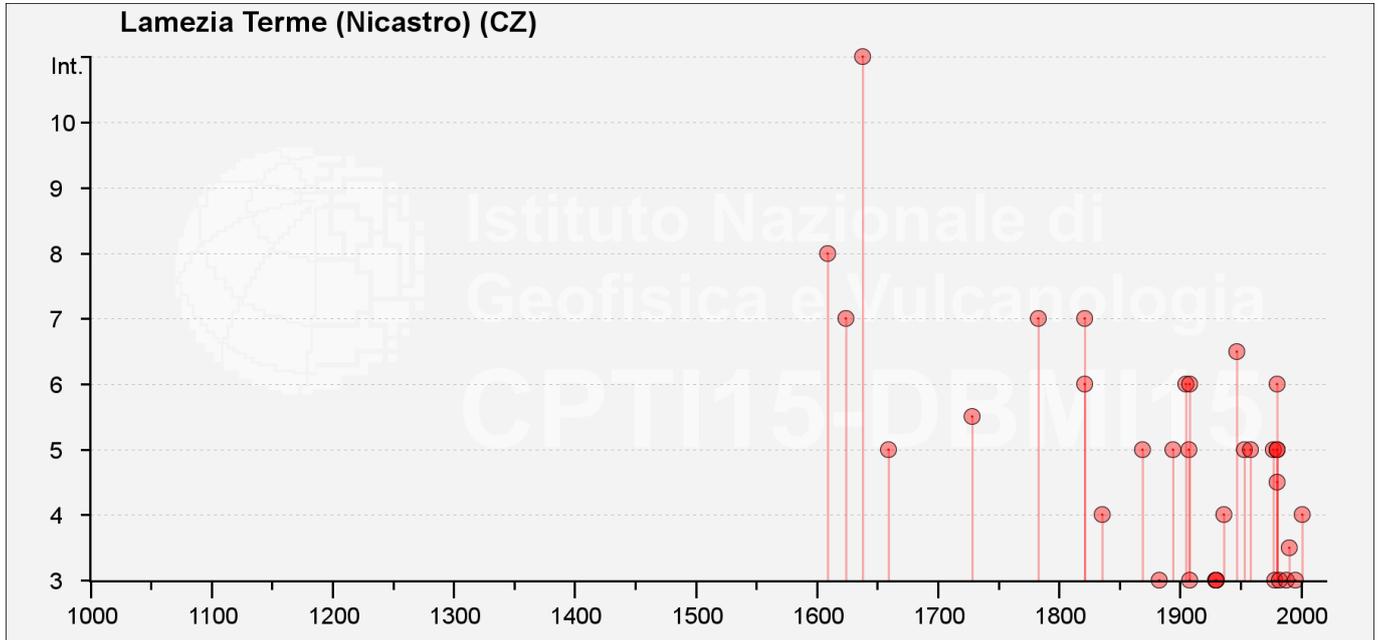


Figura 11-5 – Storia sismica del comune di Lamezia Terme (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

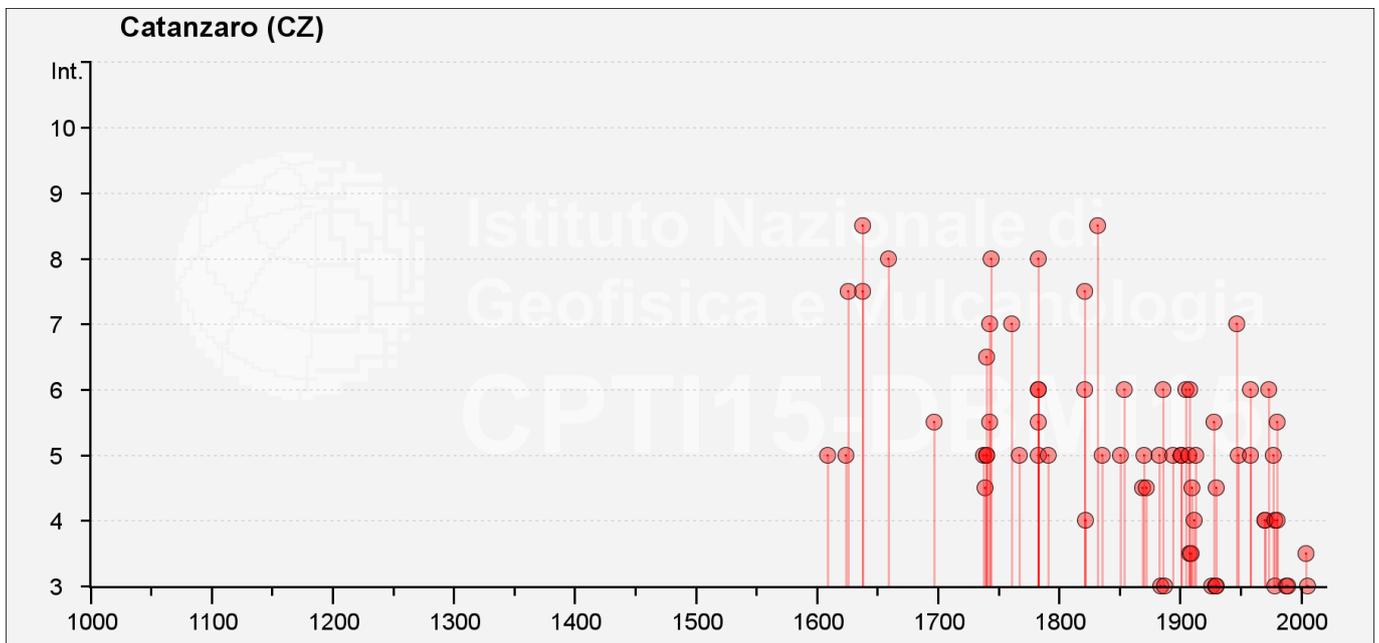


Figura 11-6 – Storia sismica del comune di Catanzaro (dal catalogo DBMI 2015, Locati et al., 2016).

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 159 di 131

11.5 DEFINIZIONE DELL'AZIONE SISMICA DI PROGETTO

11.5.1 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. 11.5.2) sulla base delle indicazioni progettuali in termini di vita utile e classificazione delle opere. Successivamente, nel par. 11.5.3 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. 0, arrivando a definire, per i diversi stati limite, l'azione sismica di riferimento da adottare per le verifiche.

11.5.2 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	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 160 di 131

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

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

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

11.5.3 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_{V_R} 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 11-1.

Tabella 11-1 – 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%	30
	Stato limite di danno (SLD)	63%	50
Stati limite ultimi (SLU)	Salvaguardia della vita umana (SLV)	10%	475
	Stato limite di prevenzione del collasso (SLC)	5%	975

11.5.4 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 11-2, si riporta l'identificativo dei nodi del reticolo di riferimento entro cui è compreso il punto di calcolo dell'azione sismica (elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v.1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009) per i diversi punti di interesse lungo il tracciato.

Tabella 11-2 – Nodi del reticolo di riferimento nell’intorno dei siti di progetto. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.

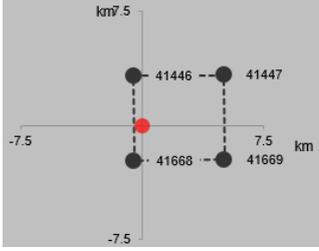
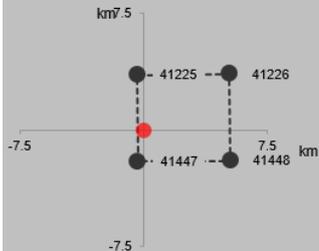
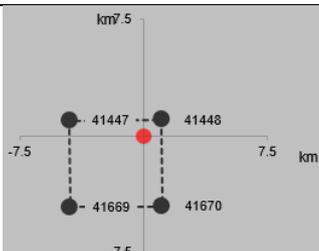
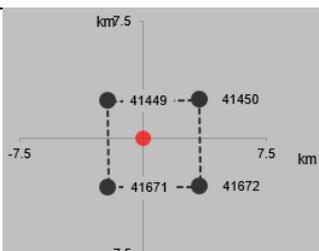
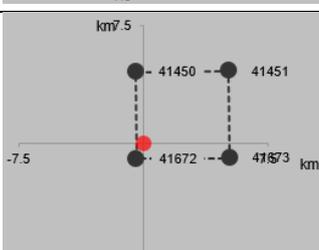
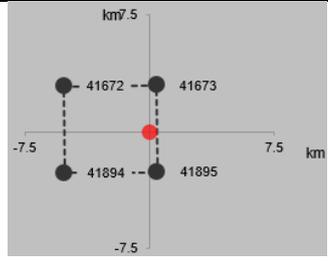
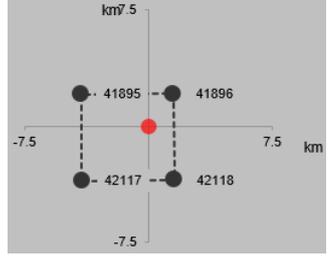
Nome di sito	Longitudine	Latitudine	Localizzazione punti di griglia
Lamezia T	38.921051	16.255565	
L. T. Nicastro	38.966927	16.319947	
Feroleto	38.938357	16.366262	
Marcellinara	38.923243	16.466970	
Settingiano	38.902683	16.510513	

Tabella 11-2 – Nodi del reticolo di riferimento nell’intorno dei siti di progetto. Elaborazione da foglio di calcolo Spettri di Risposta SPETTRI-NTC v. 1.0.3b, distribuito dal Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, 2009.

Catanzaro	38.865446	16.562915	
Catanzaro Lido	38.821953	16.612757	

Il confronto fra i valori del parametro a_g valutato in corrispondenza dei punti di riferimento lungo il tracciato per diversi stati limite è illustrato in Figura 11-7 (dalla stazione di Lamezia Terme alla stazione di Catanzaro Lido). Tale confronto mostra come la variabilità dell’input sismico lungo la tratta sede delle opere per corti periodi di ritorno sia limitata, mentre cresce apprezzabilmente per valori del periodo di ritorno più lunghi.

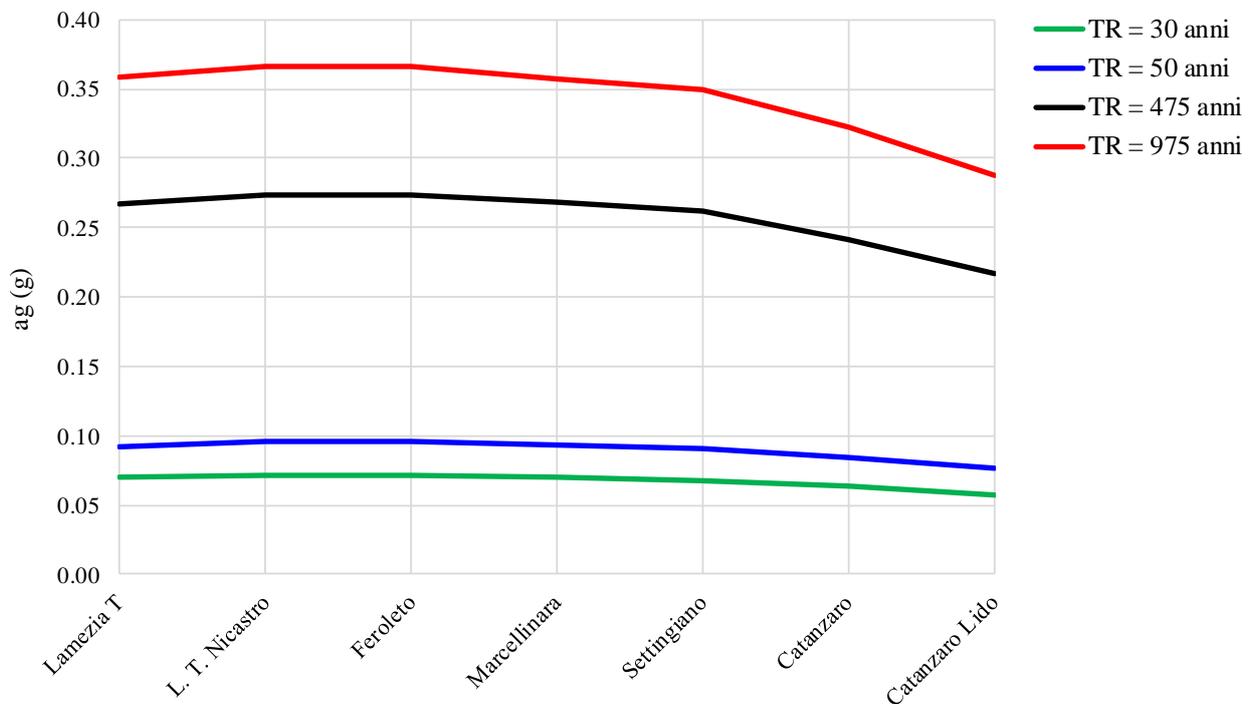


Figura 11-7 – Variazione lungo il tracciato del parametro di accelerazione su suolo rigido orizzontale a_g dalla stazione di Lamezia Terme alla stazione di Catanzaro Lido.

Il risultato dell'interpolazione per i parametri a_g , F_o e T_{c^*} per i diversi Stati Limite, sono indicati in Tabella 11-3.

Tabella 11-3 – Valori dei parametri a_g , F_o , T_{c^*} per gli stati limite di riferimento (ottenuti attraverso l'impiego del foglio di calcolo Spettri-NTCver.1.0.3.xls, CSSLPP (2009)) per i punti di interesse lungo il tracciato per $V_R = 50$ anni.

Sito	SL	T_R (anni)	a_g (g)	F_o (-)	T_{c^*} (s)
Lamezia T	SLO	30	0.070	2.292	0.282
	SLD	50	0.092	2.279	0.299
	SLV	475	0.267	2.431	0.371
	SLC	975	0.358	2.476	0.395
L. T. Nicastro	SLO	30	0.072	2.291	0.281
	SLD	50	0.095	2.278	0.299
	SLV	475	0.274	2.433	0.372
	SLC	975	0.366	2.473	0.403
Feroletto	SLO	30	0.072	2.294	0.280
	SLD	50	0.095	2.278	0.298
	SLV	475	0.274	2.433	0.371
	SLC	975	0.366	2.481	0.396
Marcellinara	SLO	30	0.070	2.303	0.280
	SLD	50	0.093	2.279	0.298
	SLV	475	0.268	2.431	0.369
	SLC	975	0.358	2.478	0.393
Settingiano	SLO	30	0.068	2.311	0.280
	SLD	50	0.091	2.282	0.299
	SLV	475	0.262	2.428	0.367
	SLC	975	0.349	2.470	0.390
Catanzaro	SLO	30	0.063	2.331	0.281
	SLD	50	0.084	2.299	0.307
	SLV	475	0.242	2.421	0.369
	SLC	975	0.322	2.459	0.389
Catanzaro Lido	SLO	30	0.058	2.349	0.280
	SLD	50	0.076	2.322	0.308
	SLV	475	0.216	2.422	0.371
	SLC	975	0.288	2.444	0.391

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RC0W	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 165 di 131

11.5.5 Risposta sismica locale

Le NTC2018 definiscono il fattore di sito S come funzione sia della categoria di sottosuolo (S_s), sia dell'andamento della superficie topografica (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. I risultati delle prove sono illustrati in Figura 11-8 nei termini di valore equivalente di velocità di propagazione delle onde di taglio $V_{S,eq}$ per i punti di interesse lungo il tracciato. I valori di $V_{S,eq}$ risultano compresi nell'intervallo 235 – 359 m/s con solo una eccezione di 446 m/s per la stazione di Feroletto. Di conseguenza, in accordo alla Tabella 11-4, si assumerà la categoria di suolo C per le opere di progetto ad eccezione di quelle afferenti alla stazione di Feroletto, in classe B.

Il coefficiente 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):

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

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

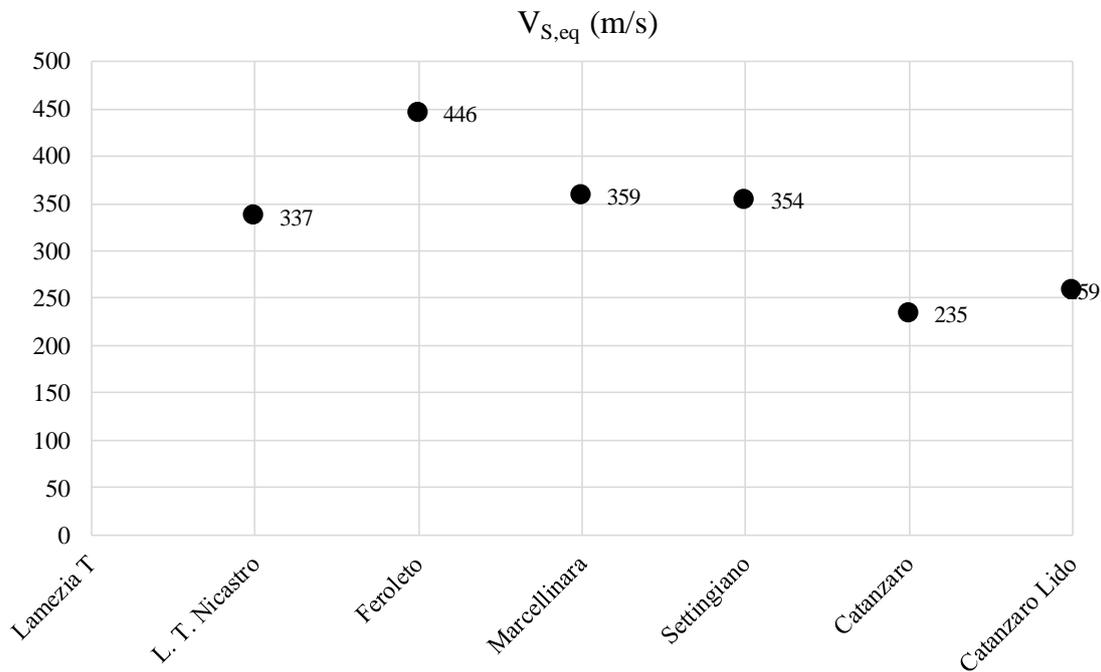


Figura 11-8 – Valori equivalenti di velocità di propagazione delle onde di taglio per i punti di interesse lungo il tracciato.

Tabella 11-4 – 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.
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, tutto il tracciato di progetto si colloca 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 attraversa 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 11-5.

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

Tabella 11-5 – Valori dei parametri a_g e 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 i punti di interesse lungo il tracciato per $V_R = 50$ anni.

Sito	SL	T_R (anni)	a_g (g)	S (-)	a_{\max} (g)
Lamezia T	SLO	30	0.070	1.500	0.104
	SLD	50	0.092	1.500	0.139
	SLV	475	0.267	1.310	0.350
	SLC	975	0.358	1.168	0.418
L. T. Nicastro	SLO	30	0.072	1.500	0.108
	SLD	50	0.095	1.500	0.143
	SLV	475	0.274	1.301	0.356
	SLC	975	0.366	1.157	0.423
Feroletto	SLO	30	0.072	1.200	0.086
	SLD	50	0.095	1.200	0.114
	SLV	475	0.274	1.134	0.310
	SLC	975	0.366	1.037	0.379
Marcellinara	SLO	30	0.070	1.500	0.105
	SLD	50	0.093	1.500	0.140
	SLV	475	0.268	1.309	0.351
	SLC	975	0.358	1.168	0.418
Settingiano	SLO	30	0.068	1.500	0.102
	SLD	50	0.091	1.500	0.136
	SLV	475	0.262	1.319	0.345
	SLC	975	0.349	1.182	0.413
Catanzaro	SLO	30	0.063	1.500	0.095
	SLD	50	0.084	1.500	0.126
	SLV	475	0.242	1.349	0.326
	SLC	975	0.322	1.225	0.394
Catanzaro Lido	SLO	30	0.058	1.500	0.087
	SLD	50	0.076	1.500	0.114
	SLV	475	0.216	1.386	0.300
	SLC	975	0.288	1.278	0.368

11.6 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 $q_{c1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e q_{c1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione verticale efficace di 100 kPa;
4. Distribuzione granulometrica esterna alle zone comprese tra le curve che delimitano il campo di suscettibilità, fornite nelle NTC2018.

Sulla base dell'accelerazione massima, dell'altezza di falda e delle caratteristiche dei terreni, nessuno dei criteri di esclusione di cui sopra è a priori verificato e, pertanto, si dovrà procedere alla verifica a liquefazione basandosi sui dati delle prove SPT effettuate nei sondaggi disponibili lungo il tracciato.

Per la definizione del valore di magnitudo di riferimento per le verifiche a liquefazione, oltre al quadro sismotettonico 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 11-9 come esempio per la stazione di Lamezia Terme), qui considerata per il periodo di ritorno dell'azione sismica corrispondente a quello dello stato limite ultimo di verifica (SLV, cfr. i valori di pericolosità sismica al sito riportati in Tabella 11-5). I risultati di queste analisi, svolte per i punti di griglia più prossimi ai siti di interesse per un periodo di ritorno di 475 anni (SLV) sono mostrati nella Tabella 11-6. Tali risultati mostrano come, per la definizione della pericolosità sismica, siano dominanti terremoti con valori di magnitudo attorno a 4.5-6.5 ed epicentro a distanza ridotta (0-10 km).

Tuttavia, sulla base della sismicità storica, le magnitudo in grado di generare terremoti con risentimenti al sito di progetto sono generalmente più elevate. Tenendo conto dei terremoti storici con maggiore risentimento nell'area (cfr. paragrafi precedenti), è ragionevole assumere una magnitudo di riferimento per la verifica a liquefazione pari a **7.0**.

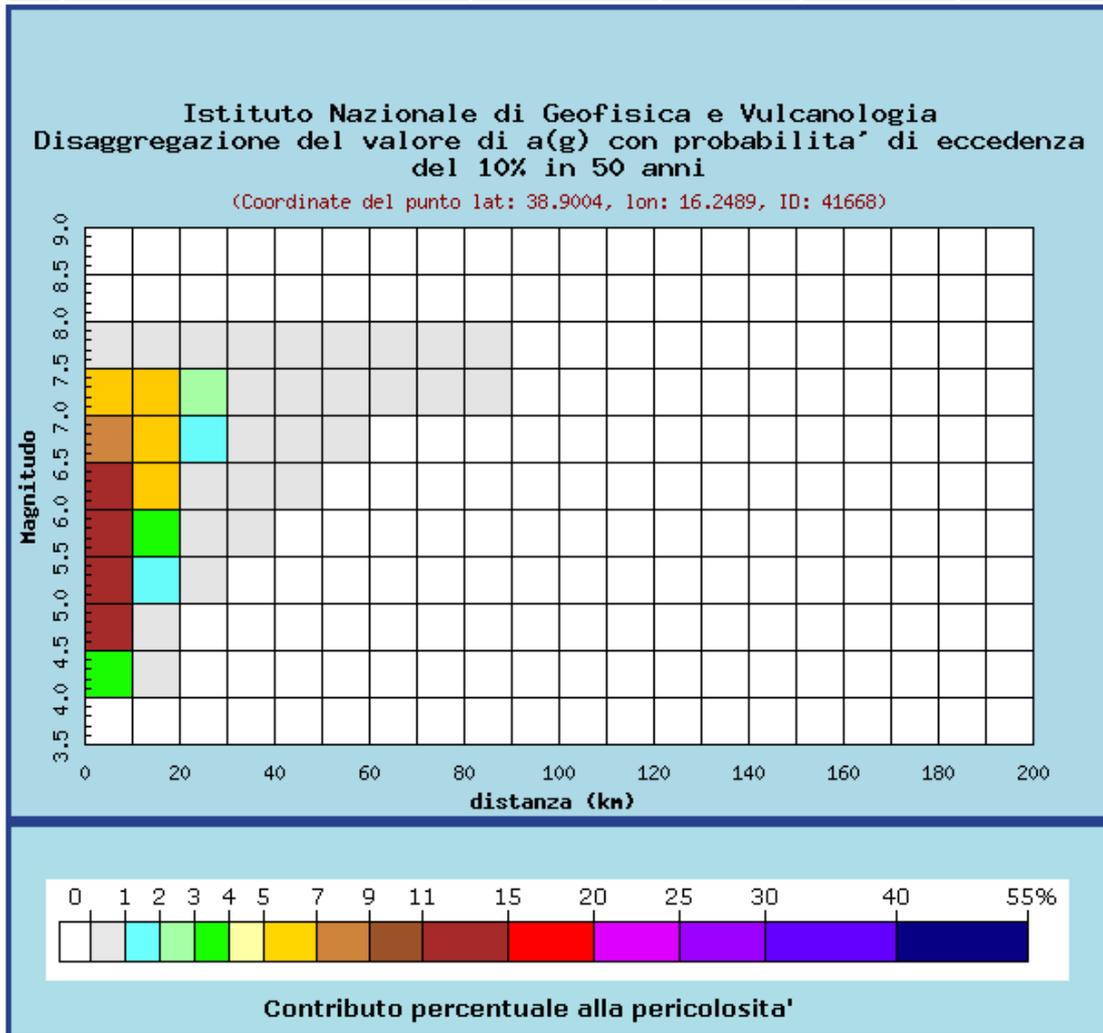


Figura 11-9 – Analisi di disaggregazione del dato di pericolosità per il punto di griglia 41668 corrispondente alla stazione Lamezia Terme per $T_R = 475$ anni (da elaborazioni DPC-INGV S1, <http://zonesismiche.mi.ingv.it/>).

Tabella 11-6 – Risultati di analisi di disaggregazione in termine di valori di magnitudo e distanza epicentrale assieme a loro valori medi per i punti di riferimento lungo il tracciato di interesse per $T_R = 475$ anni.

ID Punto	M _w	R	M _{w,media}	R _{media}
Lamezia T	4.5-6.5	0-10	6.16	7.28
L. T. Nicastro	5.0-7.0	0-10	6.20	7.47
Feroleto	5.0-7.0	0-10	6.19	7.37
Marcellinara	5.0-7.0	0-10	6.18	7.27
Settingiano	5.0-7.0	0-10	6.09	7.07
Catanzaro	4.5-6.5	0-10	5.92	8.42
Catanzaro Lido	4.5-6.5	0-10	5.78	8.79

11.6.1 Metodo di Analisi

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

$$CSR = \frac{\tau_{media}}{\sigma'_{v0}} \quad \text{Rapporto di tensione ciclica}$$

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

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

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

dove:

a_{max} accelerazione di picco al sito

g accelerazione di gravità

τ_c valore rappresentativo dello sforzo di taglio ciclico

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

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

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

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

CSR può essere messo in relazione al numero di cicli significativi dell'azione sismica, funzione della magnitudo M . Per $M \neq 7.5$ è necessario introdurre un fattore di scala della magnitudo MSF così definito:

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

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

Nel presente studio, in accordo sia alle prescrizioni dell'Eurocodice 8 Parte 5, sia a quanto suggerito da Youd et al., 2001 e Idriss e Boulanger (2004), è stato identificato il valore di MSF pari a 1.3 per magnitudo 7.0.

Il rapporto di resistenza ciclica CRR può essere valutato mediante relazioni empiriche che correlino la sollecitazione sismica ai risultati di prove in sito di tipo SPT, come meglio descritto nel seguito.

11.6.2 CRR da correlazione su prove SPT

Il procedimento qui utilizzato si basa sulla relazione riportata in Figura 11-10, originariamente proposta da Seed e Idriss (1971,1982) e da Seed et al. (1985), e successivamente confermata da Youd et al. (2001).

In Figura 11-10, la resistenza penetrometrica SPT è espressa come numero corretto di colpi $N_{1(60)}$, ossia normalizzato ad una pressione verticale efficace di 100 kPa e corretto per un valore standard di energia trasmessa (60% del valore nominale), come segue:

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

In questa espressione:

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

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

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

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

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

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

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

Sempre in Figura 11-10, viene riportato il valore di CSR calcolato ed i corrispondenti valori di $N_{1(60)}$ da siti in cui sono stati osservati o meno gli effetti della liquefazione per eventi sismici avvenuti in passato, con magnitudo 7.5.

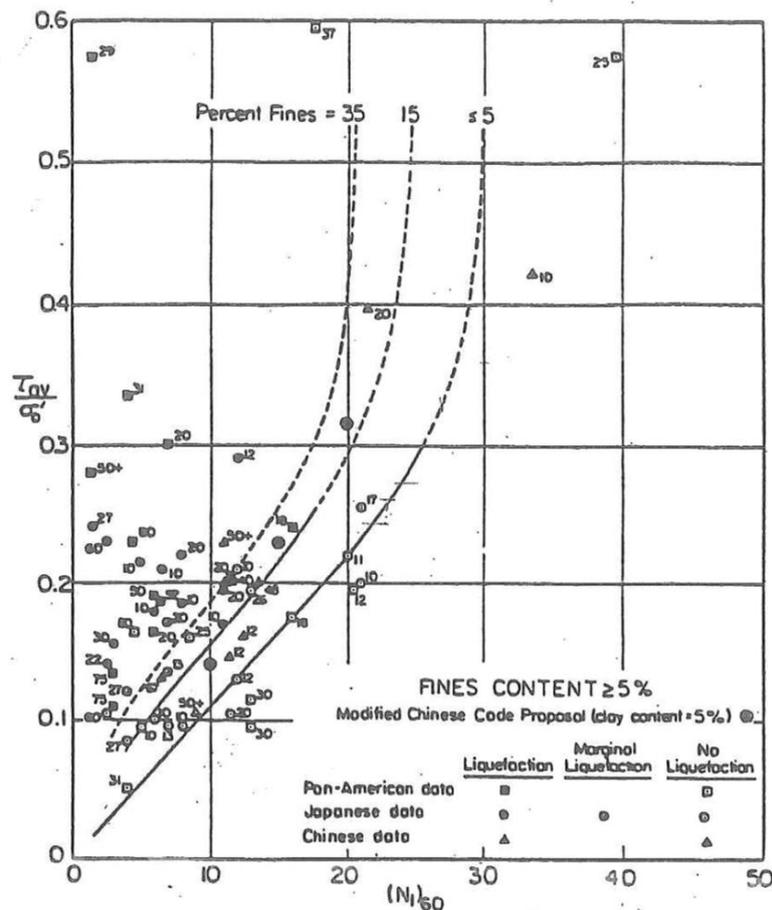


Figura 11-10 – Relazione tra sforzo di taglio ciclico a liquefazione e $N_{1(60)}$ – sisma di riferimento Magnitudo = 7.5 (Seed et al., 1985).

Le corrispondenti curve CRR sono state determinate all'interno del grafico in modo da separare chiaramente i dati corrispondenti all'avvenuta liquefazione da quelli per i quali non è stato osservato il fenomeno in esame.

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

Si può osservare dalla Figura 11-10 come siano state sviluppate curve di resistenza ciclica per terreni aventi diverso contenuto di fini, a partire dalla curva di riferimento corrispondente alla sabbia pulita (FC < 5%).

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

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

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

L'equazione che segue (Idriss e Seed, come riportato da Youd et al. 2001) viene utilizzata per la correzione di valori di $N_{1(60)}$ ai valori corrispondenti per sabbia pulita $N_{1(60)cs}$:

$$(N_1)_{60cs} = \alpha + \beta(N_1)_{60}$$

In cui:

$$\alpha = 0 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\alpha = \exp [1.76 - (190/FC^2)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\alpha = 5 \text{ per } FC \geq 35\%$$

$$\beta = 1 \text{ per } FC < 5\%$$

$$\beta = [0.99 + (FC \cdot 1.5/1000)] \text{ per } 5\% < FC < 35\%$$

$$\beta = 1.2 \text{ per } FC \geq 35\%$$

La resistenza alla liquefazione aumenta meno che proporzionalmente al crescere della tensione di confinamento. Una rappresentazione di tale relazione è stata proposta da Hynes e Olsen (1999) e riportata da Youd et al. (2001),

elaborata sulla base dei risultati di prove cicliche in laboratorio. In particolare, gli autori raccomandano di utilizzare il seguente coefficiente di correzione:

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

dove:

σ'_{v0} = tensione verticale efficace

p_a = pressione atmosferica di riferimento

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

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

$$40\% < DR < 60\% \quad f = 0.7 \div 0.8$$

$$60\% < DR < 80\% \quad f = 0.6 \div 0.7$$

Pertanto, per ogni prova SPT dove non è disponibile il relativo contenuto di fini è stato ipotizzato conservativamente un valore di contenuto di fini minimo pari al 5% per i materiali sabbiosi-ghiaiosi, mentre per i terreni argillosi è stato ipotizzato un contenuto di fini pari al 60%.

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

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

11.6.3 Risultati e considerazioni conclusive

La verifica alla liquefazione dei terreni presenti lungo il tracciato di progetto descritta ai paragrafi precedenti è stata condotta sul database delle prove SPT disponibili. I risultati sono riportati in dettaglio in Appendice A. In particolare, i grafici per le prove SPT riportano:

- Valori di SPT misurati a ciascuna profondità a partire dal piano campagna.
- Contenuto di fini misurato in laboratorio sui campioni prelevati (simbolo pieno), oppure il contenuto di fini stimato sulla base dei risultati disponibili dalle altre prove, per lo stesso orizzonte di terreno.

- Valori di $N_{1(60)cs}$, ossia il numero di colpi/30cm corretto in funzione della tensione verticale in sito, in funzione dell'energia trasmessa in fase di esecuzione della prova e del contenuto di fini.
- Andamento con la profondità dello sforzo di taglio ciclico CSR, riferito alla magnitudo di riferimento per l'analisi e i valori puntuali della resistenza allo sforzo di taglio sismico calcolati per tutti i valori di SPT che non siano stati esclusi dal calcolo di suscettibilità alla liquefazione perché classificati come non liquefacibili (si veda quanto detto al paragrafo precedente).
- Valore del fattore di sicurezza ottenuto come rapporto CRR/CSR per ogni dato. Si osserva a questo proposito che la verifica alla suscettibilità alla liquefazione deve tener conto del potenziale insorgere di deformazioni anche significative anche per valori di FS > 1 per cui si ritiene giustificato rappresentare la linea per FS > 1.25.

Dall'analisi dei risultati (basati sui dati SPT) si evincerebbe un quadro di sostanziale stabilità dei suoli rispetto al fenomeno della liquefazione, all'interno del quale si segnalano le seguenti eccezioni:

- Per la verticale S32 a profondità di 10 m troviamo uno strato di sabbia e/o sabbia debolmente limosa a granulometria da fine a medio-fine con spessore di 5 m, potenzialmente suscettibile di liquefazione.
- Per la stessa verticale, a profondità di 17 m, il dato SPT che porta ad un fattore di sicurezza inferiore a 1 è misurato all'interno di uno strato con spessore di 2 m costituito da materiale a granulometria fine (limi sabbiosi), con immersi all'interno della massa siltosa di natura calcareo-marnosa e calcarenitica.

A tale riguardo potranno essere effettuate ulteriori prove di laboratorio per determinare il contenuto di fine di questi strati in modo da restituire una migliore indicazione sulla suscettibilità alla liquefazione. Eventualmente in caso di rischio di liquefazione, bisogna condurre le verifiche di stabilità delle opere sulla base di valori di resistenza residua dei materiali, post-sisma.

12 CONCLUSIONI

In conclusione, si può affermare che:

- dal punto di vista geografico la linea oggetto di elettrificazione in progetto si sviluppa per circa 40 km, a partire da Catanzaro Lido, per poi portarsi nell'entroterra sino a Settingiano ed infine Nicastro, presso Lamezia Terme verso la costa tirrenica.
- 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 la risulta impostata, a partire da Catanzaro Lido, ove la linea devia verso nord nell'entroterra, su depositi alluvionali del Fiume Corace; in seguito essa attraversa, lungo la valle del Fiume Fallaco, un'area più complessa, dominata sia da conglomerati pliocenici, sia dalle argille azzurre marnose, sia dalla formazione gessoso solfifera. Attraversata la sella di Marcellinara essa si immette lungo la valle del Fiume Amato, alternando depositi alluvionali di quest'ultimo a depositi argillosi pliocenici, ed a depositi marini terrazzati sabbiosi. Da qui essa riprende l'andamento in direzione nord-ovest, attraversando per la maggior parte depositi marini terrazzati pleistocenici e depositi sabbioso-arenacei pliocenici, con locali alluvioni degli alvei attuali dei torrenti. In prossimità di Nicastro essa devia in direzione sud-ovest, attraversando antichi depositi di conoide sabbioso-conglomeratici.
- Dal punto di vista geomorfologico le aree di progetto sono localizzate in diversi contesti. Da Catanzaro Lido la morfologia, in direzione nord, prende la conformazione dell'ampia valle del Fiume Corace, delimitato da versanti aventi blande inclinazioni, e con il fondovalle tipico dell'area alluvionale. In corrispondenza di Settingiano e fino all'area di Marcellinara, la morfologia risulta via via più aspra, dominata da valli più strette e da numerosi fenomeni gravitativi. Dalla località di Quote Barile la linea si immette in galleria, attraversando dirigendosi verso nord ovest i rilievi collinari che costituiscono le propaggini meridionali del massiccio silano, per poi, presso Nicastro, riportarsi in ambito di piana alluvionale, con morfologia più regolare sino alla costa tirrenica.

- 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 incontrano la 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:
 - o *Complesso dei depositi detritici recenti.*
 - o *Complesso conglomeratico-sabbioso-argilloso.*
 - o *Complesso dei depositi terrigeni ed evaporatici.*
 - o *Complesso argilloso caotico.*
 - o *Complesso delle alternanze arenaceo-marnoso-argillose calcareo-marnose.*
 - o *Complesso delle rocce ignee e metamorfiche a tessitura massiccia.*
 - o *Complesso delle rocce metamorfiche a tessitura scistosa.*
 - o *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 e delle pianure costiere 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. Sulla base dei dati disponibili e delle informazioni bibliografiche la falda è stata generalmente rinvenuta a profondità comprese tra 4 e 6 m da p.c., dunque è possibile un'interazione di quest'ultima con le opere in progetto.

- dal punto di vista della pericolosità e del rischio geomorfologico e idraulico 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 gravitativa cartografati, sia lungo l'intera linea, sia in prossimità delle aree di approfondimento, viene effettuata nel paragrafo 10.

- Per quanto concerne il rischio idraulico, 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.
- Dal punto di vista sismico il sito di progetto risulta caratterizzato da sismicità alta. Sulla base delle indagini geofisiche, il sito di progetto è classificabile in categoria di suolo C con solo una eccezione di suolo tipo B per la stazione di Feroletto. Per quanto riguarda la potenziale liquefazione dei terreni, le verifiche condotte, delle quali i relativi risultati vengono riportati nel Paragrafo **Errore. L'origine riferimento non è stata trovata.**11.6, evidenziano come il sito di progetto sia da ritenersi sostanzialmente stabile rispetto a tale fenomeno, salvo alcune eccezioni segnalate nel testo.

	LINEA IONICA TRATTA CATANZARO LIDO – LAMEZIA TERME ELETTTRIFICAZIONE LOTTO 01					
	PROGETTO DEFINITIVO					
Relazione geologica, geomorfologica, idrogeologica e sismica	COMMESSA RCOW	LOTTO 01 D 69	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 179 di 131

13 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., Zupetta 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-Appennines 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.
- Galadini F., Poli M.E., Zanferrari A., (2005) – *Seismogenic source potentially responsible for earthquakes with $M \geq 6$ in the eastern Southern Alps (Thiene-Udine sector, NE Italy)*. *Geophys. J. Int.*, **161**, 739-762.
- Giardini, D., J. Woessner, L. Danciu, G. Valensise, G. Grünthal, F. Cotton, S. Akkar, R. Basili, M. Stucchi, A. Rovida, D. Stromeyer, R. Arvidsson, F. Meletti, R. Musson, R., K. Sesetyan, M. B. Demircioglu, H. Crowley, R. Pinho, K. Pitilakis, J. Douglas, J. Fonseca, M. Erdik, A. Campos-Costa, B. Glavatic, K. Makropoulos, C. Lindholm, T. Cameelbeeck (2013). *Seismic Hazard Harmonization in Europe (SHARE): Online Data Resource*, <http://portal.share-eu.org:8080/jetspeed/portal/>, doi: 10.12686/SED-00000001-SHARE, 2013.
- 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.
- Guericchio 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.
- Guericchio A., Cantafora L., Guericchio M., Ponte M., (2001) – *Discovery of submerged fixed archaeological structures in the Cotone 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.
- Kastelic, V. P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, M. M. Tiberti, G. Valensise (2012). *Seismogenic sources in the Adriatic Domain*, Marine and Petroleum Geology (2012) 1-23.
- 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. e Stucchi M. (a cura di) (2011). *DBMI11, la versione 2011 del Database Macrosismico Italiano.* Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia, Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/DBMI11>. DOI: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI11>.
- 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 Macro seismic Database.* Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <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 i 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)*. Geografia 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., Camassi, R., Gasperini P. e Stucchi, M. (a cura di) (2011). CPTI11, la versione 2011 del *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. Milano, Bologna, <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI>, DOI: 10.6092/INGV.IT-CPTI11.
- 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.
- Slejko D., Carulli G.B., Nicolich R., Rebez A., Zanferrari A., Cavallin A., Doglioni C., Carraro F., Castaldini D., Iliceto V., Semenza E. and Zanolta C. (1989). *Seismotectonics of the eastern Southern-Alps: a review*. Boll. Geof. Teor. Appl., 31, 109-136.

- 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 Croton 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 Croton 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.
- Valensise, G. and Pantosti, D. (a cura di) (2001). *Database of Potential Sources for Earthquakes Larger than M 5.5 in Italy (DISS version 2.0)*. Ann. Geofis. 44, Suppl. 1, con CD-ROM.
- 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 fi ll 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 fi lls: a review of Plio-Pleistocene stratal units of the Crotona Basin, southern Italy*. J. Geol. Soc., London, **163**: 471-486.

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

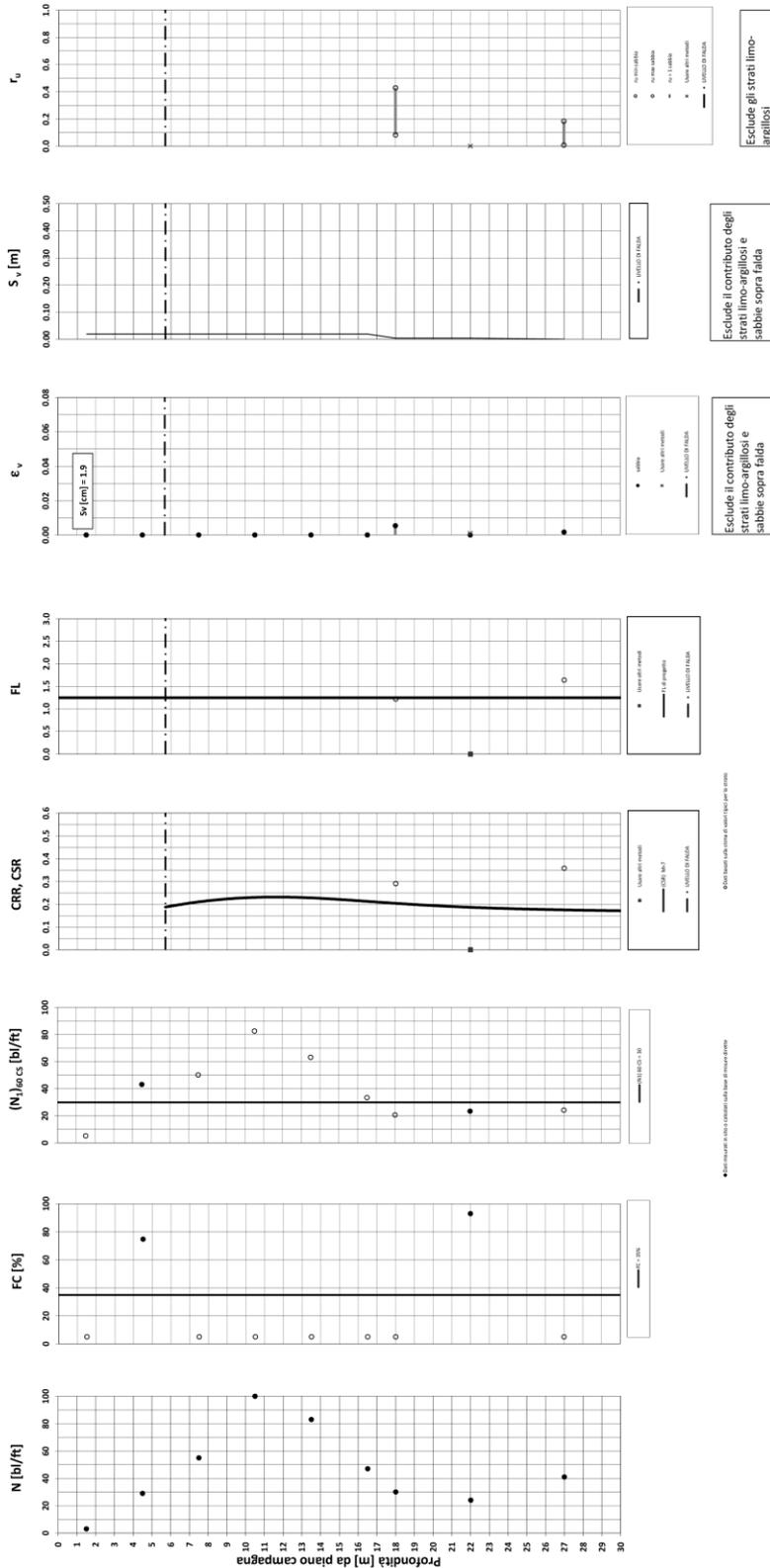
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
RC0W	01 D 69	RG	GE0001 001	A	189 di 131

**APPENDICE A RISULTATI DELLE VERIFICHE A LIQUEFAZIONE SULLA BASE DI PROVE
SPT**

Catanzaro Lido (CZ) - Elettrificazione Tratta Catanzaro-Lamezia Terme (LOTTO 01) - Prova S26

A_{max,calc} / g = 0.3 M_{calc} = 7 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 1.3

Sovraccarico = 0 kPa



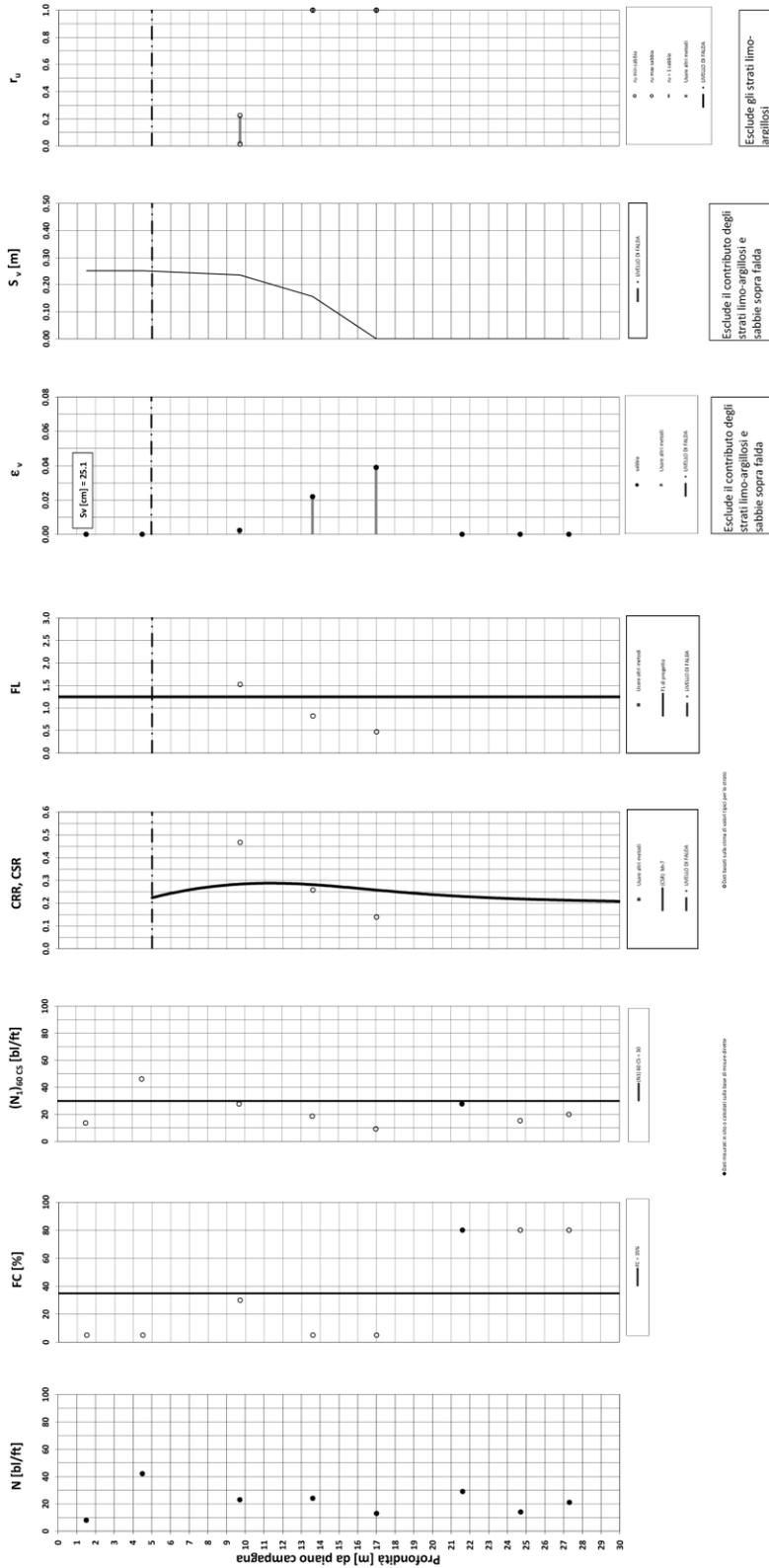
©2010 Itasca Consulting Group, Inc. All rights reserved.

©2010 Itasca Consulting Group, Inc. All rights reserved.

L. T. Nicastro (CZ) - Elettrificazione Tratta Catanzaro-Lamezia Terme (LOTTO 01) - Prova S32

Amax_calc/g = 0.356 M_calc = 7 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 1.3

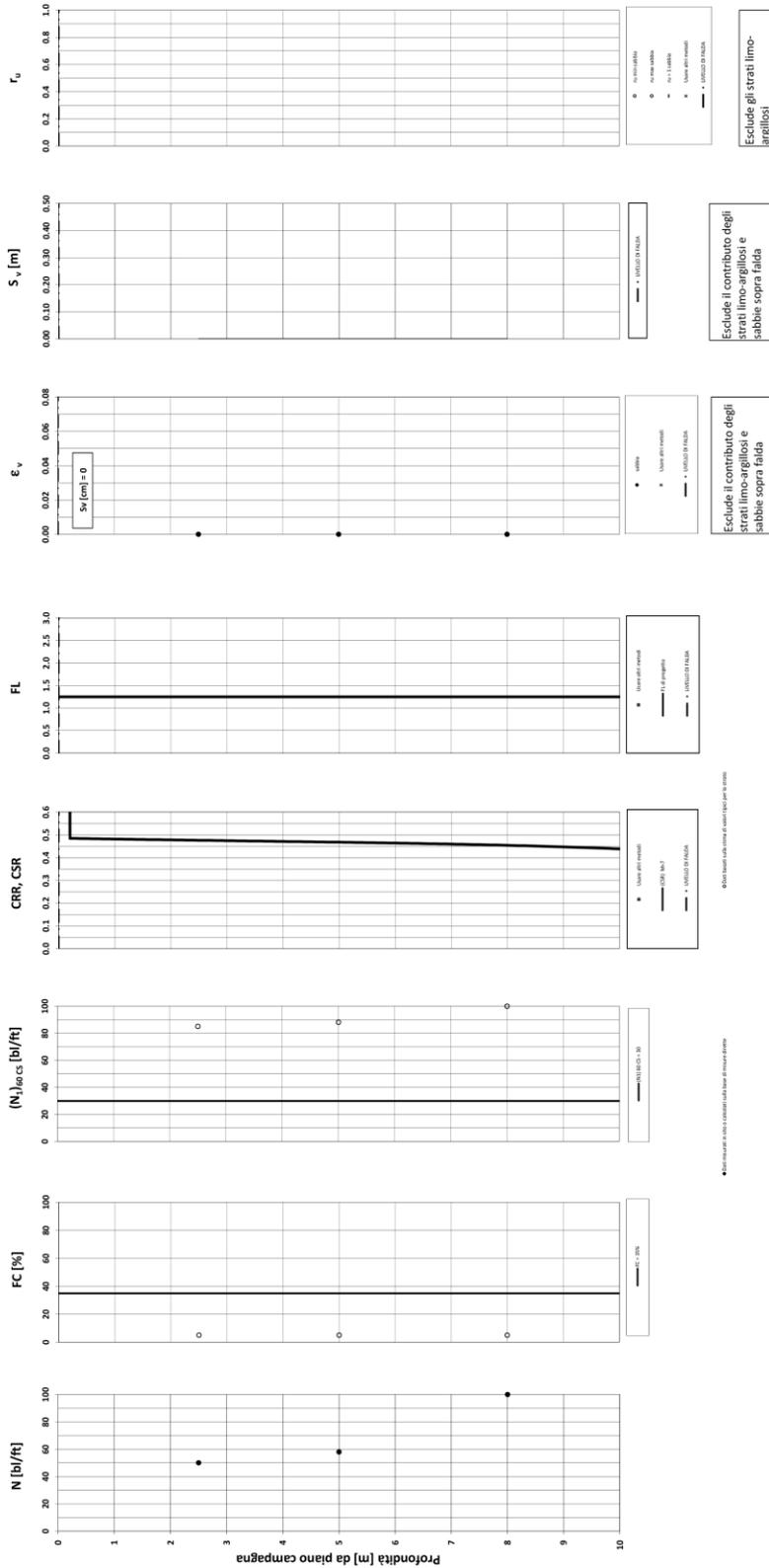
Sovraccarico = 0 kPa



Lamezia Terme (CZ) - Elettrificazione Tratta Catanzaro-Lamezia Terme (LOTTO 01) - Prova S33

Amax_calc / $\beta = 0.35$ M_calc = 7 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 1.3

Sovraccarico = 0 kPa

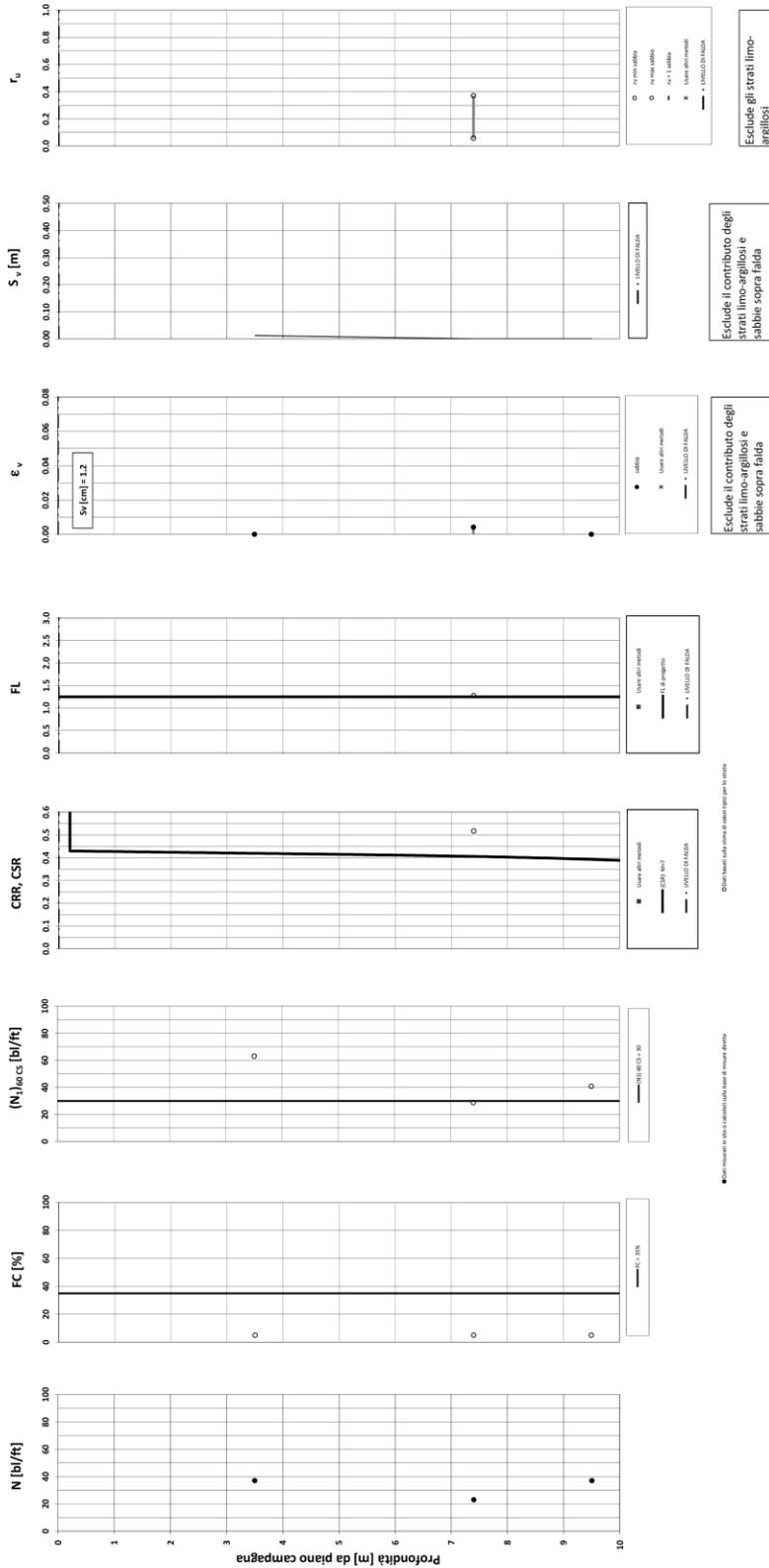


© 2010 - Tutti i diritti sono riservati. È vietata espressamente la ristampa o l'uso non autorizzato senza permesso scritto dalla società.

Feroleto (CZ) - Elettrificazione Tratta Catanzaro-Lamezia Terme (LOTTO 01) - Prova S36

Amax_calc / g = 0.31 M_calc = 7 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 1.3

Sovraccarico = 0 kPa



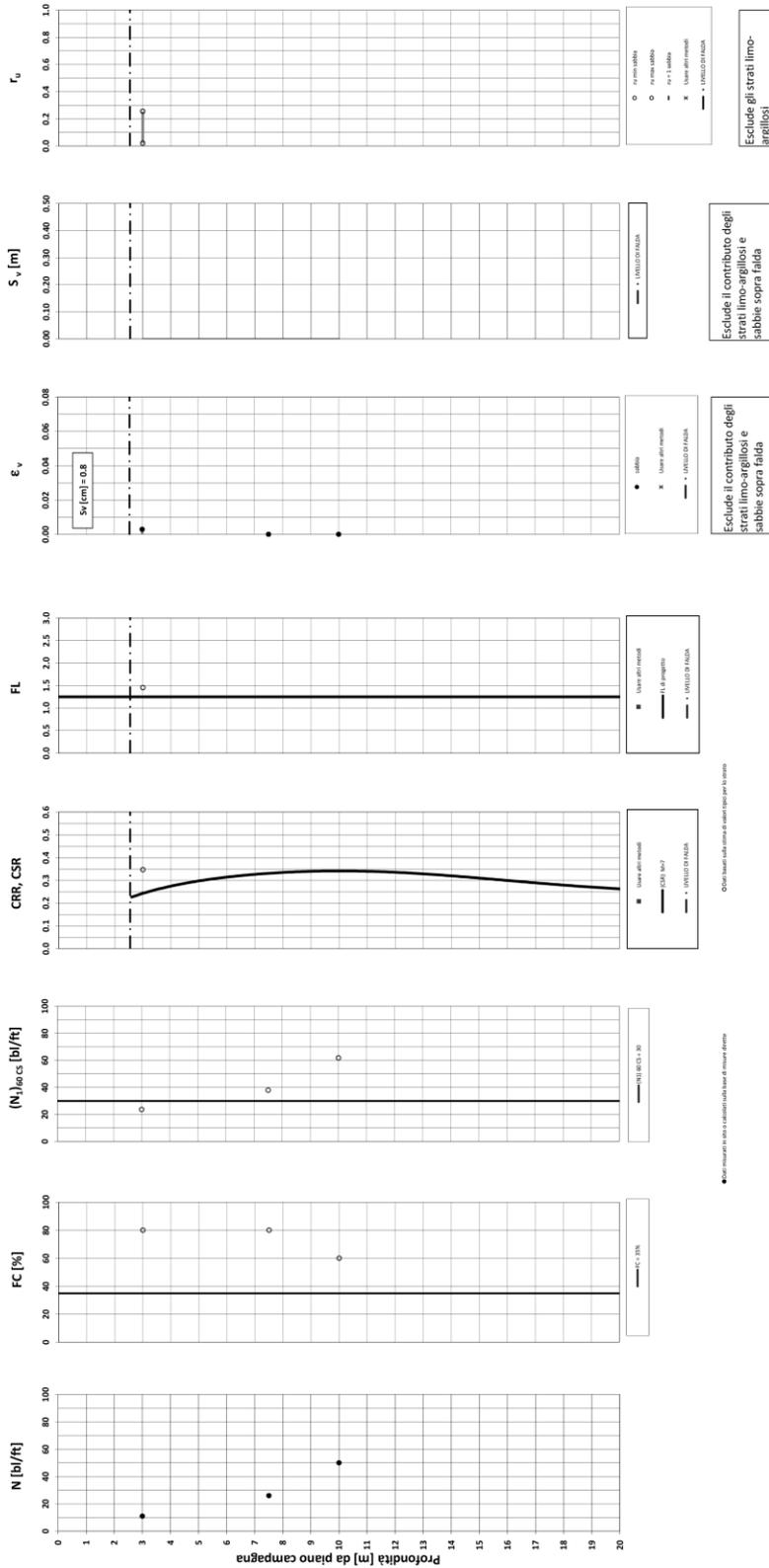
©2011 basati sulla prima di calcolo (per la prova)

● Dati riportati in base a calcoli sulla base di misure esterne

Marcellinara (CZ) - Elettrificazione Tratta Catanzaro-Lamezia Terme (LOTTO 01) - Prova S37

Amax_calc/β = 0.351 M_calc = 7 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 1.3

Sovraccarico = 0 kPa



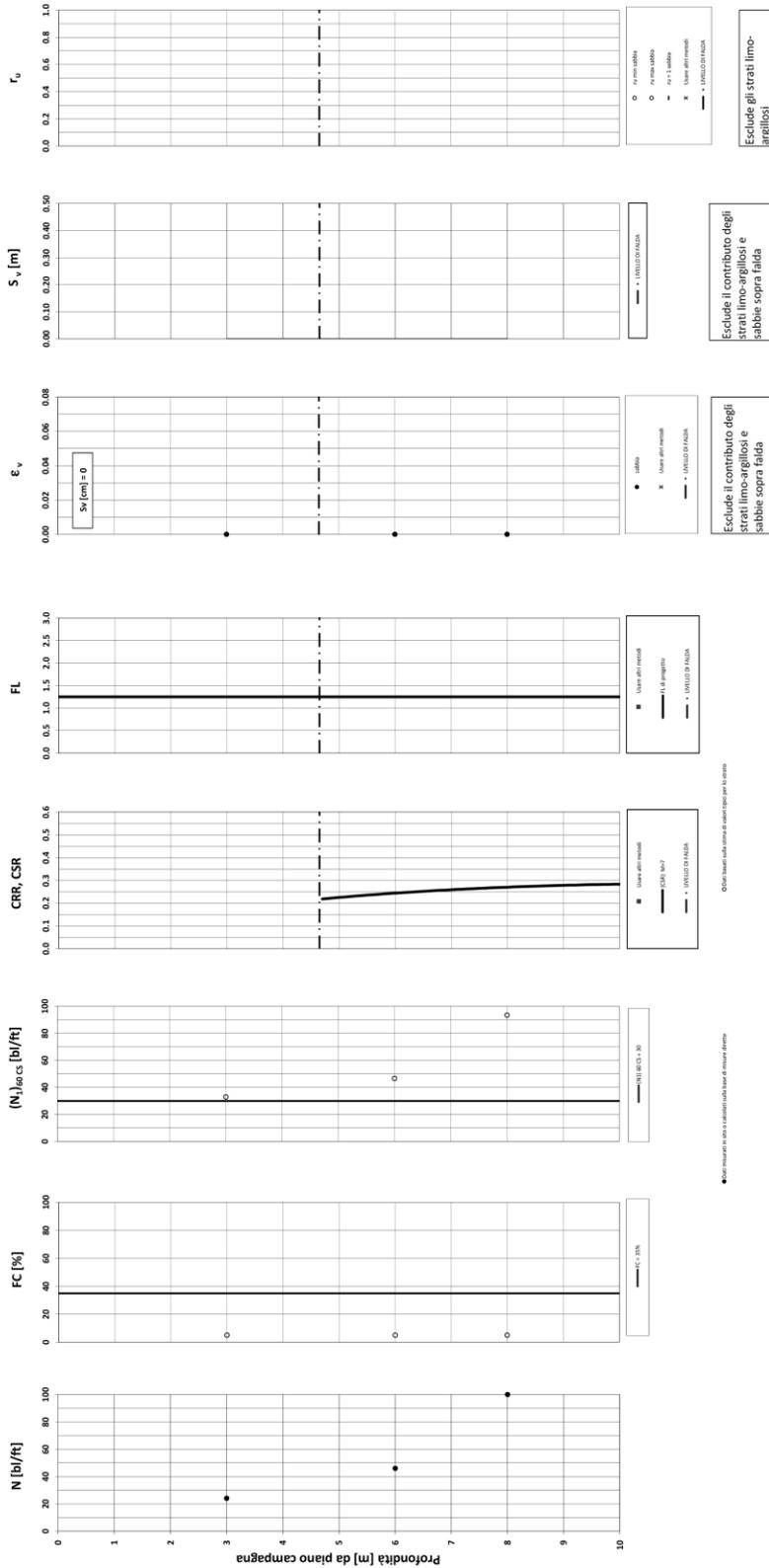
©2011 Itasca Consulting Group, Inc. All rights reserved.

©2011 Itasca Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Settingiano (CZ) - Elettrificazione Tratta Catanzaro-Lamezia Terme (LOTTO 01) - Prova S38

Am_{max}_calc/β = 0.345 M_{calc} = 7 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 1.3

Sovraccarico = 0 kPa



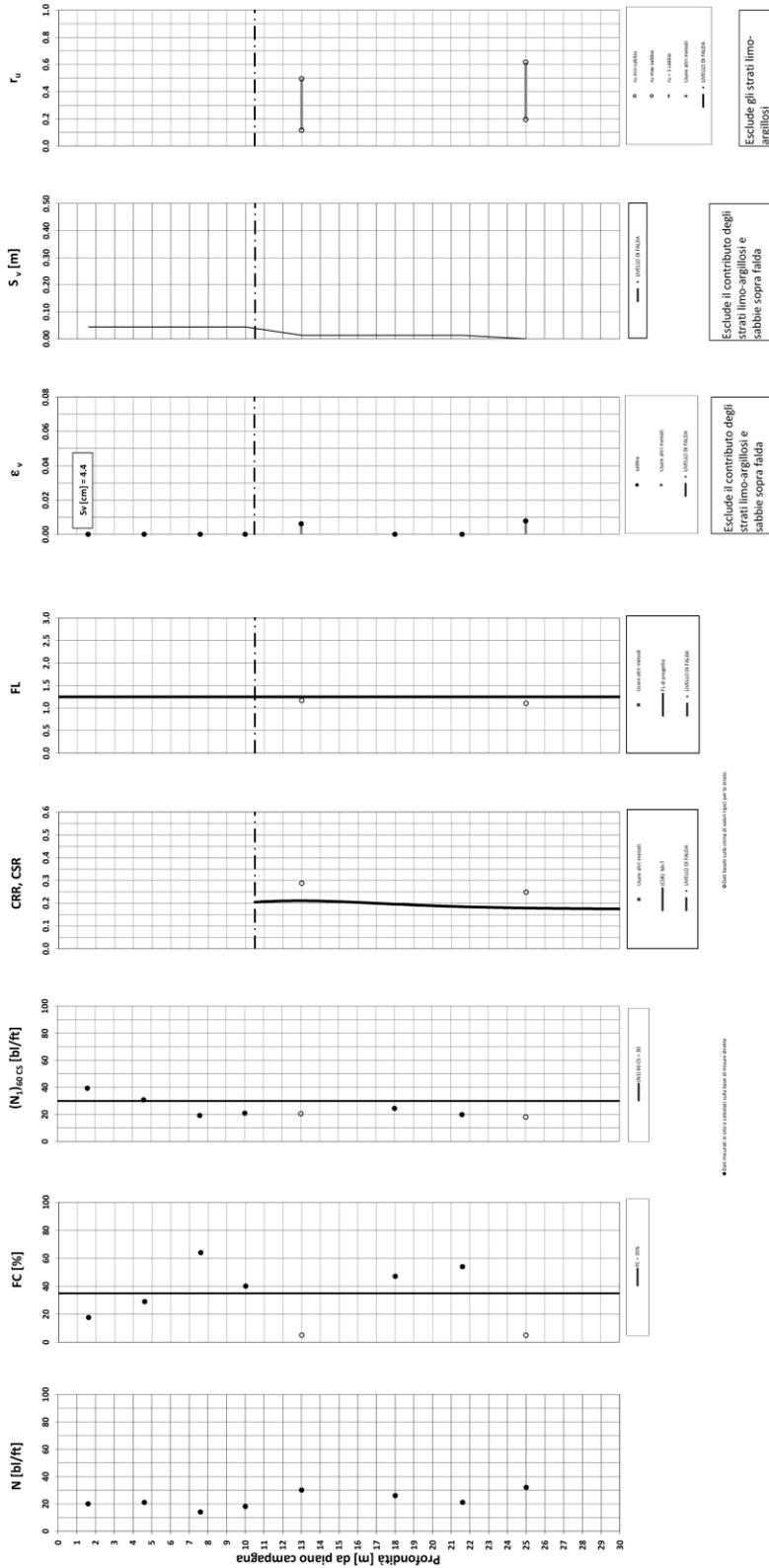
©2018 basati sulla prima di calcolo (per la prova)

● Dati riportati in base a calcoli sulla base di misura diretta

Marcellinara (CZ) - Elettrificazione Tratta Catanzaro-Lamezia Terme (LOTTO 01) - Prova S50

Amax_calc/β = 0.351 M_calc = 7 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 1.3

Sovraccarico = 0 kPa



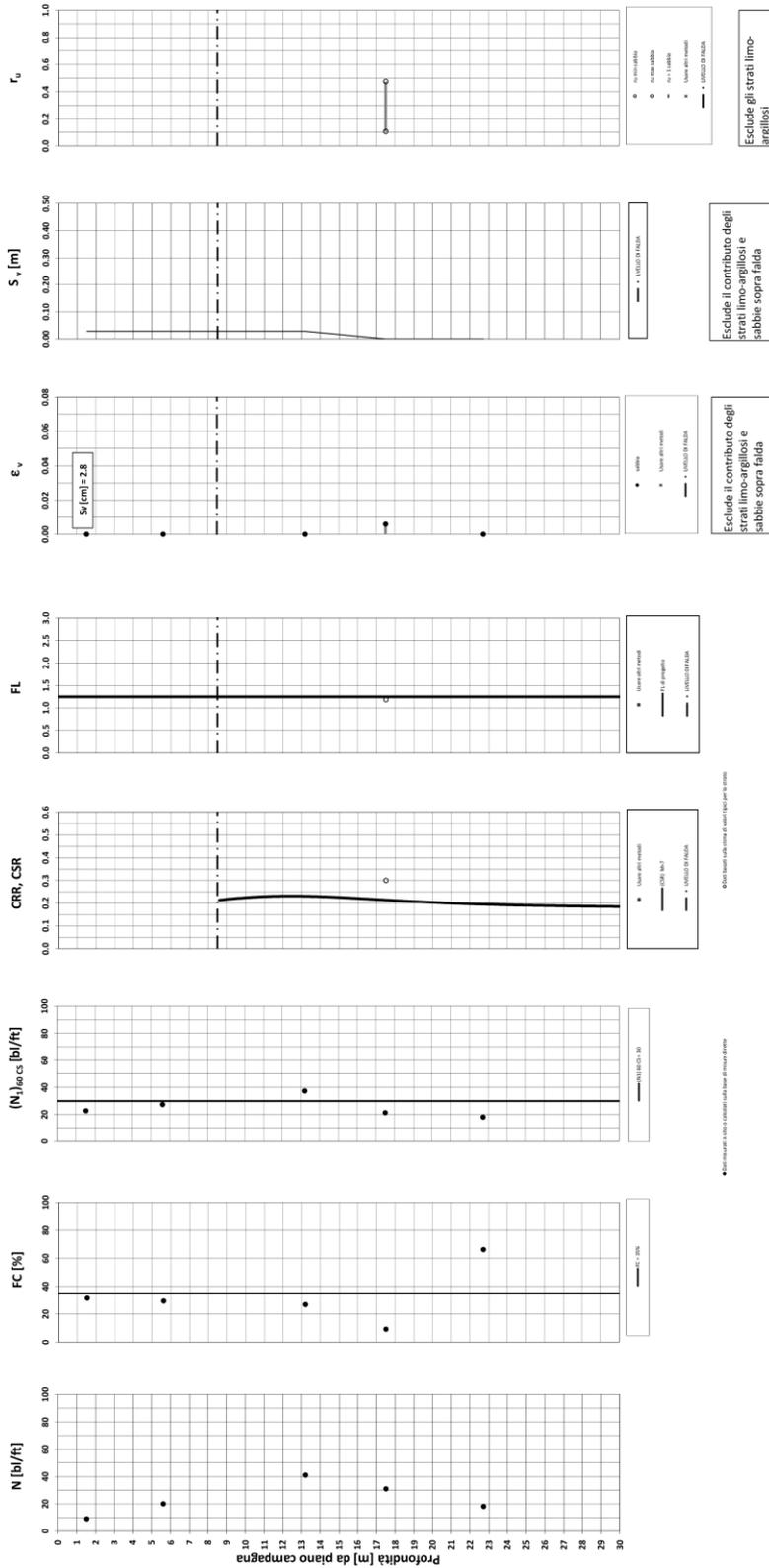
©2008 Italiani con norme di riferimento per le norme

©2008 Italiani con norme di riferimento per le norme

Marcellinara (CZ) - Elettrificazione Tratta Catanzaro-Lamezia Terme (LOTTO 01) - Prova S51

Amax_calc/β = 0.351 M_calc = 7 Approccio NCEER 1996 - 1998 - 2001 MSF = 1.3

Sovraccarico = 0 kPa



© 2011 Itasca Consulting Group, Inc. All rights reserved.

Itasca Consulting Group, Inc. All rights reserved.