

COMMITTENTE:



DIREZIONE LAVORI:



APPALTATORE:



PROGETTAZIONE:

PROGETTISTA:

DIRETTORE DELLA PROGETTAZIONE

RAGGRUPPAMENTO TEMPORANEO PROGETTISTI

Dott. Geol. Attilio EUSEBIO

Ing. Piergiorgio GRASSO



Responsabile integrazione fra le varie prestazioni specialistiche



PROGETTO ESECUTIVO

ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO- TELESE

GEOLOGIA - GEOMORFOLOGIA - IDROGEOLOGIA

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

APPALTATORE	IMPRESA PIZZAROTTI & C. s.p.a. Dott. Ing. Sabino Del Balzo IL DIRETTORE TECNICO Ing. Sabino DEL BALZO 23/06/2020	SCALA:	-
-------------	---	--------	---

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

I	F	2	6	1	2	E	Z	Z	R	G	G	E	0	0	0	1	0	0	1	B
---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---	---

Rev.	Descrizione	Redatto	Data	Verificato	Data	Approvato	Data	Autorizzato / Data
A	Emissione	M. Vendramini	24/02/2020	A. Eusebio	24/02/2020	P. Grasso	24/02/2020	Dott. Geol. Attilio EUSEBIO
B	Emissione a seguito istruttoria ITF	M. Vendramini	23/06/2020	A. Eusebio	23/06/2020	P. Grasso	23/06/2020	ATILIO EUSEBIO GEOLOGO n. 3632 23/06/2020

File: IF26.1.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.001.B.doc

n. Elab.:

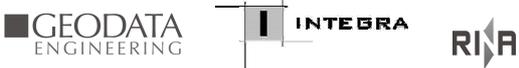
	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 2 di 153

Indice

1	PREMESSA	5
2	DOCUMENTI DI RIFERIMENTO.....	6
2.1	DOCUMENTI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE DI PROGETTO DEFINITIVO (E PREGRESSE).....	6
2.2	DOCUMENTI GEOLOGICI PRINCIPALI DI PROGETTO DEFINITIVO.....	7
2.3	DOCUMENTI GEOLOGICI PRINCIPALI DI PROGETTO ESECUTIVO	8
3	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO.....	9
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE	10
4.1	EVOLUZIONE GEOLOGICA	12
4.2	APPARATI VULCANICI DEL SOMMA-VESUVIO E DEI CAMPI FLEGREI.....	14
4.3	CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE.....	16
4.4	CARATTERISTICHE STRUTTURALI.....	21
5	INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE.....	24
5.1	MORFOLOGIA DEI SISTEMI FLUVIALI	26
5.2	PROCESSI DI VERSANTE E DEPOSITI DI COPERTURA	26
5.3	MORFOLOGIA CARSICA.....	28
5.4	ATTIVITÀ ESTRATTIVE	30
6	INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE	30
6.1	ACQUIFERI E UNITÀ IDROGEOLOGICHE	32
6.2	STRUTTURE IDROGEOLOGICHE E IDRODINAMICA DEGLI ACQUIFERI.....	34
6.3	SORGENTI E OPERE DI CAPTAZIONE.....	38
7	INDAGINI GEOGNOSTICHE	40
7.1	INDAGINI DI PROGETTO DEFINITIVO	40
7.2	INDAGINI DI PROGETTO ESECUTIVO.....	43
8	MODELLO GEOLOGICO LOCALE.....	46
8.1	RILIEVI, APPROFONDIMENTI E STUDI INTEGRATIVI.....	46

8.2	ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO	46
8.2.1	UNITÀ SIN-OROGENE	46
8.2.2	DEPOSITI VULCANOCLASTICI.....	47
8.2.3	DEPOSITI CONTINENTALI.....	52
8.3	RAPPORTI STRATIGRAFICI	58
8.4	ASSETTO STRUTTURALE E GIACITURALE	59
8.4.1	STRUTTURE COMPRESSIVE	60
8.4.2	STRUTTURE DISTENSIVE	60
9	ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE	61
9.1	ELEMENTI IDROGRAFICI.....	61
9.2	ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI	61
9.3	FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI	62
9.4	FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI.....	63
9.5	FORME POLIGENICHE	64
9.6	FORME E DEPOSITI CARSICI.....	64
9.7	FORME ANTROPICHE E MANUFATTI.....	65
10	ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE	66
10.1	COMPLESSI IDROGEOLOGICI	66
10.1.1	RISULTATI PROVE DI PERMEABILITÀ PER IL 1° LOTTO FRASSO-TELESE	67
10.1.2	ANALISI CRITICA DEI RISULTATI	69
10.1.3	COMPLESSI IDROGEOLOGICI DELLE UNITÀ DEL SUBSTRATO SEDIMENTARIO.....	72
10.1.4	COMPLESSI IDROGEOLOGICI DEI DEPOSITI DI COPERTURA	72
10.2	MONITORAGGIO PIEZOMETRICO	77
10.2.1	PIEZOMETRI INSTALLATI	77
10.2.2	MONITORAGGIO DEL LIVELLO DI FALDA	79
10.3	OPERE DI CAPTAZIONE ED EMERGENZE SORGENTIZIE.....	90
10.3.1	CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI.....	91
10.3.2	VALUTAZIONE DI IMPATTO DELL'OPERA SULLE SORGENTI E POZZI.....	100
10.4	CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO	102
11	SISMICITÀ DELL'AREA	104
11.1	SISMICITÀ STORICA	106

11.2	SISMICITÀ ATTUALE	125
11.3	PERICOLOSITÀ SISMICA	127
11.3.1	DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI SUOLO	129
12	CRITICITÀ GEOLOGICHE	131
12.1	CRITICITÀ GEOLOGICO-TECNICHE	131
12.2	RISCHIO LIQUEFAZIONE	132
12.3	CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE	134
12.3.1	KM 17+000 E IL KM 17+300 – “AREA DA CODIFICARE”	134
12.3.2	KM 17+700 E IL KM 18+800 – “AREA DA CODIFICARE/APA/A2”	135
12.3.3	KM 22+200 E IL KM 22+700– “AREA A4 E RISCHIO R4”	137
12.4	CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE	138
13	DESCRIZIONE GEOLOGICA DEL TRACCIATO	140
13.1.1	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 16+500 E IL KM 20+080	140
13.1.2	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 20+080 E IL KM 21+040	140
13.1.3	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 21+042 E IL KM 22+260	141
13.1.4	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 22+260 E IL KM 25+160	141
13.1.5	TRATTO COMPRESO TRA IL KM 25+160 ED IL KM 27+700	142
14	RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI	143

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 5 di 153

1 PREMESSA

Nell'ambito dell'esecuzione degli studi di progettazione definitiva ed esecutiva per il "Raddoppio Tratta Canello - Benevento; II° lotto funzionale Frasso Telesino – Vitulano", sono stati effettuati i rilievi e gli approfondimenti propedeutici alla redazione degli elaborati di sintesi previsti dal progetto stesso. Il II Lotto funzionale Frasso Telesino – Vitulano è stato a sua volta suddiviso in tre sub-lotti:

1. Lotto funzionale Frasso – Teleso (km 16+500 – 27+700);
2. Lotto funzionale Teleso – San Lorenzo (km 27+700 – 38+700);
3. Lotto funzionale San Lorenzo – Vitulano (km 38+700 – 46+950).

Il presente studio è stato sviluppato con l'obiettivo di verificare e rivedere criticamente il modello geologico di riferimento definito nella fase di progetto definitivo (PD). Sono state eseguite dunque una serie di attività ed indagini integrative volte alla definizione dei principali rischi ed incertezze geologiche che interessano le opere in progetto, investigando sia la geologia di superficie che le condizioni del sottosuolo.

L'insieme dei dati ha permesso di affinare il modello geologico di riferimento (MGR) e di definire con maggior dettaglio le caratteristiche litologiche, stratigrafiche, strutturali, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del territorio su cui insiste l'opera in progetto.

Nel dettaglio, il lavoro si è articolato nelle diverse fasi operative e progettuali descritte nel seguito:

Attività di Progettazione Definitiva:

- acquisizione ed analisi degli studi geologici esistenti pregressi svolti nell'area di interesse, tra cui documentazione bibliografica, di carattere regionale e locale, studi specifici su temi specialistici e rischi geologici;
- approfondimenti conoscitivi mediante analisi fotointerpretativa delle caratteristiche morfo strutturali dell'area mirate alla definizione di lineamenti geologici e alla perimetrazione delle principali forme geomorfologiche;
- rilievi diretti di terreno mirati alla definizione delle aree di affioramento delle diverse formazioni geologiche, dei contatti primari e tettonici tra le stesse, così come alla definizione delle loro caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche;
- progettazione ed esecuzione di specifiche campagne di indagini geognostiche realizzate in vari step di approfondimento, nell'area di influenza del progetto;
- analisi dei dati di superficie e di sottosuolo e successiva definizione di un modello geologico di riferimento per il progetto con relativa redazione degli elaborati descrittivi (generali e specifici), note di sintesi e elaborati cartografici a corredo.

Attività di Progettazione Esecutiva:

- rilievi di terreno e approfondimenti tecnici mirati alla verifica ed all'affinamento del modello geologico e geotecnico di riferimento con particolare attenzione agli ambiti di incertezza residuale e ai settori di maggiore criticità per le opere di progetto
- progettazione e realizzazione di un piano integrativo delle indagini geognostiche integrativo comprensivo di prove geotecniche in situ e di laboratorio, prove geofisiche ed indagini ambientali finalizzate alla gestione terre e rocce da scavo.
- Analisi dei nuovi dati delle indagini e affinamento della caratterizzazione geologica e geotecnica dell'area d'influenza del progetto, alla base della progettazione degli interventi e delle opere di progetto.
- Redazione dei relativi elaborati generali e specifici di competenza.

La relazione è divisa in 5 diverse sezioni:

1. La prima prevede la descrizione delle condizioni geologico strutturali, geomorfologiche ed idrogeologiche a scala regionale ("area vasta") considerando un intorno rappresentativo dei processi esogeni ed endogeni

che interessano il sito di studio. Tale analisi verte principalmente sull'analisi di informazione bibliografica e studi pregressi ma in ogni caso rappresentativi delle condizioni attese e probabili lungo il tracciato di progetto.

- Una seconda sezione dedicata alle campagne geognostiche realizzate durante l'iter progettuale, con la sintesi dei dati e delle risultanze utilizzati per la definizione dei modelli geologici e geotecnici di riferimento
- Nella terza sezione si descrive il modello geologico locale, con specifico riferimento alle condizioni stratigrafiche idrogeologiche e geomorfologiche attese lungo tracciato elaborate sulla base dei dati ad oggi disponibili
- La quarta sezione dedicata alla definizione della sismicità dell'area, illustrando il record storico dei terremoti avvenuti nell'area di influenza del progetto e definendo la pericolosità sismica associata.
- Infine, una quinta sezione in cui sono riassunti ed illustrati le criticità geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche riconosciute e definite nell'area di influenza del progetto, dei loro possibili impatti e delle misure di mitigazione previste a riduzione del rischio. Il report si conclude con la descrizione geologica del tracciato e degli interventi previsti a progetto.

Il modello geotecnico e la caratterizzazione geotecnica delle singole formazioni sono contenuti nella Relazione Geotecnica generale. Le due relazioni vanno quindi lette in maniera congiunta.

Lo studio geologico e la definizione dei modelli proposti sono stati sviluppati ai sensi delle norme NTC 2008 di riferimento per il presente progetto. Gli elaborati cartografici e le relative note di riferimento sono stati redatti secondo gli standard metodologici più diffusi in ambito scientifico, nazionale ed internazionale.

2 DOCUMENTI DI RIFERIMENTO

L'elaborazione del presente studio geologico si è basata sull'analisi di varie fonti di dati, tra cui le risultanze del precedente studio e dei relativi documenti allegati al progetto definitivo (Relazione Geologica, Carte geologiche, geomorfologiche e idrogeologiche e relativi profili).

Sono inoltre stati recepiti i risultati delle indagini eseguite nelle precedenti fasi. I risultati di queste indagini sono stati analizzati e re-interpretati alla luce dei risultati delle nuove indagini eseguite per il progetto esecutivo omogeneizzando l'interpretazione del modello geologico locale risultante.

Nel seguito si riporta l'elenco dei soli documenti disponibili (i risultati delle indagini non direttamente disponibili sono stati ricavati dai resoconti e dalle tabelle riepilogative contenute nelle relazioni del progetto definitivo).

I documenti di progetto definitivo, poiché descritti e citati nella fase di progettazione precedente si danno per acquisiti e noti e quindi non oggetti di allegati o documentazione specifica di progetto per questa fase progettuale.

2.1 DOCUMENTI DELLE INDAGINI GEOGNOSTICHE DI PROGETTO DEFINITIVO (E PREGRESSE).

La seguente tabella riassume i documenti relativi alle campagne geognostiche di progetto definitivo e pregresse.

1- Campagna geognostica 1984-1985

Concessione delle prestazioni integrate occorrenti per la progettazione definitiva del raddoppio e potenziamento della linea Caserta - Foggia e per la progettazione esecutiva e la realizzazione delle opere occorrenti per una prima fase di raddoppio e potenziamento della suddetta linea:

- Stratigrafie dei sondaggi - Campagna indagini 1984-1985.

2- Campagna geognostica del 2007

Indagini realizzate per la progettazione preliminare della tratta Canello - Telese sulla linea Napoli - Bari: realizzata dalla società IMPREFOND S.r.l. di Trieste e dalla GEOTER di Roma nell'ambito del Progetto Preliminare della tratta Canello-Telese sulla linea Napoli-Bari; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio;

3- Campagna geognostica del 2008-2009

campagna realizzata dalla società GEOMERID S.r.l. di Priolo Gargallo (SI) nell'ambito del Progetto Preliminare della tratta Canello-Benevento, 2° lotto funzionale Frasso- Vitulano; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio;

- Stratigrafie dei sondaggi

4- Campagna geognostica del 2014-2015

Indagini realizzate dalla società SONDEDILE S.r.l. di Rieti nell'ambito del Progetto Definitivo della tratta Canello-Benevento, 2° lotto funzionale Frasso-Vitulano; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio. I principali documenti consultati includono:

- IF0H 02D69 SG GE0005 001A - Sondaggi, stratigrafie e prove in foro
- IF0H 02D69 PR GE0005 001A - Prove geotecniche- geomeccaniche di laboratorio
- IF0H 02D69 IG G50005 004A - Prospezioni sismiche: Stendimenti a rifrazione
- IF0H 02D69 IG GE0005 002A - Prospezioni sismiche: Acquisizione M.A.S.W.
- IF0H 02D69 IG GE0005 003A - Prospezioni sismiche: Prove Down-Hole
- IF0H 02D69 IG GE0005 001A - Prospezioni Elettromagnetiche

5- Campagna geognostica del 2017

campagna geognostica integrativa del 2017 realizzata dalla società TRIVELSONDA S.r.l. di Squinzano (LE) nell'ambito del Progetto Definitivo della tratta Canello-Benevento, 2° lotto funzionale Frasso-Vitulano; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio. I principali documenti di riferimento sono gli elaborati specifici di progetto definitivo:

- IF0H 12D69 SG GE0005 001A - Stratigrafie, prove in sito e documentazione fotografica
- IF0H12D69IGGE005001B - Indagini Geofisiche: M.A.S.W., Tomografia Elettrica 2D e Rifrazione Tomografica
- IF0H 12D69 PR GE0005 001B - Campagna d'Indagini Geognostiche 2017 - Prove di Laboratorio

6- Campagna geognostica integrativa del 2017 (2017i)

campagna geognostica integrativa di 2a fase del 2017 realizzata dalla società TRIVELSONDA S.r.l. di Squinzano (LE) nell'ambito del Progetto Definitivo della tratta Canello-Benevento, 2° lotto funzionale Frasso-Vitulano; tale campagna è consistita in indagini in sito ed in laboratorio. Gli elaborati di riferimento sono:

- IF0H 12D69 SG GE0005 002A - Stratigrafie, prove in sito e documentazione fotografica

Tabella 1 - Sintesi dei documenti consultati relativi alle campagne geognostiche di PD e pregresse

2.2 DOCUMENTI GEOLOGICI PRINCIPALI DI PROGETTO DEFINITIVO

A seguire si riportano i documenti di progetto definitivo consultati ed elaborati nel presente studio:

Codice	Titolo	Scala
IF0H 12 D69 RH GE0005 001 A	Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	-
IF0H 12 D69 RH GE0005 001 A	Rapporto di campagna - stop geologici e rilievi geomeccanici	
IF0H 12 D69 N5 GE0001 001 B	Carta geologica e profilo geologico tav. 1 di 3 dal km 16+500 al km 20+000	1:5000/500
IF0H 12 D69 N5 GE0001 002 B	Carta geologica e profilo geologico tav. 2 di 3 dal km 20+000 al km 23+500	1:5000/500
IF0H 12 D69 N5 GE0001 003 B	Carta geologica e profilo geologico tav. 3 di 3 dal km 23+500 al km 27+700	1:5000/500
IF0H 12 D69 N5 GE0003 001 A	Carta geomorfologica tav. 1 di 2 dal km 16+500 al km 23+500	1:5000
IF0H 12 D69 N5 GE0003 002 B	Carta geomorfologica tav. 2 di 2 dal km 23+500 al km 27+700	1:5000
IF0H 12 D69 N5 GE0002 001 B	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico	1:5000/500

Codice	Titolo	Scala
	tav. 1 di 3 dal km 16+500 al km 20+000	
IF0H 12 D69 N5 GE0002 002 B	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico tav. 2 di 3 dal km 20+000 al km 23+500	1:5000/500
IF0H 12 D69 N5 GE0002 003 B	Carta idrogeologica e profilo idrogeologico tav. 3 di 3 dal km 23+500 al km 27+700	1:5000/500

Tabella 2 - documenti geologici di riferimento di PD

2.3 DOCUMENTI GEOLOGICI PRINCIPALI DI PROGETTO ESECUTIVO

A seguire si riportano i principali documenti geologici di progetto esecutivo a corredo del presente studio:

Codice	Titolo	scala
IF26.1.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.002	Relazione sismica	-
IF26.1.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.003	Studio di compatibilità idro-geologica	-
IF26.1.2.E.ZZ.RH.GE.00.0.2.001	Censimento dei Punti d'acqua	-
IF26.1.2.E.ZZ.SG.GE.00.0.5.001	Dossier indagini	-
IF26.1.2.E.ZZ.SG.GE.00.0.5.002	Documentazione sui sondaggi e prove in foro	-
IF26.1.2.E.ZZ.SG.GE.00.0.5.003	Documentazione sulle prove in sito	-
IF26.1.2.E.ZZ.IG.GE.00.0.5.001	Documentazione sulle indagini geofisiche	-
IF26.1.2.E.ZZ.PR.GE.00.0.5.001	Documentazione sulle prove geotecniche di laboratorio	-
IF26.1.2.E.ZZ.PL.GE.00.0.5.001	Piano delle indagini geognostiche	-
IF26.1.2.E.ZZ.N5.GE.00.0.1.001	Carta geologica - Tav. 1 di 3	1:5000
IF26.1.2.E.ZZ.N5.GE.00.0.1.002	Carta geologica - Tav. 2 di 3	1:5000
IF26.1.2.E.ZZ.N5.GE.00.0.1.003	Carta geologica - Tav. 3 di 3	1:5000
IF26.1.2.E.ZZ.N5.GE.00.0.2.001	Carta idrogeologica - Tav. 1 di 3	1:5000
IF26.1.2.E.ZZ.N5.GE.00.0.2.002	Carta idrogeologica - Tav. 2 di 3	1:5000
IF26.1.2.E.ZZ.N5.GE.00.0.2.003	Carta idrogeologica - Tav. 3 di 3	1:5000
IF26.1.2.E.ZZ.N5.GE.00.0.3.001	Carta geomorfologica - Tav. 1 di 3	1:5000
IF26.1.2.E.ZZ.N5.GE.00.0.3.002	Carta geomorfologica - Tav. 2 di 3	1:5000
IF26.1.2.E.ZZ.N5.GE.00.0.3.003	Carta geomorfologica - Tav. 3 di 3	1:5000
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.1.001	Profilo geologico Asse principale - Tav. 1 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.1.002	Profilo geologico Asse principale - Tav. 2 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.1.003	Profilo geologico Asse principale - Tav. 3 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.1.004	Profilo geologico Asse principale - Tav. 4 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.1.005	Profilo geologico Asse principale - Tav. 5 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.1.006	Profilo geologico Asse principale - Tav. 6 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.1.007	Profilo geologico Asse principale - Tav. 7 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.2.001	Profilo idrogeologico Asse principale - Tav. 1 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.2.002	Profilo idrogeologico Asse principale - Tav. 2 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.2.003	Profilo idrogeologico Asse principale - Tav. 3 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.2.004	Profilo idrogeologico Asse principale - Tav. 4 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.2.005	Profilo idrogeologico Asse principale - Tav. 5 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.2.006	Profilo idrogeologico Asse principale - Tav. 6 di 7	1: 2000/200
IF26.1.2.E.ZZ.FZ.GE.00.0.2.007	Profilo idrogeologico Asse principale - Tav. 7 di 7	1: 2000/200

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	9 di 153

IF26.1.2.E.ZZ.WZ.GE.00.0.1.001	Sezioni geologico - geotecniche trasversali - Tav 1 di 5	varie
IF26.1.2.E.ZZ.WZ.GE.00.0.1.002	Sezioni geologico - geotecniche trasversali - Tav 2 di 5	varie
IF26.1.2.E.ZZ.WZ.GE.00.0.1.003	Sezioni geologico - geotecniche trasversali - Tav 3 di 5	varie
IF26.1.2.E.ZZ.WZ.GE.00.0.1.004	Sezioni geologico - geotecniche trasversali - Tav 4 di 5	varie
IF26.1.2.E.ZZ.WZ.GE.00.0.1.005	Sezioni geologico - geotecniche trasversali - Tav 5 di 5	varie
IF26.1.2.E.ZZ.P6.GE.00.0.5.001	Planimetria con ubicazione delle indagini - Tav. 1/4	1:2000
IF26.1.2.E.ZZ.P6.GE.00.0.5.002	Planimetria con ubicazione delle indagini - Tav. 2/4	1:2000
IF26.1.2.E.ZZ.P6.GE.00.0.5.003	Planimetria con ubicazione delle indagini - Tav. 3/4	1:2000
IF26.1.2.E.ZZ.P6.GE.00.0.5.004	Planimetria con ubicazione delle indagini - Tav. 4/4	1:2000

Tabella 3 - documenti geologici di riferimento di progetto esecutivo (PE)

3 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

L'area di studio si colloca nella porzione nord-occidentale della regione Campania, in corrispondenza del tracciato del collegamento ferroviario tra Napoli e Bari. In particolare, il Lotto 1 (da pk 16+500 a pk 27+700) ha una lunghezza di 11.2 km e rappresenta la porzione occidentale della tratta Frasso Telesino – Vitulano che si sviluppa per circa 30.5 km sulla linea Caserta - Foggia. Il tracciato di stretto interesse progettuale interessa, pertanto, il territorio dei comuni di Amorosi, Dugenta, Melizzano, Solopaca e Telese, in provincia di Benevento (BN).

Con riferimento alla Carta Topografica d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I.), l'area oggetto di studi è individuabile all'interno del Foglio 173 (Benevento) in scala 1:100000, nelle Tavole 173 III NO (S. Agata de' Goti) e 173 IV SO (Telese) in scala 1:25000 e, con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Campania, negli elementi 418142, 418153, 431021, 431022 e 431061 in scala 1:5000.

Il tracciato progettuale impegna, quindi, settori di territorio posti a quote comprese tra 31.6 m s.l.m. e 71.2 m s.l.m. circa mentre le quote progettuali variano da 41.5 m s.l.m. a 57.9 m s.l.m. Dal punto di vista morfologico, il settore meridionale dell'area di studio si caratterizza per la presenza di ampi settori pianeggianti o sub-pianeggianti riconducibili alla piana alluvionale del fiume Volturno che in questo tratto separa i rilievi del Taburno-Camposauro, ad est, da quelli di Monte Maggiore, ad ovest, mentre i settori nord-orientali sono contraddistinti dalla valle del fiume Calore che, con i suoi depositi alluvionali, separa i rilievi del Taburno-Camposauro, a sud, da quelli del Matese, a nord.



Figura 1 – Corografia in scala 1:250000 dell'area in cui si colloca lo studio geologico con individuazione, in colore rosso, del tracciato di stretto interesse progettuale relativo al Lotto 1.

I principali corsi d'acqua sono rappresentati dal fiume Volturno e dal fiume Calore; quest'ultimo interseca il tracciato progettuale in un punto ed è affluente, in sinistra idrografica del Volturno. Gli altri corsi d'acqua più importanti che intersecano il tracciato ferroviario sono rappresentati, procedendo da ovest verso est, dal T. Maltempo e dal T. Seneta.

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO REGIONALE

L'inquadramento geologico regionale dell'area vasta del progetto è stato definito accuratamente in fase di progetto definitivo. Nei capitoli a seguire si riportano le risultanze delle analisi geologiche propedeutiche alla definizione del modello dell'area vasta accompagnate da una descrizione dettagliata delle caratteristiche principali degli aspetti geologico- stratigrafico e strutturali. Gli elementi qui descritti caratterizzano un areale più ampio dell'area progetto e costituiscono il modello geologico di base sul quale ci si è basati per i successivi affinamenti.

Nel suo complesso, l'Appennino rappresenta un tipico *thrust and fold belt* con vergenza orientale (Mostardini & Merlini 1986; Doglioni et al. 1991; Bigi et al. 1992; Bonardi et al. 2009), compreso tra il Bacino Tirrenico ad ovest e l'Avampaese Apulo a est (Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009). L'Appennino è quindi una catena per pieghe e sovrascorrimenti connessa all'arretramento flessurale della litosfera apulo-adriatica (Malinverno & Ryan 1986; Doglioni et al. 1991), che si struttura verso i settori di avampaese a partire dal Miocene inferiore (Bally et al. 1986; Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009).

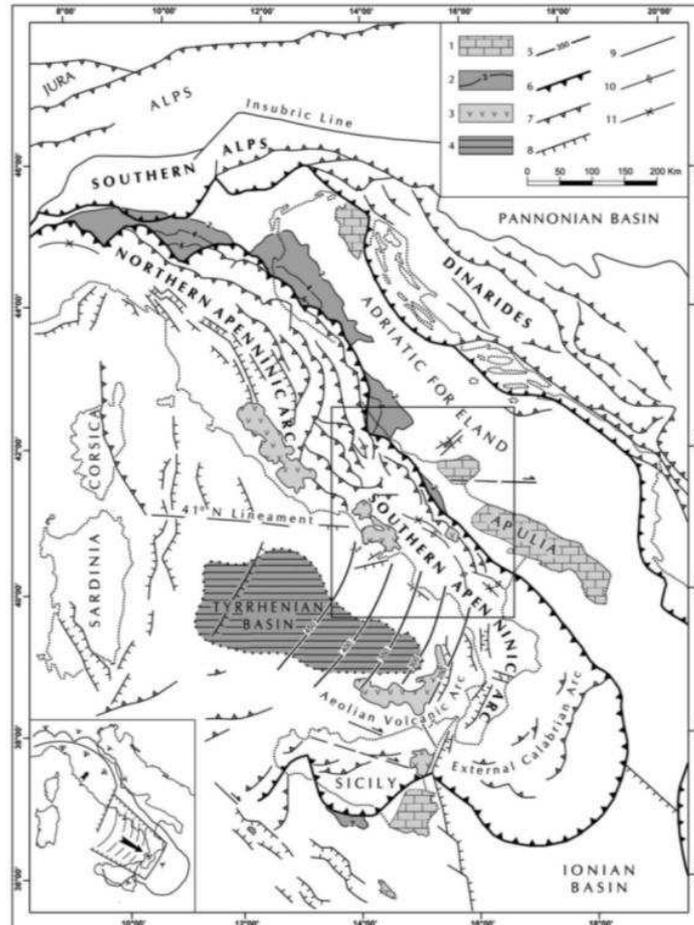


Figura 2 – Schema strutturale della penisola italiana ed aree adiacenti mostrante la suddivisione della Catena Appenninica in due archi principali: l’Arco Appenninico Settentrionale e l’Arco Appenninico Meridionale (da Patacca e Scandone, 2007)

LEGENDA: nel riquadro in basso a sinistra è schematizzata la diversa struttura litosferica nei due archi appenninici: 1) carbonati mesozoici delle aree di avampaese; 2) profondità (in km) della base dei depositi plio-pleistocenici nei bacini di avampaese dell’Appennino e della Sicilia; 3) principali edifici vulcanici quaternari; 4) aree del Mar Tirreno con valori dell’anomalia di Bouguer superiori a 200 mgals, a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) zona di Wadati-Benioff nell’area tirrenica meridionale (profondità in km); 6) fronte delle Maghrebidi, dell’Appennino, delle Alpi meridionali e delle Dinaridi; 7) altri sovrascorrimenti principali; 8) faglie normali; 9) faglie ad alto angolo, soprattutto faglie trascorrenti; 10) asse di anticlinale; 11) asse di sinclinale.

L’assetto tettonico della Catena Appenninica è schematizzabile attraverso la giustapposizione di due grandi archi: uno settentrionale, che va dal Monferrato fino al Lazio-Abruzzo, e uno meridionale, che arriva fino alla Sicilia (Patacca et al. 1992; Scrocca & Tozzi 1999). Questi due archi, la cui giunzione si realizza lungo la Linea Ortona-Roccamonfina, si differenziano per direzioni di movimento, entità dei raccorciamenti e stili deformativi (Di Bucci & Tozzi 1992). Ogni arco maggiore è formato da *thrust sheet* scollati nelle dolomie triassiche, alla base delle successioni sedimentarie meso-cenozoiche (Mostardini & Merlini 1986; Scrocca & Tozzi 1999).

In particolare, lo stile della deformazione compressiva nella porzione di catena dove si trovano successioni carbonatiche sia di bacino che di piattaforma, si esplica essenzialmente per embrici in progressione verso l’Avampaese Apulo (Patacca & Scandone 1989; Di Bucci et al. 1999). Nella porzione di catena in cui sono prevalenti i depositi bacinali a dominante pelitica, invece, lo stile della deformazione compressiva è dato da estesi *thrust sheet* che ricoprono i depositi plio-pleistocenici più recenti (Di Bucci et al. 1999; Buonanno et al. 2007). Al di sotto di tali strutture, il dominio dell’Avampaese Apulo sepolto si deforma in una serie di *horses* ricoperti da un

complesso sistema di tipo *duplex* (Patacca & Scandone 1989; Lentini et al. 1990; Di Bucci et al. 1999; Patacca & Scandone 2007). Tutte queste strutture sono a loro volta sovrastanti a un *floor thrust* profondo, che le porta in accavallamento sui domini più esterni in flessurazione (Bonardi et al. 2009).

4.1 EVOLUZIONE GEOLOGICA

La Catena Appenninica si colloca in un contesto tettonico post-collisionale connesso all'interazione tra la zolla africana, la zolla europea e le altre microzolle interposte (Alvarez et al. 1974; Roure et al. 1991; Guerrero et al. 1993). L'attuale configurazione geometrica della catena è quindi il risultato di complessi eventi compressivi, trascorrenti e distensivi legati alla subduzione e al successivo arretramento flessurale della microplacca apulo-adriatica (Sartori 1989; Bonardi et al. 2009). Successivamente, a causa dell'apertura del Bacino di retroarco Tirrenico, tali eventi sono accompagnati da fenomeni distensivi sul bordo interno della catena (Sartori 1989; Patacca et al. 1990; Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009).

Le principali fasi deformative che hanno strutturato il settore più meridionale della Catena Appenninica sono avvenute tra il Miocene ed il Quaternario, anche se gran parte dell'edificio a falde si è strutturato a partire dal Langhiano (Mostardini & Merlini 1986; Di Staso & Giardino 2002; Patacca & Scandone 2007).

Le unità tettoniche più interne, derivanti da un'area oceanica o a crosta continentale assottigliata, hanno iniziato ad impilarsi a partire dal Miocene inferiore (Di Staso & Giardino 2002; Patacca & Scandone 2007), formando un prisma di accrezione suturato da una successione di *thrust top* (Bonardi et al. 2009).

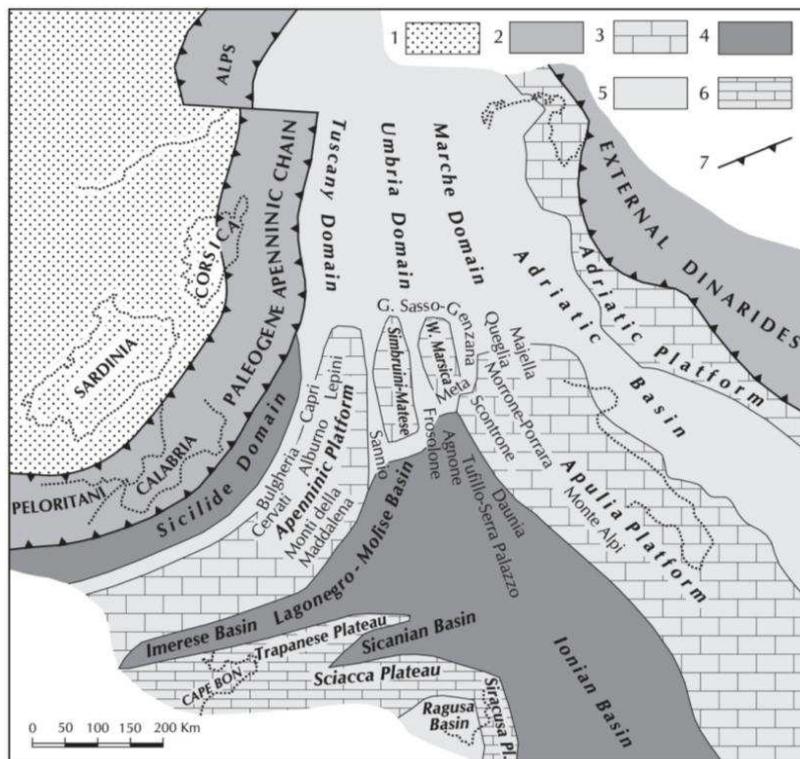


Figura 3 – Ricostruzione palinspastica dell'area centro-mediterranea nell'Oligocene superiore, mostrante la distribuzione dei domini dell'Appennino centro-meridionale prima della loro incorporazione nella Catena. (da Patacca e Scandone, 2007)

LEGENDA: 1) Avampaese europeo; 2) Catena paleogenica; 3-6) Avampaese africano: 3) carbonati di piattaforma di mare basso; 4) bacini profondi a crosta oceanica o continentale assottigliata; 5) aree bacinali con alti strutturali isolati; 6) plateaux pelagici; 7) fronte di catena.

A partire dal Tortoniano, questo assieme è sovrascorso sui domini di piattaforma carbonatica impostati su crosta continentale (Mostardini & Merlini 1989; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009). Successivamente il prisma tettonico si è ulteriormente spostato verso l'esterno, coinvolgendo nella deformazione l'ampio Bacino di Lagonegro e tutti i domini paleogeografici più esterni, sino al raggiungimento della Piattaforma Apula interna (Mostardini & Merlini 1986; Bonardi et al. 2009). Le fasi tettoniche tortoniane hanno quindi condizionato in maniera evidente la sedimentazione di tutte le aree bacinali, portando alla formazione dell'assetto strutturale pressoché definitivo della catena (Torre et al. 1988; Patacca & Scandone 1989).

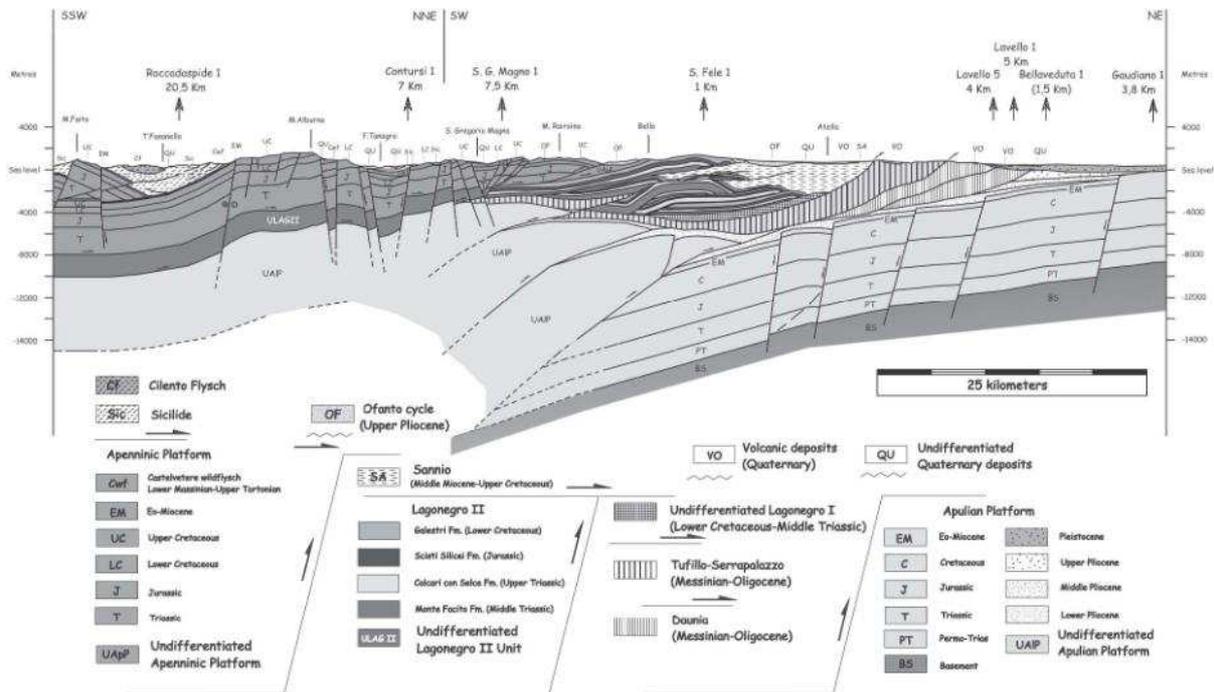


Figura 4 – Sezione geologica della Catena Appenninica meridionale, mostrante i rapporti tra le principali unità stratigrafico-strutturali a seguito della strutturazione dell'edificio a falde (da Scrocca et al. 2007).

Tra il Messiniano e la prima parte del Pliocene inferiore, si sono verificati alcuni episodi di tettonica distensiva che ha favorito la formazione di bacini di *piggy-back* poco profondi, caratterizzati da sedimentazione prevalentemente evaporitica (Torre et al. 1988; Patacca & Scandone 2007). La fase tettonica del Pliocene inferiore, quindi, ha interrotto nuovamente la sedimentazione nelle aree bacinali consentendo un'ulteriore traslazione delle coltri della catena per eventi compressivi (Cinque et al. 1993; Patacca & Scandone 2007). Successivamente, le fasi tettoniche del Pliocene inferiore e medio hanno determinato l'individuazione di ulteriori zone subsidenti, con conseguente ingressione marina connessa alla generale invasione del Mediterraneo dopo la crisi di salinità del Messiniano (Cantalamessa et al. 1988; Mostardini & Merlini 1986; Patacca & Scandone 2007).

Nel Pliocene medio e superiore le varie fasi tettoniche hanno portato al rovesciamento dei fianchi esterni delle pieghe, oltre che ad ulteriori traslazioni attraverso piani di taglio inverso (Mostardini & Merlini 1986; Cinque et al. 1993). Quindi l'assetto tettonico già formato viene successivamente disarticolata dalla tettonica trascorrente e distensiva plio-pleistocenica, coeva all'apertura della porzione più meridionale del Bacino Tirrenico (Patacca et al. 1992; Di Bucci et al. 1999; Casciello et al. 2006). Nei settori interni dell'Appennino meridionale, questa tettonica avviene prevalentemente su lineamenti ad alto angolo, che riattivano localmente strutture ereditate dalle precedenti fasi tettoniche compressive (Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999).

Tra il Pleistocene medio e l'Olocene, infine, si instaura un regime prevalentemente estensionale responsabile della formazione di importanti strutture tettoniche a carattere regionale (Cinque et al. 1993; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999). La tettonica distensiva quaternaria si sostituisce a quella prevalentemente trascorrente plio-

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 14 di 153

pleistocenica, determinando la formazione di faglie dirette di diverso ordine gerarchico e causando la riattivazione di numerosi elementi preesistenti (Di Bucci et al. 1999). Questa fase porta quindi alla definizione degli attuali assetti geologici della Catena Appenninica, con la formazione di ampie piane intramontane colmate da spesse successioni continentali di tipo vulcanico, alluvionale e fluvio-lacustre (Brancaccio et al. 1991; Corrado et al. 1997; Di Bucci et al. 1999).

4.2 APPARATI VULCANICI DEL SOMMA-VESUVIO E DEI CAMPI FLEGREI

I terreni vulcanoclastici ampiamente affioranti in tutto l'Appennino Campano derivano essenzialmente dall'attività esplosiva del Somma-Vesuvio e dei Campi Flegrei (Rosi & Sbrana 1987; Santacroce 1987), due importanti apparati vulcanici posti nella parte centrale della Piana Campana (Fedele et al. 2009). In corrispondenza dei settori di fondovalle tali terreni sono rappresentati da tufi e depositi piroclastici con spessore fino a diverse decine di metri, mentre lungo i versanti questi depositi sono costituiti da alternanze di colluvi vulcanoclastici e paleosuoli con variabili quantità di materiale roccioso (Calcaterra et al. 1999, 2000; Di Crescenzo & Santo 1999; Zanchetta et al. 2004; Bisson et al. 2007).

Il Somma-Vesuvio è uno strato-vulcano di medie dimensioni, che raggiunge l'altezza massima di circa 1281 m s.l.m.. Esso risulta costituito da un edificio vulcanico più vecchio e ripetutamente collassato, il Monte Somma, e di un edificio più recente cresciuto all'interno della caldera così generata, il Monte Vesuvio (Cubellis et al. 2001; De Niscio 2007). Le due strutture sono collegate dalla cosiddetta Valle del Gigante, una stretta depressione morfologica a forma ellittica che rappresenta i resti della caldera da collasso dell'antico edificio vulcanico del Monte Somma (Principe et al. 1987; De Niscio 2007).

La caldera del Monte Somma è bordata da faglie ad anello originatesi probabilmente durante eruzioni di tipo esplosivo e presenta un asse maggiore orientato in direzione circa E-W (De Niscio 2007). Nel settore nord-orientale l'orlo del cratere risulta caratterizzato da pareti sub-verticali con altezza massima di circa 280 m, mentre nei settori occidentali e meridionali gli orli calderici sono generalmente meno evidenti ed accidentati, in quanto ricoperti da prodotti successivi all'evento del 1631 (Principe et al. 1987). L'edificio del Monte Vesuvio rappresenta invece un tipico cono vulcanico con un diametro sommitale di 450 m e una profondità massima di circa 330 m (Cubellis et al. 2001). Esso è costituito principalmente da colate laviche e depositi scoriacei di caduta e di flusso, oltre che da depositi piroclastici connessi ad eruzioni pliniane e sub-pliniane (De Niscio 2007).

L'attività vulcanica del complesso Somma-Vesuvio ha avuto inizio circa 400 ka fa ed è chiaramente di tipo misto (Brocchini et al. 2001; De Niscio 2007), in quanto nel corso della sua esistenza si sono succedute eruzioni sia effusive che pliniane. Durante gli ultimi 20 ka sono avvenute ben sette eruzioni pliniane ad intervalli di alcune migliaia di anni, l'ultima delle quali è la famosa eruzione del 79 d.C. che distrusse le città di Pompei ed Ercolano. Si calcola che ogni evento pliniano sia stato capace di produrre tra i 5 e gli 11 km³ di materiale piroclastico, diffuso su un'area di circa 20000-30000 ettari (De Niscio 2007).

I Campi Flegrei sono un sistema vulcanico complesso (Perrotta et al. 2006), formato da una serie di piccoli centri a carattere principalmente monogenico (Fedele et al. 2009). Solo negli ultimi 39 ka sono stati attivi più di quaranta differenti centri eruttivi. I prodotti del vulcanismo flegreo sono caratterizzati da un chimismo alcalino-potassico tipico della Provincia Magmatica Romana, con composizioni che variano da basalti shoshonitici a fonoliti (Conticelli et al. 2002; Peccerillo 2005; Fedele et al. 2009).

L'attività vulcanica flegrea ha avuto inizio circa 48 ka fa (Cassignol & Gillot 1982; Rosi & Sbrana 1987) ed è caratterizzata da eruzioni esplosive rari episodi effusivi (Fedele et al. 2009). Tale attività vulcanica si è sviluppata in conseguenza delle fasi tettoniche distensive plio-quadernarie, a cui è connessa la genesi della cosiddetta Piana Campana (Di Girolamo & Stanzione 1973; Luongo et al. 1991). Il persistente stato di attività del sistema magmatico è testimoniato dall'eruzione del Monte Nuovo del 1538, nonché dall'attuale presenza di fumarole, sorgenti di acque calde e dal fenomeno del bradisismo.

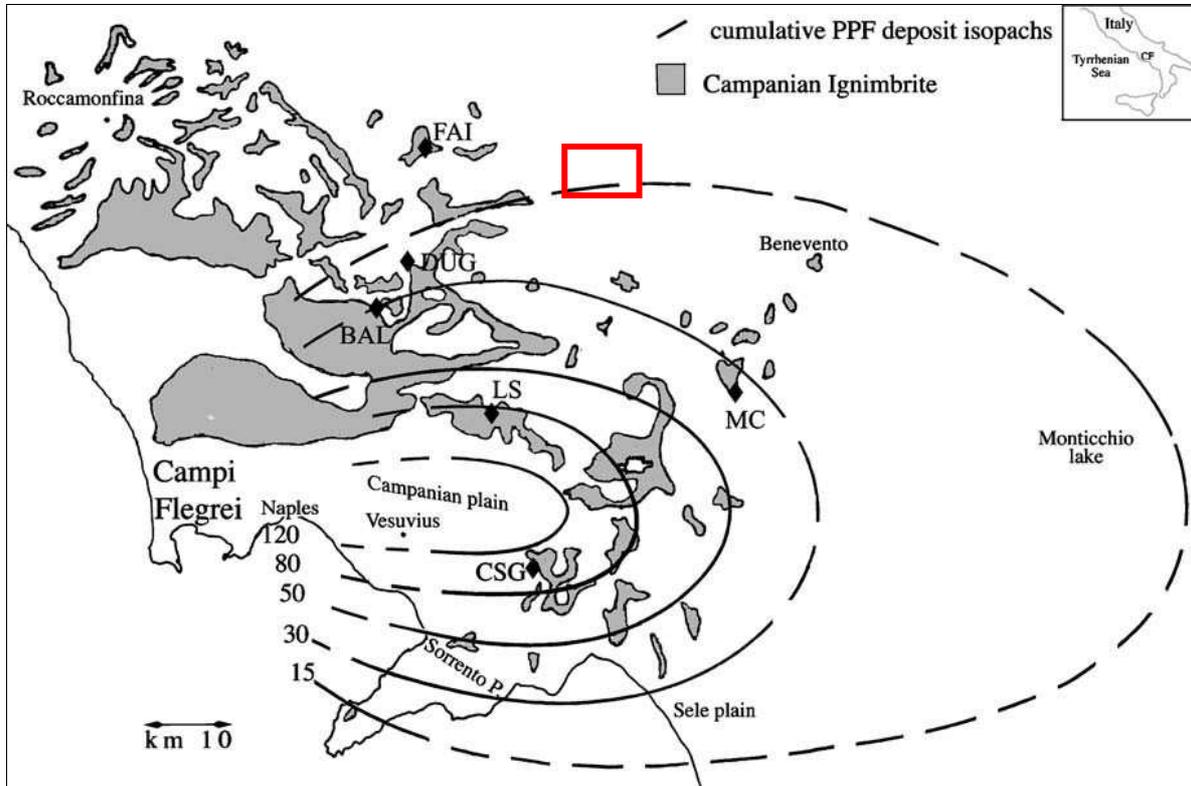


Figura 5 – Mappa della distribuzione prossimale del Tufo Grigio Campano (area ombreggiata) e dello spessore in cm dei depositi da caduta relativi all'eruzione dell'Ignimbrite Campana (da Cappelletti et al. 2003). In rosso l'area del progetto.

Le due grandi caldere che caratterizzano l'area di Campi Flegrei sono legate a due episodi di collasso (Perrotta et al. 2006), connessi rispettivamente alle eruzioni del Tufo Grigio Campano circa 39 ka fa (De Vivo et al. 2001; Fedele et al. 2009) e del Tufo Giallo Napoletano circa 15 ka fa (Deino et al. 2004), i cui prodotti sono per lo più limitati all'area flegrea (Rosi & Sbrana 1987). Le caldere sono caratterizzate da un articolato sistema di alimentazione magmatica, in quanto attraversate da ampie fratture che hanno interessato il basamento attraverso cui è risalito il magma (Di Girolamo et al. 1984; Rosi & Sbrana 1987; Peccerillo 2005; Papa 2011).

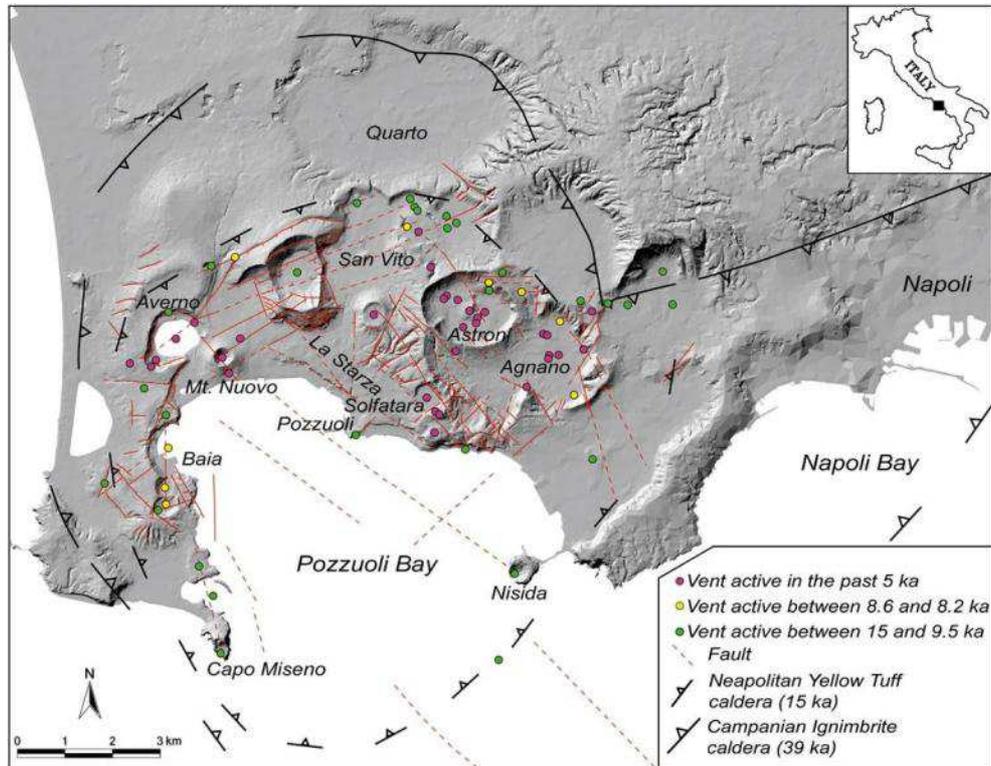


Figura 6 – Carta strutturale schematica dell’area dei Campi Flegrei, con indicazione delle caldere connesse alla messa in posto del Tufo Giallo Napoletano e del Tufo Grigio Campano (da Orsi et al. 2009).

L’attività precedente è stata caratterizzata dalla formazione di un gran numero di centri eruttivi, distribuiti su di un’area più vasta di quella degli attuali Campi Flegrei (Fedele et al. 2009). Questo primitivo campo vulcanico, definito Paleoflegrei (Cole et al. 1994), è stato sede di un’intensa attività vulcanica sia effusiva che esplosiva che si estendeva da Procida fino ai confini orientali dell’odierna città di Napoli (Fedele et al. 2009). Il periodo di attività compreso tra le eruzioni del Tufo Grigio Campano e del Tufo Giallo Napoletano è stato quindi caratterizzato da eruzioni subaeree, concentrate principalmente all’interno della caldera del Tufo Giallo Napoletano (Perrotta 1992; Fedele et al. 2009).

4.3 CARATTERISTICHE STRATIGRAFICHE

La porzione di Catena Appenninica ricadente nel settore centrale della Regione Campania è costituita da una spessa unità tettonica meso-cenozoica derivante dalla deformazione di domini paleogeografici di natura bacinale (Carannante et al. 2012), nota in letteratura come Unità tettonica del Fortore (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007).

Su tale unità poggiano, in discordanza stratigrafica, spesse sequenze sin-orogene tardo-mioceniche, costituite da terreni prevalentemente arenaceo-marnosi e conglomeratico-sabbiosi di scarpata e base scarpata (Carannante et al. 2012). I suddetti depositi sono ricoperti, infine, da estesi depositi quaternari di origine vulcanica, alluvionale e detritico-colluviale (Di Girolamo et al. 1973; Brancaccio et al. 1991; Carannante et al. 2012).

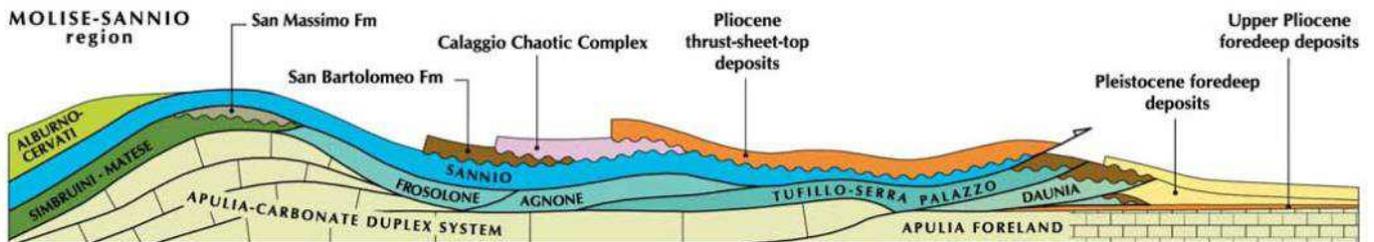


Figura 7 – Rappresentazione schematica dei rapporti geometrici tra le varie unità tettoniche dell'Appennino nella zona Molise-Sannio (da Patacca & Scandone 2007).

Con diretto riferimento a quanto riportato nel Foglio 419 "S. Giorgio la Molara" (ISPRA 2015), nel Foglio 431 "Caserta Est" (ISPRA 2012) e nel Foglio 432 "Benevento" (ISPRA 2007) della Carta Geologica d'Italia in scala 1:50000, le successioni stratigrafiche presenti nell'area di studio possono essere distinte, dal basso verso l'alto, in:

Unità del Fortore: successioni cenozoiche di ambiente pelagico nell'ambito del vasto bacino lagonegrese-molisano, deposte in parte anteriormente e in parte contemporaneamente alle fasi tettoniche che hanno interessato la catena appenninica meridionale. Sono costituite da litotipi prevalentemente argilloso-marnosi e arenaceo-marnosi, progressivamente più grossolani verso l'alto stratigrafico (Selli 1962; Patacca et al. 1992; Chicchini 2007; Patacca & Scandone 2007; Carannante et al. 2012).

- **Argille Varicolori Superiori** (Oligocene superiore - Miocene inferiore): argilliti scagliose dal rosso-violaceo al grigio-verdastro e/o bluastro, con sporadiche intercalazioni centimetriche e decimetriche di marne e calcari micritici chiari, calcareniti bioclastiche, calcari marnosi, marne, calcari marnosi siliciferi ed arenarie arcosico-litiche di colore grigio. In subordine sono presenti argille e argille limose di colore rosso e verdastro. Depositi di ambiente di bacino profondo sottoalimentato, sporadicamente raggiunto da torbiditi carbonatiche più frequenti verso l'alto, con spessore affiorante variabile tra 200 e 300 m.
 - **Litofacies calcarea** (Oligocene superiore - Miocene inferiore): calcari cristallini bianchi da massivi a ben stratificati, calcareniti bioclastiche, breccie a macroforaminiferi e livelli conglomeratici in matrice marnosa verdastra.
- **Flysch Numidico** (Miocene inferiore): quarzo-areniti di colore giallo ocra, grigio e marrone, generalmente massive e talora gradate, con granuli di quarzo ben arrotondati e smerigliati. A varie altezze stratigrafiche si intercalano strati di argille marnose grigio-verdi e livelli biocalcarenitici gialli e grigi di spessore decimetrico, contenenti frequenti spicole di spugna. Depositi di ambiente bacinale torbiditico, con spessore affiorante di circa 300 m.
 - **Membro delle argille, marne e calcari spongolitici** (Miocene inferiore): argille e argille marnose di colore grigio-verdastro o crema, con intercalazioni di livelli calcarenitici e biocalcarenitici grigiastri, di spessore variabile da centimetrico a decimetrico, frequentemente laminati e ricchi in spicole di spugna. Depositi di ambiente bacinale profondo, con spessore affiorante di circa 100 m.
- **Formazione di S. Giorgio** (Burdigaliano – Tortoniano): formazione torbiditica costituita in prevalenza da associazioni di *facies* grossolane, costituita da due membri.
 - **Membro arenaceo di Castelpoto** (Burdigaliano – Tortoniano): arenarie medio-grossolane giallastre, in strati da spessi a molto spessi, generalmente amalgamati, talora con lenti di conglomerati poligenici, arenarie con lamine piane orizzontali, rare intercalazioni di peliti bianche, marne grigio-verdi e calcareniti torbiditiche. Sono presenti intercalazioni di una litofacies arenaceo-pelitica strati medio-spessi, di una litofacies pelitico-arenacea in strati sottili e molto sottili e di olistostromi di argilliti varicolori. Ambiente deposizionale di conoide sottomarina l.s., probabilmente interna, con spessore da alcune decine di metri a circa 300 m.
 - **Membro pelitico-arenaceo di S. Libero** (Burdigaliano – Tortoniano): alternanze di siltiti marroni e di peliti in strati da medi a molto sottili con rare intercalazioni di calcareniti torbiditiche in strati

medio-spessi e di torbiditi arenaceo-pelitiche in strati medio-spessi. Ambiente deposizionale: conoide sottomarina l.s., con spessore da alcune decine di metri a circa 150 m.

Unità sin-orogene: successioni tardo-cenozoiche di ambiente di base scarpata, costituite prevalentemente da sedimenti arenaceo-marnosi e conglomeratico-sabbiosi con locali olistostromi ad elementi extra-bacinali (Pescatore et al. 1971; Carannante et al. 2012).

- **Flysch di S. Bartolomeo** (Tortoniano medio – Messiniano inferiore): depositi silico-clastici prevalentemente torbiditici ed emipelagici. Areniti a composizione quarzoso-feldspatica. Formazione suddivisa in due membri parzialmente eteropici.
 - **Membro conglomeratico-arenaceo** (Tortoniano medio – Messiniano inferiore): areniti feldspatiche immature, in strati e banchi massivi. Paraconglomerati poligenici con matrice sabbiosa e livelli di conglomerati poligenici clasto-sostenuti, microconglomerati quarzoso-litici ed arenarie grossolane. Ambiente di conoide interna alimentata da flussi detritici, granulari e torbiditici, con spessore tra 50 e 200 m.
 - **Membro arenaceo-pelitico** (Tortoniano superiore – Messiniano inferiore): alternanze ritmiche di strati di arenarie arcose e arcoseo-litiche e micacee, argille ed argille marnose. Nelle arenarie strutture torbiditiche quali laminazioni parallele e intervallo gradato. Il deposito è riferibile a lobi di conoide sottomarina alimentata da flussi torbiditici e ad emipelagiti, con spessore fino a 450 m.
- **Arenarie di Caiazzo** (Tortoniano superiore - Messiniano inferiore): conglomerati, microconglomerati e arenarie grossolane quarzoso-feldspatiche di colore grigio e subordinatamente quarzoso-litiche poco cementate di colore grigio-marroncino o bruno-giallastro all'alterazione, con sottili intercalazioni marnoso-limose. Tali depositi si ritrovano in strati da medi a spessi con base netta oppure in banchi talora lenticolari di spessore metrico, spesso amalgamati. Il rapporto A/P è variabile da > 1 a >> 1, con una netta prevalenza dei litotipi più grossolani nella parte alta. A varie altezze stratigrafiche si intercalano olistostromi ad elementi extra-bacinali costituiti da calcari stratificati, calciruditi calcari marnosi, arenarie e argille scagliose con dimensioni fino ad alcune migliaia di mc. Depositi di ambiente di base scarpata, con spessore variabile tra 500 e 600 m.
- **Formazione di Castelvetere** (Tortoniano superiore - Messiniano inferiore): arenarie grossolane e microconglomeratiche in strati da medi a spessi, con base netta e talora erosiva, a luoghi con una grossolana gradazione diretta ed evidenti tappeti da trazione. In alternanza si rinvengono conglomerati a ciottoli carbonatici con diametro non superiore a 20 cm, con scarsa matrice argilloso-sabbiosa ed in strati lenticolari con base fortemente erosiva di spessore non superiore al metro. Il rapporto A/P è sempre >> 1. A varie altezze stratigrafiche si intercalano depositi costituiti da blocchi carbonatici di dimensioni pluridecametriche, prevalentemente in *facies* di piattaforma. Depositi di ambiente di base scarpata, con spessore non inferiore a 200 m.

Unità tardo-orogene: successioni con deposizione avvenuta dal Messiniano al Pliocene medio-basale, in parte durante la crisi di salinità verificatasi nell'area mediterranea dal Messiniano al Pliocene inferiore basale e in parte a seguito dell'ingressione marina generale del Pliocene inferiore nella stessa area mediterranea. Sono costituite da unità arenacee, pelitico-arenacee, conglomeratiche e arenacee, separate da evidenti superfici di in conformità (Cantalamessa et al. 1988; Chiocchini et al. 1992; Amore et al. 1998; Chiocchini 2007).

- **Unità di Tufo-Altavilla** (Messiniano - Zancleano inferiore): successione terrigena composta da quattro membri che formano un ciclo sedimentario completo.
 - **Membro arenaceo del F. Sabato** (Messiniano – Zancleano inferiore): arenarie e sabbie grigio-giallastre in strati da medi a molto spessi con rare intercalazioni di peliti grigie in strati da sottili a medi, cui si intercala una litofacies composta da conglomerati eterometrici poligenici. Strutture sedimentarie rappresentate da lamine piane, lamine incrociate, intensa bioturbazione, inclusi pelitici. Depositi di ambiente di battigia e spiaggia sommersa, con spessore da alcune decine a circa 200 m.
 - **Membro pelitico-arenaceo del Vallone di Tufo** (Messiniano – Zancleano inferiore): alternanze di peliti grigiastre massive in strati medi e spessi e di arenarie grigio-giallastre in strati medi e sottili, cui si intercalano una litofacies arenacea, una litofacies conglomeratica poligenica e olistostromi di

argilliti varicolori. Passa lateralmente al membro arenaceo inferiore. Strutture sedimentarie rappresentate da lamine piane orizzontali nella litofacies arenacea. Depositi di ambiente neritico e in parte di lago-mare, con spessore variabile tra 200 e 300 m.

- **Membro conglomeratico dello stretto di Barba** (Messiniano - Zancleano inferiore): conglomerati eterometrici e poligenici clasto-sostenuti, in strati spessi, molto spessi e megastrati, a matrice sabbiosa di colore grigio chiaro. Passa lateralmente al membro pelitico-arenaceo. Strutture sedimentarie rappresentate da embriatura dei clasti e gradazione diretta e inversa. Depositi di conoide alluvionale, con spessore compreso tra 100 e 200 m.
- **Membro arenaceo superiore di Toppo dei Monaci** (Messiniano - Zancleano inferiore): sabbie e arenarie in strati medio-spessi, con frequenti livelli pelitici. Sono presenti intercalazioni di una litofacies composta da conglomerati eterometrici e poligenici. Strutture sedimentarie rappresentate da lamine piane nelle sabbie e arenarie. Depositi di ambiente costiero, con spessore compreso tra pochi metri e qualche decina di metri.
- **Formazione della Baronia** (Pliocene inferiore – Pliocene medio): successione composta da depositi di ambiente alluvionale, costiero e marino di piattaforma, suddivisibili in quattro membri che formano un ciclo sedimentario completo.
 - **Membro pelitico-arenaceo del F. Miscano** (Pliocene inferiore – Pliocene medio): peliti grigiastre in strati da medi a spessi, talora anche molto spessi, con intercalazioni di arenarie giallastre in strati medio-sottili. Localmente si intercalano torbiditi arenaceo-pelitici in strati medio-spessi. Passano superiormente al membro sabbioso-conglomeratico e lateralmente al membro sabbioso. Depositi di ambiente neritico di transizione alla piattaforma, con spessore compreso tra 100 e 250 m.
 - **Membro sabbioso di Apollosa** (Pliocene inferiore – Pliocene medio): sabbie e arenarie giallastre in strati da medi a molto spessi, anche lenticolari, talora con ciottoli e intercalazioni di peliti in strati sottili e medi. Passano lateralmente e parzialmente al membro sabbioso conglomeratico e nella porzione superiore al membro pelitico-arenaceo. Strutture sedimentarie rappresentate da bioturbazione intensa, lamine piane ed inclinate a basso angolo, lamine incrociate. Depositi di ambiente di battigia e spiaggia sommersa, con spessore compreso tra 100 e 250 m.
 - **Membro sabbioso-conglomeratico di S. Leucio del Sannio** (Pliocene medio): sabbie giallastre e conglomerati poligenici eterometrici in strati spessi e molto spessi. Passano lateralmente al membro pelitico-arenaceo e nella porzione superiore al membro sabbioso. Strutture sedimentarie rappresentate da embriatura nei ciottoli dei conglomerati e lamine piane ed inclinate a basso angolo nelle sabbie. Depositi di ambiente di battigia, con spessore variabile tra 100 e 250 m.
 - **Membro conglomeratico di Treviso** (Pliocene medio): conglomerati eterometrici e poligenici clasto-sostenuti, in strati spessi e molto spessi, con matrice di colore rossastro e intercalazioni lenticolari di sabbie giallastre. Strutture sedimentarie rappresentate da gradazione ed embriatura dei clasti. Depositi di conoide alluvionale, con spessore variabile da qualche decina di metri a circa 300 m.

Unità non ubiquitarie pertinenti la confluenza tra i Fiumi Calore-Volturno: depositi quaternari di genesi alluvionale, lacustre, detritica e vulcanoclastica, ampiamente affioranti nella depressione morfologica della Valle di Maddaloni (Di Girolamo et al. 1973; Brancaccio et al. 1991; De Vivo et al. 2001; Carannante et al. 2012).

- **Sintema di Laiano** (Pleistocene inferiore): include i depositi continentali che si rinvergono sospesi lungo i versanti carbonatici e che presentano tracce di tettonizzazione. La superficie inferiore coincide con una superficie di erosione che taglia il substrato meso-cenozoico, la superficie limite superiore coincide con la superficie morfologica dei corpi deposizionali e si presenta sempre reincisa e sospesa rispetto al livello di base attuale. In quest'area è costituito da brecce calcaree spigolose e crioclastiche a luoghi cementate, alternate a livelli decimetrici di paleosuoli bruni.
- **Sintema di Solopaca** (Pleistocene inferiore - Pleistocene superiore): è delimitato alla base dalla superficie erosivo-deposizionale presente al tetto del sottostante Sintema di Laiano, mentre la discontinuità superiore

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 20 di 153

coincide col letto del Tufo Grigio Campano. Al suo interno sono stati riconosciuti una unità litostratigrafica e tre subsistemi, riconducibili ad altrettanti ordini di terrazzi.

- **Subsistema di Bonea** (Pleistocene inferiore ? - Pleistocene medio): ghiaie prevalentemente calcaree in matrice sabbioso-limosa, con locali blocchi di brecce cementate, alternante a livelli di paleosuoli di natura piroclastica.
- **Subsistema di S. Leonardo** (Pleistocene medio - Pleistocene superiore): ghiaie fluviali poligeniche in matrice prevalentemente sabbiosa, con locali intercalazioni decimetriche di sabbie e limi.
- **Subsistema di Amorosi** (Pleistocene superiore): travertini in *facies* fitoermale, localmente affioranti una scarpata di erosione fluviale presente in località Ficocelle.
- **Tufo Grigio Campano** (Pleistocene superiore): depositi cineritici, scorie juvenili e clasti litici generalmente in *facies* saldata. Dal basso verso l'alto si riconoscono differenti litofacies, non sempre tutte presenti nei vari affioramenti. La litofacies più profonda è costituita da depositi cineritico-sabbiosi incoerenti di colore grigio scuro, contenenti grosse scorie e pomici, con alla base un livello decimetrico di pomici spigolose grossolane di colore bianco-rosato. La litofacies intermedia è composta un tufo cineritico lapideo grigio scuro, con frequenti scorie grigie e nere, subordinatamente, litici lavici e cristalli. La litofacies superiore è caratterizzata da un tufo lapideo con caratteristica colorazione giallastra legata a processi di zeolitizzazione, con grado di cementazione variabile. Il deposito mostra una composizione variabile da trachitica a trachitico-fonolitica iperalcalina, con un'età di circa 39 ka (De Vivo et al. 2001). Lo spessore in affioramento varia tra i 5 ed i 25 m, mentre lo spessore complessivo è di circa 40-50 m.
- **Unità Casalnuovo-Casoria** (Pleistocene superiore tardo - Olocene): livelli di cineriti laminate bianche e grigie, passanti superiormente a un livello di pomici in matrice cineritica giallastra, a struttura prevalentemente massiva. L'unità è compresa tra il paleosuolo presente al top del Tufo Grigio Campano ed il suolo attuale. Lo spessore varia tra 0.5 e 2.0 metri.
- **Sistema di Limatola** (Pleistocene superiore - Olocene): è compreso tra la discontinuità erosiva presente al tetto del Tufo Grigio Campano, ben individuabile in tutta l'area, e la superficie topografica attuale. E' costituito da due differenti litofacies, di ambiente continentale. La litofacies alluvionale è formata da limi sabbiosi e sabbie grigio-verdastre di natura prevalentemente piroclastica, con locali lenti ghiaiose carbonatiche o poligeniche, di spessore superiore a 10 m. La litofacies lacustre è composta da limi e argille a forte componente piroclastica, pedogenizzate nella parte alta.

Unità non ubiquitarie pertinenti il bacino del fiume Calore: depositi quaternari di genesi alluvionale, lacustre e detritica ampiamente affioranti lungo il reticolo idrografico del F. Calore, suddivisibili in quattro subsistemi (Chiocchini 2007).

- **Subsistema di Castello del Lago** (Pleistocene medio): ghiaie eterometriche poligeniche con lenti di sabbie e peliti. Depositi fluviali e lacustri antichi, con spessore variabile tra 10 e 100 m.
- **Subsistema di Capodiminte** (Pleistocene medio): ghiaie, conglomerati, ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche, molto addensate, con intercalazioni lenticolari di sabbie e peliti. Alluvioni antiche terrazzate in più ordini, fino a 70-80 m sull'alveo attuale, con spessore compreso tra alcuni metri e qualche decina di metri.
- **Subsistema di Benevento** (Pleistocene medio – Pleistocene superiore): ghiaie e ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche. Depositi fluviali e lacustri antichi, con spessore variabile da alcuni metri a qualche decina di metri.
- **Subsistema del F. Ufita** (Pleistocene superiore – Olocene): ghiaie e ghiaie sabbiose eterometriche, poligeniche, con intercalazioni lenticolari di sabbie e limi con ciottoli e di peliti. Spessore variabile da alcuni metri a qualche decina di metri.

Unità ubiquitarie: depositi quaternari di genesi alluvionale e detritico-colluviale, ampiamente affioranti lungo i rilievi montuosi o in corrispondenza degli alvei attuali più importanti (Di Girolamo et al. 1973; Brancaccio et al. 1991; De Vivo et al. 2001; Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012).

- **Coltri eluvio-colluviali** (Olocene): sedimenti detritici costituiti da clasti eterometrici con matrice prevalentemente pelitica, oppure depositi sabbioso-limosi bruni pedogenizzati, derivanti dall'alterazione dei prodotti piroclastici sciolti, talora con lenti detritiche.
- **Depositi alluvionali recenti e attuali** (Olocene): ghiaie, sabbie e peliti in lenti di dimensioni variabili, di accumulo recente e attuale, ancora soggetti a rielaborazione fluviale.
- **Depositi torrentizi** (Olocene): ghiaie carbonatiche o poligeniche a clasti decimetrici, in abbondante matrice argilloso-sabbiosa marrone, di natura prevalentemente piroclastica. A luoghi sono presenti limi argillosi marroni essenzialmente piroclastici, con locali lenti di ghiaie carbonatiche.
- **Depositi di versante** (Olocene): accumuli clastici eterometrici, in genere privi o quasi di matrice, la cui composizione è connessa ai litotipi al contorno.
- **Depositi antropici** (Olocene): terreni di colmata di zone bonificate, depositi eterogenei ed eterometrici.

4.4 CARATTERISTICHE STRUTTURALI

Il settore della Catena Appenninica affiorante lungo i rilievi montuosi della zona di studio è costituito da spesse successioni marine meso-cenozoiche, derivanti da domini di natura bacinale (Carannante et al. 2012) e riferibili all'Unità tettonica del Fortore (Patacca et al. 1992; Patacca & Scandone 2007; Chiocchini 2007). L'attuale configurazione geometrica di tali è il risultato di una complessa storia deformativa, caratterizzata da fasi compressive mio-plioceniche seguite da episodi trascorrenti ed estensionali durante il Pliocene superiore-Pleistocene (Chiocchini 2007; Patacca & Scandone 2007; Bonardi et al. 2009; Carannante et al. 2012).

A scala regionale, l'evoluzione strutturale della zona è contraddistinta, dalla sovrapposizione dell'Unità del Fortore sui depositi sin-orogeni delle Arenarie di Caiazzo (Chiocchini 2007; Bonardi et al. 2009). Tali strutture contrazionali, nonostante risultino fortemente disarticolate dalla sovrapposizione dell'attività tettonica estensionale plio-quadernaria, mostrano una buona continuità laterale e marcate evidenze locali.

La pila tettonica precedentemente formata viene successivamente disarticolata dalla tettonica trascorrente ed estensionale plio-pleistocenica, coeva all'apertura della porzione meridionale del Bacino Tirrenico (Patacca et al. 1990; Casciello et al. 2006; Chiocchini 2007; Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009). In particolare, in tale settore della catena la tettonica del Pliocene superiore-Pleistocene agisce prevalentemente su lineamenti ad alto angolo con orientazione appenninica ed anti-appenninica, riattivando localmente strutture compressive ereditate dalle precedenti fasi tettoniche mio-plioceniche (Carannante et al. 2012).

Le dislocazioni prodotte durante questo periodo provocano un generale ribassamento verso SE delle unità precedentemente impilate. In particolare, nel settore della Piana Campana, queste ultime vanno a formare una gradinata di blocchi strutturali ribassati verso il margine tirrenico e coperti da potenti successioni vulcaniche e alluvionali quaternarie (Brancaccio et al. 1991; Romano et al. 1994). Nel settore dell'Appennino casertano, invece, si assiste al sollevamento dei livelli strutturali più bassi della catena e all'accostamento dei terreni meso-cenozoici dell'Unità del Fortore con le porzioni giurassiche dell'Unità Matese-Taburno-Camposauro, con un rigetto dell'ordine chilometrico (Carannante et al. 2012).

Per quanto concerne le strutture compressive, gli elementi più antichi sono rappresentati dai thrust a basso angolo che portano alla sovrapposizione dei terreni bacinali dell'Unità del Fortore sulle sequenze marine di piattaforma carbonatica. Il successivo evento tettonico è invece rappresentato dalla sovrapposizione dei depositi bacinali dell'Unità del Fortore sulle Arenarie di Caiazzo. Tali elementi sono localmente osservabili principalmente a Nord del fiume Calore, nei pressi di Telesse.

Le strutture compressive più diffuse nell'area sono comunque riferibili all'evento tettonico a vergenza settentrionale e Nord-orientale, che porta alla sovrapposizione dell'Unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni su quella del Matese-Taburno-Camposauro (Scarsella 1971; Carannante et al. 2012).

Nella formazione delle Argille Varicolori sono state individuate strutture sia disgiuntive che compressive. Le prime sono rappresentate da faglie dirette ad orientazione appenninica, che tendono a disarticolare la successione delle unità tardo-orogene. Le seconde sono rappresentate da sovrascorrimenti e da faglie inverse che coinvolgono sia le formazioni dell'Unità del Fortore, sia le Unità tardo-orogene, fatta eccezione per la Formazione delle Baronia. Sono

presenti anche faglie ad orientazione anti-appenninica probabilmente associate a fenomeni di trascorrenza destra (Chiocchini 2007).

Localmente, nell'area di Castelpoto e di Pannarano sono presenti sovrascorrimenti che portano la formazione di S. Giorgio al di sopra della Formazione delle Argille Varicolori. Queste strutture sono interrotte da alcune discontinuità tettoniche trasversali, costituite da faglie sub-verticali e da faglie dirette probabilmente coniugate ai principali sovrascorrimenti. Sono state inoltre individuate faglie trascorrenti a direzione anti-appenninica e sistemi di faglie dirette a direzione appenninica (Chiocchini 2007).

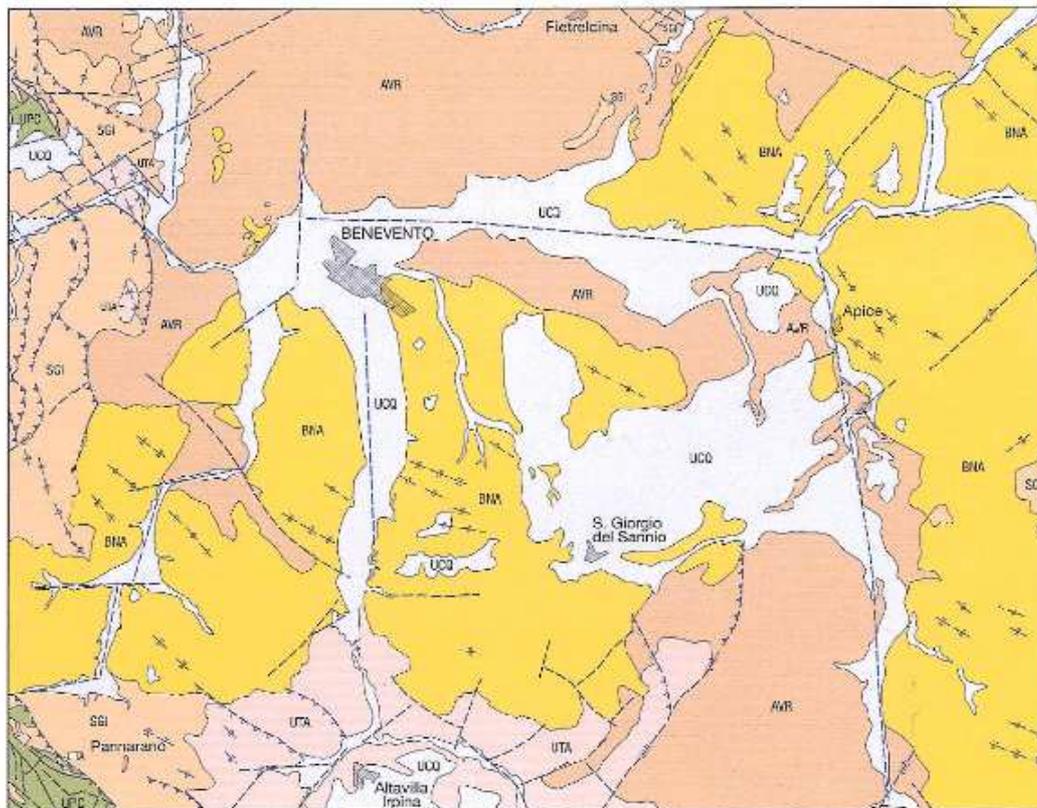
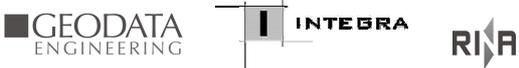


Figura 8 – Schema tettonico del settore orientale dell'area di studio, tra il fondovalle del fiume Calore e i rilievi di Apice (Chiocchini 2007).

Alla base del versante settentrionale del rilievo di Monte Longano, a Nord di Durazzano, si assiste invece alla sovrapposizione tettonica delle successioni carbonatiche dell'Unità dei Monti Lattari-Picentini-Alburni sui depositi

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 23 di 153

prevalentemente pelitici dell'Unità del Fortore (Scarsella1971; Carannante et al. 2012). Tale struttura è rappresentata da un importante *thrust* a vergenza settentrionale, che si sviluppa in direzione E-W nella porzione orientale del rilievo e SW-NE nella parte più occidentale dello stesso. La conca intramontana di Durazzano, quindi, si imposta su una struttura sinclinalica con asse orientato circa E-W, a cui si associano mesopieghe e faglie inverse a vergenza meridionale (Carannante et al. 2012).

Per quanto riguarda la tettonica distensiva, le fasi trascorrenti ed estensionali plio-pleistoceniche coeve all'apertura del bacino tirrenico agiscono prevalentemente su lineamenti ad alto angolo ereditati dalla precedente tettonica compressiva, con orientazione appenninica ed anti-appenninica (Patacca et al. 1990; Casciello et al. 2006; Scrocca et al. 2007; Bonardi et al. 2009). In generale, tali strutture sono distribuite in modo ordinato ed ogni settore di catena risulta caratterizzato da sistemi di faglie con specifiche caratteristiche geometriche e cinematiche (Carannante et al. 2012). I suddetti elementi sono quindi ampiamente presenti sia lungo i rilievi montuosi più che in corrispondenza delle principali pianure e valli intramontane, anche se spesso risultano completamente obliterate dagli ingenti depositi continentali presenti al loro interno.

Tutte le strutture distensive riconosciute nell'area derivano da due distinti episodi estensionali, caratterizzati da differenti orientazioni e cinematismi degli elementi prodotti (Cinque et al. 2000; Carannante et al. 2012). Il primo episodio è databile al Pleistocene inferiore-medio ed è contraddistinto da strutture orientate NE-SW con cinematica *dip-slip*, strutture WNW-ESE ed E-W con cinematica trastensiva sinistra e faglie N-S con cinematica trastensiva destra (Carannante et al. 2012). Il secondo episodio, invece, è databile al Pleistocene superiore ed è caratterizzata prevalentemente da faglie NW-SE con cinematica puramente estensionale, anche se riattiva in trastensione destra i lineamenti WNW-ESE, ENE-WSW ed E-W e sinistra i piani N-S (Cinque et al. 2000; Carannante et al. 2012).

Il massiccio del Taburno-Camposauro è bordato da imponenti versanti di faglia, sia sul bordo meridionale che su quello settentrionale. In particolare, l'allineamento tettonico che delimita il fianco meridionale della struttura del M. Taburno è orientato in direzione NW-SE e reca le tracce di una marcata polifasicità, testimoniata dalla presenza di terrazzi deposizionali del Pleistocene inferiore, attualmente fagliati e sospesi a varie centinaia di metri rispetto agli attuali livelli di base (Carannante et al. 2012). Nel corso del Pleistocene inferiore-medio, tale lineamento è stato responsabile del ribassamento della conca della Valle Caudina, all'interno della quale si è depositato un riempimento in facies prevalentemente lacustre con uno spessore variabile tra i 40 ed i 70 m (Abruzzese 1979; Abate et al. 1998).

La Piana Campana rappresenta uno dei più estesi bacini quaternari dell'Italia meridionale, strutturatosi in seguito alle fasi distensive del Pliocene superiore (Aprile et al. 1978; Brancaccio et al. 1991; Cinque et al. 1993). La subsidenza del bacino si realizza prevalentemente nel corso del Pleistocene inferiore e medio, con ribassamenti variabili dai 3000 m della porzione settentrionale ai 1500 m del margine meridionale (Ippolito et al. 1973; Brancaccio et al. 1991, Cinque et al. 2000). Nel corso del Pleistocene medio i ribassamenti assoluti coinvolgono ampi settori del bacino, giungendo ad interessare la depressione dell'alta valle del fiume Volturno (Brancaccio et al. 1994; Cinque et al. 2000), e continuano in tutta l'area per buona parte del Pleistocene superiore (Santangelo 2011). Nella seconda parte del Pleistocene superiore, infine, la piana emerge definitivamente per effetto della regressione eustatica e della diminuzione dei tassi di subsidenza (Santangelo 2011).

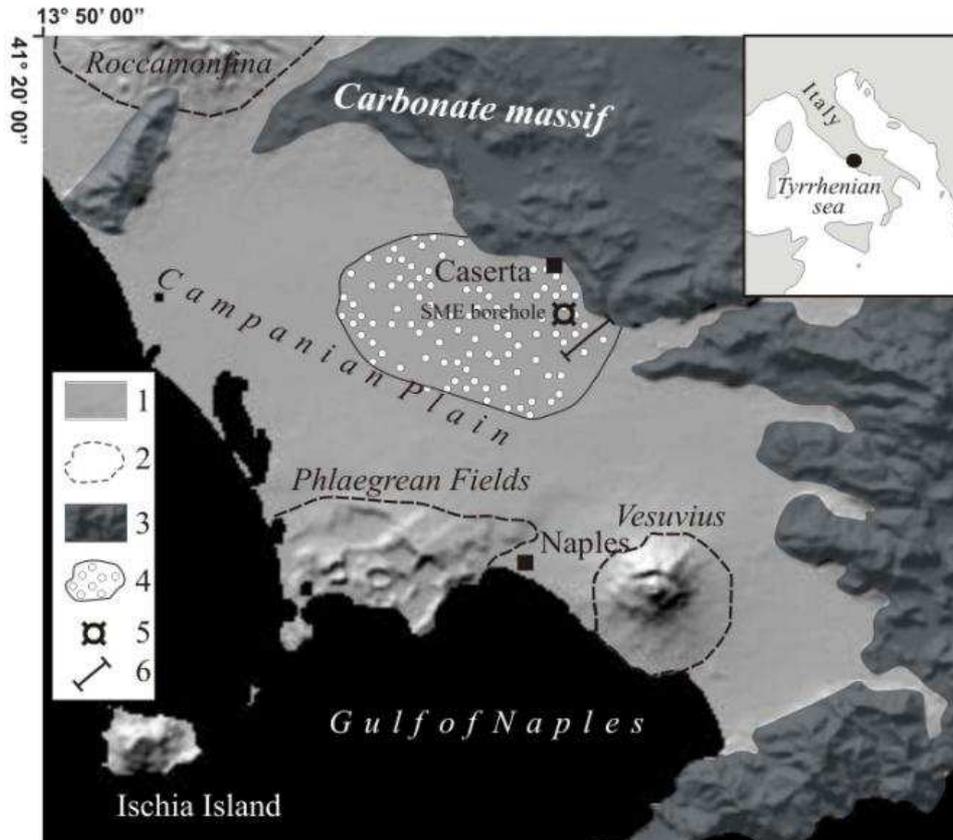


Figura 9 – Schema geologico della Piana Campana: 1) depositi quaternari; 2) principali edifici vulcanici; 3) rilievi carbonatici; 4) area investigata da studi geologici di dettaglio; 5) sondaggio geognostico SME; 6) traccia di sezione geologica (da Santangelo 2011).

Nei settori più interni della piana, le strutture tardo-quaternarie sono rappresentate da faglie NW-SE disposte in prossimità del margine Nord-orientale del bacino, che interessano sia il substrato marino che le coperture vulcanoclastiche del Tufo Grigio Campano (Orsi et al. 1996). Le faglie con orientazione E-W, invece, hanno contribuito al ribassamento recente della Piana Campana sia nella zona centrale che nell'area Sud-orientale (Scandone et al. 1991; Brancaccio et al. 1994), dove la subsidenza è continuata anche dopo l'eruzione dell'Ignimbrite Campana (Cinque et al. 2000). Nella porzione meridionale della conca, inoltre, si registra una importante tettonica tardo-quaternaria che riattiva faglie sia NE-SW che NW-SE, anche in connessione con eventi vulcanotettonici come il *block faulting* che accompagnò la grande eruzione dell'Ignimbrite Campana (Milia 1997; Cinque et al. 1997).

5 INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO REGIONALE

L'assetto geomorfologico dell'Appennino campano risulta caratterizzato dalla presenza di spesse successioni marine meso-cenozoiche a dominante calcareo-dolomitica, arenaceo-sabbiosa e argilloso-marnosa, variamente affioranti in corrispondenza dei rilievi collinari e montuosi più estesi (Boscaino 2000; Patacca & Scandone 2007; Carannante et al. 2012). I depositi continentali quaternari, invece, sono particolarmente diffusi in corrispondenza delle principali pianure morfologiche dell'area, quali la Piana Campana, la valle del fiume Calore e la media valle del fiume Volturno (Di Girolamo et al. 1973; Brancaccio et al. 1991; Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012).

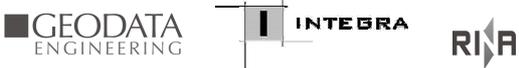
	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 25 di 153



Figura 10 – Modello digitale del terreno della Regione Campania (da APAT 2007).

I settori di affioramento di successioni carbonatiche sono caratterizzati da un paesaggio prevalentemente montuoso con pendenze medio-alte, elevata energia di rilievo e diffusa presenza di forme carsiche e strutturali (Del Prete et al. 2004; Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012). L'area montuosa più rappresentativa è quella del massiccio Taburno-Camposauro, che risulta bordata da imponenti versanti di faglia sia sul bordo meridionale che su quello settentrionale. Tale rilievo è attraversato da numerosi elementi tettonici trasversali, generalmente di tipo distensivo, mentre la parte bassa dei versanti è in genere caratterizzata dalla presenza di vasti *glacis* d'accumulo derivanti dalla coalescenza di grandi conoidi alluvionali e falde detritiche (Magliulo et al. 2007; Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012). Lungo il margine tirrenico della catena, invece, le unità carbonatiche sono rappresentate dalla dorsale dei Monti di Avella-Caserta, anch'essi delimitati da importanti versanti strutturali ad andamento appenninico, impostati lungo le faglie bordiere del *Graben* Campano (Brancaccio et al. 1991; Romano et al. 1994; Carannante et al. 2012).

I paesaggi di tipo collinare risultano impostati su associazioni litologiche arenaceo-marnose e sabbioso-argillose e, in generale, sono caratterizzati da versanti con pendenze medio-basse, modesta energia di rilievo e diffusa presenza di incisioni fluviali e morfologie di tipo gravitativo (Cinque & Romano 2001; Chiocchini 2007). I terreni affioranti offrono una bassa resistenza all'erosione e pertanto, nonostante la presenza strutture tettoniche di importanza regionale, non si rinvengono eclatanti morfologie di tipo strutturale (Carannante et al. 2012). I versanti sono generalmente caratterizzati da profili trasversali concavo-convessi e risultano planimetricamente molto articolati, sia per il susseguirsi di vallecole da erosione lineare sia per la presenza di nicchie e cumuli di frana di varia natura e dimensione (Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012).

I settori pianeggianti della Piana Campana, della valle del fiume Calore e della media valle del fiume Volturno derivano invece dall'aggradazione di materiali vulcanoclastici e fluvio-lacustri sul fondo di conche subsidenti, generatesi probabilmente in seguito all'attività tettonica delle faglie bordiere dei rilievi carbonatici (Carannante et al. 2012). Nel corso del Pleistocene medio buona parte dell'attuale *Graben* Campano risulta occupata dal mare, essenzialmente a causa della forte subsidenza tettonica registrata in tutto il settore della piana (Brancaccio et al. 1991; Romano et al. 1994; Carannante et al. 2012).

In seguito all'Ultimo Interglaciale, buona parte dell'attuale Piana Campana emerge dal mare e si registra la messa in posto dell'Ignimbrite Campana (Di Girolamo et al. 1973; De Vivo et al. 2001). La risposta dei sistemi fluviali a tale variazione del livello di base è associata agli inasprimenti climatici dell'Ultimo Glaciale (50-18 ka) e si traduce,

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 26 di 153

fondamentalmente, in un'intensa fase di incisione che determina la dissezione dei depositi vulcanici e la formazione di terrazzi lungo le principali aste vallive (Carannante et al. 2012). La dinamica recente ed attuale delle piane tettoniche e alluvionali, infine, è essenzialmente riconducibile a processi fluviali e gravitativi (Brancaccio et al. 1991; Carannante et al. 2012).

5.1 MORFOLOGIA DEI SISTEMI FLUVIALI

I principali elementi morfologici dell'area di studio sono direttamente connessi al reticolo idrografico superficiale e alle numerose forme di erosione ed accumulo operate dalle acque correnti dei principali corsi d'acqua (Chiocchini 2007). Questi ultimi, in particolare, sono rappresentati dal fiume Volturno e dal fiume Calore, suo immissario

La valle intramontana presente a ovest della dorsale dei Monti Taburno-Camposauro ricade nel bacino idrografico del fiume Volturno, una delle principali aste di drenaggio superficiale dell'Appennino Campano. Il paesaggio di tale settore è caratterizzato dalla presenza di un ampio fondovalle, bordato ai suoi margini da almeno due ordini di terrazzi (Scarsella 1971; Carannante et al. 2012). Il più alto è localizzato tra i 150 ed i 200 m s.l.m. ed è associato a lembi di conglomerati fluviali a clasti poligenici, mentre il più basso è posto intorno ai 70 m s.l.m. e coincide con la superficie sommitale dell'Ignimbrite Campana (Carannante et al. 2012). La valle che il fiume Volturno ha scavato all'interno di questa potente formazione vulcanica risulta abbastanza ampia ed è caratterizzata da un alveo con tracciato prevalentemente meandriforme, che per lunghi tratti risulta imbrigliato in argini artificiali (Carannante et al. 2012).

La valle fluviale del fiume Calore, presente a nord ed a est della dorsale dei Monti Taburno-Camposauro, mostra invece una morfologia collinare con pendii generalmente dolci. L'area in questione è interessata da un elevato numero di corsi d'acqua torrentizi che confluiscono in tre aste principali orientate SW-NE: il T. Serretella, il T. Losappio e il T. Lenga, tutti affluenti di sinistra del F. Calore (Chiocchini 2007). Quest'ultimo presenta un andamento planimetrico con forma all'incirca rettangolare connesso verosimilmente alle fasi della neotettonica (Chiocchini 2007).

Il controllo strutturale sull'evoluzione pliocenica è evidenziato da numerosi corsi d'acqua, che si impostano lungo le principali linee tettoniche. In effetti, l'andamento rettilineo in direzione E-W e N-S dei principali corsi d'acqua dell'area, oltre che le brusche deviazioni degli stessi, suggeriscono che lungo dette direttrici sono presenti faglie sub-verticali connesse a dislocazioni recenti (Chiocchini 2007). Per il F. Calore questa ipotesi è confermata dai dati relativi alla sequenza sismica del 1990, che ha evidenziato la presenza di un allineamento E-W a NW di Benevento (Iannaccone et al. 1992; Chiocchini 2007).

Le alluvioni antiche si rinvergono essenzialmente lungo il tratto ad andamento circa E-W del F. Calore, tra il centro abitato di Ponte e la confluenza col F. Volturno. Inoltre, il corso del F. Calore evidenzia una brusca deviazione verso Nord quasi all'altezza di Castelpoto (Chiocchini 2007). Questi fatti suggeriscono che la dorsale Torrecuso – M. Pallotta si sia strutturata durante lo sviluppo del suddetto corso d'acqua, favorendo così il sovralluvionamento della valle e l'accumulo di spessi depositi alluvionali terrazzati. A seguito di una ulteriore fase di sollevamento, l'erosione della soglia determina la scomparsa del bacino di Benevento ed il reticolo idrografico si approfondisce erodendo i depositi alluvionali precedenti, che ora si rinvergono fino a circa 70-80 m sull'alveo attuale (Pescatore et al. 1996; Chiocchini 2007).

5.2 PROCESSI DI VERSANTE E DEPOSITI DI COPERTURA

A causa del complesso assetto geologico-strutturale, l'Appennino Campano è caratterizzato da morfodinamiche di versante piuttosto complesse e diversificate. Infatti, mentre sui versanti che intagliano unità terrigene sono molto frequenti fenomeni gravitativi riconducibili a frane da colamento o scivolamento in terra, sui rilievi carbonatici tali morfodinamiche risultano notevolmente più contenute e limitate a piccoli crolli o scivolamenti in roccia lungo le principali cornici litologiche (Revellino et al. 2006; Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012). Peculiari sono inoltre le frane da scorrimento-colata rapida che interessano le coperture piroclastiche presenti lungo i rilievi carbonatici che bordano la Piana Campana (Di Crescenzo & Santo 1999; Chiessi et al. 2003; Crosta & Dal Negro 2003; Revellino et al. 2006; Carannante et al. 2012).

Le frane da colamento e scorrimento prevalgono nelle zone di affioramento dei depositi sin-orogeni e dell'Unità del Fortore (Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012), generalmente rappresentati da sedimenti marini a dominante argilloso-marnosa, pelitico-arenacea e conglomeratico-sabbiosa. Tali terreni presentano in genere una bassa resistenza al taglio e spesso risultano destrutturati dagli elementi tettonici che tagliano il substrato, quali pieghe, faglie e sovrascorrimenti. Pertanto, nei settori in cui il raccordo tra crinale e fondovalle presenta una bassa maturità morfologica, l'elevata pendenza dei versanti ed il *local relief* costituiscono la condizione morfogenetica principale per l'innescio di tali fenomeni di instabilità (Carannante et al. 2012).

In questi settori i fenomeni di dissesto sono principalmente di tipo complesso, mentre meno frequenti risultano le colate e gli scivolamenti rotazionali singoli (Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012). In generale, si tratta di movimenti con velocità da lenta a moderata e con stato di attività per lo più quiescente, come evidenziato dall'alto grado di degradazione morfologia dei settori di nicchia ed accumulo (Carannante et al. 2012). Tale condizione è dovuta a processi di denudazione legati sia al deflusso delle acque superficiali che ai fenomeni di soliflusso e/o *creep* che interessano buona parte delle masse instabili.

In corrispondenza dei litotipi carbonatici, i movimenti franosi sono rappresentati principalmente da crolli, ribaltamenti e scivolamenti in roccia (Revellino et al. 2006; Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012). Questi fenomeni si verificano in genere in corrispondenza di pareti rocciose ad alta acclività, come le *free face*, e sono dovuti sia all'elevato grado di alterazione e/o destrutturazione della roccia che alla presenza di numerose discontinuità primarie e secondarie (Carannante et al. 2012).

I versanti impostati su rocce carbonatiche e ammantati da spesse coperture di piroclastiti sciolte, infine, sono interessati da importanti movimenti franosi impostati essenzialmente nei depositi vulcanoclastici (Di Crescenzo & Santo 1999; Chiessi et al. 2003; Crosta & Dal Negro 2003; Revellino et al. 2006). Tali fenomeni sono rappresentati da frane complesse in terra o detrito, derivanti da scivolamenti traslativi delle coperture piroclastiche che evolvono nella parte medio-bassa del pendio in colamenti rapidi ad elevato contenuto d'acqua (Celico & Guadagno 1998; Crosta & Dal Negro 2003; Revellino et al. 2006).

Dopo l'iniziale mobilitazione, il materiale di frana segue un percorso non canalizzato e, generalmente, incrementa la sua massa a seguito del coinvolgimento delle sottostanti coperture del pendio (Revellino et al. 2006). Nel caso in cui sussistano specifiche condizioni morfologiche, uno o più fenomeni possono incanalarsi in uno stesso fosso e determinare la formazione di veri e propri *debris flow*, che si propagano verso valle erodendo i depositi dell'alveo in cui risultano incanalati (Di Crescenzo & Santo 1999; Revellino et al. 2006). Alla base dei pendii e all'uscita dai canali i flussi si espandono e il materiale di frana è spesso rielaborato dalle acque superficiali, con la conseguente formazione di flussi iperconcentrati che si propagano verso le zone vallive (Revellino et al. 2006; Hungr et al. 2014).

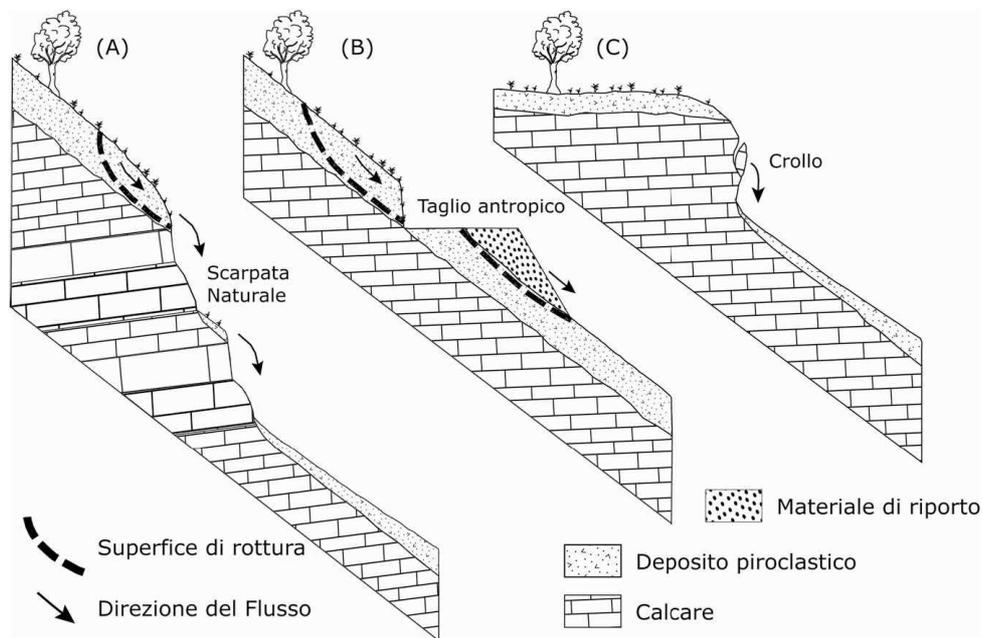


Figura 11 – Sezioni schematiche lungo un versante carbonatico ricoperto da piroclastiti: A) meccanismo di innesco in corrispondenza di una scarpata naturale; B) meccanismo di innesco in corrispondenza di un taglio antropico; C) meccanismo di innesco in seguito ad un crollo (da Revellino et al. 2006).

In genere, le tracce morfologiche di tali fenomeni sono poco conservative e tendono a risultare del tutto invisibili nel giro di alcune decine di anni, essenzialmente per via della ricostruzione della copertura piroclastica e per l'attecchimento della vegetazione arborea (Carannante et al. 2012). Anche gli accumuli non mostrano chiare evidenze morfologiche, in quanto vanno a costituire corpi più ampi quali fasce detritiche alla base dei versanti e conoidi di natura prevalentemente piroclastica allo sbocco dei valloni (Di Crescenzo & Santo 1999; Revellino et al. 2006; Carannante et al. 2012).

5.3 MORFOLOGIA CARSICA

Buona parte dei massicci carbonatici dell'Italia meridionale sono affetti da importanti fenomeni di carsismo, sia ipogei che epigei (Santo et al. 2007; Di Crescenzo & Santo 2013). Le morfologie carsiche più diffuse nell'Appennino Campano sono rappresentate dai campi carsici, sia attivi come Il Campo del Monte Camposauro e il Campo di Cepino del Monte Taburno, che inattivi come la Piana di Castel Morrone e di Durazzano dei Monti di Caserta (Del Prete et al. 2004; Santo et al. 2007; Carannante et al. 2012). Negli ultimi due, in particolare, la reincisione operata dai Torrenti Tenda e Polizzi ha portato in affioramento la formazione del Tufo Grigio Campano e le unità vulcaniche più antiche, che ne costituiscono il riempimento (Carannante et al. 2012).

Tra le forme carsiche bisogna ricordare, inoltre, le numerose doline da crollo presenti sia nei Monti di Caserta che lungo la fascia pedemontana del Monte Camposauro. Tali elementi si distribuiscono nella parte medio-alta dei rilievi carbonatici o, talora, nella zona pedemontana dei detriti di falda che li ricoprono (Di Crescenzo & Santo 2013). I *sinkhole* si sviluppano preferenzialmente all'interno di fasce allungate parallelamente alle faglie bordiere delle strutture carbonatiche, in quanto risultano strettamente connesse ai settori maggiormente cataclasiati delle *master fault* (Santo et al. 2011; Di Crescenzo & Santo 2013).

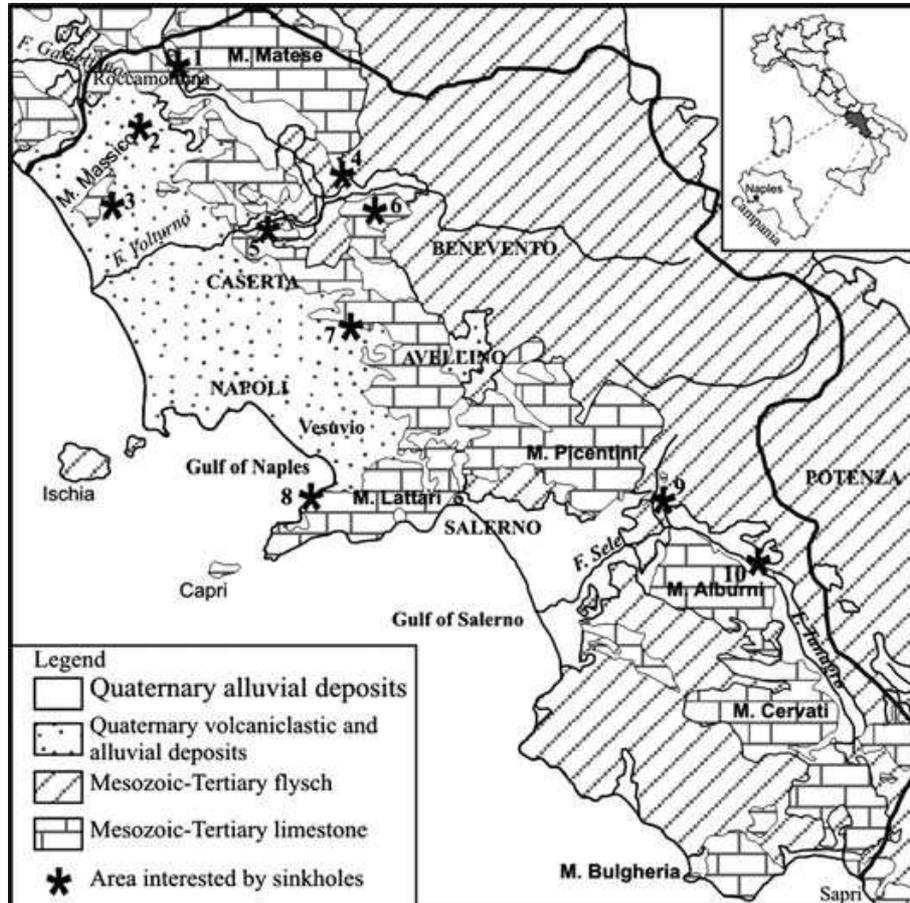
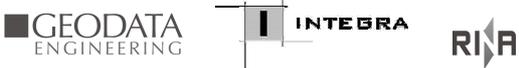


Figura 12 – Carta geologica della Regione Campania con indicazione della distribuzione delle principali aree con *sinkhole*: 1) Mastrati; 2) Lago di Vairano; 3) Agro Falerno; 4) Teleso; 5) Castelmorrone; 6) Solopaca; 7) Cancellò; 8) Jala; 9) Contursi; 10) Petrosa (da Del Prete et al. 2004)

Diversi fenomeni di sprofondamento in rocce carbonatiche, classificabili come *collapse sinkhole*, sono presenti lungo le dorsali dei Monti di Caserta e Maddaloni (Del Prete et al. 2004; Santo et al. 2007; Carannante et al. 2012). A sud di Castelmorrone, infatti, sono presenti due grandi *sinkhole* denominati Còmbole, la più grande delle quali presenta una profondità di circa 100 m e un diametro di 200 m (Del Prete et al. 2004). Il 28 marzo del 1960, nell'area di Castelmorrone è avvenuto uno sprofondamento di circa 25 m di diametro e 15 m di profondità nel Tufo Grigio Campano (Scherillo et al. 1966), la cui morfologia è ancora ben evidente. Altre fenomenologie simili sono presenti, infine, in località il Castello a Valle di Maddaloni e lungo le pendici occidentali dei rilievi carbonatici che bordano la Piana Campana tra Caserta e Maddaloni (Del Prete et al. 2004).

Numerose doline di una certa rilevanza sono localizzate invece nei dintorni di Solopaca, all'interno delle coperture detritiche presenti alla base del massiccio carbonatico del Monte Camposauro (D'Argenio 1967; Del Prete et al. 2004; Carannante et al. 2012). Tali elementi sono interpretabili come *cover sinkhole* e risultano distribuiti lungo una fascia allineate in direzione circa NE-SW, a quote variabili tra i 100 ed i 300 m s.l.m. (Del Prete et al. 2004; Di Crescenzo & Santo 2013). Dal punto di vista morfologico, presentano una morfologia generalmente circolare o ellittica, con pareti a V talora rimodellate da piccoli fenomeni franosi sui cigli (Del Prete et al. 2004). Il fondo è solitamente piatto e, nonostante vengano comunemente chiamati Laghi, risultano privi di ristagni d'acqua di una certa rilevanza.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>30 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	30 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	30 di 153								

In corrispondenza del rilievo di Montepugliano, a Nord di Telese, sono presenti almeno 15 *collapse sinkhole*, con un diametro massimo fino a 250 m ed una profondità di circa 100 m (Del Prete et al. 2004; Santo et al. 2007; Di Crescenzo & Santo 2013). Secondo le fonti storiche locali, alcuni di loro ebbero origine a seguito degli eventi sismici del 1349 e del 1805 (Del Prete et al. 2004). In base ad evidenze geomorfologiche ed idrogeologiche, la genesi di tali doline sarebbe da imputare alla presenza di un reticolo carsico sotterraneo molto sviluppato, strettamente connesso ad oscillazioni del livello di base della falda e a fenomeni ipercarsici per miscelazione di acque ricche in CO₂ e H₂S (Corniello & De Risio 1986; Del Prete et al. 2004).

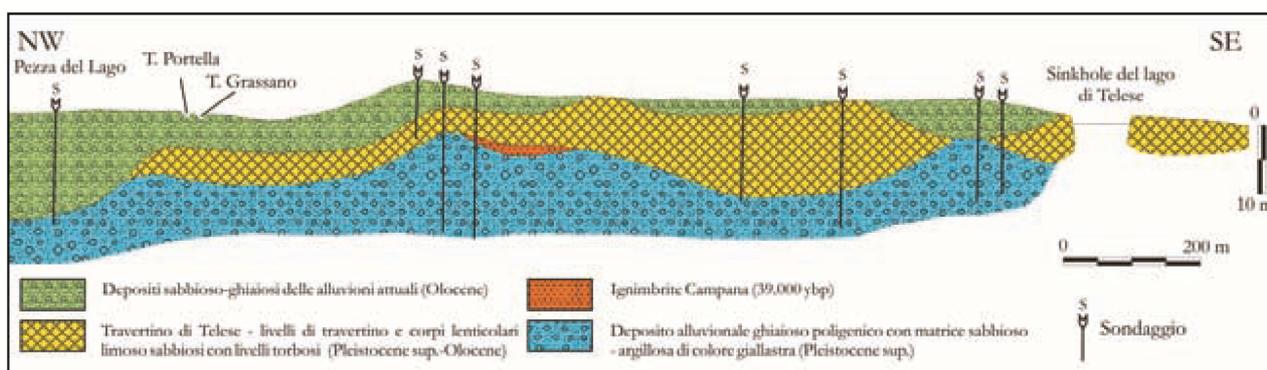


Figura 13 – Sezione geologica della piana di Telese e del *sinkhole* del Lago di Telese (da Del Prete et al. 2004)

Nella piana alluvionale di Telese, infine, sono presenti numerosi *cover sinkhole* all'interno dei depositi quaternari di copertura della piana alluvionale del fiume Calore (Del Prete et al. 2004; Di Crescenzo & Santo 2013). Nonostante le dimensioni generalmente limitate tali fenomeni hanno arrecato diversi danni al centro abitato, come nel caso della voragine che si è aperta il 7 febbraio 2002, avente un diametro di circa 30 m ed una profondità di 6 m (Del Prete et al. 2004). Più significativa è sicuramente la fenomenologia del lago di Telese, anch'esso formatosi secondo le fonti storiche in occasione dell'evento sismico del settembre 1349 (Rossi 1857; Riccardi 1927). Questa *sinkhole* è evidenziato da ripide scarpate intagliate nel travertino e presenta un diametro di circa 300 m ed una profondità di circa 10 m (Del Prete et al. 2004).

5.4 ATTIVITÀ ESTRATTIVE

Il settore di studio è caratterizzato dalla presenza di numerose attività estrattive, concentrate principalmente nelle aree di fondovalle e al margine dei rilievi carbonatici più estesi. Le cave sono utilizzate prevalentemente per l'approvvigionamento di rocce carbonatiche e prodotti piroclastici sia sciolti che litoidi (Carannante et al. 2012), anche se non mancano aree di estrazione di ghiaie fluviali nei settori di piana alluvionale del F. Calore.

I calcari estratti nell'area sono generalmente impiegati come materiali da costruzione, ma trovano ampio utilizzo anche nel campo della produzione di cementi, calce, inerti e carbonato di calcio ad uso edilizio, agroalimentare e industriale (Carannante et al. 2012). I prodotti piroclastici, invece, sono essenzialmente riconducibili alla *facies* litoide del Tufo Grigio Campano e vengono utilizzati per la produzione di mattoni per l'industria edile (Carannante et al. 2012). Le ghiaie fluviali sono ampiamente utilizzate sia come inerti per il calcestruzzo, sia per la realizzazione di rilevati stradali (Chiocchini 2007).

6 INQUADRAMENTO IDROGEOLOGICO REGIONALE

La porzione centrale della Regione Campania è caratterizzata da una notevole complessità idrogeologica, strettamente connessa alla presenza di differenti successioni sedimentarie e numerose strutture tettoniche (Carannante et al. 2012). Tali settori presentano quindi un motivo idrogeologico tipico dell'Appennino meridionale,

quale la giustapposizione laterale e verticale di unità carbonatiche di elevata permeabilità con successioni sedimentarie a scarsa permeabilità (Celico et al. 2007; Carannante et al. 2012).

I termini carbonatici sono spesso sede di un importante deflusso idrico di base che, in corrispondenza del contatto con terreni a permeabilità più bassa, viene a giorno formando grandi sorgenti basali (Celico 1978, 1983, 1986; Celico et al. 2007). All'interno dei massicci carbonatici, le variazioni dello schema di circolazione idrica sotterranea sono associabili a locali elementi strutturali, che possono costituire un ostacolo al deflusso delle acque di falda per una riduzione della permeabilità intrinseca dell'acquifero (Carannante et al. 2012). Inoltre, nei settori dove le unità carbonatiche sono in contatto laterale con i depositi continentali quaternari sono possibili importanti travasi idrici sotterranei verso le piane alluvionali, con conseguente alimentazione dei corpi idrici superficiali (Celico et al. 2007; Carannante et al. 2012).



Figura 14 – Stralcio della Carta idrogeologica dell'Italia Meridionale, con indicazione delle principali sorgenti e direttrici di flusso (da Celico et al. 2007). In rosso l'ara del progetto.

Le principali depressioni morfostrutturali dell'area, come la Piana Campana, la Valle di Maddaloni e i fondovalle dei fiumi Calore e Volturno, sono invece caratterizzate da una circolazione idrica per falde sovrapposte, che si verifica all'interno degli depositi piroclastici, alluvionali e detritici più permeabili che le riempiono (Bellucci et al. 1990; Celico et al. 1994; Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012). I diversi livelli idrici sono spesso in comunicazione mediante soluzioni di continuità che contraddistinguono i litotipi meno permeabili e che, spesso, non permettono un reale frazionamento della circolazione idrica sotterranea all'interno dei settori di piana (Bellucci et al. 1990; Celico et al. 1994).

6.1 ACQUIFERI E UNITÀ IDROGEOLOGICHE

Come detto, il territorio di studio è caratterizzato da una fortissima eterogeneità e complessità delle caratteristiche idrogeologiche, riconducibile sia al complesso assetto strutturale dell'area che alla grande varietà di termini litologici affioranti (Celico et al. 2007; Carannante et al. 2012). In particolare, i litotipi presenti nei settori di specifico interesse progettuale possono essere raggruppati in quattro differenti unità idrogeologiche, ognuna delle quali costituisce degli acquiferi di importanza più o meno significativa (Celico et al. 2007).

- Acquiferi delle successioni carbonatiche:** questi acquiferi sono formati dagli ammassi rocciosi prevalentemente carbonatici ampiamente affioranti in tutto l'Appennino centro-meridionale, in buona parte riconducibili alle originarie unità paleogeografiche di piattaforma che caratterizzano questo settore di catena (Celico et al. 2007). Tali acquiferi rappresentano, in particolare, la principale fonte di approvvigionamento idropotabile della penisola italiana, essendo caratterizzati da un deflusso sotterraneo medio particolarmente elevato, dell'ordine di 4100-106 m³/anno. Le principali sorgenti degli acquiferi sono collocate prevalentemente in corrispondenza di limiti idrogeologici e di permeabilità, al contatto con terreni sedimentari e vulcanici più recenti, che generalmente costituiscono degli impermeabili relativi (Maggiore et al. 2004; Celico et al. 2007). Nelle zone dove i depositi terrigeni presentano una permeabilità elevata, invece, questi acquiferi sono alimentati dalle idrostrutture carbonatiche limitrofe attraverso cospicui travasi sotterranei (Celico et al. 2007). In relazione alle caratteristiche idrogeologiche riscontrabili a grande scala, tali successioni possono essere suddivise in tre grandi gruppi, corrispondenti agli acquiferi prevalentemente calcarei, acquiferi calcareo-silico-marnosi e acquiferi dolomitici (Celico et al. 2007). Gli acquiferi calcarei sono caratterizzati da diffuse fenomenologie carsiche, sia epigee che ipogee, che spesso interagiscono direttamente con le sorgenti determinando regimi idrogeologici delle stesse estremamente variabili (Grassi & Tadolini 1992; Celico et al. 2007). Sono contraddistinti da una grande falda di base, piuttosto profonda, e da una serie di falde sospese di modesta importanza, poste nella porzione più superficiale e carsificata dell'acquifero. Localmente, infine, sono presenti piccole falde sospese al di sopra dei livelli stratigrafici con permeabilità più bassa, come in corrispondenza di fasce cataclastiche di particolare rilevanza (Maggiore et al. 1996, 2004; Celico et al. 2007). Gli acquiferi calcareo-silico-marnosi sono sempre contraddistinti da forme carsiche epigee ed ipogee che ne condizionano fortemente il deflusso idrico sotterraneo, anche se in misura minore di quelli essenzialmente calcarei (Celico et al. 2007). Come i precedenti, presentano una falda di base piuttosto profonda e una serie di falde sospese di importanza minore, prodotte dall'esistenza di intercalazioni marnose poco permeabili nell'ambito della successione stratigrafica (Celico 1986; Celico et al. 2007). La presenza di alternanze cicliche di litotipi a differente grado di permeabilità determina, localmente, un considerevole frazionamento della circolazione idrica sotterranea, con la conseguente formazione di differenti acquiferi sovrapposti (Celico et al. 2007). Gli acquiferi prevalentemente dolomitici, infine, non presentano un significativo sviluppo dei sistemi carsici epigei o ipogei (Celico et al. 2007). Sono sempre caratterizzati da una circolazione idrica sotterranea di tipo basale, con recapito in sorgenti posizionate al contatto con i depositi bordieri meno permeabili, mentre le falde sospese sono piuttosto rare e di scarsa importanza (Celico 1986; Celico et al. 2007). Per quanto detto, la circolazione idrica sotterranea è fortemente condizionata dalle condizioni morfologiche dei depositi impermeabili bordieri e dalla presenza di discontinuità tettoniche, oltre che da eventuali acquiferi calcarei idrogeologicamente confinanti con la falda di base (Celico et al. 2007).
- Acquiferi delle successioni di bacino e di avanfossa:** tali acquiferi sono composti da depositi essenzialmente marini riferibili a successioni sedimentarie di bacino o di avanfossa (Celico et al. 2007). Risultano particolarmente diffusi nei settori collinari di tutta la Catena Appenninica e, generalmente, danno luogo a strutture idrogeologiche di una certa importanza solo per l'approvvigionamento idrico di piccoli centri abitati (Celico et al. 2007). I termini litologici in esame costituiscono, quindi, dei complessi idrogeologici omogenei per ciò che riguarda il tipo di permeabilità prevalente, generalmente per fessurazione e porosità (Celico et al. 2007). In linea di massima, sono contraddistinti da un grado di permeabilità relativa variabile da basso a medio, in funzione della percentuale della componente pelitica, e danno luogo ad emergenze sorgive con portate raramente superiori ad alcune decine di litri al secondo (Celico et al. 2007). Per le suddette caratteristiche idrogeologiche, la permeabilità dell'ammasso risulta essere relativamente più elevata in prossimità del piano campagna, essenzialmente a causa della maggiore alterazione e fessurazione dei materiali (Celico 1986; Celico et al. 2007). La presenza di

frequenti coperture di genesi eluvio-colluviale, unitamente alla variabilità della permeabilità relativa dell'ammasso, favorisce quindi l'instaurazione di una circolazione idrica sotterranea generalmente poco profonda e di modesta rilevanza (Celico et al. 2007; Chiocchini 2007). Tale circolazione si esplica mediante falde idriche per lo più discontinue, il cui sviluppo spaziale rispecchia generalmente l'andamento della superficie topografica. Ciò comporta un'approssimativa coincidenza tra spartiacque sotterranei e superficiali e, in generale, un recapito orientato prevalentemente verso il fondovalle o le sorgenti poste lungo i versanti (Celico et al. 2007).

- Complessi delle successioni vulcaniche:** i presenti acquiferi sono formati, prevalentemente, da prodotti connessi all'attività eruttiva plio-quadernaria dei principali distretti vulcanici dell'Appennino centro-meridionale (Celico et al. 2007). Nonostante la notevole complessità idrogeologica, tali acquiferi risultano molto importanti per l'elevato valore economico delle acque sotterranee, spesso contraddistinte da pregiate proprietà organolettiche tra cui, ad esempio, l'arricchimento di CO₂ (Celico et al. 2007). In generale, tali complessi sono caratterizzati da una netta prevalenza dei prodotti piroclastici su quelli lavici, essenzialmente a causa del carattere alcalino-potassico del vulcanismo dell'Italia meridionale. I depositi piroclastici, quindi, includono materiali fortemente eterogenei dal punto di vista litologico e tessiturale e, pertanto, presentano delle proprietà idrauliche estremamente variabili da zona a zona (Custodio 1978; Celico et al. 2007). I terreni più grossolani, rappresentati da bombe, blocchi, scorie e pomici, formano generalmente agglomerati di brecce vulcaniche con elevata permeabilità e porosità. I terreni più fini invece, costituiti da ceneri e lapilli, presentano una porosità primaria variabile in funzione del grado di litificazione ed una porosità secondaria mediamente piuttosto elevata. La porosità totale dei prodotti piroclastici è generalmente elevata, localmente fino al 60%, anche se in parte poco significativa dal punto di vista idraulico in quanto rappresentata da vuoti intergranulari non intercomunicanti (Custodio 1978; Celico et al. 2007). Spesso, all'interno di un deposito da flusso si registra un aumento del grado di litificazione in corrispondenza della parte intermedia del litosoma, dove i fenomeni di raffreddamento sono stati più lenti. Talora, pur avendosi in questi casi una porosità primaria sensibilmente minore delle altre porzioni del deposito, si registra un marcato incremento di conducibilità idraulica dovuta ad un maggior grado di fessurazione dei materiali (Celico et al. 2007).
- Complessi delle successioni continentali e marine:** questi acquiferi sono costituiti da sedimenti plio-quadernari formati in ambiente subaereo o marino, riferibili quindi a depositi di detritico-colluviali, alluvionali, lacustri e costieri, in parte emersi a seguito delle fasi di sollevamento della Catena Appenninica (Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). Si tratta, ovviamente, di acquiferi di particolare importanza ai fini del reperimento di risorse idriche sotterranee, sia per l'intenso uso del territorio che caratterizza le aree di affioramento di tali depositi sia per la soggiacenza relativamente bassa della zona di saturazione (Ricchetti et al. 1989; Celico et al. 2007; Chiocchini 2007). Questi terreni costituiscono acquiferi continui, in genere eterogenei ed anisotropi, sempre permeabili per porosità e, solo in rari casi, anche per fessurazione (Celico et al. 2007). Tale carattere idrogeologico è riconducibile alla natura prevalentemente clastica dei depositi, che solo in pochi casi presentano un certo grado di cementazione (Celico et al. 2007). Anche in questi casi, tuttavia, la cementazione non ha mai un ruolo equivalente al processo di diagenesi, conferendo raramente un carattere eminentemente litoide (Celico et al. 2007). La permeabilità è in genere molto variabile e sempre strettamente connessa con le caratteristiche di assortimento granulometrico dei terreni (Celico 1986). I depositi plio-quadernari che costituiscono questi acquiferi presentano delle particolari caratteristiche sedimentologiche ed idrogeologiche, dovute essenzialmente ai processi che ne hanno controllato il trasporto e la deposizione (Celico et al. 2007). In particolare, possono essere individuati due distinti gruppi di ambienti sedimentari caratterizzati da differenti processi di trasporto e deposizione, rispettivamente controllati dalla gravità e dalle acque di ruscellamento (Celico et al. 2007). Al primo gruppo sono riconducibili i depositi di *talus* e di falda detritica presenti alla base dei maggiori rilievi montuosi che, pur costituendo acquiferi eterogenei ed anisotropi, sono contraddistinti da un grado di permeabilità generalmente piuttosto elevato (Celico et al. 2007). Nei settori dove risultato limitati inferiormente da terreni di bassa permeabilità, tali depositi possono essere sede di falde idriche sotterranee di discreta importanza, in particolare quando soggetti a travasi idrici provenienti da strutture idrogeologiche limitrofe (Celico et al. 2007). I depositi che ricadono nel secondo gruppo di ambienti sedimentari sono i più rappresentati nei settori di catena e possono essere suddivisi a loro volta in numerosi sub-ambienti, contraddistinti da differente energia del mezzo di trasporto idraulico (Celico et al. 2007). Tali ambienti sono distribuiti sul

territorio secondo un percorso in cui l'energia di trasporto idraulico tende a diminuire progressivamente, a partire dall'ambiente di conoide pedemontana fino a quello di pianura costiera, passando attraverso tutti gli ambiti fluviali intermedi (Maggiore et al. 2004; Celico et al. 2007). Tutti questi sub-ambienti sono contraddistinti, a loro volta, da un'energia del mezzo idraulico variabile nel tempo in relazione all'entità degli apporti pluviometrici (Celico et al. 2007). Ciò comporta la deposizione di termini litologici fortemente eterogenei che, per la continua divagazione dei corsi d'acqua, si ritrovano variamente giustapposti tra loro sia lateralmente che verticalmente (Maggiore et al. 2004) Pertanto gli acquiferi alluvionali risultano in genere fortemente eterogenei ed anisotropi, soprattutto nelle aree di pianura alluvionale e costiera, dove le differenze di comportamento idrogeologico si accentuano per la presenza di terreni a granulometria argilloso-limosa, da scarsamente permeabili ad impermeabili (Maggiore et al. 2004; Celico et al. 2007). In questi ambiti idrogeologici, quindi, la presenza di intercalazioni pelitiche all'interno dei depositi sabbioso-ghiaiosi determina una scomposizione del deflusso idrico sotterraneo in una serie di falde sovrapposte. Queste ultime, a loro volta, possono essere caratterizzate da differenti carichi piezometrici, che generano fenomeni di drenanza sia verso l'alto che verso il basso (Cotecchia 1956; Maggiore et al. 1996; Celico et al. 2007). In molti casi, comunque, il suddetto schema di circolazione idrica sotterranea può essere semplificato a causa della scarsa continuità dei livelli meno permeabili, che non consente un'efficace separazione tra le differenti falde sovrapposte (Celico et al. 2007). Invece, a scala globale, il comportamento di questi acquiferi è schematicamente assimilabile a quello di un unico corpo idrico sotterraneo, avente un recapito unitario (Celico et al. 2007). Ovviamente, le falde degli ambienti alluvionali risultano alimentate direttamente sia dalle acque superficiali che si infiltrano nel terreno che dai travasi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche con cui sono a contatto (Celico et al. 2007). Il recapito delle falde alluvionali è rappresentato, generalmente, da un limite a potenziale imposto corrispondente ad un corpo idrico superficiale, come fiumi, laghi e mari. Localmente, la tipologia di rapporti tra falde sotterranee e corpi idrici continentali può essere anche di segno opposto, o comunque mutare nel corso dell'anno idrologico in relazione alla variazione relativa dei livelli idrici (Celico et al. 2007).

6.2 STRUTTURE IDROGEOLOGICHE E IDRODINAMICA DEGLI ACQUIFERI

L'Appennino Campano è caratterizzato da un assetto geologico-strutturale particolarmente complesso, che influenza direttamente lo schema di circolazione idrica dell'area. In questo settore, infatti, è possibile riscontrare il motivo idrogeologico tipico dell'Appennino meridionale, ovvero la giustapposizione laterale e verticale di unità carbonatiche ad elevata permeabilità con terreni silicoclastici poco permeabili (Carannante et al. 2012). I termini calcareo-dolomitici sono caratterizzati da una ingente circolazione idrica basale, mentre i depositi silicoclastici presentano un deflusso idrico frazionato o del tutto assente (Celico et al. 2007).

Al contatto con i terreni a permeabilità più bassa, il deflusso idrico sotterraneo delle unità carbonatiche viene a giorno e genera, pertanto, importanti sorgenti basali (Celico 1978; Celico et al. 2007). Nei settori di territorio dove le unità carbonatiche sono in contatto laterale con i depositi alluvionali e vulcanoclastici quaternari, invece, sono possibili travasi idrici sotterranei verso le valli fluviali e quindi l'alimentazione dei corpi idrici superficiali (Carannante et al. 2012). Locali variazioni di questo schema di circolazione idrica sono associabili a elementi strutturali quali faglie e sovrascorrimenti, che possono costituire un ostacolo alla circolazione idrica per una marcata riduzione della permeabilità.



Figura 15 – Stralcio dello schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale (da Celico 1978). In rosso l'area di progetto.

Nell'area di studio ricadono quindi importanti strutture idrogeologiche carbonatiche, corrispondenti ai rilievi dei Monti Tifantini, dei Monti di Durazzano, dei Monti di Avella e dei Monti del Taburno-Camposauro (Celico 1978; Carannante et al. 2012). Sono inoltre presenti diffusi acquiferi alluvionali e vulcanoclastici che costituiscono le unità idrogeologiche del basso corso del Fiume Calore, della Valle di Maddaloni e della Piana Campana (Celico et al. 2007; Carannante et al. 2012).

L'idrostruttura dei Monti Tifantini presenta una circolazione idrica sotterranea frazionata, soprattutto per la presenza di importanti complicazioni strutturali che determinano la suddivisione del massiccio in più sub-strutture idrogeologiche, distinte e reciprocamente interconnesse (Celico et al. 1977; Carannante et al. 2012). Infatti, in corrispondenza della Valle di Maddaloni, l'unità risulta idrogeologicamente separata dai Monti di Durazzano da strutture compressive a cui sono interposti i terreni poco permeabili dell'Unità del Fortore. Ciò comporta l'esistenza di una continuità idrogeologica tra la circolazione idrica sotterranea dei Monti Tifantini e dei Monti di Durazzano, che risultano caratterizzate da circuiti diversi (Celico et al. 1980). In generale, il deflusso idrico di base risulta orientato prevalentemente verso NW mentre i principali recapiti della falda sono rappresentati da sorgenti e travasi idrici sotterranei verso le falde dei depositi quaternari che bordano la struttura (Carannante et al. 2012). Le acque del settore Nord-orientale hanno il loro recapito nella Sorgente di Santa Sofia e alimentano i travasi verso le falde della piana del fiume Volturno (Carannante et al. 2012). La falda di base del Monte Tifata e del Monte San Michele, invece, defluisce prevalentemente verso la Piana Campana e alimenta pertanto la falda dei depositi quaternari (Celico et al. 1977).

L'idrostruttura dei Monti di Durazzano, al contrario, mostra una circolazione idrica sotterranea meno frazionata e complessa dei Monti Tifantini, condizionata prevalentemente dal sovrascorrimento delle unità carbonatiche di piattaforma sui terreni argillosi dell'Unità del Fortore (Carannante et al. 2012). La maggior parte delle acque di falda defluisce verso i settori Sud-occidentali della struttura e trova recapito nei depositi alluvionali e vulcanoclastici che colmano la Piana Campana (Celico 1978; Carannante et al. 2012). Lungo l'allineamento Canello-Maddaloni, la suddetta interconnessione tra la circolazione del massiccio carbonatico ed i depositi quaternari è confermata sia dalle quote relative delle due falde che dal chimismo specifico delle acque, che risulta intermedio tra quello tipico di un acquifero carbonatico e quello di un acquifero piroclastico (Carannante et al. 2012). Nel settore orientale dell'idrostruttura, invece, l'acquifero carbonatico risulta alimentato da quello alluvionale della piana del fiume Isclero, che a sua volta riceve una consistente alimentazione dalle acque sotterranee del Monte Taburno (Budetta & De Risio 1982). Di conseguenza, la principale direzione di deflusso della falda di base dell'acquifero carbonatico risulta orientata verso SW, con una circolazione idrica sotterranea che avviene attraverso serbatoi in serie identificati da strutture a carattere sia compressivo che distensivo (Carannante et al. 2012). Una direzione di flusso secondaria riguarda invece la porzione settentrionale del massiccio, che alimenta la sorgente Razzano e genera un incremento delle portate nell'alveo del fiume Isclero (Allocca & Grasso 1998; Carannante et al. 2012).

I Monti di Avella sono caratterizzati da un'unica ed estesa falda di base, suddivisibile in due gradi sub-strutture con differenti direzioni di deflusso idrico sotterraneo (Civita et al. 1970; Carannante et al. 2012). Lungo il margine settentrionale, a causa della bassa permeabilità dell'acquifero per via degli *stress* tettonici e/o dell'interposizione di terreni prevalentemente pelitici, l'idrostruttura dei Monti di Avella presenta una limitata continuità idraulica con l'unità dei Monti di Durazzano (Carannante et al. 2012). La circolazione idrica sotterranea è fortemente influenzata dalla tettonica e segue due direzioni di deflusso principali, verso Ovest e verso Sud, che trovano recapito rispettivamente nel gruppo sorgivo di Canello e nel gruppo sorgivo di Sarno (Celico 1978; Celico et al. 2007). Gli altri recapiti di questa struttura idrogeologica sono rappresentati, infine, dai travasi idrici sotterranei verso l'acquifero della Piana Campana, dove si rinvergono coltri detritico-piroclastiche relativamente permeabili (Carannante et al. 2012).

I Monti del Taburno e del Camposauro costituiscono due strutture idrogeologiche indipendenti, delimitate da potenti depositi quaternari e fortemente influenzate dagli elementi tettonici (Carannante et al. 2012). L'idrostruttura del Taburno presenta una direzione di deflusso orientata mediamente verso Sud, in direzione del fiume Isclero e delle Sorgenti di Frizzo, ma presenta comunque ingenti travasi sotterranei verso i depositi detritico-alluvionali che bordano il massiccio (Budetta & De Risio 1982). Verso il margine meridionale, la struttura del Taburno risulta in continuità idrogeologica con quella dei Monti di Durazzano, che presenta un livello di falda mediamente più basso per via dell'interposizione di terreni poco permeabili lungo il fronte di sovrascorrimento delle unità di piattaforma (Carannante et al. 2012). L'idrostruttura del Camposauro, invece, presenta una direzione di deflusso orientata generalmente verso Nord, in direzione del fondovalle del fiume Calore (Civita et al. 1971; Celico 1978). La falda di base di questa unità travasa attraverso la coltre detritica verso l'acquifero alluvionale e, pertanto, non sono presenti sorgenti basali degne di nota (Carannante et al. 2012).

La Piana del basso corso del fiume Calore rappresenta un'unità idrogeologica ben definita, costituita prevalentemente da acquiferi quaternari di natura alluvionale, detritica e vulcanoclastica (Celico 1983; Celico et al. 2007). Nella porzione centrale, i suddetti acquiferi risultano alimentati dalle falde in rete dei massicci carbonatici del Matese e del Monte Camposauro, mentre lungo il margine Nord-orientale di Monte Maggiore l'alimentazione dall'acquifero carsico è limitata per l'interposizione di depositi terrigeni poco permeabili (Carannante et al. 2012). Lo spessore dei depositi detritico-alluvionali, costituenti il principale acquifero della piana, è variabile da pochi metri ad alcune decine di metri, con un massimo di 150 m circa. In generale, la falda converge verso il fiume Calore o il suo paleo-alveo e defluisce in direzione del fondovalle del fiume Volturno, che presenta una falda posta a quote sensibilmente inferiori a quella del fiume Calore (Carannante et al. 2012). Nella zona più occidentale, il suddetto corso d'acqua risulta alimentata dalla falda dell'acquifero alluvionale, mentre a monte di Santo Stefano i rapporti tra falda e fiume risultano marcatamente asimmetrici e fortemente condizionati dai travasi idrici sotterranei del Monte Camposauro (Guadagno et al. 1998).

La Valle di Maddaloni e tutta la piana del fiume Isclero costituiscono un'unità idrogeologica di particolare rilevanza, soprattutto per l'interconnessione che essa ha con le limitrofe idrostrutture carbonatiche del Monte Taburno, dei Monti di Durazzano e dei Monti di Avella (Carannante et al. 2012). L'unità è costituita da un acquifero prevalentemente alluvionale e vulcanoclastico, con spessore variabile tra pochi metri ad alcune decine di metri, e

risulta delimitata da successioni sedimentarie sia carbonatiche che silicoclastiche (Brancaccio et al. 1991; Carannante et al. 2012). La falda è alimentata dalle limitrofe idrostrutture carbonatiche e dalle precipitazioni meteoriche (Celico 1983; Allocca & Grasso 1998), mentre il deflusso idrico di basse è orientato prevalentemente verso NE, in direzione del fondovalle del fiume Volturno.

La Piana Campana, infine, è caratterizzata da una circolazione idrica per falde sovrapposte, che si verifica all'interno dei depositi piroclastici, alluvionali e marini più permeabili che riempiono la *graben* (Bellucci et al. 1990; Celico et al. 1994). I diversi livelli idrici sono spesso in comunicazione tra loro mediante soluzioni di continuità che contraddistinguono i litotipi meno permeabili e che, generalmente, non permettono un reale frazionamento della circolazione idrica sotterranea della piana (Bellucci et al. 1990; Celico et al. 1994). In generale, è possibile riconoscere una direzione di flusso principale verso SW e un importante spartiacque sotterraneo tra Caivano e Cancellò (Esposito 1996). In corrispondenza di quest'ultimo, il deflusso idrico sotterraneo diverge incanalandosi in due assi di drenaggio preferenziale: il primo è orientato NNE-SSE e coincide con la Depressione del Volturno, il secondo è orientato SSE-NNW e convoglia le acque sotterranee verso la Piana del Volturno (Esposito 1996; Celico et al. 2007). Il limite Sud-orientale del bacino è posto in corrispondenza dell'allineamento S. Gennaro Vesuviano-Palma Campana, dove si verifica una netta separazione delle acque di infiltrazione verso la Piana Campana a Nord e verso la Piana del Sarno a Sud (Esposito 1996).

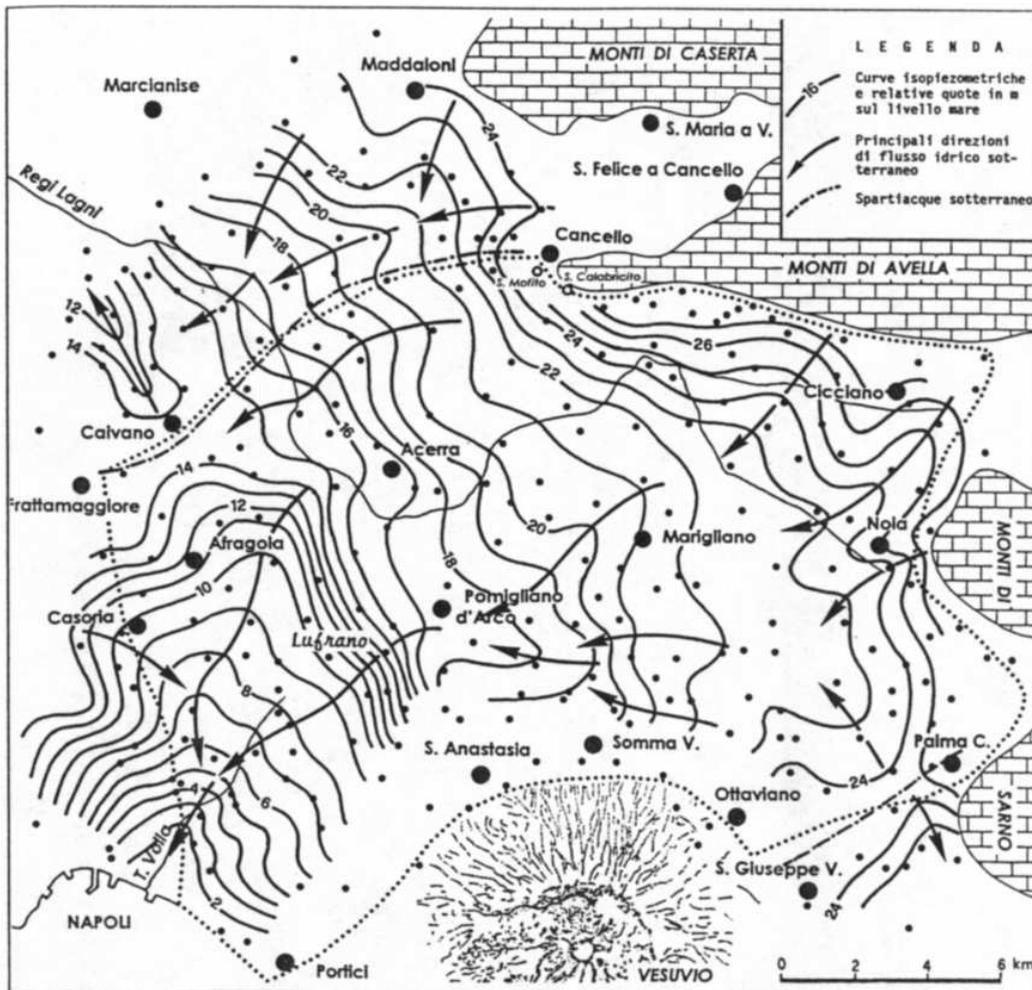
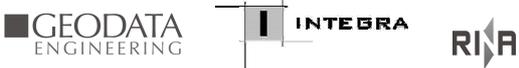


Figura 16 – Ricostruzione delle curve isopiezometriche e dei principali assi di drenaggio e spartiacque sotterranei del settore orientale della Piana Campana (Esposito 1996).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 38 di 153

Nel settore orientale l'acquifero della Piana Campana risulta alimentato dagli ingenti travasi idrici sotterranei delle strutture carbonatiche che circondano il *graben*, mentre nel settore occidentale l'acquifero è alimentato dalle acque sotterranee delle Colline di Napoli e dalle loro pendici settentrionali (Esposito 1996; Celico et al. 1994). Infatti, la morfologia piezometrica evidenzia una zona di alimentazione con recapito delle acque sotterranee sia verso l'asse di drenaggio settentrionale che verso quello meridionale. Di notevole interesse è l'elevato gradiente idraulico che caratterizza la zona a monte della Depressione del Volva, che può essere ricondotto alla presenza di una fascia meno trasmissiva in corrispondenza della stessa, limitatamente ai primi 50-60 m di profondità (Esposito 1996).

La Piana Campana è quindi caratterizzata dalla presenza di due falde sovrapposte, contenute all'interno degli orizzonti piroclastici e separate da un livello impermeabile riferibile alla porzione tufacea del cosiddetto Tufo Grigio Campano (Bellucci et al. 1990; Celico et al. 1994). La falda superficiale posta al di sopra dell'orizzonte tufaceo impermeabile presenta un carattere freatico (Celico et al. 1994), con una superficie piezometrica posta a una decina di metri di profondità dal p.c. La falda profonda presente al di sotto del banco di tufo, invece, risulta chiaramente in pressione e presenta una superficie piezometrica posta leggermente al di sopra di quella relativa alla falda più superficiale (Bellucci et al. 1990; Celico et al. 1994). Pertanto, nello schema di circolazione idrica dell'area la formazione ignimbratica del Tufo Grigio Campano rappresenta un impermeabile relativo rispetto ai depositi piroclastici, in quanto limita ma non impedisce completamente la comunicazione tra le due falde (Celico et al. 1994). In condizioni di equilibrio idrogeologico naturale, la falda profonda alimenta quella superficiale attraverso flussi di drenaggio diretti dal basso verso l'alto (Corniello et al. 1990; Celico et al. 1994), come evidenziato dalla risalita del livello idrico nei pozzi che superano il banco tufaceo suddetto.

6.3 SORGENTI E OPERE DI CAPTAZIONE

L'area di studio è caratterizzata da importanti idrostrutture carbonatiche corrispondenti ai principali rilievi dell'Appennino Campano, cui si associano locali acquiferi vulcano-sedimentari relativi ai terreni che colmano le depressioni morfostrutturali più importanti ed estese (Carannante et al. 2012). Ovviamente, i principali gruppi sorgentizi sono localizzati alla base dei rilievi carbonatici o ai margini delle piane alluvionali, mentre le opere di captazione risultano variamente distribuite sul territorio in funzione della presenza di aree antropizzate e zone industrializzate di particolare rilevanza.

I Monti di Durazzano, sebbene costituiti da litotipi ad elevato grado di permeabilità per fessurazione e carsismo, non evidenziano importanti sorgenti basali al contatto con i terreni circostanti. Fa eccezione unicamente la Sorgente Razzano, nota anche come Sorgente Viparelli, che risulta caratterizzata da una portata media di circa 0.18 m³/s (Carannante et al. 2012). Le risorse idriche sotterranee di tale idrostruttura, al contrario, sono intensamente utilizzate per l'approvvigionamento di acqua potabile dai pozzi di Ponte Tavano (circa 1.50 m³/anno), Cervino (circa 0.30 m³/s) e Santa Maria a Vico (circa 0.50 m³/s), localizzati al margine della struttura carbonatica (Carannante et al. 2012).

Il Monte Avella rappresenta l'alto idrogeologico di una serie di serbatoi interconnessi da cui si ripartono due principali direzioni di flusso, una orientata verso il gruppo sorgivo di Canello ed un'altra verso il gruppo sorgivo di Sarno (Carannante et al. 2012). L'elevata mineralizzazione delle sorgenti di Canello fa supporre, in accordo alla complessità strutturale dell'omonima collina, un approfondimento dei circuiti idrici sotterranei (Celico & De Riso 1978). Un'opera di captazione, costituita da pozzi in galleria (circa 1.0 m³/s) ubicati a monte del recapito naturale, ha permesso l'utilizzo di acque qualitativamente migliori di quelle effluenti dalle Sorgenti Mefito I e II (0.50 m³/s) e Calabricito (0.70 m³/s), anche se ha comportato l'estinzione del deflusso naturale delle sorgenti (Carannante et al. 2012).

Il Monte Taburno presenta, in corrispondenza delle Sorgenti del Fizzo (circa 0.40 m³/s), il principale affioramento delle acque sotterranee al contatto tra la fascia detritica e i depositi alluvionali della Piana dell'Isclero (Carannante et al. 2012). Tali emergenze sono captate mediante un campo-pozzi, anche se nella stessa fascia pedemontana sono presenti ulteriori pozzi che forniscono una portata complessiva di circa 0.70 m³/s. Oltre ai suddetti pozzi, nell'area del Monte Taburno sono presenti altre captazioni al piede del rilievo, con una portata complessiva di circa 0.30 m³/s (Carannante et al. 2012).

A Nord del Monte Camposauro, l'isolamento idrogeologico della struttura non è assicurato in quanto è presente una spessa coltre detritica, molto trasmissiva, che raccorda il rilievo carbonatico alla piana del Fiume Calore.

Nonostante le quote della cintura impermeabile si rinvengano a quote più basse, lungo questa fascia non sono presenti sorgenti della falda di base del massiccio (Celico & De Riso 1978). Pertanto, l'intera potenzialità idrica della struttura travasa attraverso la coltre detritica nella falda di piana del Fiume Calore, con una direzione di flusso orientata generalmente da Sud verso Nord (Celico & De Riso 1978). Le risorse idriche sotterranee non sono attualmente captate, a meno di piccole derivazioni ad uso agricolo presenti lungo il margine settentrionale dell'idrostruttura (Carannante et al. 2012).

Nella valle del fiume Calore, l'acquifero carbonatico del rilievo di Montepugliano alimenta nella sua porzione più meridionale le Sorgenti di Grassano e delle Terme di Telese, che rappresentano quindi lo sfioro della falda di base del Matese (Celico 1983; Corniello & De Riso 1986). Quest'ultima, in particolare, circola con carattere di falda libera e viene a giorno dopo aver attraversato i calcari sepolti al di sotto della potente coltre alluvionale della valle del Tiverno (Corniello & De Riso 1986). Il fronte sorgentizio emerge lungo il margine meridionale di Montepugliano e si sviluppa, quindi, lungo il contatto tettonico tra i calcari di piattaforma intensamente fratturati e i depositi della piana alluvionale. In corrispondenza di tale elemento strutturale, l'acquifero subisce una digitazione che porta ad individuare un circuito idrico più superficiale che alimenta le Sorgenti di Grassano (circa 5 m³/s) ed un circuito relativamente più profondo che alimenta le Sorgenti di Telese (circa 0.2 m³/s), fortemente mineralizzate (Celico 1983; Corniello & De Riso 1986)

Infine, in corrispondenza dei Monti Tifantini, i maggiori recapiti della circolazione idrica di base sono rappresentati da sorgenti e travasi idrici sotterranei verso le falde dei depositi quaternari che bordano tale struttura idrogeologica. La principale sorgente alimentata dalla falda di base del massiccio carbonatico è rappresentata dalla sorgente di Santa Sofia caratterizzata da una portata di circa 0.90 m³/s e captata mediante un campo pozzi (circa 1.30 m³/s) ubicato poco a monte del recapito naturale delle acque sotterranee (Carannante et al. 2012).

7 INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel corso dell'intero *iter* progettuale si sono succedute diverse campagne di indagini geognostiche, che hanno incluso sia indagini dirette che indirette. Le campagne geognostiche sono state progettate con la finalità principale di indagare le condizioni geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e sismiche del sottosuolo lungo tracciato, facendo riferimento alle opere d'arte in progetto e aumentando progressivamente il livello di dettaglio degli studi. Le indagini consultate ed analizzate nell'ambito della progettazione sono state suddivise in indagini di progetto definitivo ed esecutivo.

7.1 INDAGINI DI PROGETTO DEFINITIVO

Le indagini relative alle campagne pregresse ed incluse nella documentazione di Progetto Definitivo del 1°lotto funzionale esteso dal km 16+500 al km 27+700 comprendono:

- n. 38 sondaggi a carotaggio continuo di cui n. 10 non attrezzati, n. 27 attrezzati con piezometro en. 1 attrezzato per sismica in foro;
- n. 5 prove penetrometriche statiche;
- n. 3 stendimenti sismici a rifrazione con misurazione delle onde P e S;
- n. 3 prospezioni sismiche MASW;
- n.1 stendimento di tomografica elettrica.

Nelle tabelle seguenti è riportata una sintesi dei sondaggi analizzati e suddivisi per campagne geognostiche, con indicazione dei principali dati tecnici (sigla, tipologia, strumentazione, quota assoluta, profondità, numero totale di campioni prelevati in fase di perforazione, SPT e progressiva).

Sigla	Campagna d'indagine	Tipologia d' indagine e strumentazione	Quota assoluta m s.l.m.	Profondità (m)	Campioni	SPT	Pk
S14	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	43.1	28.0	4	7	17+486.13
S121	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	41.8	30.0	0	8	18+697.32
S123	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	37.0	25.0	2	7	20+031.80
S17	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	37.5	30.0	3	8	20+638.68
S125	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	37.4	31.0	4	8	20+887.73
S126	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	40.0	25.0	4	5	21+163.02
S127	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	39.1	15.0	0	5	21+951.12
S129	1984-1985	Sondaggio attrezzato con piezometro	66.1	53.0	3	0	23+954.55
S20	1984-1985	Sondaggio attrezzato con piezometro	69.7	45.0	4	0	24+286.97
S21	1984-1985	Sondaggio attrezzato con piezometro	73.6	45.0	3	0	24+687.35
STC2	1984-1985	Sondaggio attrezzato con piezometro	45.5	16.5	1	2	25+844.76
STC1	1984-1985	Sondaggio attrezzato con piezometro	45.1	15.0	0	1	25+985.63
S130	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	52.1	15.0	1	4	26+382.22
S131	1984-1985	Sondaggio non attrezzato	54.7	30.0	1	4	26+969.53

Tabella 4 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini 1984-1985, elencati in ordine di progressiva.

Sigla	Campagna d'indagine	Tipologia d'indagine e strumentazione	Quota assoluta m s.l.m.	Profondità (m)	Campioni	SPT	km
PNIF32V02	2007	Sondaggio attrezzato con piezometro	38.5	25.0	5	4	20+805.77
PNIF32G03	2007	Sondaggio attrezzato con piezometro	68.1	40.0	6	0	24+062.32

Tabella 5 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna di indagini 2007, elencati in ordine di progressiva.

Sigla	Campagna d'indagine	Tipologia d'indagine e strumentazione	Quota assoluta m s.l.m.	Profondità (m)	Campioni	SPT	km
PNIF52B10	2008-2009	Sondaggio attrezzato con piezometro	63.6	40.0	3	6	22+578.20
PNIF52B08	2008-2009	Sondaggio attrezzato con piezometro	63.0	40.0	7	6	23+075.92
PNIF52B11	2008-2009	Sondaggio attrezzato con piezometro	73.4	40.0	3	7	24+803.78
PNIF52B09	2008-2009	Sondaggio attrezzato con piezometro	70.0	40.0	4	9	24+811.70
PNIF52V12	2008-2009	Sondaggio attrezzato con piezometro	45.5	40.0	4	10	25+808.95

Tabella 6 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini 2008-2009, elencati in ordine di progressiva.

Sigla	Campagna d'indagine	Tipologia d'indagine e strumentazione	Quota assoluta m s.l.m.	Profondità (m)	Campioni	SPT	km
D6BIS	2015	Sondaggio attrezzato per sismica in foro	39.6	30.0	10	6	21+070.92
D8	2015	Sondaggio attrezzato con piezometro	42.3	30.0	9	7	22+208.40

Tabella 7 - Sintesi dei sondaggi geognostici realizzati nell'ambito della campagna indagini 2015, elencati in ordine di progressiva.

Sigla	Campagna d'indagine	Tipologia d'indagine e strumentazione	Quota assoluta m s.l.m.	Profondità (m)	Campioni	SPT	km
IF15V01	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	45.5	30.0	4	9	16+679.04
IF15V02	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	39.2	30.0	4	7	18+623.77
IF15V03	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	36.3	40.0	5	5	18+905.84
IF15V04	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	39.8	40.0	5	6	18+998.84
IF15P05	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	46.9	30.0	4	5	19+437.92
IF15V06	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	44.9	40.0	5	10	19+741.55
IF15V07	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	42.4	40.0	5	9	20+440.89
IF15P08	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	42.1	30.0	3	7	21+890.92
IF15S09	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	53.2	30.0	4	2	26+462.33

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">GE0001 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">42 di 153</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	42 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	42 di 153								

Sigla	Campagna d'indagine	Tipologia d'indagine e strumentazione	Quota assoluta m s.l.m.	Profondità (m)	Campioni	SPT	km
IF15R10	2017	Sondaggio attrezzato con piezometro	56.8	30.0	4	8	27+459.83

Tabella 8 - Sintesi dei sondaggi geognostici della campagna indagini 2017, elencati in ordine di progressiva.

Sigla	Campagna d'indagine	Tipologia d'indagine e strumentazione	Quota assoluta m s.l.m.	Profondità (m)	Campioni	SPT	pk
IF15R51	2017i	Sondaggio attrezzato con piezometro	39.90	15.00	4	9	17+384.46
IF15R52	2017i	Sondaggio attrezzato con piezometro	36.90	15.00	4	9	18+286.22
CPTU01	2017i	Prova penetrometrica statica	37.70	10.05	-	-	18+499.07
IF15R53	2017i	Sondaggio non attrezzato	43.20	15.00	5	9	20+164.52
CPTU02	2017i	Prova penetrometrica statica	43.10	0.5	-	-	20+310.82
IF15R54	2017i	Sondaggio attrezzato con piezometro	39.80	15.00	4	9	21+350.02
CPTU03	2017i	Prova penetrometrica statica	40.00	7.45	-	-	21+589.98
CPTU04	2017i	Prova penetrometrica statica	41.00	7.4	-	-	22+025.73
IF15R55	2017i	Sondaggio attrezzato con piezometro	42.90	15.00	4	9	25+459.32
CPTU05	2017i	Prova penetrometrica statica	43.90	5.25	-	-	25+735.3

Tabella 9 - Sintesi dei sondaggi geognostici e delle prove geotecniche della campagna indagini 2017 integrativa, elencati in ordine di progressiva.

Per quanto riguarda le prove sismiche, si riporta nella tabella a seguire le prospezioni realizzati nell'area di studio durante le campagne 2015, 2017 e 2017 integrativa con la rispettiva progressiva di riferimento.

Sigla	Campagna indagine	Tipologia d' indagine e strumentazione	Lunghezza (m)	km
Area D8	2015	Prospezione sismica MASW	70	22+193.70
MASW 1	2017	Prospezione sismica MASW	70	22+193.70
MASW 2	2017	Prospezione sismica MASW	70	20+754.51
MASW 1	2017	Prospezione sismica MASW	70	22+193.70
MASW 2	2017	Prospezione sismica MASW	70	20+754.51
Rifr_01	2017i	Stendimento sismico a rifrazione	144	17+322
Rifr_02	2017i	Stendimento sismico a rifrazione	144	18+299
Rifr_03	2017i	Stendimento sismico a rifrazione	144	25+617

Tabella 10 - Indagini sismiche realizzate durante la campagna 2015, 2017 e 2017 integrativa (2017i).

7.2 INDAGINI DI PROGETTO ESECUTIVO

Ad integrazione delle campagne precedenti, sono state realizzare sondaggi, prove geotecniche e prospezioni geofisiche nel corso della campagna geognostica 2019 realizzata nell'ambito della progettazione esecutiva.

Le indagini includono:

- n. 37 sondaggi a carotaggio continuo, per un totale di 1295m carotati di cui n. 9 attrezzati per prove sismiche in foro tipo Down-hole e n. 27 attrezzati con piezometro. Per i sondaggi attrezzati per sismica in foro, l'installazione del piezometro è stata eseguita mediante realizzazione di uno specifico foro a distruzione;
- lungo le verticali di sondaggio sono state realizzate prove penetrometriche SPT con passo 3m per un totale di n. 424 prove;
- n. 49 prove di permeabilità d tipo Lefranc sia a carico variabile che a carico costante;
- n. 12 prove penetrometriche statiche di tipo CPTU;
- n. 22 pozzetti esplorativi con prove di carico su piastra;
- n. 3 prospezioni sismiche MASW;
- n. 9 prove sismiche in foro di tipo Down-Hole.

La sintesi delle quantità e tipologie d'indagine realizzate è riportata nelle tabelle a seguire; per i dettagli ed i risultati delle prove si rimanda agli elaborati specifici delle indagini.

Codice	Tipologia d' indagine	Quota assoluta (m s.l.m.)	Profondità (m)	pk	Prove SPT	Prove di permeabilità
S-PE22	Sondaggio + down-hole	39,48	40	17+415	13	2
S-PE1	Sondaggio + down-hole	40,78	40	17+631	13	2
S-PE2	Sondaggio + down-hole	36,22	20	17+770	7	-
S-PE23	Sondaggio + down-hole	39,09	35	18+658	12	2
S-PE3	Sondaggio + piezometro	49,63	25	19+300	8	-
S-PE4	Sondaggio + down-hole	40,23	40	19+775	13	2
SL-PE1	sondaggio + piezometro	42,30	15	20+180	-	-
S-PE5	Sondaggio + down-hole	40,14	45	20+500	15	2
S-PE6	Sondaggio + piezometro	39,19	45	20+550	15	2
S-PE7	Sondaggio + piezometro	39,05	45	20+600	15	-
S-PE7bis	Sondaggio + piezometro	36,93	45	20+644	15	4
S-PE8	Sondaggio + piezometro	36,03	45	20+720	15	4
S-PE9	Sondaggio + piezometro	38,43	45	20+750	15	2
S-PE10	Sondaggio + piezometro	38,39	45	20+850	15	2
S-PE11	Sondaggio + piezometro	38,12	45	20+925	15	2
S-PE12	Sondaggio + piezometro	38,98	45	21+000	15	2
S-PE13	Sondaggio + piezometro	39,80	45	21+110	15	2
S-PE14	Sondaggio + down-hole	39,49	45	21+220	15	2
S-PE15	Sondaggio + down-hole	40,99	40	22+142	13	2
S-PE16	Sondaggio + piezometro	60,29	30	22+350	10	2
S-PE16bis	Sondaggio + piezometro	62,96	40	22+740	13	-

Codice	Tipologia d' indagine	Quota assoluta (m s.l.m.)	Profondità (m)	pk	Prove SPT	Prove di permeabilità
S-PE17	Sondaggio + piezometro	67,48	40	23+400	13	1
S-PE18	Sondaggio + piezometro	67,30	40	23+750	13	-
SL-PE02	Sondaggio + piezometro	68,82	40	24+400	13	-
S-PE18bis	Sondaggio + piezometro	71,47	40	22+740	13	-
S-PE19	Sondaggio + piezometro	67,63	30	25+100	10	2
S-PE4bis	Sondaggio + piezometro	41,97	20	25+280	7	-
S-PE24	Sondaggio + down-hole	45,38	45	25+780	15	3
S-PE20	Sondaggio + piezometro	52,40	30	26+312	10	3
S-PE21	Sondaggio + piezometro	53,52	20	26+725	7	2
S-PE25	Sondaggio + piezometro	55,44	15	27+200	5	-
S-PE29	Sondaggio + piezometro	36,43	40	18+950	13	2
S-PE30	Sondaggio + piezometro	42,12	15	NV 0+920	5	-
S-PE31	Sondaggio + piezometro	43,38	15	NV 1+640	5	-
S-PE32	Sondaggio + inclinometro	67,08	40	25+180	13	-
S-PE33	Sondaggio + piezometro	56,18	30	25+100	10	-
S-PE34	Sondaggio + piezometro	51,97	15	25+520	5	-

Tabella 11 - Sintesi dei sondaggi e delle prove in foro eseguite per la campagna 2019 di PE, elencati in ordine di progressiva.

Codice	Tipologia d' indagine	Profondità (m)	pk
CPTU-PE5	Prova penetrometrica statica CPTU	12,5	17+557
CPTU-PE6	Prova penetrometrica statica CPTU	8	17+850
CPTU-PE7	Prova penetrometrica statica CPTU	12	18+400
CPTU-PE1	Prova penetrometrica statica CPTU	6,8	21+500
CPTU-PE8	Prova penetrometrica statica CPTU	8	21+880
CPTU-PE2	Prova penetrometrica statica CPTU	10	22+110
CPTU-PE3	Prova penetrometrica statica CPTU	10	22+164
CPTU-PE3bis	Prova penetrometrica statica CPTU	20	24+400
CPTU-PE4bis	Prova penetrometrica statica CPTU	20	24+400
CPTU-PE4	Prova penetrometrica statica CPTU	1,5	25+270
CPTU-PE9	Prova penetrometrica statica CPTU	10	26+620
CPTU-PE10	Prova penetrometrica statica CPTU	1,5	26+670

Tabella 12 - Sintesi delle prove in foro eseguite durante la campagna 2019 di PE, elencati in ordine di progressiva.

Sono stati inoltre realizzati n. 22 pozzetti esplorativi programmati per riconoscimento stratigrafico e realizzazione delle prove di carico su piastra. I pozzetti sono stati realizzati lungo tracciato testando le unità superficiale per una profondità massi di 1m. La tabella a seguire ne sintetizza le caratteristiche.

Sigla	Campagna d'Indagine	Tipo d' indagine	Opera di Riferimento	Profondità della prova di carico su piastra (m)
VB_PT01	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV02	0,5
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV02	1,1
VB_PT02	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV01A	1
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV01A	1,1
VB_PT03	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV02	0,5
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV02	1
VB_PT04	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV03B	0,5
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV03B	1
VB_PT05	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV03A	0,5
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV03A	1
VB_PT06	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV04	0,5
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV04	1
VB_PT07	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV04	0,6
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV04	1
VB_PT08	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV06A	0,5
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV06A	0,8
VB_PT09	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV06A	0,9
VB_PT10	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV06B	0,6
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV06B	1
VB_PT11	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV06A	0,7
VB_PT12	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV07	0,9
VB_PT13	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	Viab Ordinanza 36	1
VB_PT14	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	Viab Ordinanza 36	
VB_PT15	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	Viab. Ordinanza 36	0,9
VB_PT16	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	Viab. Ordinanza 36	0,6
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	Viab. Ordinanza 36	1,1
VB_PT17	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV09A	0,6
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV09A	1,2
VB_PT18	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV09A	
VB_PT19	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV09A	
VB_PT20	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV10	0,6
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV10	1,1
VB_PT21	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV10	0,7
	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV10	1
VB_PT22	2019	Pozzetto con prova di carico su piastra	NV10	

Tabella 13 - Sintesi dei pozzetti geognostici e delle prove di carico su piastra eseguite nel corso della campagna 2019 di PE.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 46 di 153

8 MODELLO GEOLOGICO LOCALE

8.1 RILIEVI, APPROFONDIMENTI E STUDI INTEGRATIVI

L'assetto stratigrafico-strutturale locale è stato ricostruito partendo dalle risultanze delle analisi e degli studi di base effettuati durante il Progetto Definitivo, ed integrando i nuovi rilievi e i nuovi dati dalle indagini geognostiche appositamente realizzate per la presente fase esecutiva.

In particolare, oltre alla estesa campagna geognostica integrativa realizzata nel 2019 per la verifica è l'affinamento della caratterizzazione geologico-geotecnica delle formazioni affioranti, sono stati eseguiti rilievi di terreno specifici mirati allo studio di area e situazioni puntuali d'interesse progettuale.

I rilievi di dettaglio si sono concentrati in particolar modo sui seguenti settori:

- zone interessate dagli interventi di messa in sicurezza della nuova viabilità NV09, in località Vallo Rotondo, oggetto della prescrizione n.51 della relazione di ottemperanza. I rilievi hanno interessato le scarpate in travertino a ridosso della sede stradale, soggette a locali fenomeni di crollo e toppling e per le quali sono stati progettati interventi di stabilizzazione. Per i dettagli si rimanda agli elaborati specifici (IF26.1.2.E.ZZ.RH.NV.09.0.0.001; IF26.1.2.E.ZZ.BZ.NV.09.0.0.002; IF26.1.2.E.ZZ.BZ.NV.09.0.0.002);
- Imbocco Nord della GA02, zona in cui sono stati eseguiti approfondimenti geognostici in corrispondenza delle opere di sostegno e nella quale sono state rinvenute sorgenti tra la sede esistente ed il tracciato in progetto. Il dettaglio delle analisi di questo settore è riportato nella relazione di compatibilità idrogeologica IF26.1.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.003;
- aree interessate dalle 2 frane quiescenti prossime al tracciato ed ubicate tra le pk 18+100 e 18+300; l'analisi di dettaglio del settore è riportata nella relazione di compatibilità idrogeologica IF26.1.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.003.

I capitoli a seguire sintetizzano le risultanze degli studi omogenizzando i dati superficiali con quelli del sottosuolo in modo organico ed esaustivo per le finalità di progetto.

8.2 ASSETTO LITOSTRATIGRAFICO

L'area di studio si caratterizza per la presenza di differenti unità geologiche, relative sia a sequenze marine di substrato che a successioni clastiche di copertura le cui aree di affioramento sono state cartografate negli elaborati specifici. Nei settori di stretto interesse progettuale, quindi, sono state individuate e perimetrare otto unità geologiche, di seguito descritte dal basso verso l'alto stratigrafico.

8.2.1 UNITÀ SIN-OROGENE

Tali terreni sono rappresentati da un'unica successione marina tardo-cenozoica, localmente affiorante nel settore centrale e Sud-occidentale dell'area di intervento. A scala regionale, tali depositi poggiano in discordanza su termini litologici non affioranti nell'area e risultano in contatto tettonico con i depositi marini dell'Unità tettonica del Fortore. Nei settori d'intervento tale unità risulta in contatto tettonico con le Argille Varicolori Superiori ed è generalmente ricoperta da spessi depositi quaternari di genesi alluvionale, fluvio-lacustre, vulcanoclastica e detritico-colluviale.

8.2.1.1 ARENARIE DI CAIAZZO

La presente formazione affiora nel settore centrale e Sud-occidentale dell'area di studio, rispettivamente lungo la dorsale di Bosco Caldaia e presso Taverna Starze e località Puparuolo, ma non è interessata direttamente dalle opere di progetto. Si tratta di depositi marini di base scarpata con sporadiche intercalazioni olistostromiche, costituiti da una singola litofacies a dominante arenaceo-marnosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante su unità non affioranti nell'area e risultano in contatto tettonico con le Argille Varicolori Superiori. Tale sequenza

presenta uno spessore massimo di circa 600 m ed è riferibile al periodo Tortoniano superiore - Messiniano inferiore.

Tale successione è formata da arenarie quarzoso-feldspatiche e quarzoso-litiche di colore grigio e marrone chiaro (**AIZ**), in strati da medi a molto spessi, talora a geometria lenticolare, in alternanza con argille limose e argille marnose di colore grigio, nocciola e grigio-verdastro, in strati da molto sottili a sottili; si rinvengono frequenti intercalazioni di sabbie limose e sabbie limoso-argillose di colore grigio e nocciola, in strati da sottili a medi, e locali lenti e/o livelli di conglomerati poligenici a matrice sabbioso-limosa di colore grigio e marrone-rossastro; a luoghi sono presenti olistostromi a elementi extra-bacinali costituiti da calcari, calcilutiti e radiolariti di colore grigio, avana e biancastro, in strati da sottili a medi, talora brecciati. Le arenarie di Caiazzo non interferiscono direttamente con le opere in progetto poiché più profonde.



Foto 1 – Affioramento delle Arenarie di Caiazzo in località Masseria Brigida, lungo il margine Sud-orientale del rilievo di Bosco Caldaia, immediatamente ad Est dell'imbocco orientale della Galleria Tuoro S. Antuono.

8.2.2 DEPOSITI VULCANOCLASTICI

I litotipi in questione sono costituiti da due unità continentali quaternarie, una di genesi prevalentemente vulcanoclastica e una di genesi fluvio-lacustre ma con frequenti orizzonti vulcanoclastici. Tali terreni risultano ampiamente affioranti in tutta l'area di intervento e, in particolare, in corrispondenza del fondovalle del fiume Calore e del fiume Volturno. In generale, tali depositi poggiano in discordanza stratigrafica sulle diverse successioni marine del substrato e sono ricoperti da depositi quaternari di origine alluvionale e detritico-colluviale.

8.2.2.1 UNITÀ DI MADDALONI

L'unità in questione affiora in lembi di ridotta estensione esclusivamente a SW di Telese, in località Pera Tonda, mentre si rinviene diffusamente in tutto il settore di intervento al di sotto delle coperture alluvionali e dei depositi vulcanici del Tufo Grigio Campano. Si tratta di depositi lacustri con frequenti intercalazioni fluviali e vulcanoclastiche, costituiti da quattro differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa, limoso-argillosa e travertinoso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e rappresentano il riempimento di paleo-depressioni morfologiche. A luoghi sono presenti locali paleosuoli brunastri a tessitura sabbioso-limosa e limoso-argillosa. L'unità è caratterizzata da uno spessore massimo di circa 70 m ed è cronologicamente ascrivibile al periodo Pleistocene inferiore - Pleistocene superiore.



Foto 2 – In alto: affioramento della litofacies travertinoso-sabbiosa dell'Unità di Maddaloni a SE del centro abitato di Amorosi, in località San Giovanni. In basso: travertini a comportamento litoide recuperati a 5m di profondità lungo il sondaggio S-PE17.

La litofacies travertinoso-sabbiosa è formata principalmente da travertini litoidi di colore nocciola, avana e giallastro (**MDL4**), vacuolari e debolmente stratificati, con abbondanti resti vegetali, locali gusci di molluschi, diffusi inclusi piroclastici ai quali s'intercalano frequenti livelli di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio e avana. La facies travertinosa dell'unità di Maddaloni presenta un aspetto vacuolare, localmente si osservano cavità originatesi a seguito di processi erosivi che hanno luogo in corrispondenza dei livelli sabbiosi sciolti e poco consolidati. Quando interferenti con una falda in movimento, le cavità all'interno dell'Unità possono essere legate a fenomeni erosivi generati dall'oscillazione del livello piezometrico. Tali cavità, se confinate tra due livelli a comportamento litoide possono preservarsi.

In profondità i travertini presentano caratteristiche meccaniche al limite tra la condizione di roccia debole e suolo, verosimilmente associate alla variabilità del grado di cementazione dei grani e alla presenza di livelli sabbioso sciolti intercalati a quelli litoidi.

La litofacies pelitica è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, nocciola e grigio-azzurro (**MDL3**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, nocciola e giallastro, a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate. L'unità MDL3 è delle litofacies quella più profonda e quindi intercettata prevalentemente dalle verticali di sondaggio. Nei livelli alto stratigrafici al contatto con le altre litofacies può presentare un profilo d'alterazione di spessore variabili da qualche decimetro a qualche metro.



Foto 3 – argille e limi argillosi grigio azzurri dell'unità di Maddaloni rinvenuti dal sondaggio S-PE-17 alla profondità di circa 25m. In evidenza il profilo d'alterazione color nocciola dei livelli alto stratigrafici.

La litofacies sabbioso-limosa, invece, è formata da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio scuro, verdastro, nocciola e giallastro (**MDL2**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora sono presenti passaggi di ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con diffuse pomice e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche; a luoghi si rinvencono sottili livelli torbosi di colore nerastro e intercalazioni di limi argillosi grigi e marroni.

Infine, la litofacies ghiaioso-sabbiosa è composta da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**MDL1**), da sub-angolose ad arrotondate, con frequenti ciottoli da sub-angolosi ad arrotondati, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e sabbioso-argillosa di colore grigio, nocciola e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e grigio-verdastro, a struttura indistinta, con diffusi inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate. In profondità i livelli ghiaiosi si

presentano talora a struttura matrice supportata talora clasto supportata. In generale la matrice si presenta prevalentemente sabbioso limosa.



Foto 4 – livello sabbioso limoso di colore grigio afferente alla litofacies MDL2 di Maddaloni, intercalato alla litofacies argillosa (MDL3), rinvenuto alla profondità di circa 30m lungo il sondaggio S-PE11.



Foto 5 – livelli di ghiaia calcaree in matrice sabbioso ghiaiosa afferenti alla litofacies MDL1 di Maddaloni, rinvenute dal sondaggio S-PE17 alla profondità di circa 35m.

8.2.2.2 TUFO GRIGIO CAMPANO

La presente unità affiora diffusamente nel settore Sud-occidentale dell'area di studio e, in particolare, ai margini delle piane alluvionali del fiume Calore e del fiume Volturno. Si tratta di depositi vulcanici di colata ignimbratica, costituiti da tre differenti litofacies a dominante tufacea, cineritica e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e rappresentano il riempimento di paleo-depressioni morfologiche. Al tetto è localmente presente un paleosuolo marrone-brunastro a tessitura sabbioso-limosa. La successione mostra uno spessore massimo di circa 45 m ed è riferibile al Pleistocene superiore.

La litofacies pelitica è costituita prevalentemente da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio, nocciola e brunastro (**TGC3**), a struttura indistinta, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate, derivanti dall'alterazione e/o l'argillificazione dei depositi vulcanoclastici.

La litofacies cineritica è composta da ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, nocciola e giallastro (**TGC2**), a struttura indistinta, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose; nella parte bassa della successione è localmente presente un livello di pomici grossolane di colore bianco-rosato, angolose e a struttura indistinta.

La litofacies litoide, infine, è formata da tufi lapidei di colore grigio, grigio-violaceo e grigio-nocciola (**TGC1**), a struttura massiva, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e subordinati cristalli e litici lavici; verso l'alto passano a tufi lapidei di colore giallastro e nocciola-giallastro, a struttura massiva, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche. La facies litoide non è stata rinvenuta frequentemente dalle indagini lungo tracciato, ma si limita a specifici settori di limitata continuità laterale ed in eteropia con le altre due facies della Formazione.



Foto 6 – Affioramento della litofacies litoide del Tufo Grigio Campano in località Breccelle, a NE della confluenza tra il Torrente Maltempo e il fiume Volturno.



Foto 7 – piroclastite limo sabbiosa debolmente argillosa, di colore grigio rinvenuta lungo la verticale di sondaggio S-PE01.

8.2.3 DEPOSITI CONTINENTALI

Questi terreni sono rappresentati da cinque unità continentali quaternarie, ampiamente affioranti in tutto il settore di studio alla base dei rilievi montuosi o in corrispondenza dei principali corsi d'acqua dell'area. In generale, tali depositi sono formati da sedimenti di genesi prevalentemente alluvionale, gravitativa e detritico-colluviale, e poggiano in discordanza stratigrafica su tutte le unità geologiche più antiche.

8.2.3.1 DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI

Tale unità si rinviene diffusamente nel settore centrale dell'area di studio e, secondariamente, lungo l'alto corso del fiume Calore e a valle della confluenza col fiume Volturno. Si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, costituiti da tre differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limoso e limoso-argilloso. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 100 m ed è riferibile al Pleistocene medio – Pleistocene superiore.



Foto 8 – Affioramenti dei Depositi alluvionali terrazzati ghiaioso-sabbiosi (bn1) mediamente cementati presenti nei pressi della stazione di Solopaca.

La litofacies prevalentemente sabbioso-limosa, invece, è formata da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro (**bn2**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore grigio e marrone, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

Infine, la litofacies più grossolana è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bn1**), da sub-angolose ad arrotondate, con locali ciottoli da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, nocciola e giallastro, da scarsa ad abbondante, sciolta o moderatamente cementata; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio-azzurro, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-arrotondate ad arrotondate; localmente sono presenti lenti e/o livelli di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro.



Foto 9 - Affioramenti dei Depositi alluvionali terrazzati ghiaioso-sabbiosi (bn1) con lenti di sabbie limose, in località Toppo Limata, a SSW del centro abitato di S. Lorenzo Maggiore.

8.2.3.2 DEPOSITI ALLUVIONALI ANTICHI

Tali depositi affiorano diffusamente lungo tutta la piana alluvionale del fiume Calore, tra il centro abitato di Ponte e la stazione di Amorosi. Si tratta di depositi continentali canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da quattro differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa, limoso-argillosa e travertinoso-sabbiosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. La successione in esame presenta uno spessore massimo di circa 18 m ed è riferibile all'intervallo Pleistocene superiore – Olocene.

La litofacies travertinoso-sabbiosa è formata da travertini litoidi di colore avana e giallastro (**bc4**), vacuolari e debolmente stratificati, con abbondanti resti vegetali, locali gusci di molluschi, sporadici inclusi piroclastici e frequenti intercalazioni di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore nocciola e giallastro.

La litofacies limoso-argillosa, invece, è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone, nocciola e bruno-rossastro (**bc3**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.



Foto 10 – depositi limo argillosi di color marrone ascrivibili alla litofacies (bc3) recuperati lungo il sondaggio S-PE34.

La litofacies sabbioso-limosa è formata da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e nocciola (**bc2**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con locali livelli travertinosi, sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore bruno-rossastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate.

La litofacies ghiaioso-sabbiosa, infine, è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bc1**), da sub-angolose ad arrotondate, con locali ciottoli da sub-angolosi a sub-arrotondati, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

8.2.3.3 DEPOSITI ALLUVIONALI RECENTI

Tali depositi affiorano in tutta l'area di interesse lungo le piane alluvionali del fiume Calore e del fiume Volturno e, secondariamente, in corrispondenza del fondovalle dei loro affluenti maggiori. In generale, si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine, conoide alluvionale e piana inondabile, costituiti da tre differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, sabbioso-limosa e limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. La successione in esame presenta uno spessore massimo di circa 20 m ed è riferibile all'Olocene.



Foto 11 – Depositi alluvionali recenti (bb1) presenti in corrispondenza della conoide alluvionale a nord del fiume Calore, in località Masseria Acquafredda, a SW del centro abitato di San Lorenzo Maggiore.

La litofacies a dominante pelitica è costituita da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone e bruno-rossastro (**bb3**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.



Foto 12 – livelli ghiaioso sabbiosi afferenti alle alluvioni recenti del fiume Calore in corrispondenza del contatto erosivo con le sottostanti argille di Maddaloni (MDL3)

La litofacies sabbioso-limosa, invece, è formata da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone, verde e giallastro (**bb2**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore bruno-rossastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

La litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa, infine, è costituita da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**bb1**), da sub-angolose ad arrotondate, con locali ciottoli da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa e argilloso-sabbiosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

8.2.3.4 DEPOSITI ALLUVIONALI ATTUALI

I terreni in questione si rinvencono in tutto il settore di studio in corrispondenza delle principali aste fluviali, come quelle del fiume Calore e del fiume Volturno. In generale, si tratta di depositi continentali di canale fluviale, argine e conoide alluvionale, costituiti da due differenti litofacies a dominante ghiaioso-sabbiosa e sabbioso-limosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche. L'unità presenta uno spessore massimo di circa 7 m ed è sempre ascrivibile all'Olocene.



Foto 13 - Depositi alluvionali attuali presenti in corrispondenza dell'alveo del fiume Calore, immediatamente a SE del Lago di Telese.

La litofacies sabbioso-limosa è costituita da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro (**ba2**), a struttura indistinta o debolmente laminata, con sporadici inclusi piroclastici e lenti di ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di ghiaie poligeniche ed eterometriche, da sub-angolose ad arrotondate, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio e giallastro, generalmente abbondante.

La litofacies ghiaioso-sabbiosa, al contrario, è formata prevalentemente da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**ba1**), da sub-angolose ad arrotondate, con frequenti ciottoli da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa di colore grigio, marrone e giallastro, da scarsa ad abbondante; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio, marrone e giallastro, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

8.2.3.5 COLTRI ELUVIO-COLLUVIALI

Tali terreni si rinvencono diffusamente in tutta l'area di studio, in corrispondenza delle depressioni impluviali o alla base dei rilievi più acclivi ed estesi. Si tratta di depositi continentali di versante e di alterazione del substrato, costituiti da una singola litofacies a dominante limoso-argillosa. Poggiano in contatto stratigrafico discordante sulle unità più antiche e risultano parzialmente eteropiche ai depositi di origine mista. I presenti terreni mostrano uno spessore massimo non determinabile e sono interamente riferibili all'Olocene.



Foto 14 – Affioramento delle Coltri eluvio-colluviali immediatamente a SE di località Noce di Apone, a E del centro abitato di Ponte.

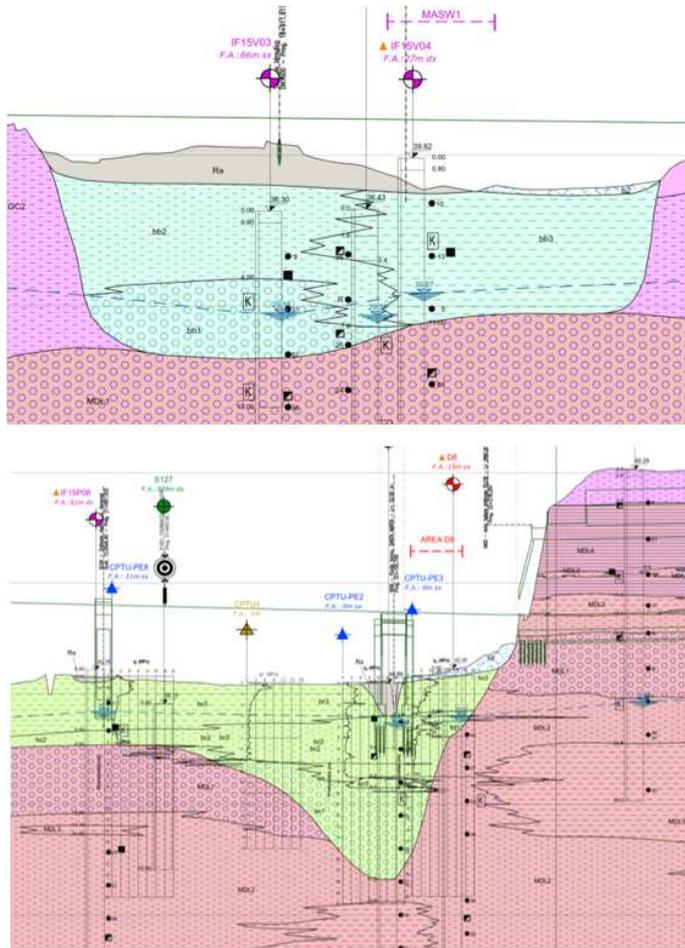
Dal punto di vista litologico, sono formati da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi di colore marrone, grigio e bruno-rossastro (b2), a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali, sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi di colore marrone, grigio e giallastro, a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali, sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.

8.3 RAPPORTI STRATIGRAFICI

Caratteristica comune dell'assetto stratigrafico locale è la forte variabilità verticale e laterale degli spessori e dei contatti stratigrafici primari, quasi sempre eteropico, tra le formazioni affioranti. Questa caratteristica determina una forte variabilità delle quote di affioramento delle unità litostratigrafiche e dei contatti geologici ed è alla base delle geometrie complesse osservabili in molte delle formazioni alluvionali e lacustri.

Al fine di dettagliare il più possibile la stratigrafia interna alle formazioni geologiche rinvenute nell'area, sono stati interpretati i possibili contatti geologici eteropici tra di esse interpolando i limiti stratigrafici intercettati dalle verticali di sondaggio. Tale distinzione è stata eseguita essenzialmente in sezione, lungo i profili longitudinali ed in sezione trasversale poiché coperti da una buona distribuzione areale delle verticali d'indagine. In superficie, invece, la presenza di una diffusa copertura vegetale, e quindi di una bassa percentuale di affioramenti, non ha permesso di

ricostruire con altrettanto dettaglio tali limiti e pertanto si è scelto di dare la precedenza nella rappresentazione cartografica alla litofacies maggiormente diffusa nell'area.



LEGENDA

Coperture quaternarie



Depositi alluvionali recenti



Depositi alluvionali antichi



Depositi Vulcanoclastici



Litofacies del Tufo Grigio campano



Unità di Maddaloni



Figura 17 – stralcio del profilo geologico di progetto. In evidenza i rapporti eteropici tra le diverse litofacies afferenti alle diverse formazioni geologiche affioranti nell'area.

8.4 ASSETTO STRUTTURALE E GIACITURALE

Dal punto di vista strutturale, l'area di studio è caratterizzata da un assetto piuttosto irregolare ed eterogeneo, essenzialmente connesso con la tettonica compressiva, trascorrente ed estensionale che ha interessato questo settore della Catena Appenninica a partire dal Miocene. In generale, le principali strutture tettoniche appaiono parzialmente sepolte al di sotto dei depositi quaternari e, pertanto, l'esatta definizione dei rapporti geometrici tra le varie unità geologiche è generalmente complessa e di non facile lettura.

Per quanto riguarda l'assetto giaciturale, i depositi vulcanoclastici che colmano la valle del fiume Calore, sono contraddistinti da un assetto fondamentalmente tabulare in quanto rappresentano il riempimento recente delle paleo-depressioni morfologiche. Tali depositi non sono stati interessati da tettonica compressiva e pertanto risultano privi di strutture plicative, anche se localmente caratterizzati da strutture fragili connesse alla tettonica estensionale quaternaria.

Nei termini litoidi affioranti in superficie, che essenzialmente afferiscono alla facies travertinosa dell'Unità di Maddaloni, è possibile riconoscere una foliazione ed una stratificazione da orizzontale ad ondulata (di pochi gradi),

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	60 di 153

maggiormente evidente in prossimità dei contatti geologici di base con le altre litofacies interne alla formazione geologica.

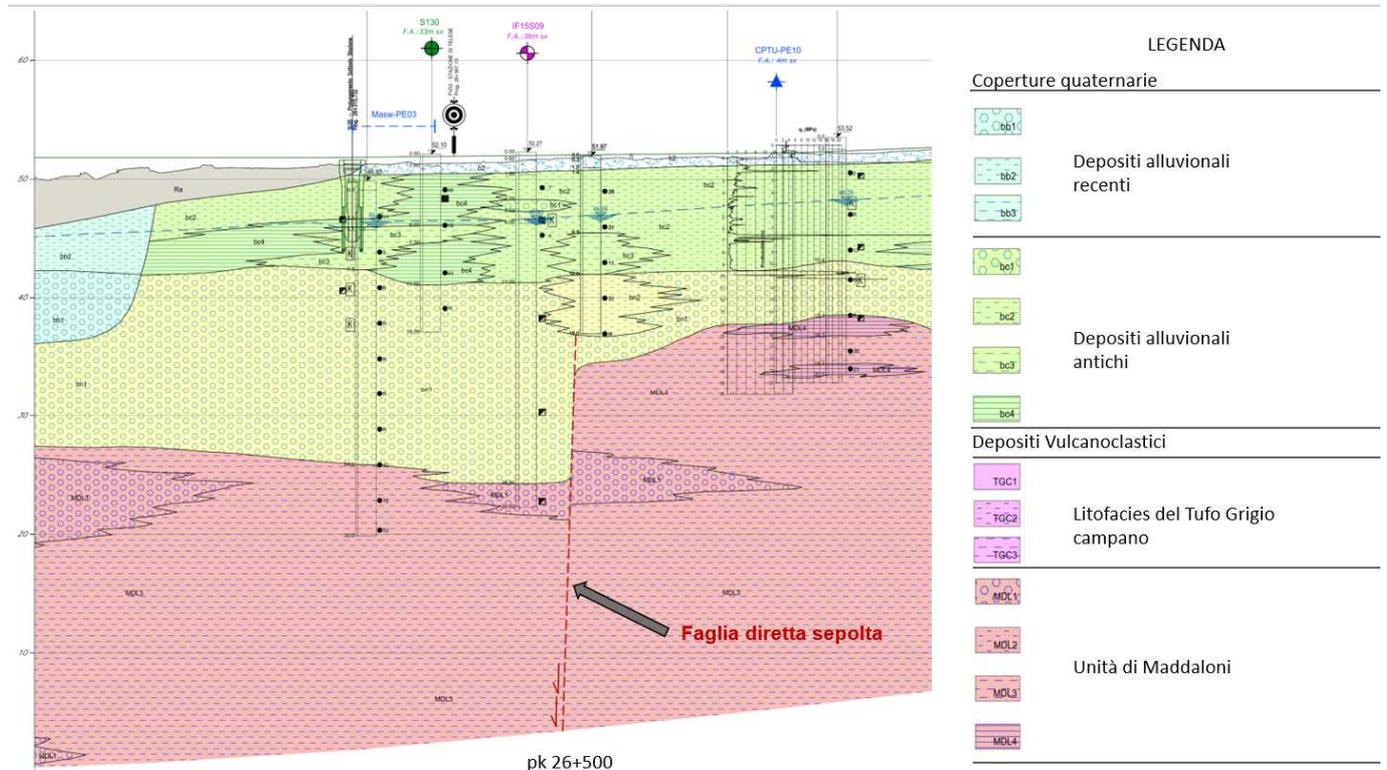
8.4.1 STRUTTURE COMPRESSIVE

Le indagini eseguite nell'area di influenza del progetto non hanno rilevato la presenza di strutture compressive direttamente interferenti con le opere di progetto. Queste strutture, nelle aree prossime al tracciato, includono thrusts che interessano di fatto le unità più profonde di catena, in particolare quelle delle Argille Varicolori Superiori, determinandone la sovrapposizione tettonica con i termini più recenti. Tali strutture non sono però state intercettate dalle indagini geognostiche realizzate.

8.4.2 STRUTTURE DISTENSIVE

Le strutture distensive sono senza dubbio le più diffuse nei settori di studio, in quanto interessano buona parte dei termini litologici del substrato e, localmente, i termini fluvio-lacustri e vulcanoclastici che colmano le depressioni morfostrutturali della Piana del fiume Calore. Tali elementi tagliano gran parte delle strutture tettoniche più antiche e influenzano direttamente l'assetto morfologico superficiale dell'intera area di studio, soprattutto in corrispondenza dei rilievi presenti lungo l'alto corso del fiume Calore, tra il centro abitato di Ponte e Benevento.

Facendo riferimento ai settori limitrofi dell'area progetto sono note lungo la piana alluvionale del fiume Calore, numerose strutture distensive sepolte, orientate secondo quattro sistemi principali, ad asse NW-SE, NE-SW, E-W e N-S. Tali elementi ad alto angolo tagliano essenzialmente i termini litologici del substrato sedimentario presente al di sotto delle coperture continentali della piana alluvionale, anche se localmente interessano anche i terreni più recenti delle successioni vulcanoclastiche e fluvio-lacustri.



	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 61 di 153

Figura 18 – rappresentazione in profilo geologico della faglia diretta sepolta prossima all’abitato di Telese ed ubicata alla pk di 26+500 lungo tracciato. La faglia disloca le formazioni più antiche della Formazione di Maddaloni e parte dei depositi alluvionali terrazzati.

Subito a SE del centro abitato di Telese, infine, è presente una faglia diretta potenzialmente attiva e capace, orientata NW-SE, che ribassa i settori Sud-occidentali della piana del fiume Calore. Questa struttura, priva di evidenze superficiali, taglia interamente i depositi dell’Unità di Maddaloni e in parte i Depositi alluvionali terrazzati con un rigetto stimato nell’ordine di qualche metro. Uno specifico approfondimento sulla faglia citata è riportato nel capito di Criticità geologiche del presente report.

9 ASSETTO GEOMORFOLOGICO LOCALE

In generale, le caratteristiche geomorfologiche dell’area sono direttamente influenzate dal locale assetto stratigrafico e strutturale dei termini litologici affioranti, oltre che dai fenomeni di modellamento superficiale verificatisi durante il Quaternario e dalle importanti variazioni eustatiche succedutesi nel tempo.

L’evoluzione morfologica del territorio ed i principali elementi geomorfologici rilevati, pertanto, sono direttamente connessi al deflusso delle acque correnti superficiali ed ai fenomeni gravitativi e/o erosivi agenti lungo i versanti. Ad essi si aggiungono, inoltre, locali elementi di origine strutturale, processi di genesi carsica, depositi di origine vulcanica e forme di genesi antropica.

Di seguito vengono descritti, nel dettaglio, i principali elementi geomorfologici presenti nell’area ed i relativi fattori morfoevolutivi, con esplicito riferimento a quanto riportato nelle cartografie tematiche associate al presente studio geologico.

9.1 ELEMENTI IDROGRAFICI

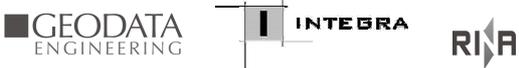
In generale, il reticolo idrografico presenta uno sviluppo piuttosto articolato ed un *pattern* sub-dendritico o sub-angolato, che segue le principali direttrici tettoniche dell’area. La struttura della rete idrografica, pertanto, risulta fortemente condizionata sia dalla natura litologica del substrato che dagli elementi strutturali che lo hanno interessato. Il reticolo idrografico infatti si presenta più esteso ed articolato nei settori di affioramento dei litotipi a dominante pelitica e meno articolato, con andamento sub-rettilineo, nelle aree di affioramento dei termini litologici a comportamento litoide o pseudo-litoide.

Il settore oggetto di studi è caratterizzato da numerosi corsi d’acqua, a carattere stagionale e/o torrentizio, oltre che da diffusi canali e solchi di erosione concentrata di limitata estensione. I principali corsi d’acqua sono rappresentati dal fiume Volturno e dal fiume Calore, suo immissario in sinistra idrografica. Ad essi si aggiungono ulteriori elementi idrografici rappresentati da Ovest verso Est dal T. Maltempo, dal V.ne Truoro, dal T. Ratello, dal T. Lanare e dal T. Reventa.

9.2 ELEMENTI STRUTTURALI E TETTONICI

Un importante ruolo nell’evoluzione morfologica del territorio è svolto, ovviamente, dall’assetto strutturale dei litotipi affioranti e dal loro differente grado di erodibilità, legato essenzialmente alla natura litologica e sedimentologica dei depositi. Ad essi si aggiungono i numerosi elementi tettonici presenti nell’area, connessi alla complessa evoluzione tettonica che ha interessato i settori di catena in questione a partire dal Miocene.

La morfogenesi selettiva ha portato, infatti, allo sviluppo di forme morbide e poco marcate in corrispondenza dei settori di affioramento di termini litologici prevalentemente pelitici e arenaceo-marnosi, che risultano caratterizzati da ampie vallate e pendii poco acclivi privi di bruschi stacchi morfologici. Nelle aree di affioramento dei termini litologici a comportamento lapideo o pseudo-lapideo, al contrario, la morfogenesi selettiva ha portato allo sviluppo di forme più aspre e marcate, caratterizzate da strette vallate e versanti molto acclivi, spesso interrotti da bruschi stacchi morfologici connessi ad importanti elementi tettonici o con le superfici di strato dei livelli più competenti.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 62 di 153

I settori di piana alluvionale e le grandi depressioni morfostrutturali, come la Piana del fiume Calore e del fiume Volturno, sono invece caratterizzate dalla presenza di spessi depositi di copertura, di genesi prevalentemente alluvionale, fluvio-lacustre, vulcanica e detritico-colluviale. In tali aree la morfogenesi selettiva svolge quindi un ruolo di secondaria importanza nell'evoluzione geomorfologica dei rilievi, in quanto subordinata ai processi deposizionali e di alterazione *in situ* dei litotipi affioranti.

Infine, i principali elementi strutturali presenti nell'area, connessi alla tettonica compressiva, trascorrente ed estensionale che ha interessato tale porzione di catena a partire dal Miocene, risultano particolarmente evidenti in tutto il settore di interesse e, in modo particolare, nelle aree di affioramento dei termini litologici più competenti. I suddetti elementi, comunque, tagliano almeno in parte anche i depositi di copertura più antichi ma non risultano direttamente rilevabili sul terreno a causa della particolare conformazione geologica del territorio.

9.3 FORME, PROCESSI E DEPOSITI GRAVITATIVI

I fenomeni gravitativi di versante, nell'attuale contesto morfo-climatico, rappresentano un fattore morfoevolutivo di primaria importanza nell'evoluzione dei rilievi, in particolare nei settori centrali e orientali dell'area di studio. Essi infatti svolgono un importante ruolo nel modellamento dei versanti e nell'evoluzione geomorfologica del territorio. La loro presenza è limitata, generalmente, alle zone di affioramento depositi alluvionali terrazzati e dei versanti argilloso-marnosi e arenaceo marnosi, che bordano il fondovalle del fiume Calore.

Nei settori collinari sono presenti, infatti, diversi dissesti riconducibili sia a fenomeni di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso) che a movimenti franosi s.s.. Si tratta generalmente di fenomeni piuttosto superficiali e di scarsa intensità, anche se non mancano elementi gravitativi di particolare estensione ed importanza. Spesso, in corrispondenza delle aree impluviali più estese o lungo solchi di erosione più importanti, si rinvengono intere porzioni di versante interessate da movimenti gravitativi superficiali, che nel complesso vanno a costituire veri e propri bacini di frana.

I fenomeni di dissesto sono originati dall'azione congiunta di vari fattori, quali elementi tettonici, caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni, dinamica delle acque superficiali e sotterranee e attuale uso del suolo (pratiche agrarie intensive). In un tale contesto geologico-strutturale, i movimenti di versante seguono generalmente canali preferenziali dettati, in massima parte, dalla tettonica e dai fenomeni erosivi connessi dal deflusso delle acque correnti superficiali.

I fenomeni gravitativi si verificano generalmente come complessi sistemi di frane, caratterizzati dalla dislocazione di masse lungo il pendio e dal successivo rimaneggiamento delle stesse ad opera degli agenti esogeni e delle acque di origine meteorica. Queste ultime, a loro volta, portano allo sviluppo di nuovi fenomeni di dissesto ed alla riattivazione di quelli già esistenti, trovando nelle scarse caratteristiche di resistenza dei terreni rimaneggiati e/o alterati i presupposti per il raggiungimento di nuove e localizzate condizioni di instabilità.

Nelle aree di affioramento dei depositi alluvionali terrazzati, inoltre, un importante ruolo è svolto dalla presenza alla base del rilievo della successione fluvio-lacustre di Maddaloni, in *facies* prevalentemente pelitica. Infatti, nelle zone dove il contatto tra le due unità emerge in superficie si registra un numero di fenomeni franosi decisamente maggiore alle altre aree di affioramento delle alluvioni terrazzate, essenzialmente a causa dello scadimento delle caratteristiche di resistenza meccanica dell'intero versante. Inoltre, la presenza di terreni pelitici ad una quota elevata favorisce la presenza di una falda freatica piuttosto alta, sostenuta dai livelli poco permeabili di base e chiaramente interferente con la dinamica di versante superficiale.

Le scarpate esposte in travertino sono inoltre soggette a fenomeni di crollo e toppling di porzioni di parete localmente strapiombanti, dovuti in molti casi alla combinazione dell'azione erosiva del ruscellamento delle acque superficiali, ove non regimate, e della disgregazione meccanica degli ammassi esercitata dall'apparato radicale della vegetazione che si sviluppa lungo fratture e vuoti aumentandone la persistenza.



Foto 15 – Fenomeni di crollo e toppling s.l. che interessano i termini le scarpate della litofacies dei travertini della formazione di Maddaloni.

Nel complesso, i movimenti franosi individuati sono classificabili come colamenti, scivolamenti e frane complesse in terra (*sensu* Varnes 1979), con stadio avanzato o senile. Lo stato è variabile dall'attivo all'inattivo, mentre la distribuzione è per lo più retrogressiva o multidirezionale, raramente costante. Le velocità dei fenomeni sono mediamente piuttosto basse mentre le superfici di rottura sono generalmente comprese tra 2 e 6 m di profondità, e solo localmente più profonde.

In corrispondenza dei terrazzi morfologici dove affiorano i depositi alluvionali terrazzati, inoltre, si rinvengono diffuse scarpate di degradazione con altezza ed andamento variabili. Tali elementi morfologici risultano sempre attivi e sono impostati, generalmente, in corrispondenza di allineamenti morfostrutturali di una certa rilevanza quali faglie, fratture e piani di strato. In corrispondenza delle colline di Teleso, in destra idrografica del fiume Calore, si rinvengono invece diffuse scarpate di degradazione attive impostate sui depositi vulcanoclastici e travertinosabbiosi dell'Unità di Maddaloni e del Tufo Grigio Campano.

Alla base dei rilievi più acclivi ed estesi si rinvengono, inoltre, diffuse coltri detritiche provenienti dall'alterazione e dallo smantellamento dei litotipi presenti.

9.4 FORME, PROCESSI E DEPOSITI DOVUTI ALLE ACQUE CORRENTI SUPERFICIALI

Nell'intera area esaminata, le principali forme di accumulo connesse al deflusso idrico superficiale derivano essenzialmente dai processi deposizionali dei maggiori sistemi fluviali presenti, come il F. Volturno e il F. Calore. In corrispondenza di tali elementi, infatti, i meccanismi deposizionali risultano preponderanti sugli altri processi geomorfologici e, pertanto, conferiscono a tutto il territorio una morfologia blandamente ondulata e leggermente degradante verso W e SW.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 64 di 153

I depositi alluvionali si distribuiscono su superfici sub-pianeggianti generalmente poco estese, strutturate su diversi ordini di terrazzi posti a differenti quote sul fondovalle attuale. Tali terreni presentano una granulometria generalmente ghiaioso-sabbiosa, anche se mostrano al loro interno vistose variazioni sedimentologiche dovute alle frequenti intercalazioni sabbioso-limose e argilloso-limose.

Lungo il margine settentrionale del rilievo del Taburno-Camposauro, in corrispondenza dello sbocco delle principali aste torrentizie nel fondovalle del F. Calore, si rinvencono diffuse conoidi di origine mista attualmente quiescenti, dovute sia al deflusso delle acque correnti superficiali che a fenomeni di *debris flow*.

All'interno della Piana del F. Volturno e nel settore occidentale della Piana del F. Calore, i depositi alluvionali dei principali corsi d'acqua dell'area risultano generalmente incassati all'interno del Tufo Grigio Campano e dell'Unità di Maddaloni, che rappresentano a loro volta un terrazzo strutturale. Mentre, nel settore orientale della Piana del F. Calore i depositi alluvionali recenti e antichi risultano incassati nei depositi alluvionali terrazzati.

Lungo buona parte dei corsi d'acqua dell'area si rinvencono frequenti scarpate fluviali, di altezza ed estensione variabile, e zone di erosione laterale delle sponde. Gli alvei secondari mostrano, in generale, una marcata tendenza all'approfondimento, mentre gli alvei più importanti sono caratterizzati da prevalenti meccanismi deposizionali. Ulteriori scarpate fluviali, ormai inattive e fortemente degradate, sono presenti in corrispondenza dei margini esterni dei terrazzi morfologici più estesi, posti a quote variabili dal fondovalle attuale.

Lungo i versanti e in corrispondenza delle parti alte dei bacini imbriferi, si rinvencono inoltre diffusi fenomeni erosivi sia areali che lineari, connessi al deflusso non regimato delle acque correnti superficiali. Tali fenomeni generano, ovviamente, forme caratteristiche quali solchi di erosione concentrata e vallette a V o a fondo concavo, particolarmente evidenti sia nei settori di affioramento dei terreni eluvio-colluviali che in corrispondenza dei versanti calcareo-marnosi e arenaceo-marnosi che bordano la Piana del F. Calore.

9.5 FORME POLIGENICHE

L'intero settore di studio è caratterizzato dalla presenza di diversi fattori morfogenetici, che interessano i terreni affioranti con intensità e caratteristiche differenti, spesso sovrapponendosi e combinandosi in vario modo tra loro. Ad essi va aggiunto, inoltre, l'importante ruolo svolto dalle caratteristiche stratigrafiche e sedimentologiche dei litotipi affioranti, nonché dagli elementi strutturali e tettonici localmente presenti.

Da questo complesso quadro geomorfologico derivano, quindi, una serie di forme poligeniche originate dalla sovrapposizione dei differenti fattori morfogenetici agenti sul territorio. Tali elementi sono rappresentati, fondamentalmente, da scarpate morfologiche di origine strutturale, attualmente in evoluzione per fenomeni di dilavamento, alterazione ed erosione. Spesso, inoltre, i suddetti elementi risultano ulteriormente rielaborati dall'attività antropica, che tende a riprendere e riadattare le forme geomorfologiche più importanti già presenti sul territorio.

9.6 FORME E DEPOSITI CARSICI

Il lotto di progetto non interessa direttamente forme e circuiti carsici sviluppati all'interno di rocce carbonatiche poiché queste formazioni sono generalmente profonde delle quote progetto delle opere. Sono invece presenti delle forme legate al riempimento di cavità carsiche più profonde e sviluppate all'interno dei depositi di copertura.

La geoforma più importante e nota nell'area del progetto è rappresentata dal *cover sinkhole* del lago di Teleso.

Il *cover sinkhole* del Lago di Teleso si colloca subito a SE del centro abitato di Teleso, in località Pagnano, poche centinaia di metri a Nord dell'alveo del fiume Calore. Il lago ha una superficie di circa 46 km² e presenta una forma circolare, con un diametro di circa 300 m e una profondità di oltre 10 m.

Secondo le principali fonti storiche, il *sinkhole* di Teleso si è formato in occasione dell'evento sismico del settembre 1349. A seguito dello sprofondamento, le scarpate sono state rivestite da terreni impermeabili mentre la cavità è stata riempita dalle acque del T. Grassano a Nord e del F. Calore a Sud. Il *sinkhole* risulta attualmente quiescente, mentre gli unici indizi di attività geomorfologica sono rappresentati dai locali processi erosionali osservabili a livello delle scarpate intagliate nei termini prevalentemente travertinosi dei depositi alluvionali antichi.



Foto 16 – Vista panoramica del sinkhole del Lago di Telese, ripresa dai settori nord-orientali.

9.7 FORME ANTROPICHE E MANUFATTI

I principali elementi connessi con l'attività antropica sul territorio sono rappresentati dai numerosi manufatti realizzati in corrispondenza delle maggiori zone urbanizzate e da tutti gli elementi connessi con la costruzione delle principali infrastrutture a rete, in particolare rilevati stradali e dell'attuale sede ferroviaria. In particolar modo si segnalano numerose interferenze tra l'attuale sede ferroviaria e la nuova linea in progetto.

Ad essi si aggiungono importanti attività estrattive per il reperimento di inerti e materiali da costruzione, quali ghiaie fluviali e terreni sciolti. Le cave presenti nell'area sono prevalentemente inattive e risultano particolarmente diffuse in corrispondenza dei depositi alluvionali recenti, antichi e terrazzati presenti lungo il fondovalle dei Fiumi Calore e Volturno.

Nei settori più antropizzati si rinvencono, inoltre, estesi terreni di riporto provenienti da cavature e sbancamenti, realizzati sia nei termini litologici del substrato che nei depositi di copertura continentali e vulcanoclastici. La maggior parte delle zone di riporto corrisponde, ovviamente, ai rilevati delle principali infrastrutture a rete ed ai terreni accumulati in corrispondenza delle aree urbane più importanti.

Ai suddetti elementi si aggiungono numerosi tagli e scarpate antropiche realizzate sia lungo le principali arterie stradali che in corrispondenza di fabbricati, abitazioni e aree di cava. Tali elementi presentano in genere altezze contenute, raramente superiori ai 3 m, e sono spesso posti in corrispondenza di elementi geomorfologici e scarpate naturali preesistenti. Infine, lungo gli alvei dei maggiori corsi d'acqua dell'area sono presenti numerose opere di regimazione idraulica, quali briglie e argini artificiali.



Foto 17 – Cava inattiva presente nei settori centrali dell'area di studio, impostata nei depositi alluvionali terrazzati che bordano il fondovalle del fiume Calore.

10 ASSETTO IDROGEOLOGICO LOCALE

L'approfondimento idrogeologico realizzato per il presente studio ha consentito di definire, con il dovuto grado di dettaglio, le principali caratteristiche dell'area e lo schema di deflusso idrico sotterraneo relativo a tale settore. Le analisi sono state basate, in particolare, sui dati geologico-strutturali a disposizione e sulle informazioni idrogeologiche presenti nella vasta letteratura scientifica riguardante l'area.

Il modello idrogeologico così sviluppato è stato quindi integrato, ove possibile, con ulteriori dati provenienti dal monitoraggio piezometrico delle strumentazioni appositamente installate nei fori di sondaggio, dalle numerose prove di permeabilità condotte in fase di perforazione e dal censimento dei principali punti d'acqua delle precedenti fasi di indagine. Inoltre, i dati piezometrici reperiti e le informazioni idrogeologiche contenute negli studi esistenti, hanno costituito un valido strumento per la ricostruzione del deflusso idrico sotterraneo di alcuni settori caratteristici dell'area di studio.

L'elaborazione dei dati piezometrici raccolti dall'attività di monitoraggio ha permesso di elaborare le isopiezometriche della falda superficiale e le direzioni di deflusso. Queste informazioni sono riportate nella Carta Idrogeologica (cod. elab. IF2612EZZN5GE0002001/2/3).

Infine, lo studio geologico condotto ha permesso di definire, in maniera puntuale e dettagliata, lo stato di alterazione/fessurazione/carsismo degli ammassi rocciosi e le caratteristiche granulometriche dei terreni interessati dalle opere in progetto. Infatti, tali elementi influenzano in maniera diretta il coefficiente di permeabilità dei vari corpi geologici e, quindi, la circolazione idrica sotterranea dell'area di studio.

10.1 COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Nell'area in esame sono stati individuati quattordici complessi idrogeologici, distinti sulla base delle differenti caratteristiche di permeabilità e del tipo di circolazione idrica che li caratterizza. Di seguito, vengono descritti i

caratteri peculiari dei diversi complessi individuati, seguendo uno schema basato sull'assetto geologico e litostratigrafico dell'area di intervento.

Nello specifico, la definizione delle caratteristiche idrogeologiche dei vari complessi presenti nell'area è stata compiuta in considerazione delle numerose prove di permeabilità (tipo *Lefranc*) realizzate nei fori di sondaggio nel corso delle diverse campagne di indagine, ovviamente non considerando le prove ritenute incongruenti col locale assetto idrogeologico a causa di anisotropie o disomogeneità localizzate dei materiali investigati. Di seguito si riporta una sintesi di tali prove, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza, distinti nei tre lotti funzionali e per campagna indagine.

L'accorpamento delle diverse unità geologiche nei diversi complessi idrogeologici è stato mantenuto conforme a quanto fatto nella precedente fase progettuale (Progetto Definitivo). I risultati delle indagini integrative del Progetto Esecutivo hanno sostanzialmente confermato la correttezza delle scelte adottate.

Si sottolinea, infine, che la stima del *range* di variazione del coefficiente di permeabilità relativo ad ogni complesso idrogeologico è stata effettuata in funzione delle caratteristiche sedimentologiche e litologiche dei terreni, nonché del grado di alterazione, fessurazione e carsismo dei singoli ammassi rocciosi.

10.1.1 RISULTATI PROVE DI PERMEABILITÀ PER IL 1° LOTTO FRASSO-TELESE

Di seguito si riporta una sintesi delle prove di permeabilità eseguite nei fori di sondaggio, con indicazione dei valori di permeabilità determinati e dei relativi complessi idrogeologici di appartenenza eseguite nel 1° lotto funzionale, distinte per campagna indagine e per fase progettuale.

Fase	Progressiva	Sondaggio	Campagna indagine	Prov. Prova		Permeabilità (m/s)	Unità GEO	Complesso IDRO
				da (m)	a (m)			
PD	16,679	IF15V01	2017	5.00	6.00	7.38E-08	TGC2	CVG
PD	16,679	IF15V01	2017	11.00	12.00	2.20E-08	TGC2	CVG
PD	17,384	IF15R51	2017i	4.00	5.00	1.09E-04	TGC2	CVG
PE	17,420	S-PE22	2019	1.80	2.00	8.58E-06	ba3	CAF
PE	17,420	S-PE22	2019	13.80	14.00	3.98E-05	TGC1	CTF
PE	17,631	S-PE01	2019	16.00	17.00	2.49E-06	TGC2	CVG
PE	17,631	S-PE01	2019	19.30	20.00	1.28E-06	MDL1	CFG
PD	18,286	IF15R52	2017i	4.00	5.00	6.02E-05	TGC3	CVF
PD	18,624	IF15V02	2017	5.00	6.00	3.19E-07	ba3	CAF
PD	18,624	IF15V02	2017	11.00	12.00	1.41E-08	TGC2	CVG
PE	18,670	S-PE23	2019	9.50	10.00	1.09E-05	TGC2	CVG
PE	18,670	S-PE23	2019	22.50	23.00	1.62E-06	MDL2	CFS
PD	18,906	IF15V03	2017	5.50	6.50	3.01E-05	ba1	CFG
PD	18,906	IF15V03	2017	11.00	12.00	7.44E-06	MDL1	CFG
PE	18,970	S-PE29	2019	8.50	9.00	1.30E-05	ba1	CFG
PE	18,970	S-PE29	2019	14.00	14.50	1.80E-05	MDL1	CFG
PD	18,999	IF15V04	2017	5.00	6.00	4.50E-08	ba3	CAF
PD	19,438	IF15P05	2017	5.00	6.00	1.24E-07	TGC2	CVG
PD	19,438	IF15P05	2017	11.00	12.00	1.15E-05	TGC2	CVG
PD	19,742	IF15V06	2017	5.00	6.00	1.75E-06	ba1	CFG
PD	19,742	IF15V06	2017	11.00	12.00	3.84E-06	TGC2	CVG
PE	19,775	S-PE04	2019	9.50	10.00	3.32E-06	TGC2	CVG

**ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO**

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	68 di 153

Fase	Progressiva	Sondaggio	Campagna indagine	Prov. Prova		Permeabilità	Unità GEO	Complesso IDRO
				da (m)	a (m)	(m/s)		
PE	19,775	S-PE04	2019	12.50	13.00	1.17E-05	TGC2	CVG
PD	20,165	IF15R53	2017i	4.00	5.00	8.44E-05	TGC2	CVG
PD	20,441	IF15V07	2017	5.00	6.00	1.85E-07	TGC2	CVG
PD	20,441	IF15V07	2017	11.00	12.00	4.24E-06	MDL1	CFG
PE	20,500	S-PE05	2019	8.00	8.50	2.37E-06	ba1	CFG
PE	20,500	S-PE05	2019	13.00	13.50	4.11E-07	MDL3	CFF
PE	20,542	S-PE06	2019	7.00	7.50	2.12E-06	ba1	CFG
PE	20,542	S-PE06	2019	15.50	16.00	9.09E-07	MDL3	CFF
PE	20,638	S-PE7bis	2019	14.50	15.00	4.15E-06	ba2	CFS
PE	20,638	S-PE7bis	2019	18.50	19.00	1.34E-07	MDL3	CFF
PE	20,638	S-PE7bis	2019	22.00	22.50	1.11E-07	MDL3	CFF
PE	20,638	S-PE7bis	2019	25.50	26.00	1.61E-07	MDL3	CFF
PE	20,720	S-PE08	2019	15.00	15.50	1.15E-07	MDL3	CFF
PE	20,720	S-PE08	2019	19.50	20.00	1.69E-07	MDL3	CFF
PE	20,720	S-PE08	2019	21.50	22.00	9.57E-08	MDL3	CFF
PE	20,720	S-PE08	2019	24.50	25.00	7.02E-07	MDL3	CFF
PE	20,749	S-PE09	2019	7.00	7.50	1.24E-05	ba1	CFG
PE	20,749	S-PE09	2019	16.00	16.50	1.45E-07	MDL3	CFF
PD	20,806	PNIF32V02	2007	11.80	13.00	1.14E-04	ba1	CFG
PD	20,806	PNIF32V02	2007	21.00	23.00	1.58E-09	MDL3	CFF
PE	20,850	S-PE10	2019	6.00	7.00	1.29E-03	ba1	CFG
PE	20,850	S-PE10	2019	11.50	12.20	3.23E-03	ba1	CFG
PE	20,925	S-PE11	2019	7.80	8.00	2.10E-05	ba1	CFG
PE	20,925	S-PE11	2019	14.20	15.00	2.44E-06	MDL3	CFF
PE	21,000	S-PE12	2019	7.20	7.70	3.51E-03	ba1	CFG
PE	21,000	S-PE12	2019	14.60	15.00	4.00E-03	ba1	CFG
PD	21,070	D6BIS	2015 fase prima	11.00	12.00	2.63E-05	MDL1	CFG
PE	21,110	S-PE13	2019	4.40	5.00	1.63E-06	bc2	CFS
PE	21,110	S-PE13	2019	10.20	11.00	6.90E-05	MDL1	CFG
PE	21,220	S-PE14	2019	5.00	5.50	2.40E-05	bc2	CFS
PE	21,220	S-PE14	2019	9.00	9.50	5.52E-03	MDL1	CFG
PD	21,350	IF15R54	2017i	4.00	5.00	1.66E-04	bc3	CAF
PD	21,891	IF15P08	2017	5.00	6.00	7.42E-08	bc3	CAF
PE	22,142	S-PE15	2019	5.50	6.00	2.28E-08	bc2	CFS
PE	22,142	S-PE15	2019	10.00	10.50	2.86E-07	bc1	CFG
PD	22,208	D8	2015 fase prima	12.00	13.30	8.37E-06	MDL2	CFS
PE	22,350	S-PE16	2019	9.20	9.70	3.01E-04	MDL2	CFS
PE	22,350	S-PE16	2019	20.70	22.00	2.15E-05	MDL2	CFS

Fase	Progressiva	Sondaggio	Campagna indagine	Prov. Prova		Permeabilità (m/s)	Unità GEO	Complesso IDRO
				da (m)	a (m)			
PD	22,578	PNIF52B10	2008-2009	7.00	8.00	1.10E-05	MDL4	CTS
PD	22,578	PNIF52B10	2008-2009	16.00	17.00	3.30E-05	MDL4	CTS
PD	23,076	PNIF52B08	2008-2009	9.00	10.00	2.02E-05	MDL4	CTS
PD	23,076	PNIF52B08	2008-2009	20.50	21.00	2.40E-05	MDL1	CFS
PE	23,400	S-PE17	2019	25.00	25.80	4.76E-09	MDL3	CFF
PE	23,750	S-PE18	2019	4.20	5.00		MDL4	CTS
PE	23,750	S-PE18	2019	23.80	24.50		MDL2	CFS
PD	24,062	PNIF32G03	2007	12.00	12.80	3.02E-09	MDL4	CTS
PD	24,062	PNIF32G03	2007	20.70	21.70	1.38E-05	MDL2	CFS
PD	24,804	PNIF52B11	2008-2009	6.00	7.00	6.40E-06	TGC3	CVF
PD	24,804	PNIF52B11	2008-2009	16.00	17.00	2.90E-08	MDL3	CFF
PD	24,812	PNIF52B09	2008-2009	6.00	8.00	1.20E-05	MDL2	CFS
PD	24,812	PNIF52B09	2008-2009	16.00	17.00	2.90E-05	MDL2	CFG
PE	25,100	S-PE19	2019	17.50	18.00	9.63E-08	MDL3	CFF
PE	25,100	S-PE19	2019	23.50	24.00	6.55E-08	MDL3	CFF
PD	25,459	IF15R55	2017i	4.00	5.00	5.79E-03	MDL1	CFG
PE	25,790	S-PE24	2019	2.80	3.00	3.35E-05	ba2	CFS
PE	25,790	S-PE24	2019	6.80	7.00	2.23E-05	ba2	CFS
PE	25,790	S-PE24	2019	12.80	13.00	3.95E-07	MDL3	CFF
PD	25,809	PNIF52V12	2008-2009	10.00	10.50	3.20E-04	ba1	CFG
PE	26,328	S-PE20	2019	5.60	6.00	3.61E-05	bc3	CAF
PE	26,328	S-PE20	2019	8.60	9.00	8.44E-05	bn1	CFG
PE	26,328	S-PE20	2019	11.60	12.00	1.85E-05	bn1	CFG
PD	26,462	IF15S09	2017	5.50	6.00	6.80E-06	bc2	CFS
PE	26,725	S-PE21	2019	5.00	5.50	1.75E-05	bc2	CFS
PE	26,725	S-PE21	2019	11.50	12.00	2.74E-05	bn1	CFG
PD	27,460	IF15R10	2017	5.00	5.50	1.14E-07	bc3	CAF

Tabella 14 - Prospetto sintetico delle prove di permeabilità realizzate nei fori di sondaggio nelle diverse campagne del Progetto Definitivo e Progetto Esecutivo.

10.1.2 ANALISI CRITICA DEI RISULTATI

Sono qui di seguito riportati i risultati dei valori massimi medi e minimi delle prove di permeabilità eseguite nelle diverse unità geologiche. Dato che i valori tipici di permeabilità sono valutati in ordini di grandezza, oltre alla media normale è indicata la media armonica, meno influenzata dai valori massimi. È inoltre confrontato separatamente il numero delle prove disponibili per ogni unità geologica.

La medesima analisi statistica è replicata accorpando i risultati per complessi idrogeologici.

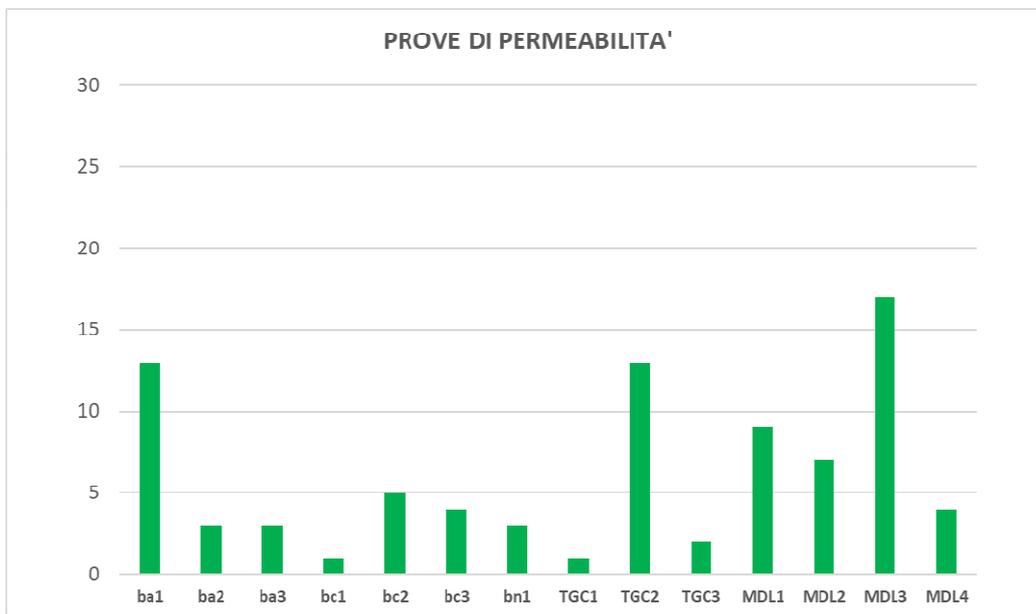
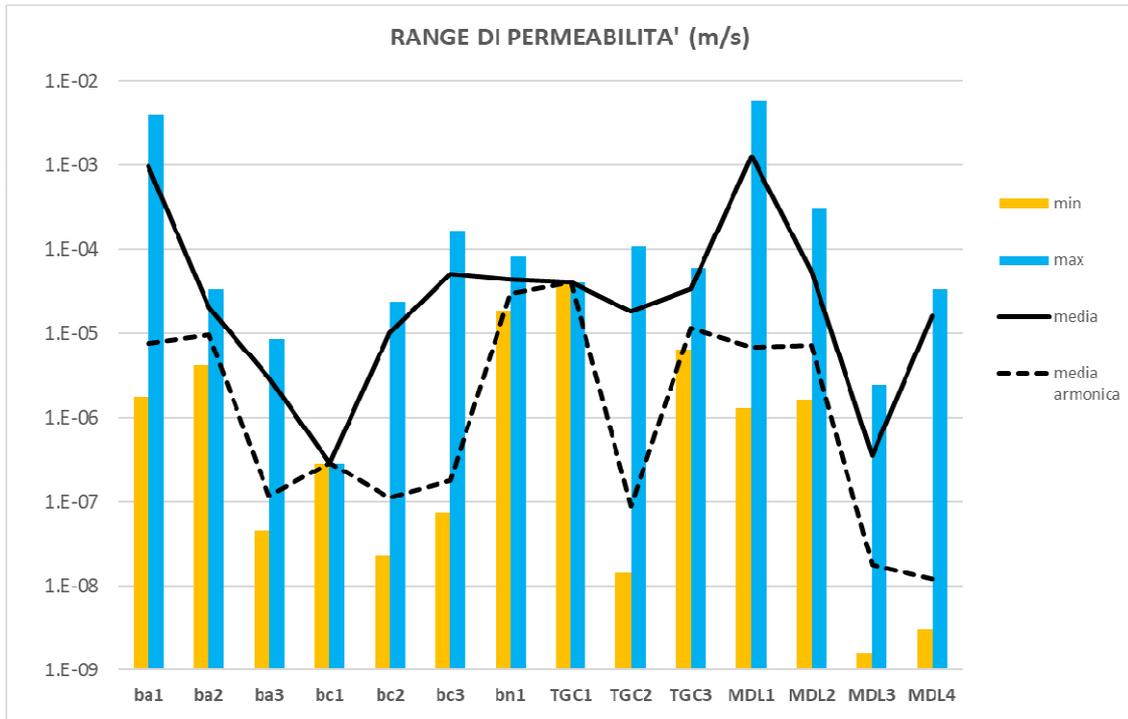


Figura 19 – Valori massimi, medi e minimi dei risultati delle prove di permeabilità, suddivisi per unità geologiche, comparati per il numero delle prove eseguite

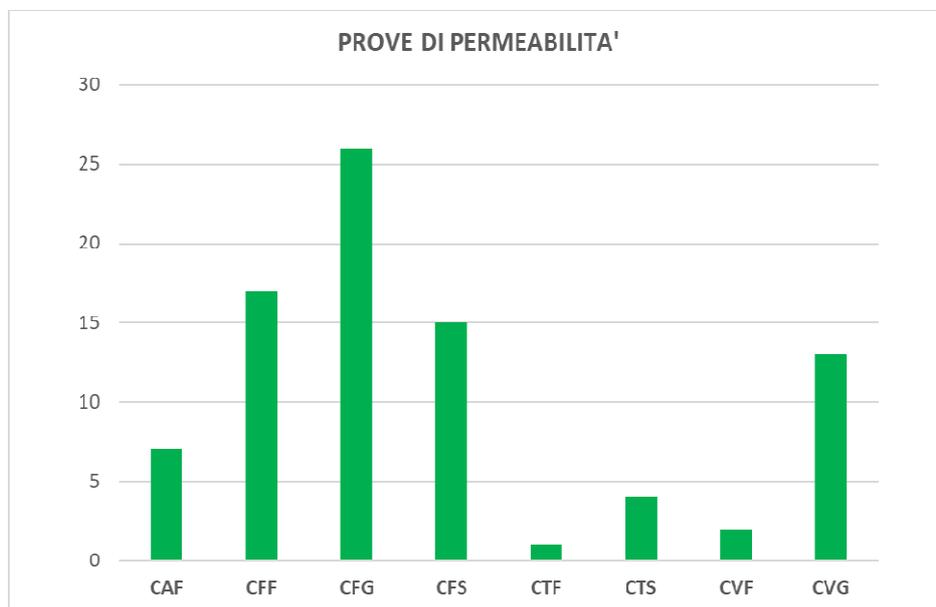
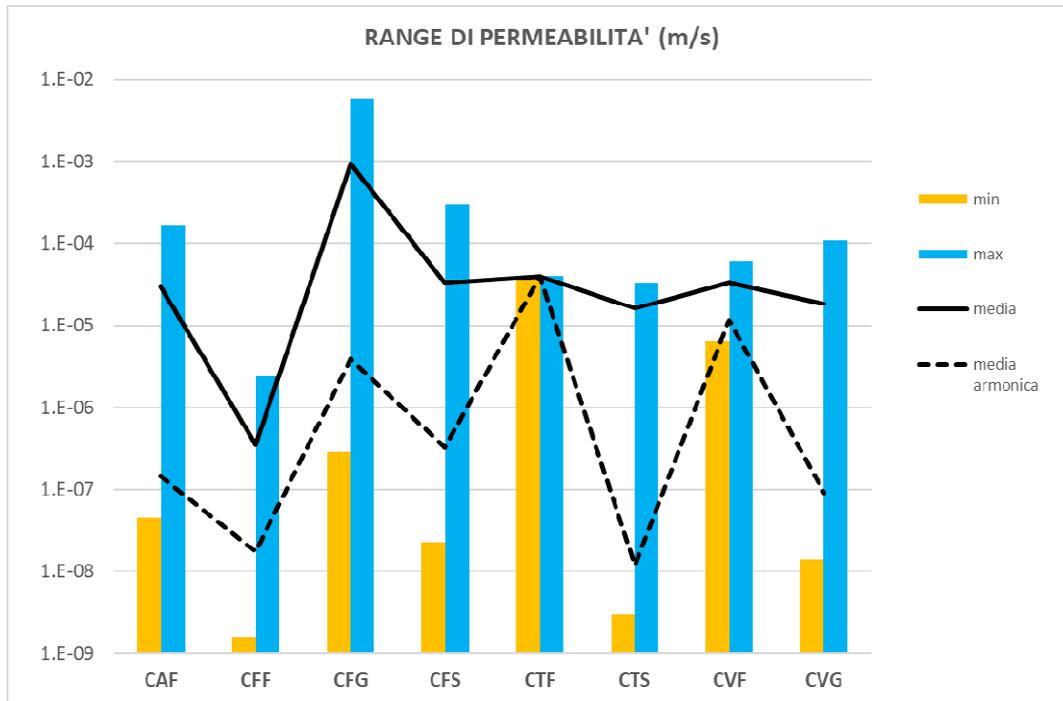


Figura 20 – Valori massimi, medi e minimi dei risultati delle prove di permeabilità, suddivisi per complessi idrogeologici, comparati per il numero delle prove eseguite

Come si evidenzia dai grafici, la disponibilità di risultati per i diversi complessi idrogeologici è piuttosto variabile. Nei paragrafi seguenti, di commenti ai vari complessi, sono riportati i grafici dell'andamento della permeabilità sulla profondità, per i complessi CFF, CFG, CFS e CVG, caratterizzati da un numero di prove maggiore.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 72 di 153

10.1.3 COMPLESSI IDROGEOLOGICI DELLE UNITÀ DEL SUBSTRATO SEDIMENTARIO

Questo gruppo è rappresentato da quattro distinti complessi idrogeologici, costituiti da successioni sedimentarie meso-cenozoiche a dominante calcareo-dolomitica, calcareo-marnosa, argilloso-marnosa e arenaceo-pelitica. Nel lotto in esame il progetto non attraversa questi complessi. Si riporta solamente il complesso arenaceo marnoso costituito dalle Arenarie di Caiazzo in quanto rinvenibili all'inizio del lotto ma a profondità maggiori della quota delle opere di fondazione.

10.1.3.1 COMPLESSO ARENACEO-MARNOSO

Al complesso in questione sono riferiti i litotipi arenaceo-marnosi delle unità **AIZ**. È formato da Arenarie quarzoso-feldspatiche e quarzoso-litiche, in strati da medi a molto spessi (**CRM**), talora laminati o a geometria lenticolare, in alternanza con argille limose e argille marnose, in strati da molto sottili a medi; si rinvengono frequenti intercalazioni di sabbie limose e sabbie limoso-argillose, in strati da sottili a medi, rari livelli di calcari e calcari marnosi, in strati da molto sottili a sottili, e locali lenti e/o livelli di conglomerati poligenici a matrice sabbioso-limosa; a luoghi sono presenti olistostromi a elementi extra-bacinali costituiti da calcari, calcilutiti e radiolariti, in strati da sottili a medi, talora brecciati.

Costituiscono acquiferi misti di ridotta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di modesta rilevanza, generalmente discontinue e frazionate. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da molto bassa a media. A questo complesso (non investigato dalle indagini) si può attribuire un coefficiente di permeabilità k variabile, in funzione della fratturazione, tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s.

10.1.4 COMPLESSI IDROGEOLOGICI DEI DEPOSITI DI COPERTURA

Tale gruppo è rappresentato da dieci differenti complessi idrogeologici, composti essenzialmente da depositi quaternari di natura vulcanica, alluvionale, lacustre e detritico-colluviale.

10.1.4.1 COMPLESSO FLUVIO-LACUSTRE FINE

Il presente complesso è rappresentato dai terreni fluvio-lacustri prevalentemente pelitici dell'unità di copertura **MDL3**. Si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi, a struttura indistinta o debolmente laminata (**CFF**), con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvengono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi, a struttura indistinta o debolmente laminata, con diffusi inclusi piroclastici e locali ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

Costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquiclude* di notevole importanza per gli acquiferi dei depositi continentali grossolani; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza.

La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da impermeabile a bassa.

L'analisi dei risultati delle prove di permeabilità identifica in $5^{-08} \div 1^{-06}$ m/s l'intervallo di riferimento per il complesso, con possibile estensione dei valori minimi verso $E-09$ m/s e massimi di poco superiori a E^{-06} m/s (3^{-06} m/s).

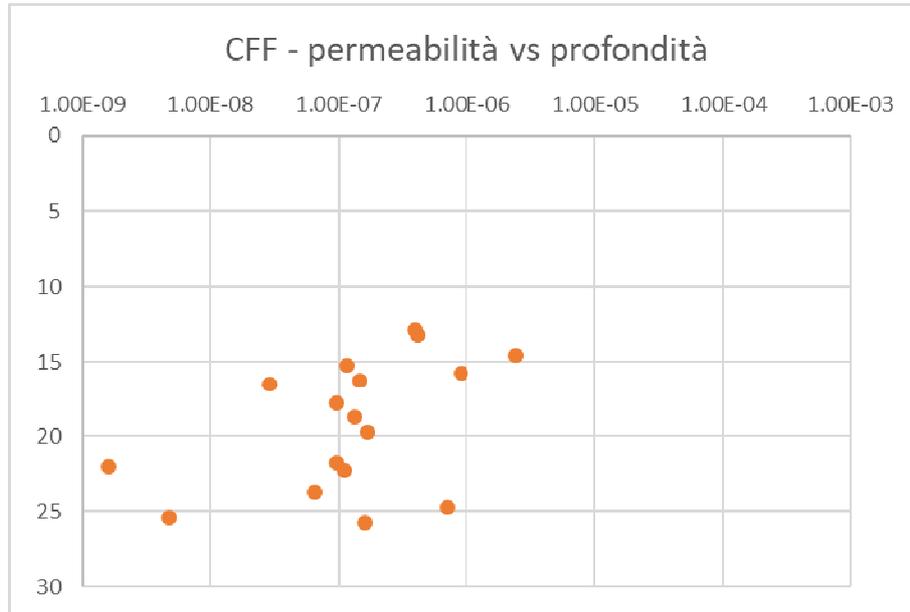


Figura 21 – Grafico permeabilità/profondità per il complesso idrogeologico CFF

10.1.4.2 COMPLESSO VULCANOCLASTICO FINE

A tale complesso sono associati i terreni vulcanoclastici prevalentemente pelitici dell'unità **TGC3**. È costituito da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi, a struttura indistinta (**CVF**), con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e locali ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate, derivanti dall'alterazione e/o l'argillificazione dei depositi vulcanoclastici.

Costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquitard* di importanza variabile in relazione allo spessore dei depositi, generalmente rappresentati da orizzonti discontinui e di esigua potenza; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a bassa. A tale complesso si può quindi attribuire un intervallo di riferimento della permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

10.1.4.3 COMPLESSO VULCANOCLASTICO GROSSOLANO

Tale complesso è rappresentato dai depositi vulcanoclastici grossolani dell'unità **TGC2**. Si tratta di ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa, a struttura indistinta (**CVG**), con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-angolose; nella parte bassa della successione è localmente presente un livello di pomici grossolane, angolose e a struttura indistinta.

Costituiscono acquiferi porosi di elevata trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di notevole rilevanza, localmente frazionate ma generalmente a deflusso unitario, spesso confinate verso l'alto dai terreni del complesso vulcanico-tufaceo e vulcanoclastico fine. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. A questo complesso si può attribuire un intervallo di riferimento della permeabilità k compreso tra $5 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s, con possibile estensione verso valori minimi di E^{-08} m/s (maggior componente limosa) e valori massimi di $5 \cdot 10^{-4}$ m/s

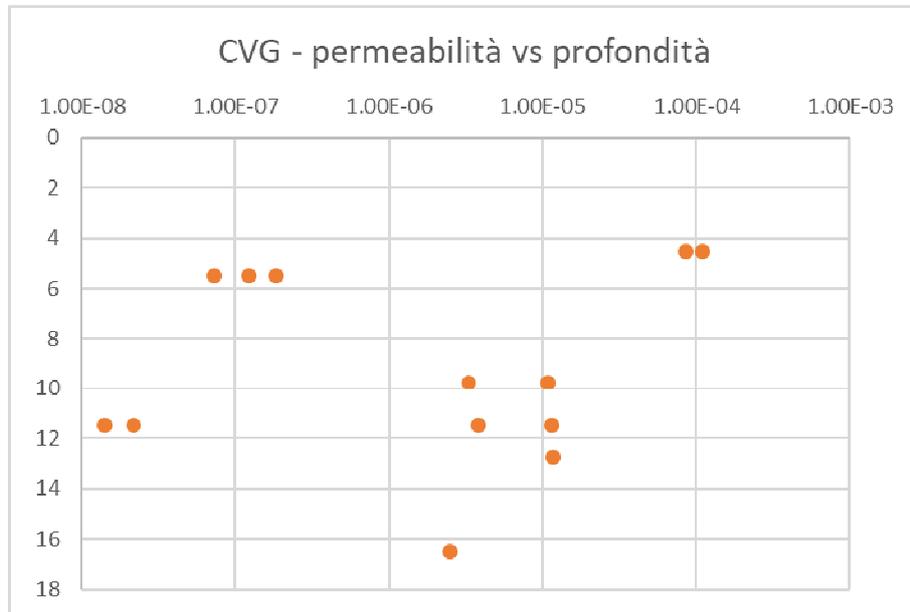


Figura 22 – Grafico permeabilità/profondità per il complesso idrogeologico CVG

10.1.4.4 COMPLESSO VULCANICO-TUFACEO

Al presente complesso sono associati i litotipi prevalentemente lapidei dell'unità **TGC1**. È formato quindi da tufi lapidei, a struttura massiva (**CTF**), con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche e subordinati cristalli e litici lavici; verso l'alto passano a tufi lapidei, a struttura massiva, con diffuse pomici e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche.

Costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquitard* di una certa rilevanza per i terreni del complesso vulcanoclastico grossolano; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. La permeabilità, per porosità e fratturazione, è variabile da molto bassa a bassa. A questo complesso è possibile attribuire, quindi, un intervallo di riferimento della permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-7}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

10.1.4.5 COMPLESSO TRAVERTINOSO-SABBIOSO

Al complesso in questione sono riferiti i termini travertinoso-sabbiosi delle unità **bc4** e **MDL4**. È costituito da travertini litoidi, vacuolari e debolmente stratificati (**CTS**), con abbondanti resti vegetali, locali gusci di molluschi, diffusi inclusi piroclastici e frequenti intercalazioni di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi.

Costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche di ridotta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, per porosità e fessurazione, è variabile da bassa a media, localmente, ove i termini litoidi sono fortemente cementati e meno fratturati, il grado di permeabilità è molto basso.

A questo complesso è possibile attribuire, quindi, un intervallo di riferimento della permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $5 \cdot 10^{-5}$ m/s, con valori minimi di E^{-08} m/s.

10.1.4.6 COMPLESSO ALLUVIONALE FINE

A tale complesso sono associati i terreni alluvionali prevalentemente fini delle unità **bb3** e **bc3**. Si tratta di argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi, a struttura indistinta o debolmente laminata (**CAF**), con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di

sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate.

Costituiscono limiti di permeabilità per gli acquiferi giustapposti verticalmente o lateralmente e, nello specifico contesto idrogeologico di riferimento, rappresentano degli *acquiclude* di importanza variabile in relazione allo spessore dei depositi, generalmente rappresentati da orizzonti discontinui e di esigua potenza; non sono presenti falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a bassa e solo localmente la componente sabbiosa può innalzare il grado di permeabilità del complesso. Al presente complesso può essere attribuito un intervallo di riferimento della permeabilità k compreso tra $5 \cdot 10^{-8}$ e $5 \cdot 10^{-7}$ m/s con possibili valori massimi di $5 \cdot 10^{-5}$.

10.1.4.7 COMPLESSO FLUVIO-LACUSTRE SABBIOSO LIMOSO

Il presente complesso è rappresentato dai depositi prevalentemente sabbioso-limosi delle unità **ba2**, **bb2**, **bc2**, **bn2** e **MDL2**. È costituito da sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi, a struttura indistinta o debolmente laminata (**CFS**), con locali livelli travertinosi, diffusi inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; a luoghi si rinvencono sottili livelli torbosi e passaggi di limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi, a struttura indistinta, con sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate; talora sono presenti passaggi di ceneri a granulometria sabbiosa e sabbioso-limosa, a struttura indistinta, con diffuse pomice e scorie di dimensioni millimetriche e centimetriche.

Costituiscono acquiferi porosi di discreta trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di modesta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a media. A questo complesso si può quindi attribuire un intervallo di riferimento della permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $4 \cdot 10^{-5}$ m/s con possibile estensione verso valori massimi di $1 \cdot 10^{-4}$.

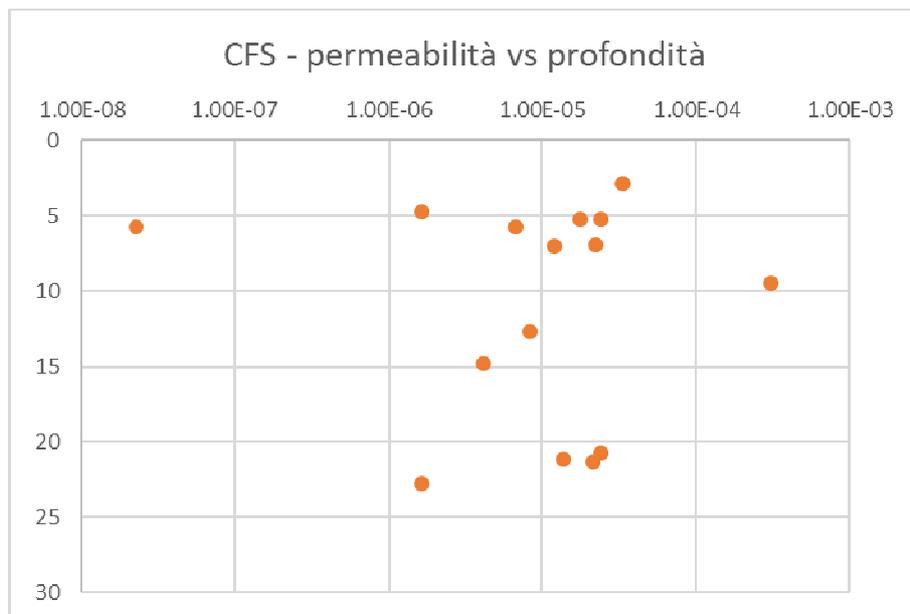


Figura 23 – Grafico permeabilità/profondità per il complesso idrogeologico CFS

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>76 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	76 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	76 di 153								

10.1.4.8 COMPLESSO FLUVIO-LACUSTRE GHIAIOSO SABBIOSO

Questo complesso è costituito dai terreni essenzialmente ghiaioso sabbiosi delle unità **ba1**, **bb1**, **bc1**, **bn1**, **MDL1**. È formato da ghiaie poligeniche ed eterometriche (**CFG**), da sub-angolose ad arrotondate, con frequenti ciottoli da sub-angolosi ad arrotondati, in matrice sabbiosa, sabbioso-limosa, argilloso-sabbiosa e limoso-argillosa, da scarsa ad abbondante, sciolta o moderatamente cementata; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi, a struttura indistinta, con inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da sub-angolose ad arrotondate, localmente sono presenti lenti e/o livelli di conglomerati a clasti poligenici ed eterometrici, da sub-arrotondati ad arrotondati, in matrice sabbiosa e sabbioso-limosa.

Costituiscono acquiferi porosi di buona trasmissività, piuttosto eterogenei ed anisotropi; sono sede di falde idriche sotterranee di discreta rilevanza, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, che possono avere interscambi con i corpi idrici superficiali e/o con quelli sotterranei delle strutture idrogeologiche limitrofe. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da bassa a medio-alta. Al complesso in questione si può attribuire, quindi, un intervallo di riferimento della permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-6}$ e $1 \cdot 10^{-4}$ m/s con possibili aumenti fino a $5 \cdot 10^{-4}$ m/s.

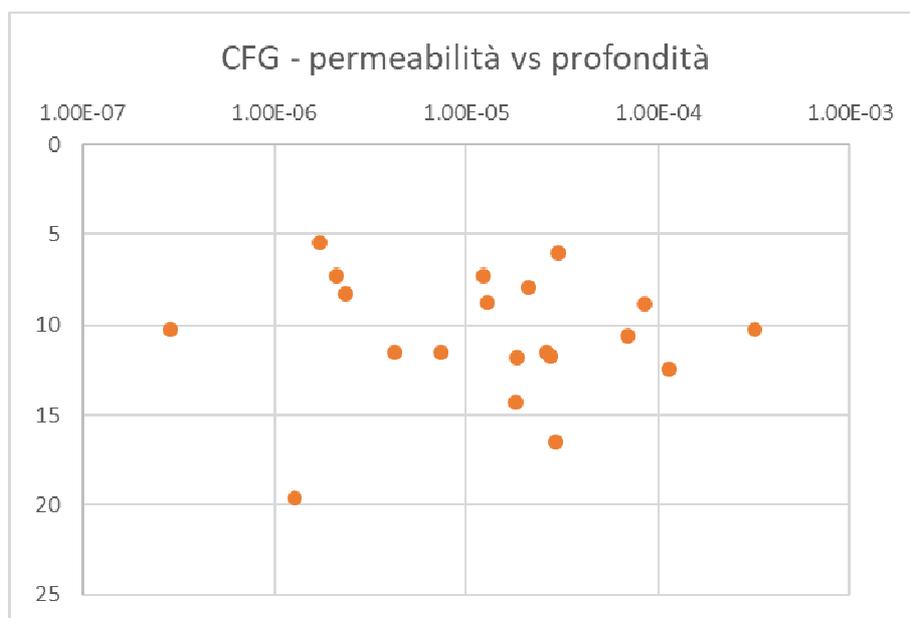


Figura 24 – Grafico permeabilità/profondità per il complesso idrogeologico CFG

10.1.4.9 COMPLESSO DETRITICO-COLLUVIALE

Tale complesso è costituito dai terreni di copertura dell'unità **b2**. È formato quindi da argille limose, limi argillosi e limi argilloso-sabbiosi, a struttura indistinta (**CDC**), con abbondanti resti vegetali, sporadici inclusi piroclastici e rare ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate; a luoghi si rinvencono passaggi di sabbie, sabbie limose e limi sabbiosi, a struttura indistinta, con abbondanti resti vegetali, sporadici inclusi piroclastici e frequenti ghiaie poligeniche da angolose a sub-arrotondate.

Costituiscono acquiferi porosi di scarsa trasmissività, fortemente eterogenei ed anisotropi; sono privi di corpi idrici sotterranei di importanza significativa, a meno di piccole falde a carattere stagionale. La permeabilità, esclusivamente per porosità, è variabile da molto bassa a bassa. Al complesso in questione si può quindi attribuire un intervallo di riferimento della permeabilità k variabile tra $1 \cdot 10^{-8}$ e $1 \cdot 10^{-5}$ m/s.

10.2 MONITORAGGIO PIEZOMETRICO

10.2.1 PIEZOMETRI INSTALLATI

Allo scopo di indagare l'effettiva presenza di falde idriche sotterranee e comprendere l'andamento stagionale del livello piezometrico lungo il 1 Lotto Funzionale Frasso-Telese, sono stati installati, nel corso delle diverse fasi progettuali, una serie di piezometri nelle verticali di indagine realizzate. I primi piezometri sono stati installati nel 2007 e gli ultimi nel 2019, nel corso della campagna integrativa per il PE. La tabella seguente riassume il quadro dei piezometri installati, con l'aggiornamento del loro stato di funzionamento aggiornato al 31 gennaio 2020.

CODICE	STATO ATTUALE	PK Rif.	PIEZO TIPO	CAMPAGNA	OPERA RIFERIMENTO	QUOTA
IF15V01	non trovato	16,679	T.A.	2017	IN 01 tombino	43.01
IF15R51	funzionante	17,384	T.A.	2017i	VI01 spalla 1	39.90
S-PE22 PZ	funzionante	17,415	T.A.	2019 PE	VI01 pila	39.48
S-PE1 PZ	funzionante	17,631	T.A.	2019 PE	VI02 spalla 1	40.79
S-PE2	funzionante	17,770	T.A.	2019 PE	SL02 sottovia	36.20
IF15R52	funzionante	18,286	T.A.	2017i	IN02 tombino	36.90
IF15V02	funzionante	18,624	T.A.	2017	VI 03 spalla 1	39.28
S-PE23	funzionante	18,667	T.A.	2019 PE	VI 03 spalla 2	39.09
IF15V03	funzionante	18,906	T.A.	2017	RI 06 tombino idraulico	36.30
S-PE29	funzionante	18,968	T.A.	2019 PE	IV 01 cavalcaferrovia	36.43
IF15V04	non trovato	18,999	T.A.	2017	IV 01 cavalcaferrovia	39.82
S-PE3	funzionante	19,300	T.A.	2019 PE	trincea TR03	49.63
IF15P05	distrutto	19,438	T.A.	2017	TR04 trincea	46.98
IF15V06	funzionante	19,742	T.A.	2017	VI 04 spalla 1	44.98
S-PE4	funzionante	19,775	T.A.	2019 PE	VI 04 spalla 2	40.23
SL-PE1	funzionante	20,175	T.A.	2019 PE	RI 10 rilevato	42.30
IF15V07	distrutto	20,441	T.A.	2017	RI 10 rilevato	42.49
S-PE5	funzionante	20,500	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	40.14
S-PE6	funzionante	20,542	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	39.19
S-PE7	funzionante	20,600	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	39.05
S-PE7bis	funzionante	20,638	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	36.93
S-PE8	funzionante	20,720	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	36.03
S-PE9	funzionante	20,749	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	38.43
PNIF32V02	distrutto	20,806	TA (3-15) / CC (21)	2007	VI 05	38.55
S-PE10	funzionante	20,850	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	38.39
S-PE11	funzionante	20,925	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	38.12
S-PE12	funzionante	21,000	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	38.98
S-PE13	funzionante	21,110	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	39.80
S-PE14	funzionante	21,220	T.A.	2019 PE	VI 05 pila	39.49
IF15R54	funzionante	21,350	T.A.	2017i	RI11 rilevato	39.80

CODICE	STATO ATTUALE	PK Rif.	PIEZO TIPO	CAMPAGNA	OPERA RIFERIMENTO	QUOTA
IF15P08	funzionante	21,891	T.A.	2017	SL04 sottovia	42.18
S-PE15	funzionante	22,142	T.A.	2019 PE	VI 06 spalla 1	40.99
D8	funzionante	22,208	T.A.	2015	RI 13 - VI 06	42.30
S-PE16	funzionante	22,350	T.A.	2019 PE	GA02 imbocco Telese	60.29
PNIF52B10	distrutto	22,578	T.A. (3-40)	2008-2009	GA02 TELESE	63.60
S-PE16 Bis	funzionante	22,740	T.A.	2019 PE	GA02 TELESE	62.96
PNIF52B08	distrutto	23,076	T.A. (5-31)	2008-2009	GA02 TELESE	63.00
PNIF52B08 cas	distrutto	23,076	CC (40)	2008-2009	GA02 TELESE	63.00
S-PE17	funzionante	23,400	T.A.	2019 PE	GA02 TELESE	67.48
S-PE18	funzionante	23,750	T.A.	2019 PE	GA02 TELESE	67.30
S-PE30	funzionante	24,000	T.A.	2019 PE	NV 09 allargo 4	42.12
PNIF32G03	distrutto	24,062	T.A. (3-40)	2007	GA02 TELESE	68.15
SL-PE2	funzionante	24,400	T.A.	2019 PE	GA02 TELESE	68.68
S-PE31	funzionante	24,650	T.A.	2019 PE	NV 09 allargo 7	43.38
PNIF52B11	distrutto	24,804	T.A. (3-40)	2008-2009	GA02 TELESE	73.40
PNIF52B09	distrutto	24,812	T.A. (3-15)	2008-2009	GA02 TELESE	70.00
PNIF52B09 cas	distrutto	24,812	CC (25)	2008-2009	GA02 TELESE	70.00
S-PE18bis	funzionante	24,975	T.A.	2019 PE	GA02 TELESE	71.72
S-PE33	funzionante	25,105	T.A.	2019 PE	IMBOCCO N GA02	56.18
S-PE19	funzionante	25,100	T.A.	2019 PE	GA02 imbocco Telese	67.33
S-PE4bis	funzionante	25,268	T.A.	2019 PE	RI14	41.97
IF15R55	non trovato	25,459	T.A.	2017i	RI15 rilevato	43.00
S-PE24 PZ	funzionante	25,780	T.A.	2019 PE	VI07 spalla	45.38
PNIF52V12	funzionante	25,809	T.A. (3-36)	2008-2009	VI07 spalla 2	45.50
S-PE20	funzionante	26,328	T.A.	2019 PE	SL05 sottovia	49.85
IF15S09	funzionante	26,462	T.A.	2017	TR06 trincea	52.27
S-PE34	funzionante	26,520	T.A.	2019 PE	TR06 trincea	51.97
S-PE21	funzionante	26,725	T.A.	2019 PE	TR06 trincea	53.52
S-PE25	funzionante	27,200	T.A.	2019 PE	TR08 - IN07, IN08	55.44
IF15R10	non trovato	27,460	T.A.	2017	TR08 trincea	56.80

Tabella 15 – Sintesi dei piezometri del 1 Lotto Funzionale Frasso-Telese, relativi alle varie campagne di indagini.

Nel corso del tempo alcuni piezometri sono stati distrutti o non sono più reperibili. Attualmente, su un totale di n.60 piezometri installati sul Lotto, n.14 (23%) risultano distrutti o non reperibili e n.46 (76%) sono disponibili per il monitoraggio.

10.2.2 MONITORAGGIO DEL LIVELLO DI FALDA

Il monitoraggio del livello di falda è iniziato nel dicembre 2008 ed è proseguito, con ampie lacune temporali, nel 2015. Successivamente è ripreso nel 2017 con una maggiore copertura temporale. Si possono evidenziare tre serie temporali distinte:

- dicembre 2008 – febbraio 2009: letture mensili su 6 piezometri, ora distrutti
- aprile 2015 – maggio 2016: monitoraggio del solo piezometro D8 con frequenza mensile
- marzo 2017 – gennaio 2018: monitoraggio a cadenza mensile su numero medio di circa 12 punti
- gennaio 2019 – agosto 2019: monitoraggio mensile su 11 punti
- a partire da dicembre 2019 aumento delle letture fino a 46 per l'installazione dei piezometri di fase PE

Il grafico della figura seguente riassume l'andamento della disponibilità delle letture a partire dal 2015.

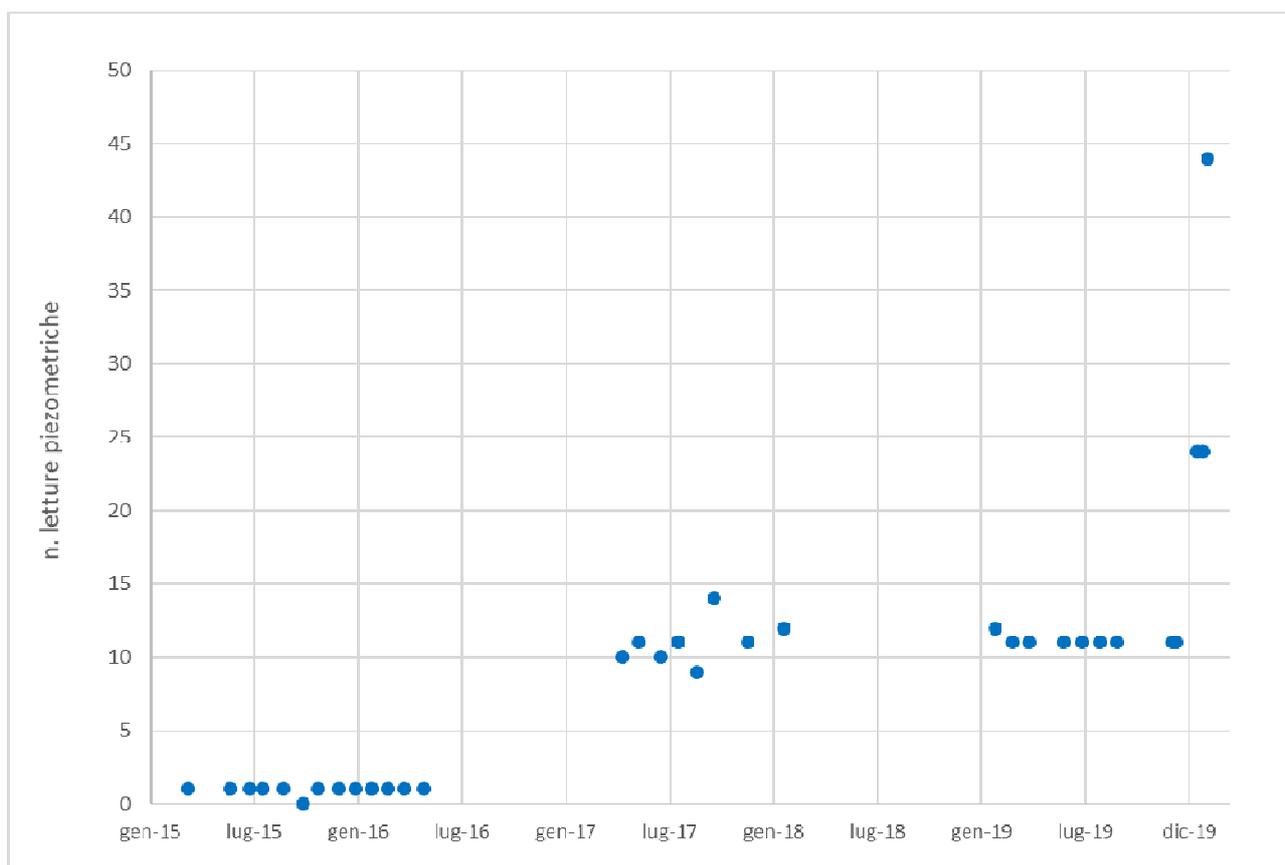


Figura 25 – Disponibilità di letture piezometriche sul 1 Lotto dal 2015 a gennaio 2020

Nelle tabelle seguenti sono riportati i dati di monitoraggio della falda registrati nei piezometri a partire dal 2015, come soggiacenza (le prime 4 tabelle) e come quota piezometrica (ultime 4 tabelle). In verde sono marcati i piezometri installati nella ultima campagna geognostica.

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	80 di 153

CODICE/DATA	28/03/2017	22/04/2017	20/05/2017	27/06/2017	29/07/2017	29/08/2017	29/09/2017	26/11/2017	28/01/2018	28/01/2019	28/02/2019
IF15V01	2.83	3.05	3.21	3.21			5.42			2.90	2.75
IF15R51						11.88	11.94	11.86	11.09	10.57	10.22
S-PE22 PZ											
S-PE1 PZ											
S-PE2											
IF15R52						8.67	8.58	8.45	6.90	7.74	6.55
IF15V02	9.28	9.56	9.76	10.13	10.18	10.30	10.23	10.04	8.67	9.00	8.02
S-PE23											
IF15V03	7.51	7.70	7.85	8.05	8.02	8.04	8.01	7.93	7.36	7.30	6.76
S-PE29											
IF15V04	9.13	9.31		9.66		9.87		9.60	8.95	non trovato	non trovato
S-PE3											
IF15P05	14.42	14.53	14.63	14.90	15.04	15.16	15.22	14.80	14.32	13.93	13.81
IF15V06	10.48	10.58	10.60	11.12	11.31	11.43		11.00	10.22	10.30	10.14
S-PE4											
SL-PE1											
IF15V07	7.42	7.50	7.56	7.75	7.85	7.92	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto	distrutto
S-PE5											
S-PE6											
S-PE7											
S-PE7bis											
S-PE8											
S-PE9											
PNIF32V02	distrutto	distrutto									
S-PE10											
S-PE11											
S-PE12											
S-PE13											
S-PE14											
IF15R54						5.30	5.43	5.16	4.68	4.79	4.25

Tabella 16 – Dati di soggiacenza 1-4 (profondità in metri da boccaforo)

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	81 di 153

CODICE/DATA	28/03/2017	22/04/2017	20/05/2017	27/06/2017	29/07/2017	29/08/2017	29/09/2017	26/11/2017	28/01/2018	28/01/2019	28/02/2019
IF15P08	4.98	5.20	5.28	5.40	5.47	5.49	5.42	5.45	4.78	4.96	3.98
S-PE15											
D8	5.50	5.73	5.73	5.85	5.98	5.91	6.25	6.02	5.46	5.38	4.75
S-PE16											
PNIF52B10	distrutto										
S-PE16 Bis											
PNIF52B08	distrutto										
PNIF52B08 cas	distrutto										
S-PE17											
S-PE18											
S-PE30											
PNIF32G03	distrutto										
SL-PE2											
S-PE31											
PNIF52B11	distrutto										
PNIF52B09	distrutto										
PNIF52B09 cas	distrutto										
S-PE18bis											
S-PE33											
S-PE19											
S-PE4bis											
IF15R55						0.32	1.32	0.96	0.77	non trovato	non trovato
S-PE24 PZ											
PNIF52V12	non trovato										
S-PE20											
IF15S09	6.10	6.21	6.28	6.44	6.52	6.64	6.53	6.22	5.90	6.05	5.62
S-PE34											
S-PE21											
S-PE25											
IF15R10		5.79	5.86	6.18	6.18	6.31				non trovato	non trovato

Tabella 17 – Dati di soggiacenza 2-4 (profondità in metri da boccaforo)

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	82 di 153

CODICE/DATA	28/03/2019	28/04/2019	28/05/2019	28/06/2019	28/07/2019	28/08/2019	02/12/2019	09/12/2019	13/01/2020	24/01/2020	31/01/2020
IF15V01	2.84	2.86	2.96	2.99	3.00	3.03	non trovato				
IF15R51	10.58	10.63	10.74	10.81	10.87	11.01			10.19		9.85
S-PE22 PZ							9.50	10.00	9.55		8.60
S-PE1 PZ							12.25	12.20	11.29		10.80
S-PE2							7.60	7.60	6.40		5.95
IF15R52	6.78	6.84	8.20	8.34	8.43	8.55			5.88		5.60
IF15V02	8.11	8.19	8.26	8.39	8.41	8.55			7.43		7.50
S-PE23											5.65
IF15V03	6.85	6.89	6.92	7.06	7.11	7.45			7.32		7.20
S-PE29									7.04		7.63
IF15V04	non trovato										
S-PE3									17.62		17.50
IF15P05	13.80	13.78	13.84	14.01	14.26	14.52			distrutto	distrutto	distrutto
IF15V06	10.05	10.13	10.47	10.49	10.50	10.55			9.81		9.12
S-PE4									5.70		5.63
SL-PE1							7.50	7.20	6.87		5.75
IF15V07	distrutto										
S-PE5									6.19		6.55
S-PE6									5.31		6.00
S-PE7									5.74		6.30
S-PE7bis									3.97		3.60
S-PE8									2.24		2.30
S-PE9									4.77		4.53
PNIF32V02	distrutto										
S-PE10							4.50	4.60	4.05		3.95
S-PE11							4.20	4.30	3.55		4.20
S-PE12							4.65	4.70	3.95		4.30
S-PE13							5.30	5.30	4.50		4.80
S-PE14							4.85	4.90	4.00		4.50
IF15R54	4.72	4.58	5.30	5.33	5.51	5.58			3.85		4.20

Tabella 18 – Dati di soggiacenza 3-4 (profondità in metri da boccaforo)

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	83 di 153

CODICE/DATA	28/03/2019	28/04/2019	28/05/2019	28/06/2019	28/07/2019	28/08/2019	02/12/2019	09/12/2019	13/01/2020	24/01/2020	31/01/2020
IF15P08	4.40	4.37	4.90	4.95	5.01	5.04			3.80		4.20
S-PE15							4.35	4.05	3.62		3.90
D8	4.99	5.03	5.54	5.55	5.57	5.60			4.39		4.40
S-PE16							21.00	22.30	21.96		21.90
PNIF52B10	distrutto										
S-PE16 Bis							24.70	25.00	23.91		24.00
PNIF52B08	distrutto										
PNIF52B08 cas	distrutto										
S-PE17							27.30	26.90	26.91		26.83
S-PE18							26.80	27.75	26.48		26.30
S-PE30							5.65	5.90	5.70		5.80
PNIF32G03	distrutto										
SL-PE2							26.70	23.85	16.86		16.70
S-PE31							1.35	0.93	2.00		2.50
PNIF52B11	distrutto										
PNIF52B09	distrutto										
PNIF52B09 cas	distrutto										
S-PE18bis							20.00	20.50	20.07		19.95
S-PE33									6.04		6.00
S-PE19							23.10	23.50	23.03		22.80
S-PE4bis							0.85	0.80	0.72		0.90
IF15R55	non trovato										
S-PE24 PZ							0.80	1.80	1.77		1.90
PNIF52V12	non trovato			2.09		2.00					
S-PE20							3.45	3.75	3.70		3.80
IF15S09	5.89	5.93	6.03	6.04	6.07	6.11			5.76		5.80
S-PE34										5.03	
S-PE21							5.30	5.30	5.24		5.20
S-PE25							3.80	3.85	3.64		3.55
IF15R10	non trovato										

Tabella 19 – Dati di soggiacenza 4-4 (profondità in metri da boccaforo)

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	84 di 153

CODICE/DATA	28/03/2017	22/04/2017	20/05/2017	27/06/2017	29/07/2017	29/08/2017	29/09/2017	26/11/2017	28/01/2018	28/01/2019	28/02/2019
IF15V01	40.18	39.96	39.80				37.59			40.11	40.26
IF15R51						28.02	27.96	28.04	28.81	29.33	29.68
S-PE22 PZ											
S-PE1 PZ											
S-PE2											
IF15R52						28.23	28.32	28.45	30.00	29.16	30.35
IF15V02	30.00	29.72	29.52	29.15	29.10	28.98	29.05	29.24	30.61	30.28	31.26
S-PE23											
IF15V03	28.79	28.60	28.45	28.25	28.28	28.26	28.29	28.37	28.94	29.00	29.54
S-PE29											
IF15V04	30.69	30.51		30.16		29.95		30.22	30.87		
S-PE3											
IF15P05	32.56	32.45	32.35	32.08	31.94	31.82	31.76	32.18	32.66	33.05	33.17
IF15V06	34.50	34.40	34.38	33.86	33.67	33.55		33.98	34.76	34.68	34.84
S-PE4											
SL-PE1											
IF15V07	35.07	34.99	34.93	34.74	34.64	34.57					
S-PE5											
S-PE6											
S-PE7											
S-PE7bis											
S-PE8											
S-PE9											
PNIF32V02											
S-PE10											
S-PE11											
S-PE12											
S-PE13											
S-PE14											
IF15R54						34.50	34.37	34.64	35.12	35.01	35.55

Tabella 20 – Quota assoluta (m s.l.m.) della falda 1-4

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	85 di 153

CODICE/DATA	28/03/2017	22/04/2017	20/05/2017	27/06/2017	29/07/2017	29/08/2017	29/09/2017	26/11/2017	28/01/2018	28/01/2019	28/02/2019
IF15P08	37.20	36.98	36.90	36.78	36.71	36.69	36.76	36.73	37.40	37.22	38.20
S-PE15											
D8	36.80	36.57	36.57	36.45	36.32	36.39	36.05	36.28	36.84	36.92	37.55
S-PE16											
PNIF52B10											
S-PE16 Bis											
PNIF52B08											
PNIF52B08 cas											
S-PE17											
S-PE18											
S-PE30											
PNIF32G03											
SL-PE2											
S-PE31											
PNIF52B11											
PNIF52B09											
PNIF52B09 cas											
S-PE18bis											
S-PE33											
S-PE19											
S-PE4bis											
IF15R55						42.68	41.68	42.04	42.23		
S-PE24 PZ											
PNIF52V12											
S-PE20											
IF15S09	46.17	46.06	45.99	45.83	45.75	45.63	45.74	46.05	46.37	46.22	46.65
S-PE34											
S-PE21											
S-PE25											
IF15R10		51.01	50.94	50.62	50.62	50.49					

Tabella 21 – Quota assoluta (m s.l.m.) della falda 2-4

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IF26 12 E ZZ RG GE0001 001 B 86 di 153

CODICE/DATA	28/03/2019	28/04/2019	28/05/2019	28/06/2019	28/07/2019	28/08/2019	02/12/2019	09/12/2019	13/01/2020	24/01/2020	31/01/2020
IF15V01	40.17	40.15	40.05	40.02	40.01	39.98					
IF15R51	29.32	29.27	29.16	29.09	29.03	28.89			29.71		30.05
S-PE22 PZ							29.98	29.48	29.93		30.88
S-PE1 PZ							28.54	28.59	29.50		29.99
S-PE2							28.60	28.60	29.80		30.25
IF15R52	30.12	30.06	28.70	28.56	28.47	28.35			31.02		31.30
IF15V02	31.17	31.09	31.02	30.89	30.87	30.73			31.85		31.78
S-PE23											33.44
IF15V03	29.45	29.41	29.38	29.24	29.19	28.85			28.98		29.10
S-PE29									29.39		28.80
IF15V04											
S-PE3									32.01		32.13
IF15P05	33.18	33.20	33.14	32.97	32.72	32.46					
IF15V06	34.93	34.85	34.51	34.49	34.48	34.43			35.17		35.86
S-PE4									34.53		34.60
SL-PE1							34.80	35.10	35.43		36.55
IF15V07											
S-PE5									33.95		33.59
S-PE6									33.88		33.19
S-PE7									33.31		32.75
S-PE7bis									32.96		33.33
S-PE8									33.79		33.73
S-PE9									33.66		33.90
PNIF32V02											
S-PE10							33.89	33.79	34.34		34.44
S-PE11							33.92	33.82	34.57		33.92
S-PE12							34.33	34.28	35.03		34.68
S-PE13							34.50	34.50	35.30		35.00
S-PE14							34.64	34.59	35.49		34.99
IF15R54	35.08	35.22	34.50	34.47	34.29	34.22			35.95		35.60

Tabella 22 – Quota assoluta (m s.l.m.) della falda 3-4

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA LOTTO CODIFICA DOCUMENTO REV. FOGLIO
IF26 12 E ZZ RG GE0001 001 B 87 di 153

CODICE/DATA	28/03/2019	28/04/2019	28/05/2019	28/06/2019	28/07/2019	28/08/2019	02/12/2019	09/12/2019	13/01/2020	24/01/2020	31/01/2020
IF15P08	37.78	37.81	37.28	37.23	37.17	37.14			38.38		37.98
S-PE15							36.64	36.94	37.37		37.09
D8	37.31	37.27	36.76	36.75	36.73	36.70			37.91		37.90
S-PE16							39.29	37.99	38.33		38.39
PNIF52B10											
S-PE16 Bis							38.26	37.96	39.05		38.96
PNIF52B08											
PNIF52B08 cas											
S-PE17							40.18	40.58	40.57		40.65
S-PE18							40.50	39.55	40.82		41.00
S-PE30							36.47	36.22	36.42		36.32
PNIF32G03											
SL-PE2							41.98	44.83	51.82		51.98
S-PE31							42.03	42.45	41.38		40.88
PNIF52B11											
PNIF52B09											
PNIF52B09 cas											
S-PE18bis							51.72	51.22	51.65		51.77
S-PE33									50.14		50.18
S-PE19							44.23	43.83	44.30		44.53
S-PE4bis							41.12	41.17	41.25		41.07
IF15R55											
S-PE24 PZ							44.58	43.58	43.61		43.48
PNIF52V12									43.41		43.50
S-PE20							46.40	46.10	46.15		46.05
IF15S09	46.38	46.34	46.24	46.23	46.20	46.16			46.51		46.47
S-PE34										46.94	
S-PE21							48.22	48.22	48.28		48.32
S-PE25							51.64	51.59	51.80		51.89
IF15R10											

Tabella 23 – Quota assoluta (m s.l.m.) della falda 4-4

Le letture dei piezometri con le serie storiche di maggior estensione sono state inserite nel grafico seguente per analizzare l'andamento stagionale del livello freatico.

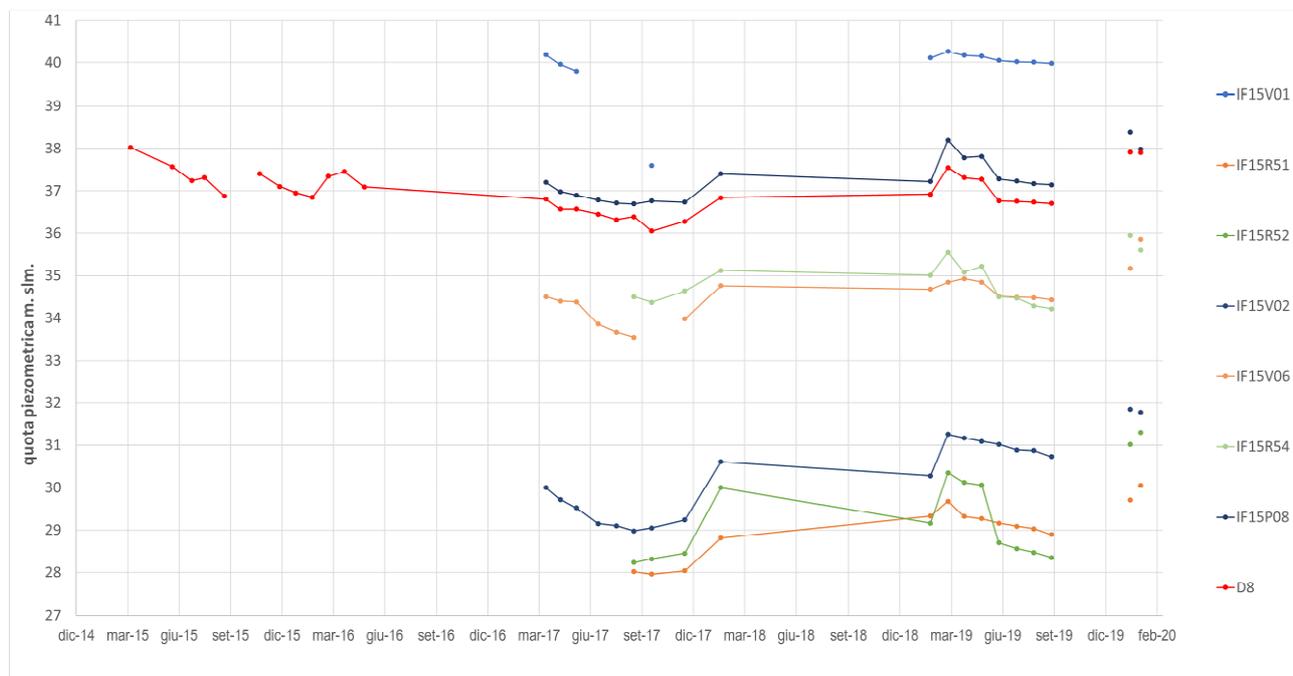


Figura 26 – Oscillazione piezometrica dei punti di maggior frequenza di misura

Dal grafico si possono evidenziare alcuni caratteri peculiari dell'oscillazione della falda nei terreni oggetto del progetto:

- i livelli massimi si registrano nel periodo invernale, in genere da gennaio fino a inizio marzo;
- i pochi dati disponibili relativi a differenti periodi invernali sembrano suggerire che il livello piezometrico dell'inverno 2019-2020 sia stato più elevato di quello del 2017-2018;
- l'unico dato disponibile (piezometro D8) sembra evidenziare che il livello massimo invernale del 2015 sia paragonabile a quello del 2019;
- la differenza tra massimo e minimo è variabile da 0.5 a circa 3m.

La differenza tra il livello massimo e quello minimo registrata nei diversi piezometri, ordinati secondo la progressiva, è riportata nella figura seguente. Nel grafico si evidenzia inoltre la disponibilità di dati analizzati.

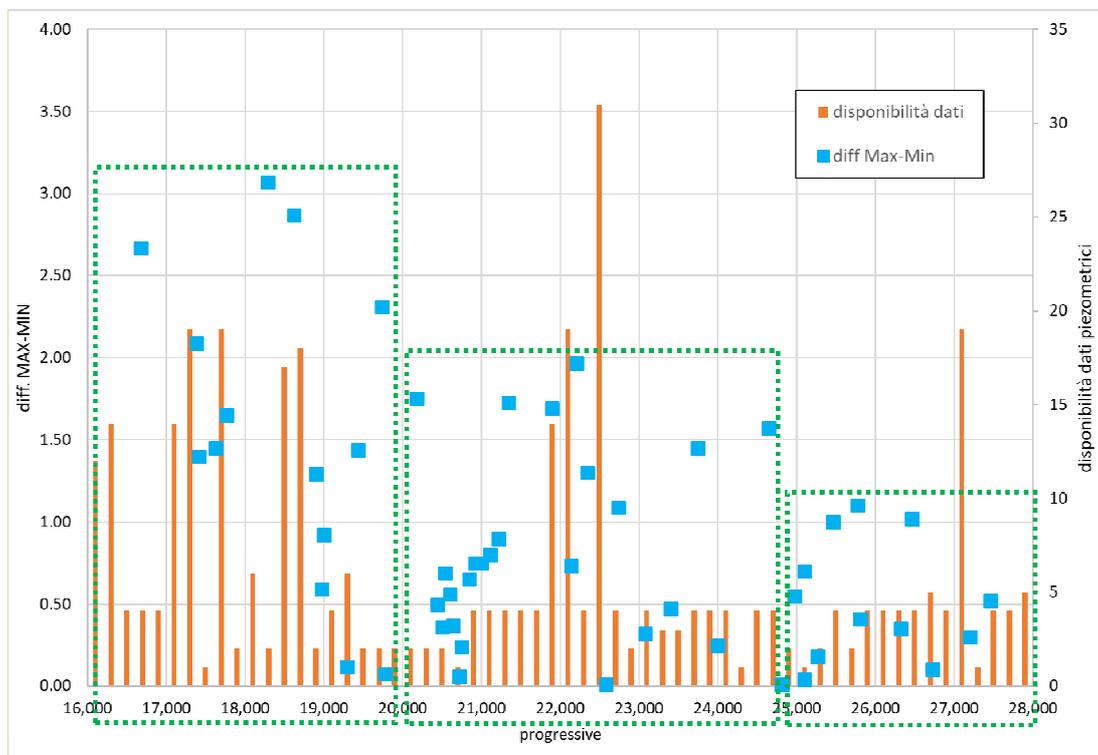


Figura 27 – Differenza tra livello massimo e minimo secondo progressiva e numero di letture disponibili

Dal grafico si può osservare che, lungo il tracciato, si possono distinguere tre differenti tratte (aree verdi tratteggiate):

- pk 16+000 ÷ 20+200: oscillazione della falda fino a 3m. La disponibilità di dati, in questa porzione è maggiore che nella restante parte del tracciato;
- pk 20+200 ÷ 24+800: oscillazione fino a 2m. La disponibilità di letture è inferiore a 5, fatta eccezione per tre punti di misura;
- pk 24+800 ÷ 28+000: oscillazione fino a 1m. La disponibilità di dati è (con una eccezione) di 4 letture, sostanzialmente relative al periodo invernale 2019.

In linea generale l'oscillazione della falda è riconducibile a diversi fattori, tra i quali si possono elencare:

- ✓ condizioni di ricarica sia laterale sia azimutale. In questo ultimo caso la soggiacenza ridotta favorisce una maggior influenza delle precipitazioni;
- ✓ condizioni di alimentazione locali da corsi d'acqua e diminuzione dell'effetto drenante (che causa innalzamento a monte)
- ✓ permeabilità del terreno, in genere a maggior permeabilità (e trasmissività nei corpi idrici di rilevante spessore) corrisponde una minor oscillazione del livello freatico.

Analizzando il pannello piezometrico delle isofreatiche (Carta Idrogeologica), in relazione alle tratte sopra menzionate si evidenzia:

- pk 16+000 ÷ 20+200: il tracciato corre parallelo al fiume Volturno (distanza minima ca. 200m), che costituisce elemento drenante dei corpi acquiferi. La direzione di deflusso è da est (rilievi in sx. orografica) verso ovest. Eventuali periodi transitori di piena del fiume Volturno potrebbero causare locali fenomeni di innalzamento del livello di falda per ricarica laterale, nelle aree più vicine al tracciato, o per diminuzione dell'effetto drenante del Volturno;

- pk 20+200 ÷ 21+100: il tracciato attraversa il fiume Calore che in regime normale condizioni costituisce un elemento drenante. È possibile che in condizioni di piena del Calore, le aree del progetto prospicienti l'alveo siano soggette a una ricarica laterale per effetto del livello idraulico. Tale condizione è legata al tempo e all'entità della piena e decresce con la distanza del progetto dall'asse del fiume;
- pk 21+100 ÷ 28+000: il tracciato corre a monte del fiume Calore sulla porzione di piana terrazzata della valle, ragione per cui è da escludere che fenomeni di piena del Calore possano causare innalzamenti (sia per alimentazione laterale, sia per diminuzione dell'effetto drenante) del livello freatico nel corridoio di progetto. La direzione di deflusso sotterraneo è da nord est verso sud ovest, localmente da nord verso sud in ragione della morfologia della piana del Calore. Nella parte terminale del tracciato si entra nella piana dell'abitato di Telese ad una distanza di circa 500-700m dal f. Calore.

Le serie storiche di dati piezometrici a disposizione permettono di delineare il periodo di magra (estivo) e morbida (inverno, inizio primavera) ma non permettono di definire i livelli massimi pluriennali (legati a fenomeni di ricarica per precipitazione eccezionali) come pure fenomeni localizzati di incremento dovuto alla ricarica del fiume Calore per la parte di tracciato che attraversata dal viadotto.

Sulla scorta di queste valutazioni è ragionevole distinguere ai fini progettuali:

- un livello di riferimento per la fase di costruzione: identificabile con il livello massimo registrato dal monitoraggio, localmente incrementato per la tratta del viadotto sul Calore di una opportuna quota basata sugli studi di approfondimento idraulici.
- un livello di falda per il lungo termine (vita utile dell'opera) sul quale basare le verifiche progettuali che corrisponde a un livello di falda incrementato rispetto al livello massimo evidenziato dal monitoraggio. Sulla base delle valutazioni espresse poco sopra si identifica:
 - tratta 16+000 ÷ 20+200: in questa tratta, sulla base dei dati disponibili e sulle considerazioni sulle condizioni idrogeologiche presentate poco sopra è ragionevole assumere un incremento, rispetto al livello massimo delineato dal profilo di progetto fino a +2m;
 - tratta 20+200 ÷ 21+100: in questa tratta la quota di riferimento della falda deve considerare un valore incrementale (maggiore di quello applicato per la fase di costruzione sopra menzionato) basato sugli studi idraulici da applicare al livello massimo individuato dagli elaborati progettuali (profilo geologico e idrogeologico);
 - tratta 21+100 ÷ 28+000: le condizioni di scorrimento e di possibile interferenza con la rete idrografica sono meno impattanti della prima tratta; sulla base dei dati disponibili e sulle considerazioni sulle condizioni idrogeologiche presentate poco sopra è ragionevole assumere un incremento, rispetto al livello massimo delineato dal profilo di progetto fino a +1.5m.

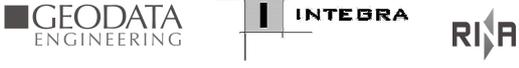
Nei profili idrogeologici sono stati riportati unicamente i valori massimi della falda registrati nel corso delle diverse fasi di monitoraggio. In tal modo è stato possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica nelle condizioni più penalizzanti e definire, per ogni punto, il riferimento da adottare per la fase costruttiva.

10.3 OPERE DI CAPTAZIONE ED EMERGENZE SORGENTIZIE

Per poter ricostruire con maggior dettaglio l'andamento e le caratteristiche delle falde idriche presenti nell'area, nel corso delle precedenti fasi di studio si è provveduto ad acquisire tutte le informazioni disponibili relativamente ai punti d'acqua esistenti nel settore di intervento.

In primo luogo, è stata analizzata la documentazione e dati relativi alla gestione dei punti d'acqua presenti nel database dell'Autorità di Bacino del Volturno della Regione Campania. Il documento di riferimento è l'Allegato 3 "Caratterizzazione Geologica e Idrogeologica - Identificazione degli Acquiferi", dove nella Tabella 4 sono elencate le sorgenti della Regione Campania, dati di caratterizzazione, utilizzo ed Ente Gestore della captazione.

Come risultato di tale analisi si è accertato che le uniche sorgenti identificate dal documento dell'Autorità di Bacino che ricadono nel territorio del Progetto sono riferite alle sorgenti di natura termale site nella part nord dell'abitato di Telese a una distanza di circa 1km dall'asse del tracciato. Tali sorgenti, per la notevole distanza dal tracciato, che in quella tratta si sviluppa sostanzialmente in superficie (rilevato e trincea di modesta altezza), e per le modalità di circolazione (il loro bacino di alimentazione è da nord) non hanno alcuna possibile interferenza dal progetto.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 91 di 153

Le emergenze sorgentizie, come da censimento condotto nel Progetto Definitivo, risultano scarse, mentre le opere di captazione (pozzi) sono diffuse anche se generalmente di scarsa rilevanza. Sull'area del 1 Lotto si contano n.39 pozzi, la cui destinazione d'uso prevalente è agricola.

Durante gli studi di approfondimento svolti durante la campagna integrativa di Progetto Esecutivo si è cercato di approfondire la conoscenza delle caratteristiche costruttive e i dati idrodinamici principali di alcuni pozzi ma essendo questi ubicati in terreni privati è stato negato l'accesso.

In particolare, all'interno del settore del 1 Lotto Frasso-Telese gli studi di Progetto Definitivo hanno individuato n.4 emergenze sorgentizie che sono state oggetto di valutazione e analisi chimica per definire la facies geochemica caratteristica (conducibilità, pH, cationi e anioni maggiori).

Durante le indagini integrative per il Progetto Esecutivo è stata rinvenuta una ulteriore sorgente (codice S_GA) in prossimità del portale nord della galleria artificiale Telese, alla progressiva 25+200. Questa sorgente è caratterizzata da una portata maggiore di quelle precedentemente censite dal PD. Dato che la costruzione della galleria attraverserà il bacino di alimentazione di tale sorgente è stato prelevato un campione di acqua e analizzato secondo il set analitico per la caratterizzazione ai fini ambientali (Tabella 2, Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06).

I dati sui pozzi ricadenti nel 1 Lotto Frasso-Telese, riassunti su schede monografiche nella precedente fase progettuale insieme a quelli di tutto il Lotto Funzionale Frasso-Telesino-Vitulano, sono allegati all'elaborato Censimento dei punti d'acqua (cfr. IF26 12 EZZ RH GE 0002 001) unitamente ai certificati delle analisi chimiche.

I pozzi e le sorgenti, individuate da un codice numerico univoco, sono riportati nella Carta Idrogeologica alla scala 1:5000 (cfr. IF26 12 EZZ N5 GE 0002 001, 002, 003) e Profilo idrogeologico in scala 1:2000/200 (cfr. IF26 12 FZ GE 0001 008, 009, 010, 011, 012, 013, 014).

10.3.1 CARATTERIZZAZIONE DELLE SORGENTI

La posizione delle sorgenti è illustrata nella Figura 28. In aggiunta ai dati forniti dalle schede monografiche compilate durante la fase di Progetto Definitivo, sono state eseguite ulteriori indagini al fine di comprendere la natura e caratterizzare l'emergenza, e in ultima analisi, la possibile interazione con le opere in progetto.

Le attività svolte sono riassunte in:

- sopralluogo sul terreno per la raccolta dati su portata, elementi geologici o/o morfologici utili a comprendere il meccanismo di emergenza;
- n.3 analisi chimiche di caratterizzazione della facies chimica (conducibilità elettrica, pH, anioni e cationi maggiori);
- n.1 analisi chimica ambientale secondo il set analitico definito dalla Tabella 2, Allegato 5 alla Parte IV, Titolo V del D.Lgs. 152/06. Tale set comprende:
 - parametri fisico-chimici;
 - metalli;
 - composti organici aromatici;
 - alifatici clorurati cancerogeni e non cancerogeni
 - alifatici alogenati cancerogeni;
 - idrocarburi policiclici aromatici;
 - fitofarmaci;
 - ammine aromatiche;
 - clorobenzeni;
 - fenoli e clorofenoli;
 - nitrobenzeni;
 - PCB congeneri;
 - PCDD/PCDF.

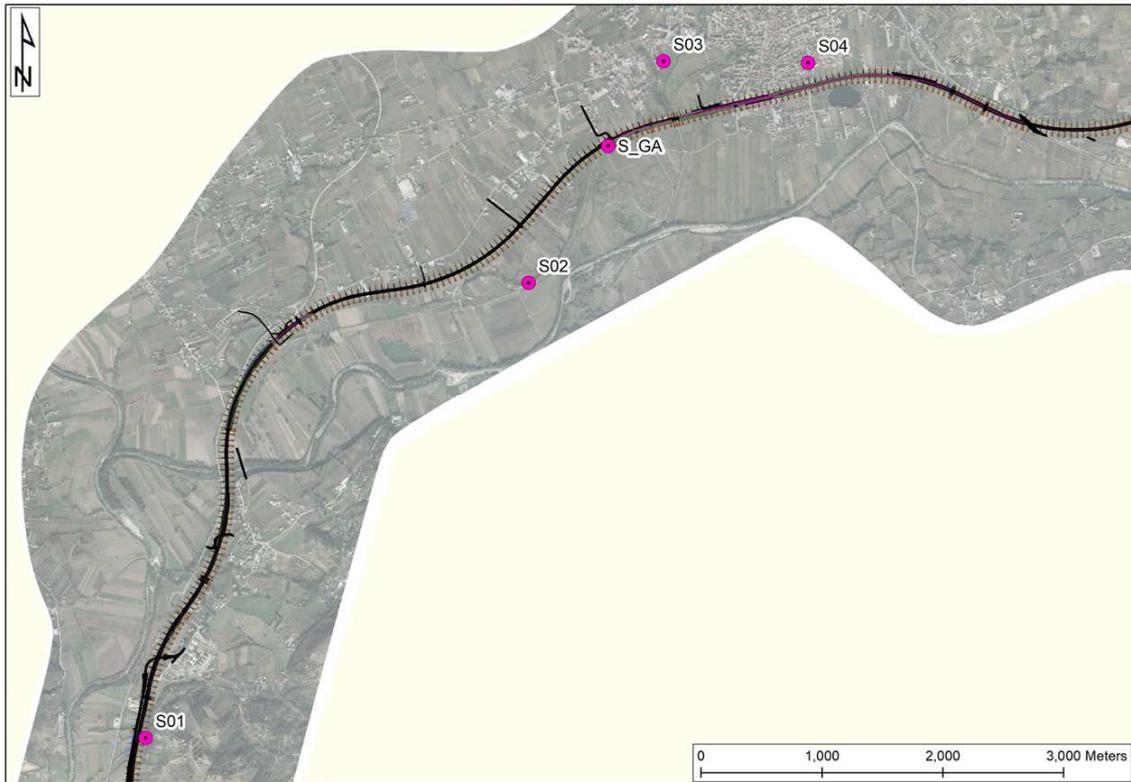


Figura 28 – Posizione delle sorgenti nel 1 Lotto Frasso - Telese

10.3.1.1 SORGENTE S01

Si colloca alla progressiva 18+300 a circa 50m a est del tracciato, che in quella porzione corre su un rilievo di circa 4-5m.

L'opera di presa è costituita da un bottino che si estende all'interno del terreno per qualche metro con camera di raccolta e rubinetto esterno.

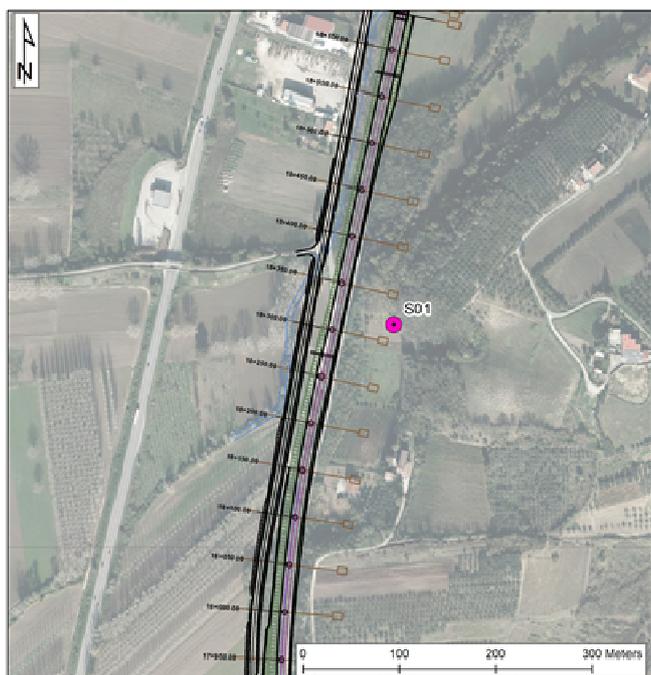


Figura 29 – Sorgente S01

La sorgente è ubicata al limite tra una limitata area di frana e il substrato stabile, costituito a monte dai depositi alluvionali terrazzati e a valle dai depositi vulcanoclastici. La portata è esigua, circa 0.2-0.3 l/s. I risultati delle analisi chimiche hanno dato i seguenti risultati:

Parametro	Unità di misura	Risultati
Conducibilità elettrica @ 20°C	µs/cm	620
pH		7.10
Bicarbonati	Mg/l	< 5
Nitrati	Mg/l	20.20
Solfati	Mg/l	26.00
Cloruri	Mg/l	30.00
Calcio	Mg/l	124.00
Magnesio	Mg/l	8.80
Potassio	Mg/l	3.80
Sodio	Mg/l	1.50

I risultati, plottati sul grafico di Schoeller sono comparati con quelli delle altre sorgenti. La sorgente S01 è evidenziata con una linea più spessa.

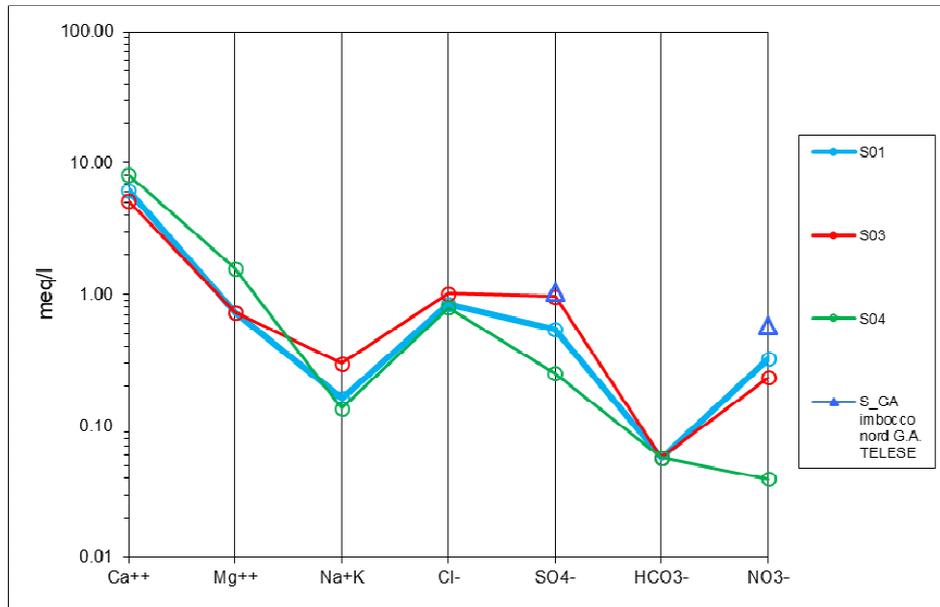


Figura 30 – Grafico di Schoeller per la sorgente S01, comparato con i risultati delle altre sorgenti

Si evidenzia una facies carbonatico-magnesiaca. Si nota una relativa presenza di cloruri e solfati dovuti alla presenza di litotipi di natura vulcanica.

10.3.1.2 SORGENTE S02

La sorgente S02 non è stata rinvenuta nel corso dei sopralluoghi sul terreno. Si tratta comunque di una emergenza collocata alla pk 24+000 ad una distanza di circa 450m a sud del tracciato che in quella porzione di progetto prevede la costruzione della galleria artificiale Telese

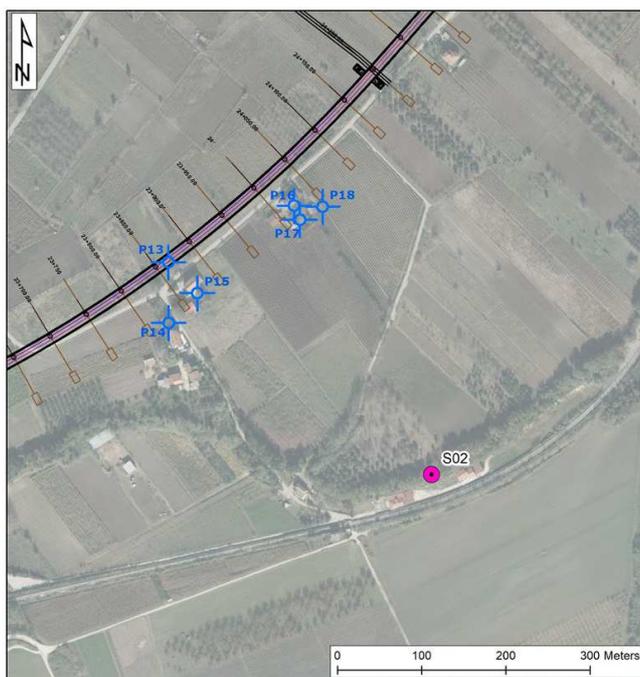


Figura 31 – Sorgente S02

10.3.1.3 SORGENTE S03

Si colloca alla progressiva 25+800 a circa 480m a nord del tracciato, che in quella porzione corre su un rilevato di circa 4-5m.

L'opera di presa non è visibile ma è probabilmente costituita da una trincea (o bottino) che si estende all'interno del terreno per qualche metro. All'esterno è visibile un rubinetto. La portata è molto esigua, valutabile in circa 1 l/min.



Figura 32 – Sorgente S03

I risultati delle analisi chimiche hanno dato i seguenti risultati:

Parametro	Unità di misura	Risultati
Conducibilità elettrica @ 20°C	μs/cm	640
pH		7.00
Bicarbonati	Mg/l	< 5
Nitrati	Mg/l	14.40
Solfati	Mg/l	46.00
Cloruri	Mg/l	36.00
Calcio	Mg/l	103.00
Magnesio	Mg/l	8.90
Potassio	Mg/l	8.10
Sodio	Mg/l	2.10

I risultati, plottati sul grafico di Schoeller sono comparati con quelli delle altre sorgenti. La sorgente S03 è evidenziata con una linea più spessa.

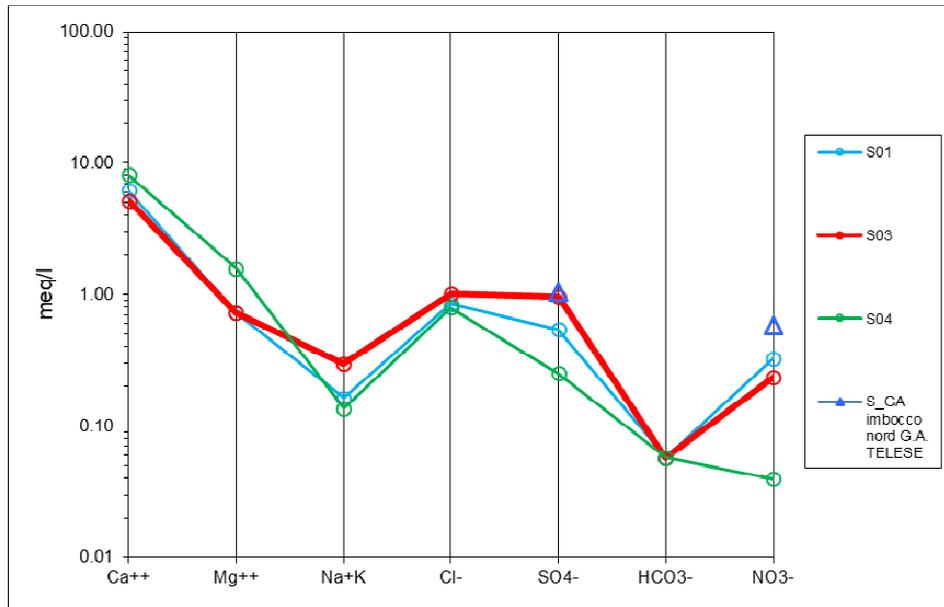


Figura 33 – Grafico di Schoeller per la sorgente S03, comparato con i risultati delle altre sorgenti

Similmente alla sorgente S01, si evidenzia una facies carbonatico-magnesiaca con una relativa presenza di cloruri e solfati dovuti alla presenza di litotipi di natura vulcanica.

10.3.1.4 SORGENTE S04

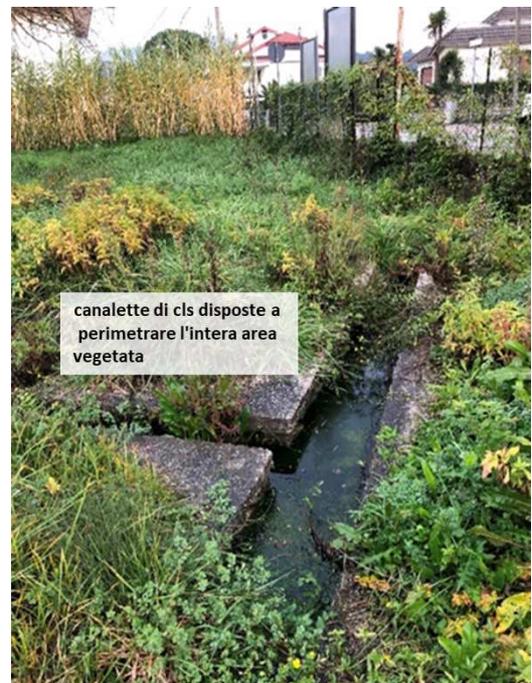
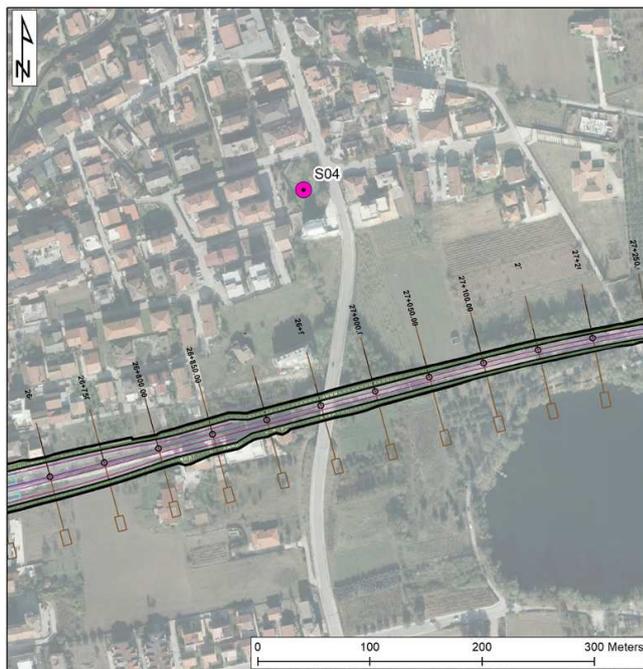


Figura 34 – Sorgente S04

Si colloca alla progressiva 27+000 a circa 200m a nord del tracciato, che in quella porzione si appoggia sostanzialmente sul piano campagna.

Dai rilievi eseguiti si evidenzia che l'emergenza è collocata in una zona urbana dell'abitato di Telese dove la falda freatica è prossima al piano campagna. L'emergenza viene a giorno grazie a un a rete di canalette in cls. profonde circa 0.4m.

I risultati delle analisi chimiche hanno dato i seguenti risultati:

Parametro	Unità di misura	Risultati
Conducibilità elettrica @ 20°C	µs/cm	530
pH		7.10
Bicarbonati	Mg/l	< 5
Nitrati	Mg/l	2.45
Solfati	Mg/l	12.00
Cloruri	Mg/l	28.00
Calcio	Mg/l	162.00
Magnesio	Mg/l	19.20
Potassio	Mg/l	2.90
Sodio	Mg/l	1.40

I risultati, plottati sul grafico di Schoeller sono comparati con quelli delle altre sorgenti. La sorgente S04 è evidenziata con una linea più spessa.

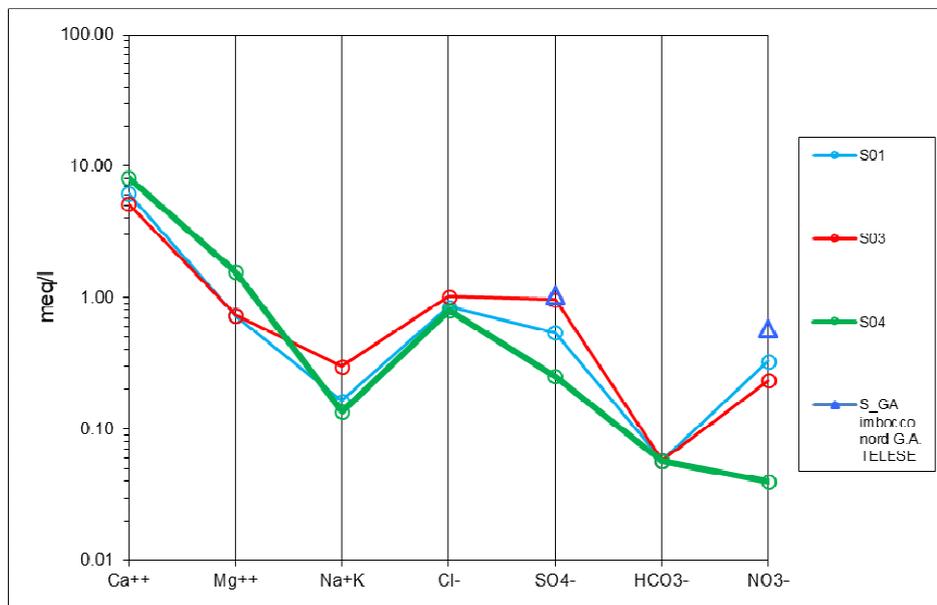


Figura 35 – Grafico di Schoeller per la sorgente S04, comparato con i risultati delle altre sorgenti

Come per le altre sorgenti, si evidenzia una facies carbonatico-magnesiaca con una relativa presenza di cloruri e solfati dovuti alla presenza di litotipi di natura vulcanica. A differenza delle altre due sorgenti il tenore in nitrati è più basso.

10.3.1.5 SORGENTE S_GA

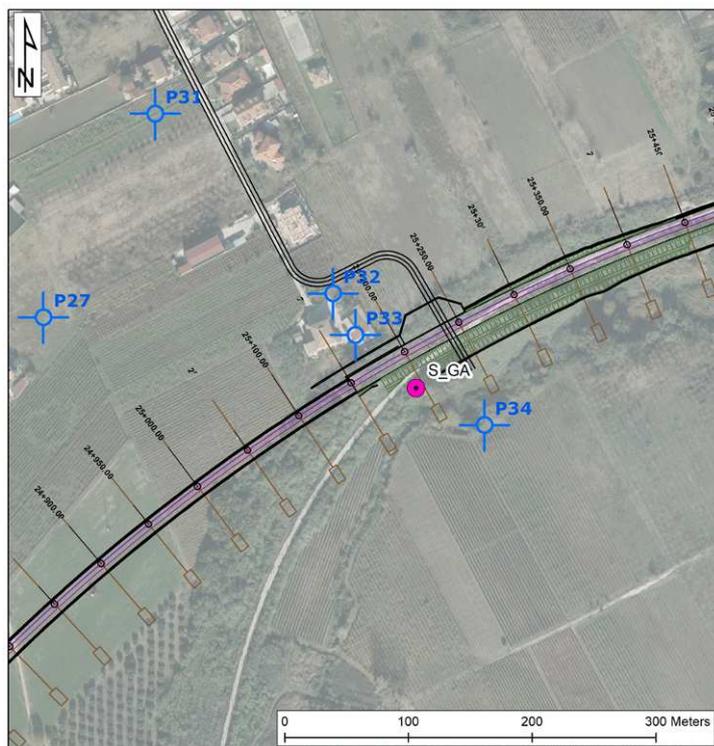


Figura 36 – Sorgente S_GA

La sorgente S_GA non era stata inserita nelle schede del censimento realizzato per il Progetto Definitivo ed è stata rinvenuta durante i rilievi di terreno della fase di indagini integrative per il Progetto Esecutivo.

Si colloca a valle della linea ferroviaria attuale, ai piedi della scarpa che connette la porzione più elevata con la piana alluvionale. La portata rilevata è di circa 1 l/s e l'acqua si canalizza lungo una rete di fossi che corrono paralleli all'attuale linea ferroviaria. Come si può vedere dalla figura di inquadramento topografico la zona immediatamente a monte (porzione più elevata) mostra la presenza di alcuni pozzi ad uso agricolo, la cui profondità non è conosciuta.

In questa tratta il progetto prevede il portale nord della galleria artificiale Telese. Dato che lo scavo da realizzare per la galleria artificiale potrebbe interferire con le acque sotterranee di cui la sorgente è una emergenza poco più a valle, si è proceduto con una analisi di tipo ambientale completa, vedi Par. 11.3.1 precedente.

Vengono qui di sotto riportati solamente i parametri comuni al set di parametri di caratterizzazione utilizzato per le sorgenti precedenti, al fine di permettere un confronto.

Parametro	Unità di misura	Risultati
Conducibilità elettrica @ 20°C	µs/cm	570
pH		7.2
Nitrati	Mg/l	36
Solfati	Mg/l	50

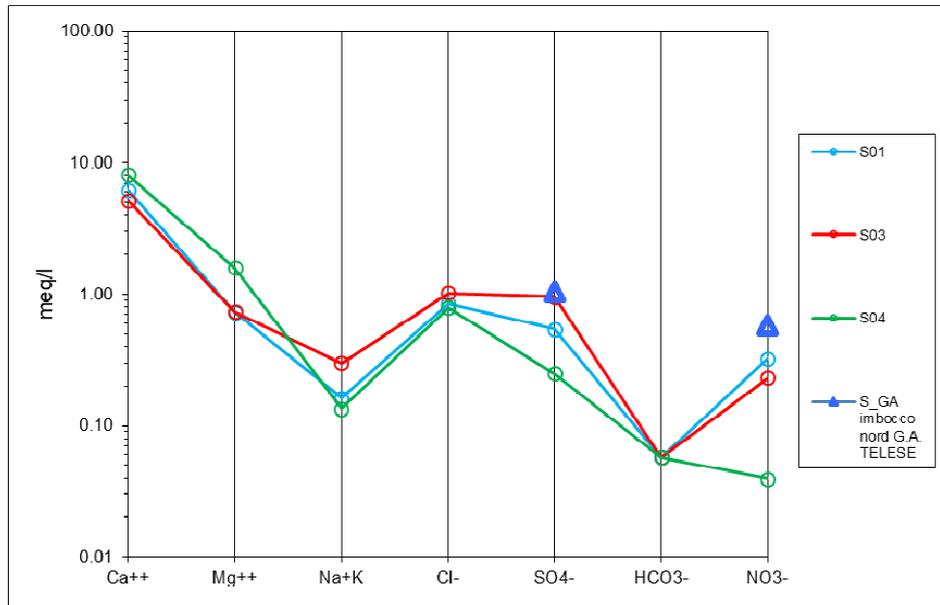


Figura 37 – Grafico di Schoeller per la sorgente S_GA, comparato con i risultati delle altre sorgenti

I due valori (solfati e nitrati) analizzati sono in linea con quelli delle altre sorgenti analizzate

Tutti i valori relativi all'analisi ambientale sono risultati inferiori ai limiti previsti dalla normativa (D.Lgs. 152/2006).

10.3.2 VALUTAZIONE DI IMPATTO DELL'OPERA SULLE SORGENTI E POZZI

10.3.2.1 SORGENTE S01

Data la posizione della sorgente, le opere in progetto non interferiscono con la sua posizione e inoltre, data la tipologia di fondazione dell'asse ferroviario, non si prevede alcun impatto sulla portata della emergenza.

10.3.2.2 SORGENTE S02

La distanza dall'asse è tale che non si evidenziano rischi di isterilimento o impatto sulla sorgente.

10.3.2.3 SORGENTE S03

La notevole distanza dall'asse del tracciato e il fatto che questo corra su rilevato sono elementi tali da non innescare possibili rischi di drenaggio sulla sorgente.

10.3.2.4 SORGENTE S04

La posizione a monte del tracciato (la direzione di flusso medio è nord > sud) e la tipologia dell'opera di appoggio del tracciato sono i due fattori principali che garantiscono la sostanziale non interferenza tra l'emergenza e il tracciato di progetto.

10.3.2.5 SORGENTE S_GA

La sorgente potrebbe essere impattata dallo scavo della galleria artificiale Telese per i seguenti fattori:

- la ubicazione della sorgente molto vicina al portale nord della G.A Telese;

Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	101 di 153

- il fatto che l'alimentazione di questa emergenza sembrano essere i depositi ghiaiosi e sabbiosi del complesso idrogeologico CFG (Complesso fluvio lacustre ghiaioso sabbioso) e in subordine del complesso CFS ((Complesso fluvio lacustre sabbioso limoso);
- lo scavo della galleria, sebbene non sembri interferire con il livello di falda potrebbe causare un minor tasso di ricarica dei corpi a maggior permeabilità e di conseguenza un isterilimento parziale o totale della sorgente.

Il possibile impatto andrà verificato con un monitoraggio delle portate che dovrà iniziare prima della fase di costruzione e protrarsi per tutto il tempo di scavo dell'opera.

10.3.2.6 Pozzi

L'analisi dello scenario di potenziale impatto sui pozzi presenti lungo il tracciato evidenzia che l'unica opera che potrebbe causare tale scenario è costituita dalla G.A Telese. Locali interferenze con la falda freatica che si possono realizzare in corrispondenza delle opere di sottoattraversamento della linea ferroviaria non sono tali da innescare un drenaggio che potrebbe avere ripercussioni sui pozzi adiacenti. In ogni caso tali impatti sarebbero limitati alla sola fase di costruzione, dove per pompaggio si dovesse ribassare la falda freatica.

Al contrario la costruzione della G.A Telese, sebbene i dati di monitoraggio finora raccolti non evidenzino una diretta interferenza con la falda, può interferire con i meccanismi di ricarica laterale delle aree in prossimità del portale nord, dove sono presenti un certo numero di pozzi.

Non sono disponibili dati diretti e certi sulla profondità di questi pozzi, sulla posizione delle pompe e dei tratti filtranti ma è ragionevole assumere che questi possano attingere ai corpi di depositi ghiaiosi e sabbiosi dei complessi CFG e CFS. Al sotto di questi due complessi vi è il complesso CFF (Complesso fluvio lacustre fine) caratterizzato da una bassa permeabilità che sostanzialmente "sostiene" la falda freatica.

Tale schema è illustrato nella figura seguente.

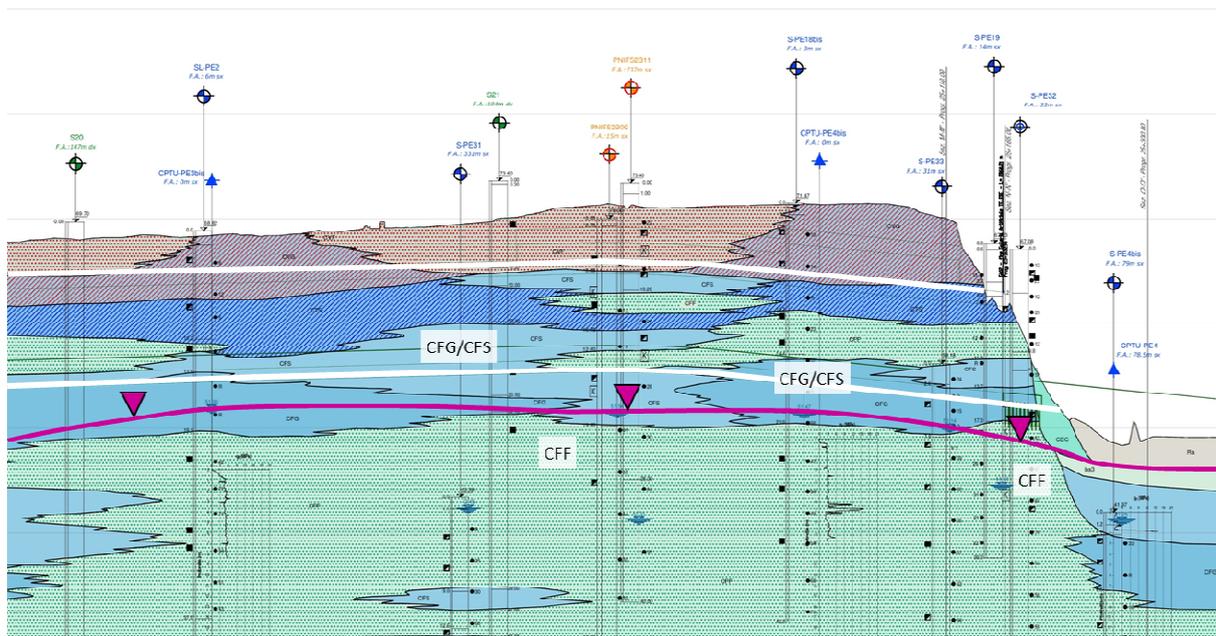


Figura 38 – Sezioni Idrogeologica con evidenza della G.A Telese (linea bianca) e della superficie di falda (linea viola)

Con tali ipotesi, si può delineare dunque un areale di impatto dove è possibile che alcuni pozzi possano subire un depauperamento delle portate. I codici di tali pozzi sono P33, P32, P27, P25 e P23. L'area di impatto è riportata nella figura seguente.

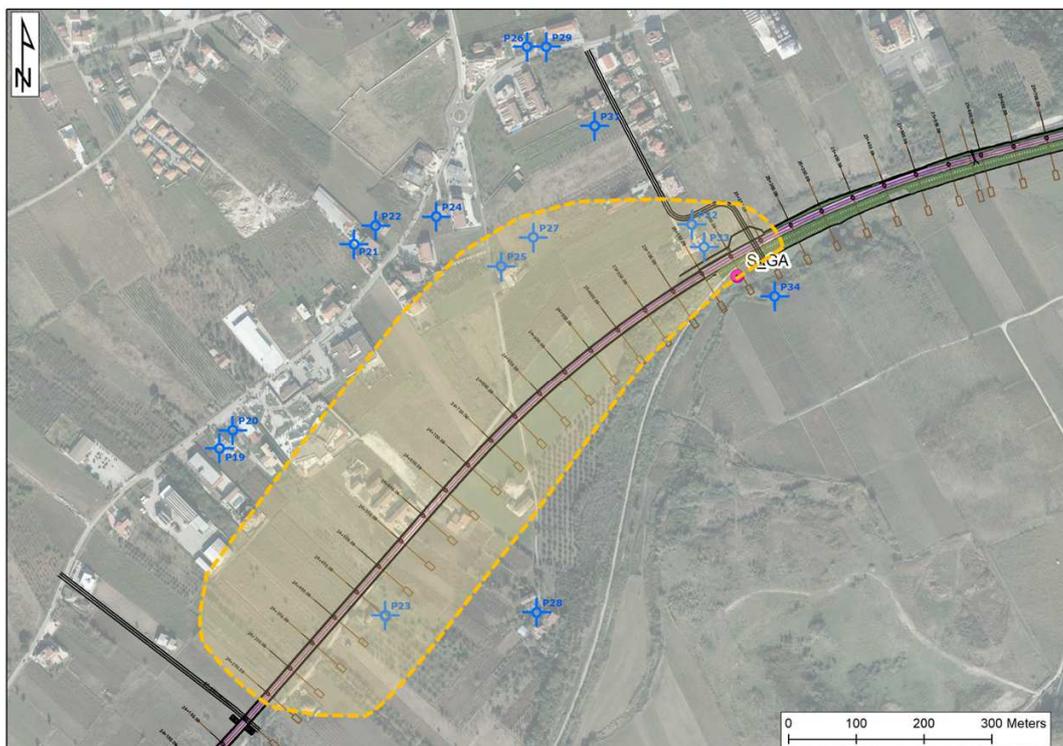


Figura 39 – Possibile areale di impatto sui pozzi e la sorgente S_GA nella porzione terminale della G.A Telese

Come per la sorgente S_GA descritta poco sopra, il possibile impatto andrà verificato con un monitoraggio dei livelli idrici stabilizzati e delle portate nei pozzi della zona che dovrà iniziare prima della fase di costruzione e protrarsi per tutto il tempo di scavo dell'opera.

10.4 CONDIZIONI DI DEFLUSSO IDRICO SOTTERRANEO

La ricostruzione dell'andamento delle isopiezometriche della falda superficiale evidenzia una direzione media di deflusso da nord-est verso sud ovest e da est verso ovest nella parte iniziale del tracciato dove questo prima affianca l'asse del fiume Volturno e successivamente attraversa il fiume Calore. Entrambi questi assi fluviali, in condizioni di regime normale, agiscono come assi drenanti, mentre è possibile che in condizioni di piena abbiano una funzione di alimentazione sui terreni posti nelle aree a contatto con il fiume.

Buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione latero-verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici secondari che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati come degli *acquiclude* o degli *acquitard*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei principali, portando alla formazione di locali emergenze sorgentizie.

I litotipi prevalentemente argilloso-limosi e argilloso-marnosi del substrato presentano una permeabilità per porosità e fessurazione variabile da impermeabile a bassa e, quindi, sono caratterizzati dall'assenza di falde o corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza. Nello schema di circolazione idrica dell'area, tali terreni possono quindi essere considerati come degli *acquiclude* di notevole importanza, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei più importanti.

I litotipi più grossolani del Tufo Grigio Campano, affioranti lungo la piana alluvionale del fiume Volturno, rappresentano acquiferi di particolare interesse per i settori Sud-occidentali della zona di studio. All'interno di tali depositi si sottolinea la presenza di importanti falde freatiche a carattere perenne, spesso captate con pozzi per l'approvvigionamento idrico dei centri abitati della zona. Tali acquiferi sono spesso in comunicazione con le falde idriche dei sistemi alluvionali, a cui sono giustapposti sia lateralmente che verticalmente. Sono sede di corpi idrici sotterranei di particolare rilevanza, in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o confinate. Le direzioni di deflusso sono generalmente piuttosto variabili e disomogenee, in quanto controllate dalla presenza di fratture e cavità. In relazione alla relativa profondità delle falde rispetto alla superficie topografica, le emergenze sorgentizie sono piuttosto rare.

I depositi meno permeabili del Tufo Grigio Campano, di natura pelitica o tufacea, sono privi di corpi idrici sotterranei di una certa rilevanza e in generale costituiscono degli *acquitarde* di importanza variabile per i termini vulcanoclastici più grossolani. I suddetti depositi, infatti, tendono a confinare lateralmente e verso l'alto gli acquiferi dei termini cineritici più permeabili, limitando di fatto l'infiltrazione efficace superficiale e riducendo notevolmente la capacità di ricarica dei suddetti acquiferi a seguito delle precipitazioni meteoriche.

I sedimenti alluvionali e fluvio-lacustri più grossolani rappresentano gli acquiferi più importanti di tutta l'area di studio, in quanto caratterizzati da notevole estensione ed elevata trasmissività. Costituiscono dei sistemi idrogeologici particolarmente articolati e complessi, in quanto direttamente influenzati dalle forti variazioni granulometriche dei depositi e dalla presenza di locali intercalazioni pelitiche di bassa permeabilità. Sono sede di corpi idrici sotterranei in parte separati ed in parte interconnessi, con caratteristiche di falde libere o semiconfinite. Tali falde presentano dei gradienti idraulici generalmente piuttosto bassi e, in generale, risultano alimentate dalle precipitazioni meteoriche e dai principali corsi d'acqua dell'area.

In corrispondenza delle principali piane alluvionali, le suddette falde sono situate a pochi metri di profondità dal piano campagna e presentano un andamento blandamente degradante verso l'alveo attuale. In corrispondenza dei maggiori terrazzi alluvionali, al contrario, le falde idriche di tali depositi sono situate a diverse decine di metri di profondità dal piano campagna e mostrano un andamento fortemente influenzato dalla morfologia dell'orizzonte impermeabile di base, con la formazione di sorgenti superficiali in prossimità della base dei rilievi, come osservato, ad esempio, nell'area dell'imbocco est della G.A. Teleso.

I litotipi travertinoso-sabbiosi intercalati alle successioni alluvionali e vulcanoclastiche sono invece caratterizzati da falde freatiche di scarsa rilevanza, essenzialmente a causa della ridotta estensione latero-verticale dei depositi. Si tratta di falde a carattere sia perenne che stagionale, localmente autonome ma globalmente a deflusso unitario, alimentate sia dalle precipitazioni meteoriche che dai principali corpi idrici superficiali dell'area.

I terreni essenzialmente pelitici delle successioni alluvionali e fluvio-lacustri sono caratterizzati da un coefficiente di permeabilità variabile da impermeabile a basso e, in generale, sono privi di falde o corpi idrici sotterranei di particolare rilevanza. In particolare, i termini pelitici di origine fluvio-lacustre sono caratterizzati da una notevole estensione e, quindi, costituiscono un *acquiclude* di grande importanza per tutti gli acquiferi quaternari ad essi giustapposti. I depositi argilloso-limosi di genesi alluvionale, al contrario, sono contraddistinti da una ridotta estensione latero-verticale e, pertanto, costituiscono dei limiti di permeabilità di scarsa rilevanza ai fini del deflusso idrico sotterraneo dei principali corpi idrogeologici dell'area.

Nella zona Sud-occidentale, tra il fondovalle del F. Volturno e la Piana di Teleso, la ricostruzione della superficie piezometrica ha evidenziato la presenza di una falda idrica sotterranea piuttosto estesa, posta nei depositi quaternari più grossolani e permeabili. Tale falda mostra un carattere chiaramente freatico e, in generale, risulta sostenuta dai termini prevalentemente pelitici della successione fluvio-lacustre, a meno dei settori ad est del centro abitato di Teleso dove risulta tamponata dai termini argilloso-marnosi del substrato.

11 SISMICITÀ DELL'AREA

Le caratteristiche di sismicità dell'Italia centro-meridionale sono da porre in relazione, sostanzialmente, con il complesso assetto strutturale dei settori più esterni della Catena Appenninica e della fascia di transizione tra i domini di Avanfossa e quelli di Avampaese (Del Gaudio et al. 2007; Pino et al. 2008). Nell'area sono stati condotti numerosi studi che hanno fornito una accurata interpretazione dei diversi terremoti storici verificatisi in questo settore di territorio, individuando le strutture sismogenetiche responsabili e le loro caratteristiche principali (Frepoli & Amato 2000; Venisti et al. 2004; Del Gaudio et al. 2007; Pierri et al. 2008; Pino et al. 2008).

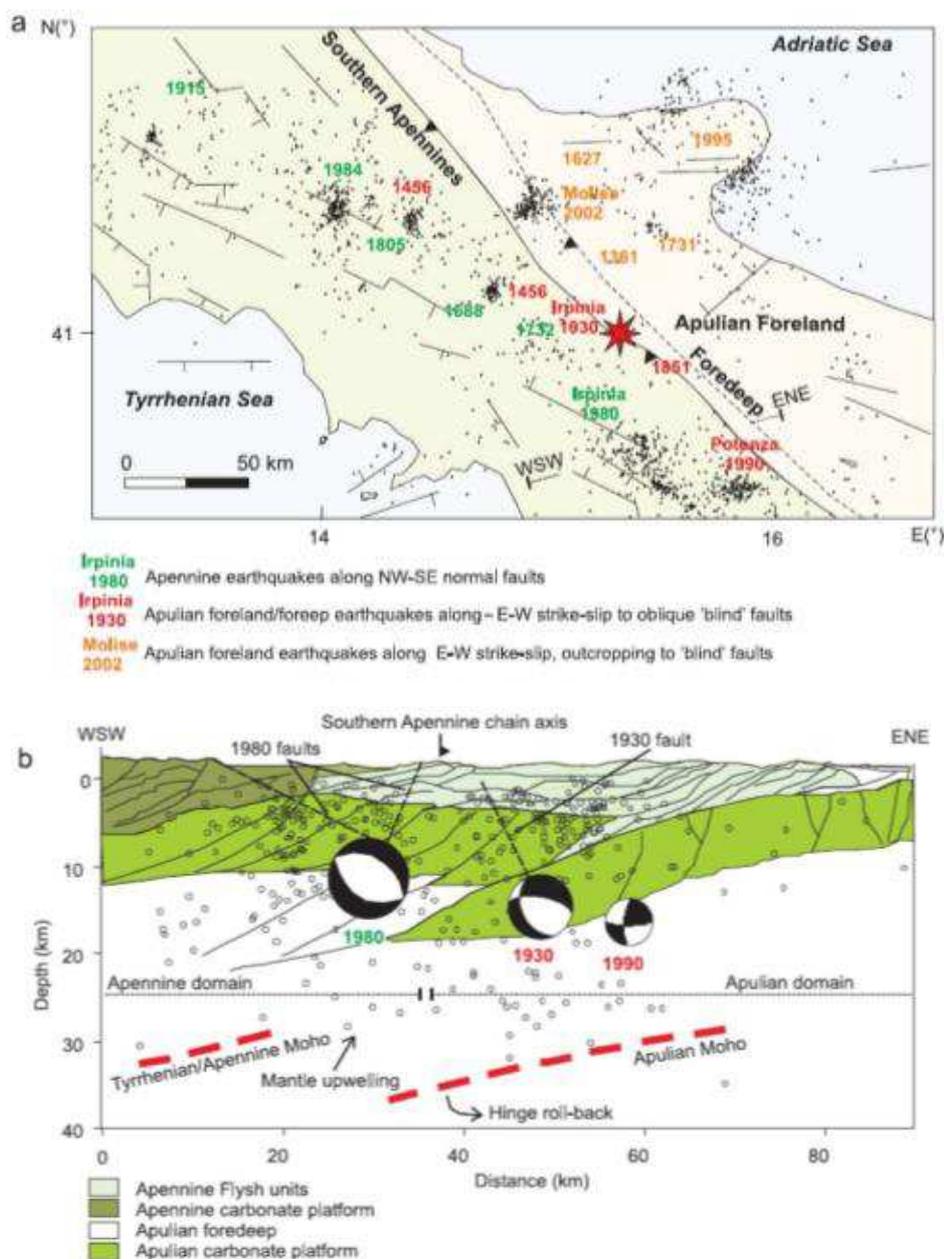


Figura 40 – Interpretazione dei principali elementi sismotettonici dell'Appennino meridionale: (a) in pianta e (b) in sezione (da Pino et al. 2008).

In particolare, l'Appennino Campano ricade in uno dei settori di catena con la più alta manifestazione di attività sismica. Tale sismicità risente infatti dei numerosi sistemi di faglie normali presenti lungo la Catena Appenninica, che hanno determinato un sollevamento generalizzato della stessa (Ciaranfi et al. 1983) e la formazione di importanti bacini intra-montani. I suddetti sistemi di faglie presentano una orientazione prevalentemente NW-SE e si muovono in risposta ad un campo di deformazione estensionale attivo dal Pleistocene medio-superiore (Cinque et al. 1993), il cui asse di minimo stress (σ_3) è orientato all'incirca in senso anti-appenninico (Amato et al. 1995; Kiratzi 1994; Mariucci & Muller 2003; Montone et al. 2004).

L'esistenza di tale campo di deformazione si manifesta con una sismicità localizzata entro i primi 20 km di crosta (Castello et al. 2005; Chiarabba et al. 2005) e con meccanismi focali prevalentemente distensivi o trastensivi (Montone et al. 2004; Vannucci & Gasperini 2004).

La consultazione del database DISS (vers. 3.2.1., 2018), relativo alle potenziali sorgenti sismogenetiche con magnitudo maggiore di 5.5, mostra che il tracciato di progetto non risulta interessato dalla presenza di potenziali faglie sismogenetiche. La fascia di sorgenti composite più vicina è posta circa 4 km a NE della zona di studio ed è rappresentata dalla sorgente composta ITCS024 *Miranda-Apice*, che contiene la sorgente individuale *Tammaro Basin* (profondità stimata 1-14 Km, magnitudo massima 6.6, *Slip rate* 0.1-1 mm/anno).

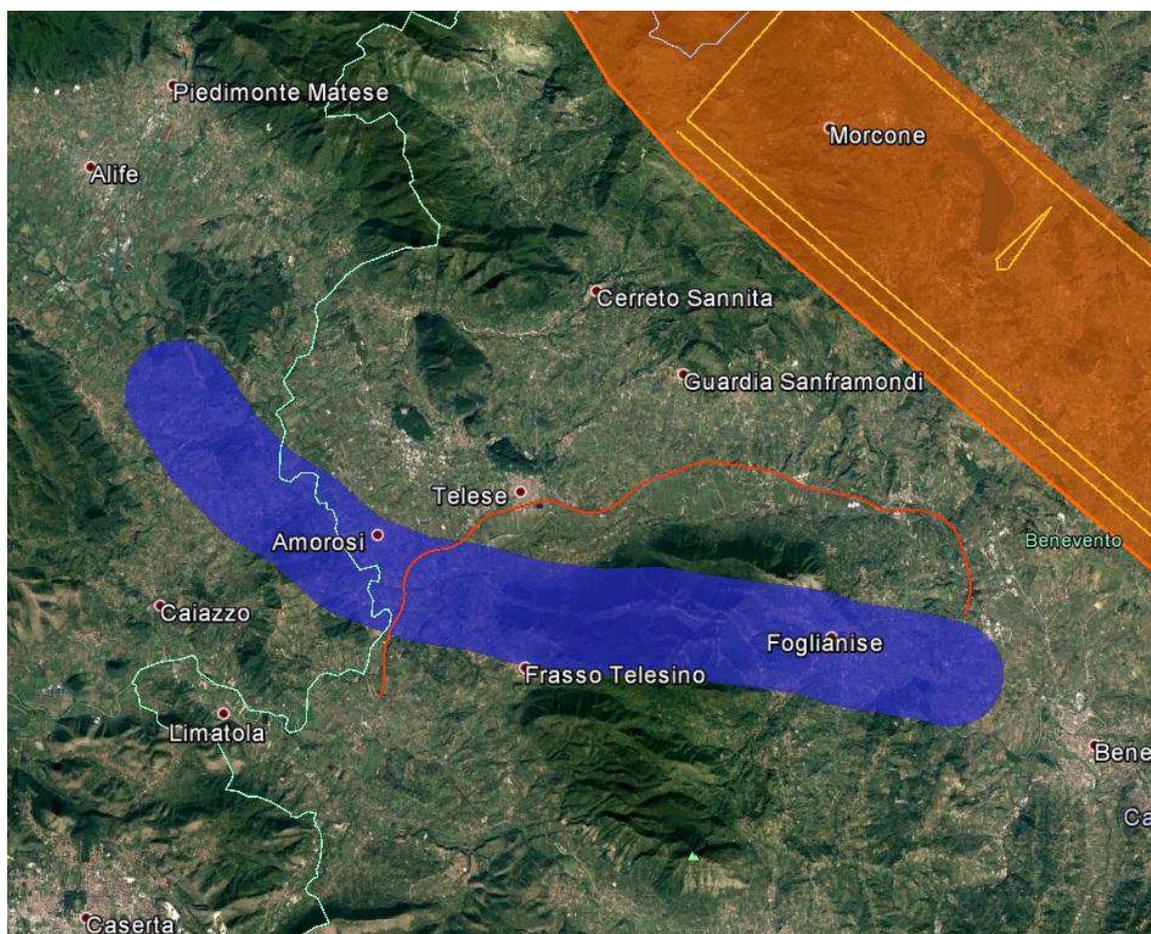


Figura 41 – Localizzazione delle potenziali sorgenti di terremoti con $M > 5.5$ nell'area di studio (da DISS Working group 2016 <http://diss.rm.ingv.it/diss/>); in colore rosso è indicato il tracciato di interesse progettuale.

Ad ogni modo, è da segnalare la presenza di una fascia di Sorgenti Sismogenetiche Dibattute tra il km 18+900 e il km 23+900 circa. Questa categoria di sorgenti contiene faglie proposte come potenziali sorgenti sismogenetiche in letteratura ma non ancora incluse (o non includibili) nelle altre categorie di sorgenti del DISS (individuali o composite). I motivi che non hanno permesso tale inclusione spaziano dalla mancanza di evidenze geologiche

stringenti a problemi di incompatibilità geometrico-cinematica con le sorgenti sismogenetiche individuali e composite già presenti nel database.

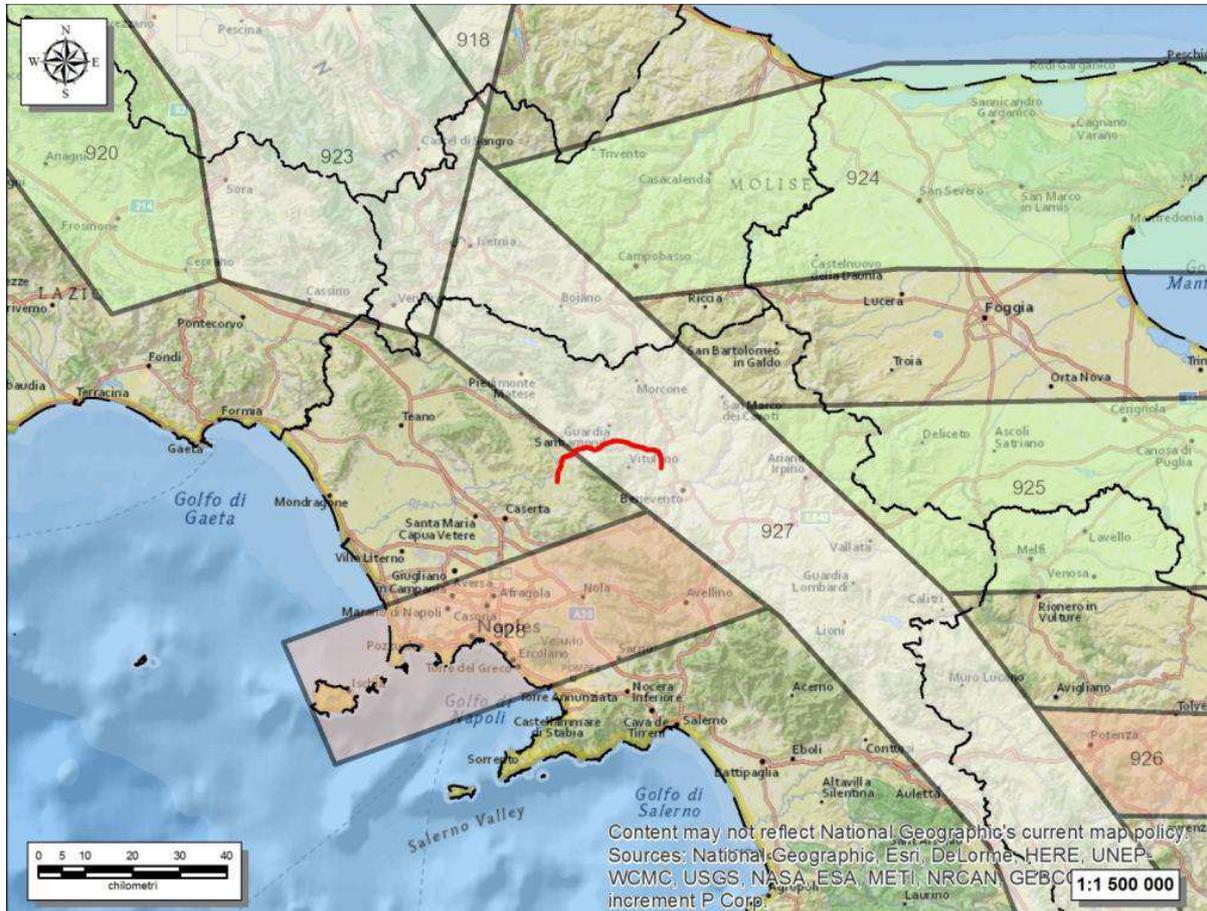


Figura 42 – Stralcio della zonazione sismogenetica ZS9 (da Meletti & Valensise 2004, http://www.pcn.minambiente.it/arcgis/services/Zone_sismogenetiche_ZS9); in colore rosso è indicato il tracciato ferroviario di progetto.

Relativamente alla vigente zonazione sismogenetica del territorio nazionale ZS9 (Meletti & Valensise 2004), la porzione più orientale del tracciato ferroviario in oggetto, a partire dal km 24+400 circa, ricade all'interno della **Zona 927 Sannio-Irpinia-Basilicata**. Sulla base degli studi sismologici più aggiornati, in tale settore sono attesi terremoti di media profondità ($P = 8-12$ km) e di elevata magnitudo ($M_{max} = 7.06$), riconducibili a meccanismi di fagliazione prevalentemente normale.

11.1 SISMICITÀ STORICA

Nonostante il catalogo sismico copra un intervallo di tempo di oltre 2000 anni, molti degli eventi registrati sono concentrati negli ultimi sei secoli, tra il 1456 e il 1980, anche per via della maggiore accuratezza e completezza dei documenti storici rinvenuti. In particolare, l'ultimo terremoto di grande intensità epicentrale è stato quello del 23 novembre 1980, con una magnitudo momento pari a 6.9 ed una intensità epicentrale del X grado MCS (Carannante et al. 2012). Questo terremoto è stato il più forte degli ultimi ottanta anni e ha causato circa 3000 vittime e la totale distruzione di almeno 15 paesi (Postpischl 1985).

DATA	ORA	AREA EPICENTRALE	I (MCS)	I ₀	M _w
05/12/1456	-	Appennino centro-meridionale	9	11	7.19
05/06/1688	15:30	Sannio	11	11	7.06
08/09/1694	11:40	Irpinia-Basilicata	6	10	6.73
14/03/1702	05:00	Sannio-Irpinia	9	10	6.56
14/01/1703	18:00	Valnerina	6-7	11	6.92
29/10/1732	07:40	Irpinia	7-8	10-11	6.75
26/07/1805	21:00	Molise	8	10	6.68
14/08/1851	13:20	Vulture	F	10	6.52
16/12/1857	21:15	Basilicata	7-8	11	7.12
08/09/1905	01:43	Calabria meridionale	3	10-11	6.95
13/01/1915	06:52	Marsica	5	11	7.06
23/07/1930	00:08	Irpinia	7-8	10	6.67
21/08/1962	18:19	Irpinia	7	9	6.15
23/11/1980	18:34	Irpinia-Basilicata	7	10	6.81

Tabella 24 – Parametri sismici relativi ai principali terremoti storici verificatisi nell'Appennino meridionale (<http://emidius.mi.ingv.it/DBMI15>). Legenda: I= intensità massima, I₀= intensità epicentrale, M_w= Magnitudo momento.

Il sisma del 1980 è stato il primo per il quale è stata osservata una dislocazione in superficie, con rigetti fino a 1 m lungo le scarpate, e fu provocato da un complesso processo di fagliazione avvenuto lungo diversi segmenti di faglia compresi tra Nusco e Pano di S. Gregorio Magno (Chiocchini 2007; Carannante et al. 2012). Il meccanismo focale sintetico dell'intera rottura ha evidenziato, in particolare, un chiaro evento distensivo lungo un piano orientato N40W-N40W con pendenza di circa 60° e una bassa componente *strike slip*. Le scosse principali furono seguite da centinaia di *aftershocks*, compresi due eventi di MI = 4.9 (25 Novembre e 3 Dicembre), a profondità crostali differenti a seconda dei segmenti coinvolti, ma comunque entro i primi 20 km di profondità (Pantosti & Valensise 1990; Westaway 1992; Bernard & Zollo 1989).

Fatta eccezione per il terremoto del 1980, i dati derivanti dalla sismicità strumentale nella regione campana (Castello et al. 2005) e riferibili ad un periodo che va dal 1981 al 2007, mostrano come la sismicità si manifesti con sequenze sismiche di bassa energia e a sciame, i cui ipocentri sono concentrati all'interno dei primi 10-20 km di crosta (Chiarabba et al. 2005; Gruppo di Lavoro MPS 2004), in analogia con il resto della sismicità appenninica. Nell'area non si evidenziano sequenze sismiche di particolare importanza, fatta eccezione per quella verificatasi nel periodo Aprile-Ottobre 2005, i cui eventi hanno raggiunto il 21 Maggio una magnitudo locale di 3.7 ed una profondità massima di circa 17 km (Carannante et al. 2012). Nonostante la bassa sismicità che contraddistingue il settore casertano, l'area di intervento risulta comunque molto prossima al settore beneventano, che presenta al contrario un elevato rischio sismico (Alessio et al. 1996; Barbano et al. 1989).

Il settore beneventano, infatti, è condizionato dalla sismicità compresa all'interno di due importanti zone sismogenetiche, caratterizzate da elevati valori attesi in termini di intensità MCS (Carannante et al. 2012). Immediatamente a Sud del M. Camposauro, è stata ipotizzata la presenza nel sottosuolo di una importante struttura sismogenetica responsabile del terremoto del 1688 (Cinque et al. 2000; Valensise & Pantosti 2001; Vilardo et al. 2003; Di Bucci et al. 2005). In particolare, bisogna porre l'attenzione sul forte rilascio di energia sismica in una zona dove *slip rates* bassi e quindi, tempi di ricorrenza lunghi, potrebbero trarre in inganno ed indurre a sottovalutare il potenziale sismogenetico di molte strutture (Valensise & Pantosti 2001). Un quadro differente è deducibile, invece, dalla sismicità storica delle regioni circostanti come il Molise e la Basilicata, per le quali sono noti molti eventi le cui intensità epicentrali superiori a IX grado MCS e magnitudo momento pari a 6.96 (Carannante et al. 2012).

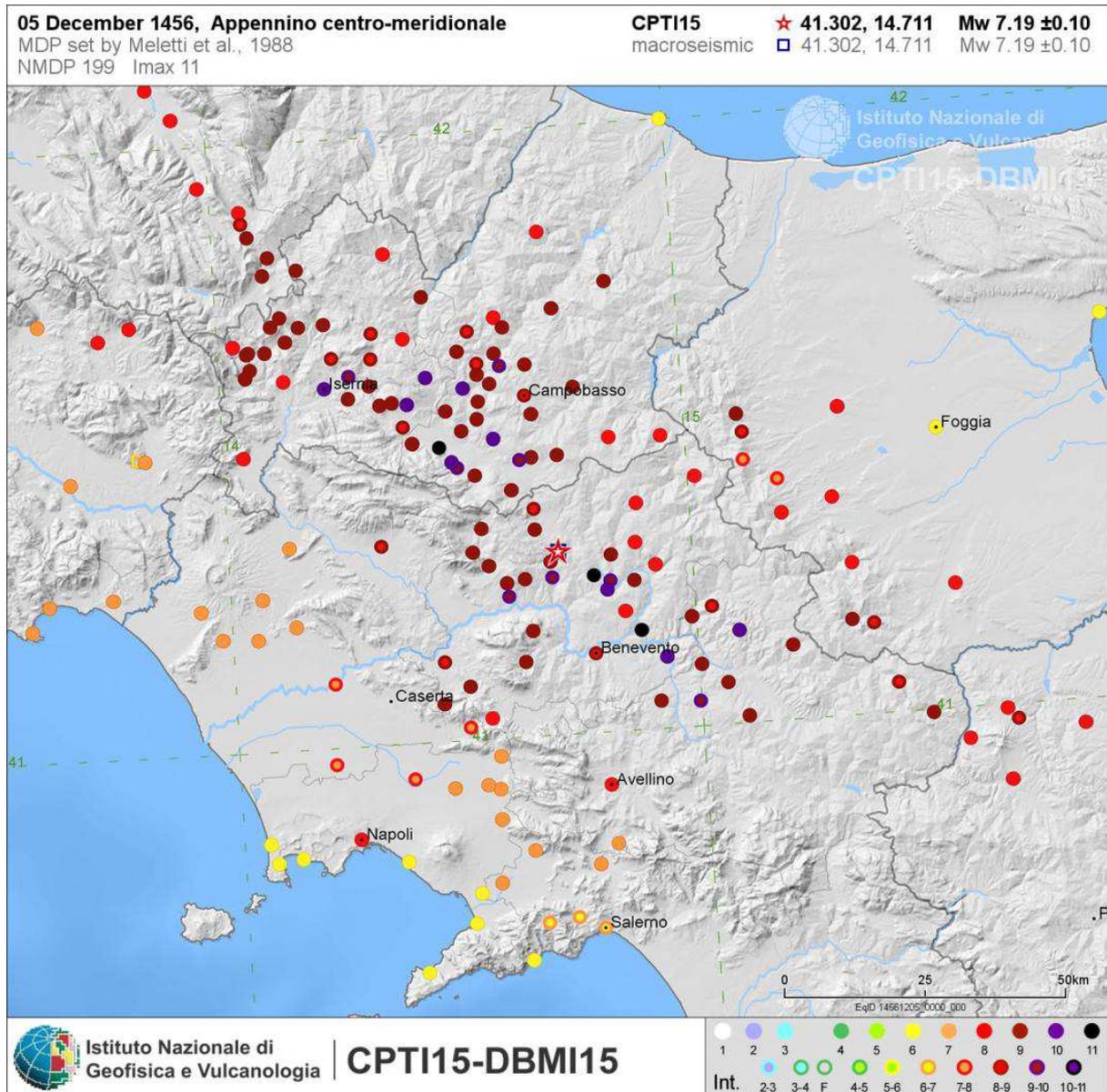


Figura 43 - Distribuzione del danneggiamento prodotto dal terremoto del 1456 nell'area di studio (<http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15>).

In occasione del terremoto del 26 luglio 1805, l'isosista VIII grado MCS risulta curvata proprio in corrispondenza del Taburno-Camposauro e allungata in direzione della Piana Campana (Postpischl 1985; Esposito et al. 1987, Esposito et al. 1988), così come l'isosista VII grado MCS del terremoto lucano del 16 Dicembre 1857, investe la stessa area anche se con un andamento differente (Postpischl 1985; Porfido et al. 1988). Anche la ricostruzione dell'isosista IX grado MCS dei terremoti del 1456, 1688, 1702 e del 1930 mostra un parziale interessamento dell'area (Alessio et al. 1996), stavolta con un caratteristico allungamento in senso appenninico. In particolare, si ritiene che il terremoto del 1456 si sia manifestato attraverso scosse multiple su tre diversi segmenti di faglia, uno dei quali localizzato nel Sannio (Carannante et al. 2012). La sorgente sismogenetica di questo sisma, come degli altri eventi, sarebbe da ricercare nell'Avampae Apulo e nei lineamenti orientati E-W, differentemente dal resto della sismicità appenninica. Anche in questo caso è riportata una vistosa curvatura delle isosiste in direzione della piana Campana, con l'estensione dell'area di danneggiamento che investe chiaramente la città di Caserta (Carannante et al. 2012).

Come si può notare dai dati contenuti nel Catalogo Parametrico dei Terremoti italiani (CPTI15), l'area in questione è stata interessata dagli effetti di diversi eventi sismici di una certa intensità, come quello del 1688 di magnitudo 7.06 (Sannio) o del 1456 di magnitudo 7.19 (Appennino centro-meridionale). Tuttavia, quest'area, in passato, ha mostrato di subire danni anche per terremoti localizzati in aree più lontane, come quello del 1857 di magnitudo 7.12 (Basilicata) o del 1930 di magnitudo 6.67 (Irpinia).

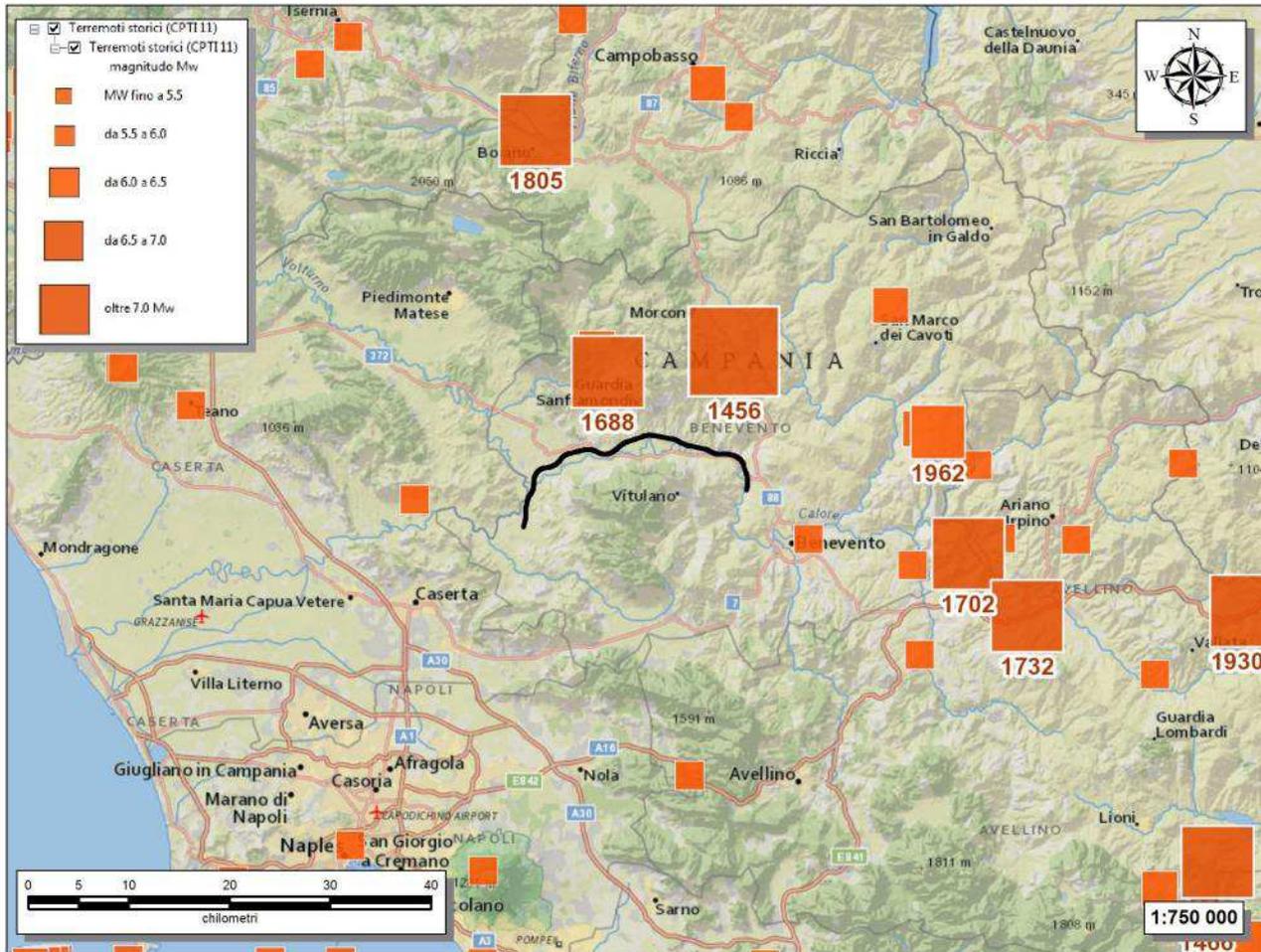


Figura 44 – Ubicazione dei principali terremoti storici che hanno interessato l'area di studio (da catalogo CPTI15). In colore nero è riportata l'intera tratta ferroviaria di interesse.

Nelle figure seguenti sono elencati gli eventi sismici riportati nel Database Macrosismico Italiano pubblicato dall'INGV (versione DBMI15) al fine di documentare la storia sismica dei centri abitati della provincia di Benevento ricadenti nelle aree di progetto quali Amorosi, Benevento, Castelvenere, Dugenta, Guardia Sanframondi, Melizzano, Ponte, San Lorenzo Maggiore, Solopaca, Telese e Torrecuso (<http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Amorosi

[41.202, 14.462]

Numero eventi: 14

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
3	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5	4.26
NF	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4.69
07-ago	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
7	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
4	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
3	1997 04 22 03 12 03.61	Sannio-Matese	57	5	4.06
NF	1997 10 14 15 23 10.64	Valnerina	786		5.62
3	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2005 05 21 19 55 19.0	Area Nolana	271	5	4.07
NF	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

Figura 45 – Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Amorosi (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

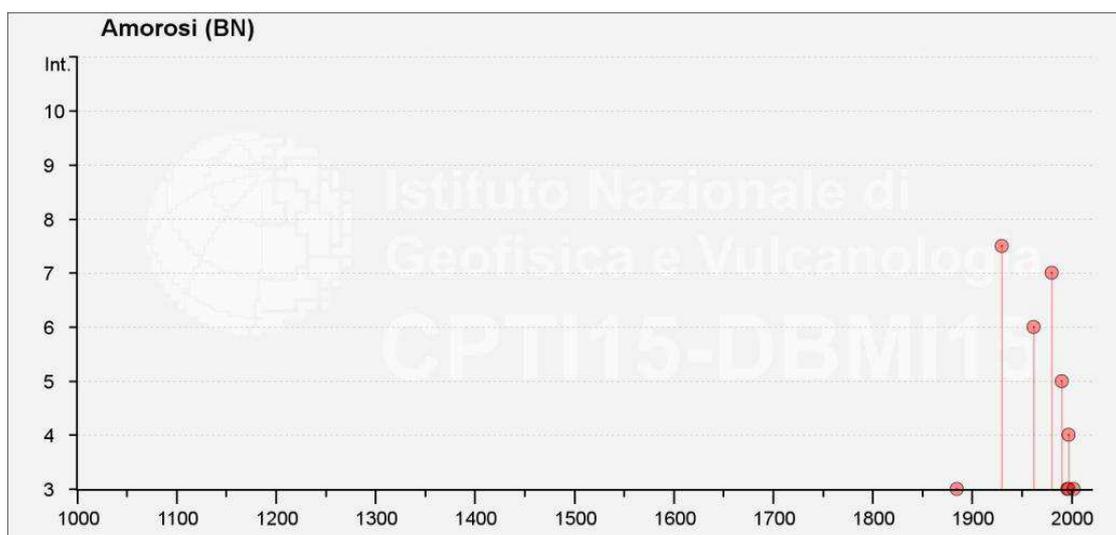


Figura 46 – Grafico illustrante la storia sismica di Amorosi. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Benevento

[41.131, 14.778]

Numero eventi: 78

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
6	1019 04 01	Benevento	1	6	4.63
6	1044 04 19 09	Benevento	1	6	4.63
6	1094 01 14	Benevento	1	6	4.63
7-8	1125 10 11	Benevento	1	7-8	5.33
5-6	1139 01 22	Benevento	1	5-6	4.4
8-9	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
5	1561 07 31 19 45	Vallo di Diano	22	9	6.34
4	1575 06 05 20 30	Napoli	2	5-6	3.25
6	1587	Benevento	1	6	4.63
5	1627 07 30 10 50	Capitanata	64	10	6.66
5	1688 01 14	Benevento	1	5	4.16
9	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7.06
6-7	1688 08 14	Beneventano	3	6-7	4.86
5-6	1688 10 12	Beneventano	1	5-6	4.4
6	1694 09 08 11 40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.73
7-8	1702 03 14 04 30	Sannio-Irpinia	4	6-7	4.86
9	1702 03 14 05	Sannio-Irpinia	37	10	6.56
7-8	1702 04 02 06 20	Sannio-Irpinia	4	6-7	4.86
6-7	1702 04 06 16 55	Sannio-Irpinia	1	6-7	4.86
6-7	1703 01 14 18	Valnerina	197	11	6.92
7-8	1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6.75
5	1733 07 16 04	Irpinia	2	5	4.16
6-7	1739 02 27 04 20	Benevento	3	5-6	4.4
F	1741 08 06 13 30	Irpinia	8	7-8	5.44
6	1782 01 11	Benevento	2	5	4.16
5-6	1794 06 12 22 30	Irpinia	16	7	5.26
6-7	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
6-7	1814 11 25	Beneventano	2	5-6	4.4
6	1814 12 01 06	Beneventano	1	6	4.63
5-6	1875 12 06	Gargano	97	8	5.86
3	1877 08 24 02 45	Lazio meridionale	54	7	5.21
6	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5	4.26
4	1885 12 26 02	Molise	28	5-6	4.66

Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	112 di 153

NF	1887 12 03 03 45	Calabria settentrionale	142	8	5.55
4	1889 12 08	Gargano	122	7	5.47
NF	1892 01 22	Colli Albani	81	7	5.14
3	1892 04 20	Gargano	15	6-7	5.02
4	1893 01 25	Vallo di Diano	134	7	5.15
NF	1893 08 10 20 52	Gargano	69	8	5.39
NF	1894 11 16 17 52	Calabria meridionale	303	9	6.12
5	1895 02 01 07 24 35.0	Monti del Partenio	40	5	4.29
4	1895 08 09 17 38 20.0	Adriatico centrale	103	6	5.11
NF	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4.69
4	1903 12 07 05 58	Beneventano	9	4-5	4.14
4-5	1903 12 07 19 45	Beneventano	4	4-5	3.93
5	1904 07 18 20 02	Beneventano	24	5	4.5
6-7	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.9
NF	1905 08 18 04 07	Tavoliere delle Puglie	41	5	4.61
3	1905 09 08 01 43	Calabria centrale	895	10-11	6.95
5	1905 11 26	Irpinia	122	7-8	5.18
5	1910 06 07 02 04	Irpinia-Basilicata	376	8	5.76
5	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
5	1915 01 13 06 52 43.0	Marsica	1041	11	7.08
3	1923 11 08 12 28	Appennino campano-lucano	28	6	4.73
3	1924 03 26 20 50	Sannio	12	4	4.06
5-6	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6	4.98
2	1930 04 27 01 46	Salernitano	26	7	4.98
7-8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
3	1931 05 10 10 48 55.0	Irpinia	43	5-6	4.64
3	1933 03 07 14 39	Irpinia	42	6	4.96
3	1933 09 26 03 33 29.0	Maiella	325	9	5.9
2	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
7	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
4-5	1971 05 06 03 45 05.0	Irpinia	68	6	4.83
4-5	1975 06 19 10 11	Gargano	61	6	5.02
4	1977 07 24 09 55 29.0	Irpinia	85	5-6	4.37
4	1978 02 08 04 10 29.0	Irpinia	100	5-6	4.44

7	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5-6	1981 02 14 17 27 45.0	Monti di Avella	85	7-8	4.88
4	1981 11 29 05 06 45.0	Potentino	14	5	4.51
NF	1984 04 29 05 02 59.0	Umbria setentrionale	709	7	5.62
4	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
3-4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
4-5	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53

Figura 47– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Benevento (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); I₀ intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

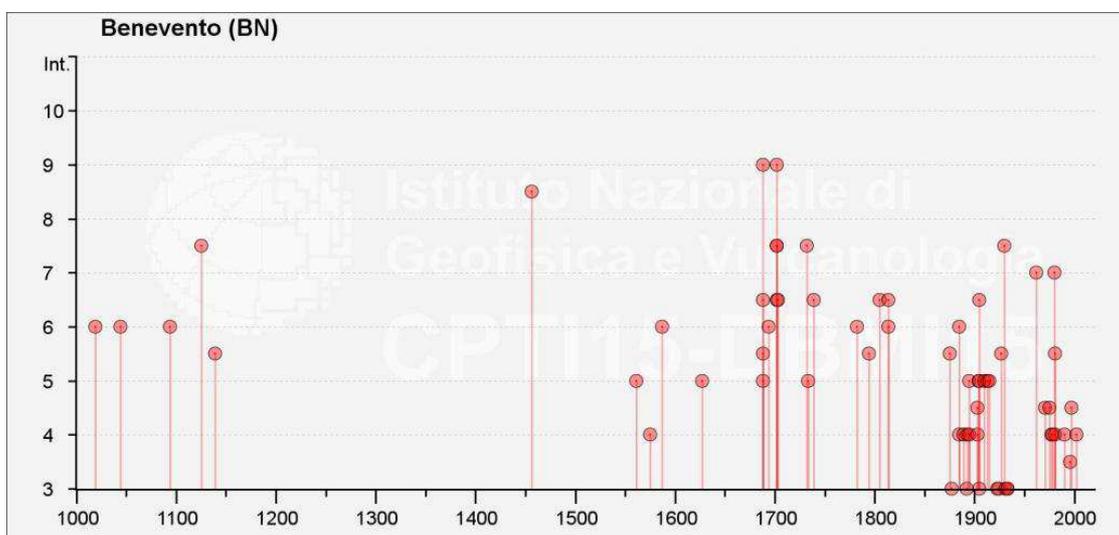


Figura 48– Grafico illustrante la storia sismica di Benevento. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Castelvenere

[41.234, 14.546]

Numero eventi: 11

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
9-10	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7.06
7-8	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
7-8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
6-7	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
7	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1990 04 22 09 45 04.66	Sannio	74	6	3.98
4-5	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
4-5	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2005 05 21 19 55 19.0	Area Nolana	271	5	4.07

Figura 49– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Castelvenere (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

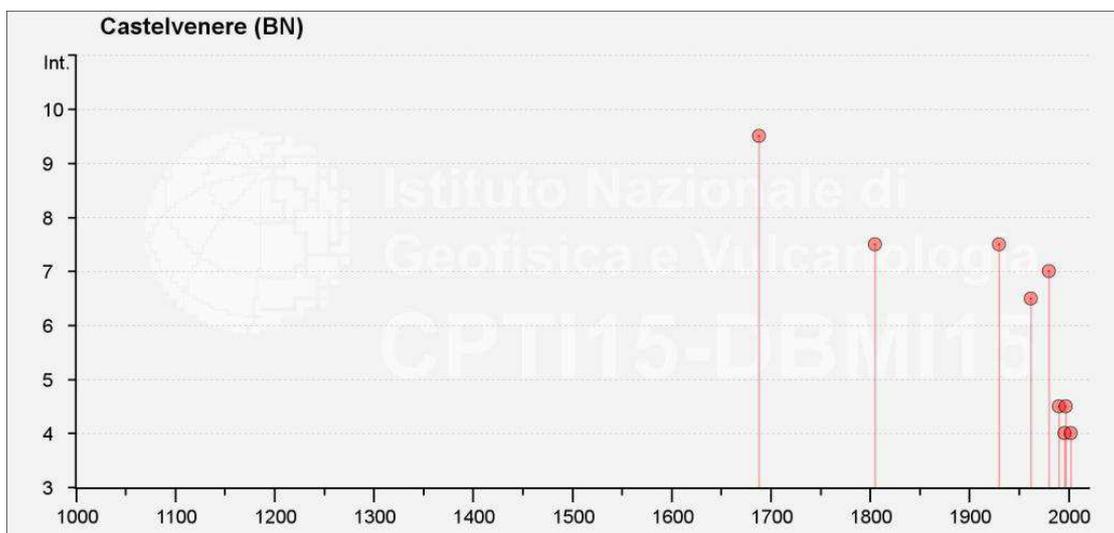
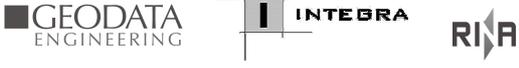


Figura 50– Grafico illustrante la storia sismica di Castelmola. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>115 di 153</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	115 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	115 di 153								

Storia sismica di Dugenta

[41.132, 14.452]

Numero eventi: 9

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
8-9	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
F	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4.69
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
6	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
4-5	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
4-5	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF	2005 05 21 19 55 19.0	Area Nolana	271	5	4.07

Figura 51– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Dugenta (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

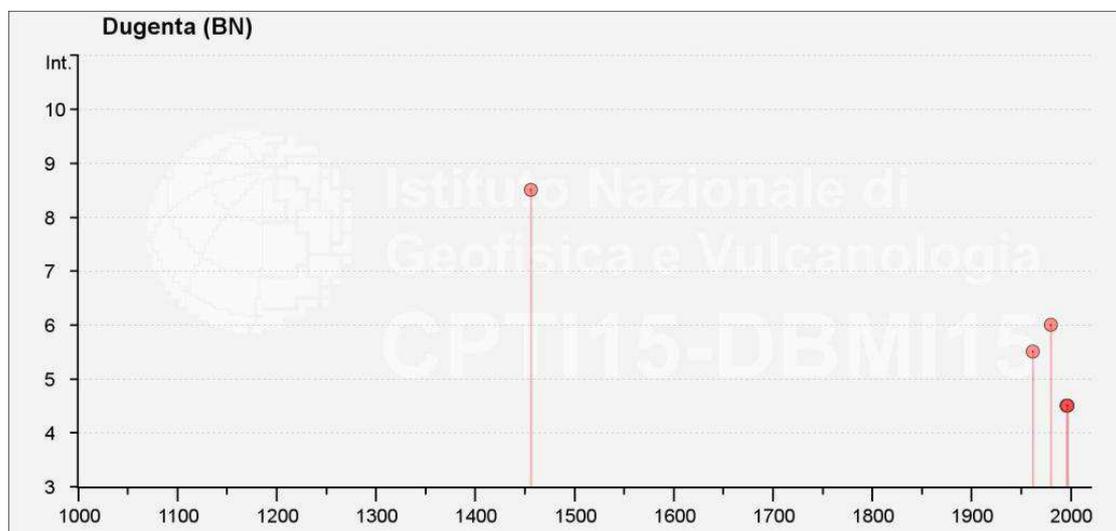


Figura 52– Grafico illustrante la storia sismica di Dugenta. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Guardia Sanframondi

[41.255, 14.597]

Numero eventi: 23

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
	9	1456 12 05	Appennino centro-meridionale	199	11	7.19
	11	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7.06
	8	1702 03 14 05	Sannio-Irpinia	37	10	6.56
	8	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
	3-4	1895 02 01 07 24 35.0	Monti del Partenio	40	5	4.29
	6	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6	4.98
	6-7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
	2	1937 07 17 17 11	Tavoliere delle Puglie	40	6	4.96
	5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
	2	1977 07 24 09 55 29.0	Irpinia	85	5-6	4.37
	6	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
	NF	1990 04 22 09 45 04.66	Sannio	74	6	3.98
	NF	1990 04 22 16 47 07.38	Sannio	34	5	3.63
	NF	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
	3	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
	NF	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
	4-5	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
	4	1997 04 22 03 12 03.61	Sannio-Matese	57	5	4.06
	3	1997 11 24 19 04 55.64	Sannio-Matese	46	5	3.88
	4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
	NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
	NF	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64
	5-6	2013 12 29 17 08 43.23	Matese	16	6-7	5.16

Figura 53– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Guardia Sanframondi (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); I_o intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

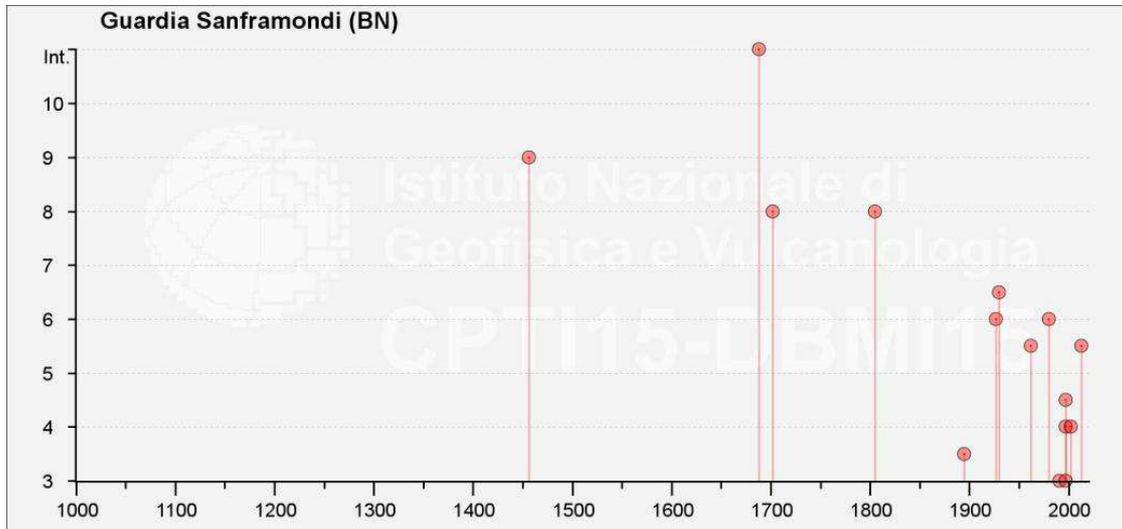


Figura 54– Grafico illustrante la storia sismica di Guardia Sanframondi. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPT115-DBMI15/>).

Storia sismica di Melizzano

[41.160, 14.505]

Numero eventi: 8

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
7-8	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
NF	1978 02 08 04 10 29.0	Irpinia	100	5-6	4.44
7	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
4-5	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
2-3	1997 04 22 03 12 03.61	Sannio-Matese	57	5	4.06
3	2005 05 21 19 55 19.0	Area Nolana	271	5	4.07

Figura 55– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Melizzano (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

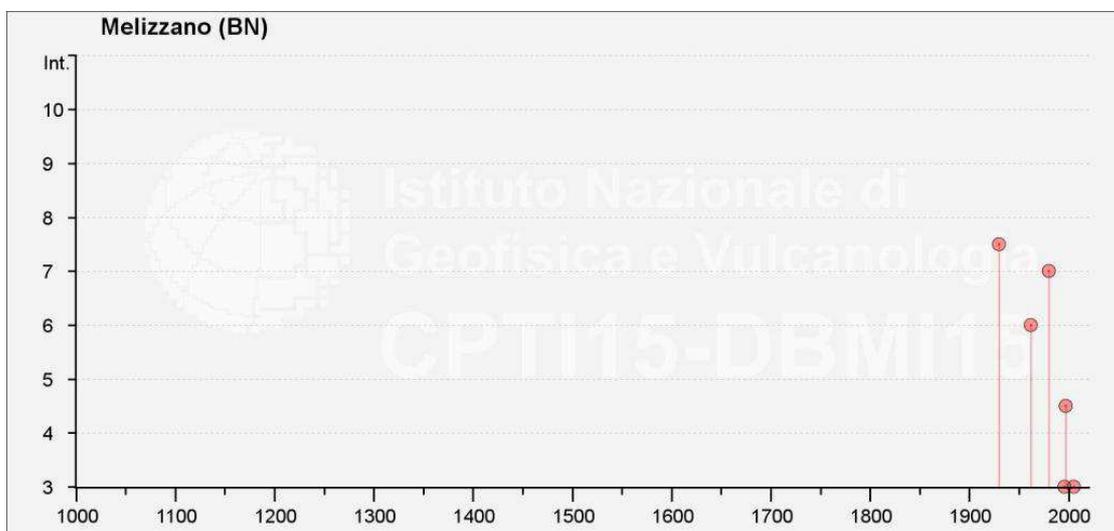


Figura 56– Grafico illustrante la storia sismica di Melizzano. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Ponte

[41.214, 14.696]

Numero eventi: 11

Effetti	In occasione del terremoto del:					
	I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
5-6		1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
5-6		1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
2		1977 07 24 09 55 29.0	Irpinia	85	5-6	4.37
3		1978 02 08 04 10 29.0	Irpinia	100	5-6	4.44
7		1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
3		1990 04 22 09 45 04.66	Sannio	74	6	3.98
2-3		1990 04 22 16 47 07.38	Sannio	34	5	3.63
5-6		1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
NF		1990 08 30 14 54	Beneventano	39	5-6	3.2
NF		1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08

Figura 57– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Ponte (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

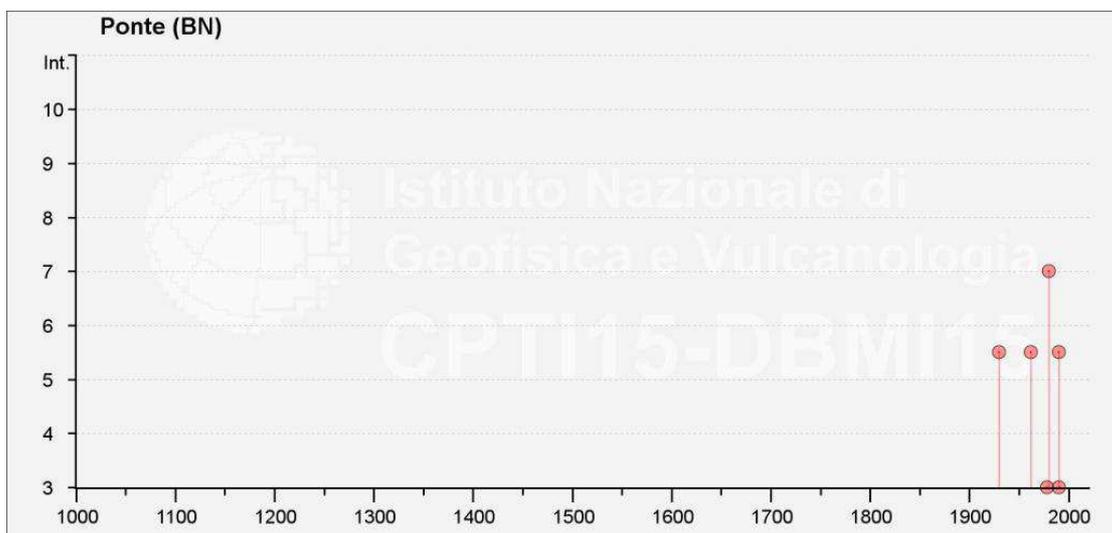


Figura 58– Grafico illustrante la storia sismica di Ponte. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di San Lorenzo Maggiore

[41.251, 14626]

Numero eventi: 16

Effetti I [MCS]	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
10	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7.06
5	1913 10 04 18 26	Molise	205	7-8	5.35
6	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
7	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
7	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia- Basilicata	1394	10	6.81
3	1990 04 22 09 45 04.66	Sannio	74	6	3.98
6	1990 04 22 16 47 07.38	Sannio	34	5	3.63
6	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
NF	1997 04 22 03 12 03.61	Sannio-Matese	57	5	4.06
5	1997 11 24 19 04 55.64	Sannio-Matese	46	5	3.88
4-5	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
4	2002 11 12 09 27 48.57	Molise	174	5-6	4.57
NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

Figura 59– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di San Lorenzo Maggiore (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

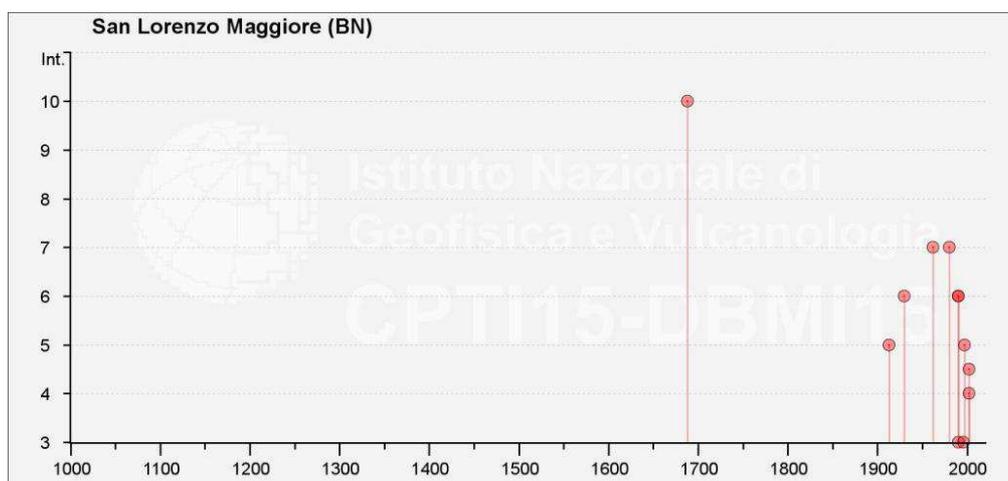


Figura 60– Grafico illustrante la storia sismica di San Lorenzo Maggiore. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Solopaca

[41.192, 14.548]

Numero eventi: 21

Effetti I [MCS]	In occasione del terremoto del:				
	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
8	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
F	1853 04 09 12 45	Irpinia	47	8	5.6
NF	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4.69
4-5	1905 03 14 19 16	Avellinese	94	6-7	4.9
5	1927 05 25 02 50	Sannio	54	6	4.98
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
NF	1958 06 24 06 07	Aquilano	222	7	5.04
6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
7	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
5	1984 05 07 17 50	Monti della Meta	912	8	5.86
NF	1990 04 22 09 45 04.66	Sannio	74	6	3.98
4	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
NF	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
2-3	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
4	1997 04 22 03 12 03.61	Sannio-Matese	57	5	4.06
NF	1997 11 24 19 04 55.64	Sannio-Matese	46	5	3.88
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
NF	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
3	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF	2006 05 29 02 20 06.26	Gargano	384		4.64

Figura 61– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Solopaca (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); I_o intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

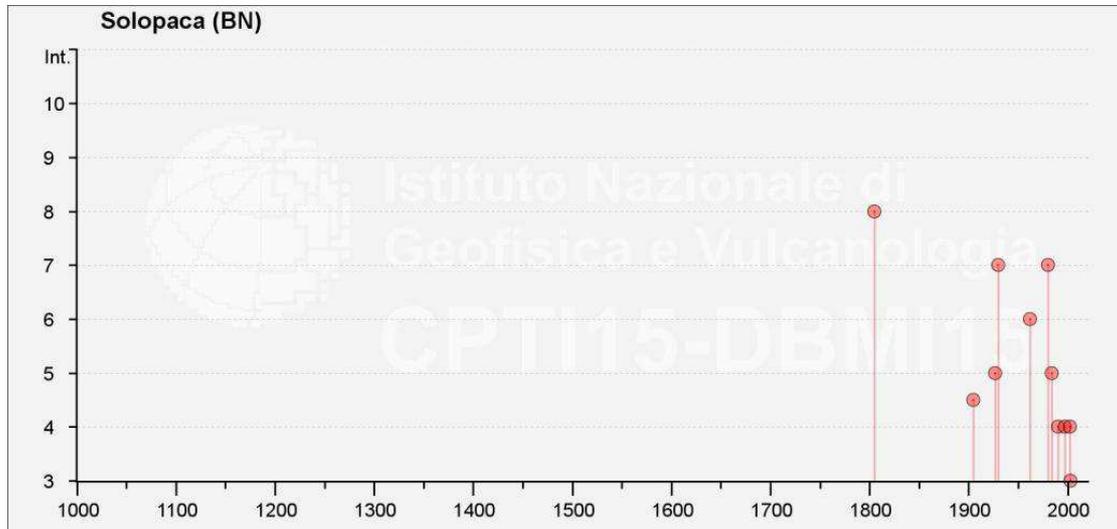


Figura 62– Grafico illustrante la storia sismica di Solopaca. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Telese

[41.216, 14.527]

Numero eventi: 17

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
9	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7.06
7	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
NF	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4.69
7	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
6	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1990 04 22 09 45 04.66	Sannio	74	6	3.98
4	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
NF	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
3	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
3	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
3	1997 04 22 03 12 03.61	Sannio-Matese	57	5	4.06
3	1997 11 24 19 04 55.64	Sannio-Matese	46	5	3.88
4	2002 11 01 15 09 01.92	Molise	638	7	5.72
2	2003 06 01 15 45 18.04	Molise	501	5	4.44
NF	2003 12 30 05 31 38.26	Molise	326	4-5	4.53
NF	2005 05 21 19 55 19.0	Area Nolana	271	5	4.07

Figura 63– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Telese (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); I_0 intensità massima (MCS); M_w magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

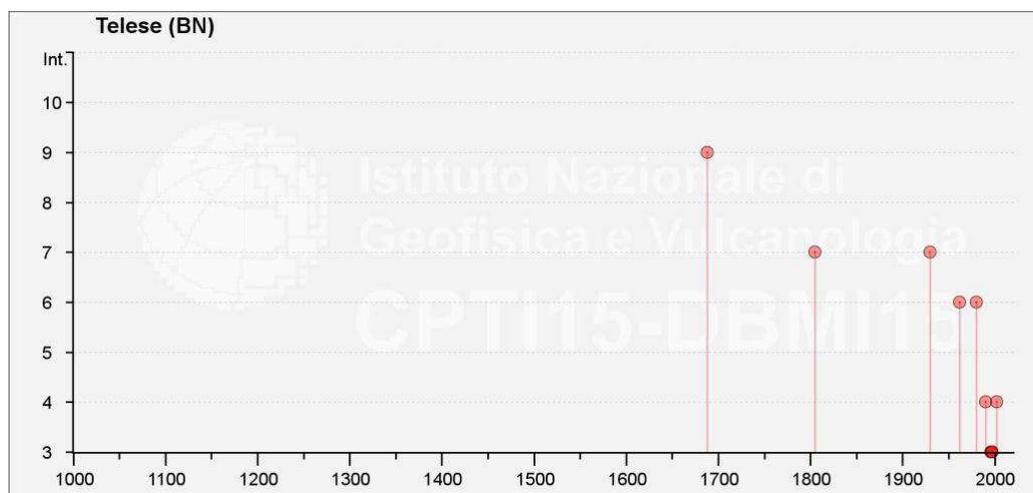


Figura 64– Grafico illustrante la storia sismica di Telese. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

Storia sismica di Torrecuso

[41.189, 14.680]

Numero eventi: 14

Effetti	In occasione del terremoto del:				
I [MCS]	Data	Ax	NMDP	Io	Mw
8	1688 06 05 15 30	Sannio	215	11	7.06
7	1732 11 29 07 40	Irpinia	183	10-11	6.75
8	1805 07 26 21	Molise	220	10	6.68
3	1885 09 17 09 35	Benevento	22	5	4.26
NF	1903 05 04 03 44	Valle Caudina	78	7	4.69
6	1930 07 23 00 08	Irpinia	547	10	6.67
5-6	1962 08 21 18 19	Irpinia	562	9	6.15
6	1980 11 23 18 34 52.0	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.81
NF	1990 05 05 07 21 29.61	Potentino	1375		5.77
5	1991 05 26 12 25 59.42	Potentino	597	7	5.08
4	1996 04 03 13 04 34.98	Irpinia	557	6	4.9
3-4	1997 03 19 23 10 50.02	Sannio-Matese	284	6	4.52
4	1997 04 22 03 12 03.61	Sannio-Matese	57	5	4.06
3-4	1997 11 24 19 04 55.64	Sannio-Matese	46	5	3.88

Figura 65– Sintesi dei principali terremoti storici che hanno interessato il centro abitato di Torrecuso (da Database Macrosismico Italiano, DBMI15). Legenda: I intensità al sito (MCS); Io intensità massima (MCS); Mw magnitudo momento; Ax Area epicentrale; NMDP numero di osservazioni macrosismiche del terremoto.

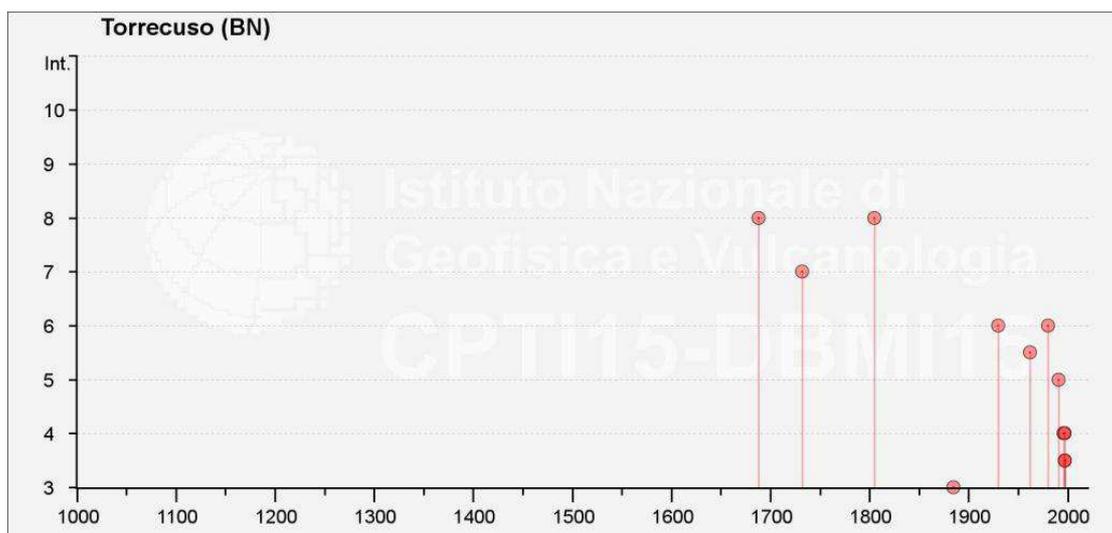


Figura 66– Grafico illustrante la storia sismica di Torrecuso. Sulle ascisse sono riportati i riferimenti temporali espressi in anni, sulle ordinate le intensità sismiche (I) degli eventi rilevati (da <http://emidius.mi.ingv.it/CPTI15-DBMI15/>).

11.2 SISMICITÀ ATTUALE

L'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20/03/2003 (e successive modifiche ed integrazioni) – “*Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di Normative tecniche per le costruzioni in zona sismica*” disciplinava la classificazione sismica dei comuni d'Italia. Secondo tale normativa, i comuni di Amorusi, Dugenta, Melizzano, Solopaca e Telesicadevano in **Zona sismica 2**, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici abbastanza forti mentre i comuni di Benevento, Castelvenere, Guardia Sanframondi, Ponte, San Lorenzo Maggiore e Torrecuso ricadevano in **Zona sismica 1**, ossia aree che potrebbero essere interessate da eventi sismici molto forti.

In seguito a tale classificazione, effettuata per ognuno dei comuni d'Italia, è stato emanato un nuovo provvedimento che prevede l'adozione delle stime di pericolosità sismica contenute nel Progetto S1 dell'INGV-DPC. Detto studio è stato condotto dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) che ha prodotto, per l'intera comunità nazionale, uno strumento scientificamente valido ed avanzato, nonché utilizzabile nell'immediato in provvedimenti normativi.

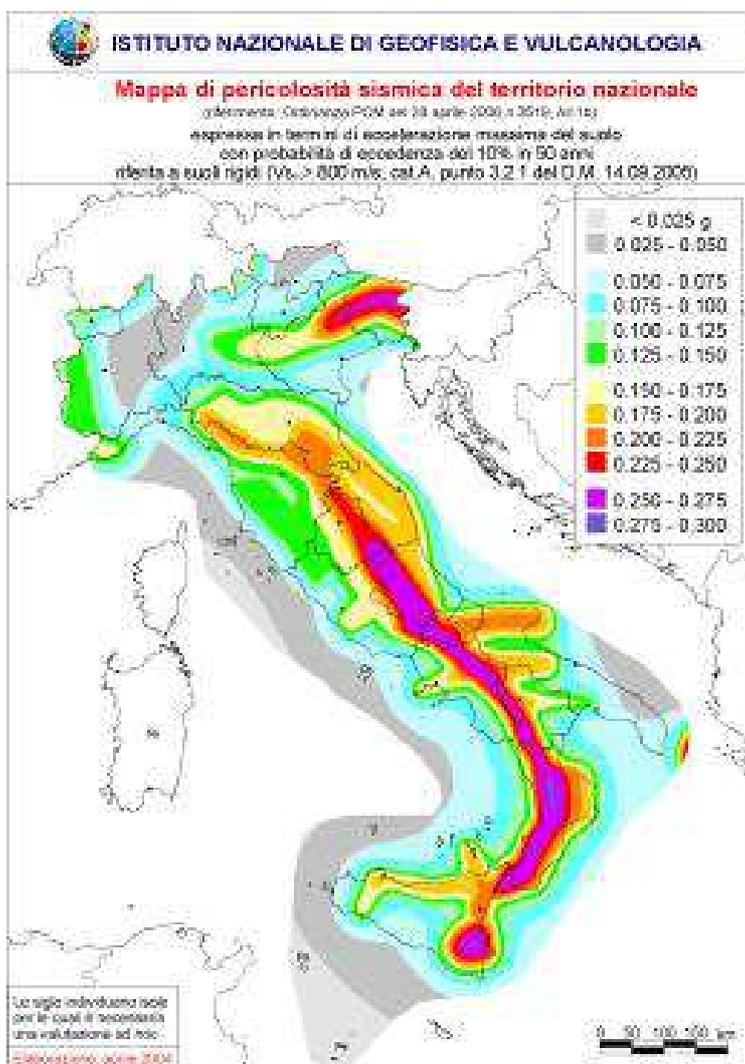


Figura 67 – Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (da Meletti & Montaldo 2007) contenuta nel Progetto S1 dell'INGV-DPC (<http://esse1.mi.ingv.it/d2.html>).

In particolare, con tale provvedimento è stato superato il concetto di una classificazione sismica legata al singolo territorio comunale e si è posta nuova attenzione sul concetto di una pericolosità sismica uniforme a livello

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <tr> <td>COMMESSA</td> <td>LOTTO</td> <td>CODIFICA</td> <td>DOCUMENTO</td> <td>REV.</td> <td>FOGLIO</td> </tr> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>126 di 153</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	126 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	126 di 153								

nazionale, stimata sulla base di quattro zone sismiche fondamentali. Infatti, la vecchia classificazione sismica produceva sovente numerose situazioni in cui un comune classificato sismico era fisicamente confinante con un comune non classificato e, pertanto, si assisteva ad un brusco cambiamento nei parametri sismici in un breve arco di territorio.

Attualmente, la pericolosità sismica è stimata con una precisione maggiore e, di fatto, le variazioni tra le caratteristiche sismiche di aree adiacenti sono sempre continue e graduali. Successivamente verrà quindi mantenuta la classificazione del territorio nazionale in quattro differenti classi sismiche, ma a scopo esclusivamente amministrativo.

All'attuale stato delle conoscenze e del progresso scientifico è possibile, attraverso l'applicazione *WebGIS*, consultare in maniera interattiva le mappe di pericolosità sismica (cfr. figura seguente). Nello specifico, per le zone di interesse i valori di accelerazione al suolo (con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni) sono compresi all'incirca nell'intervallo 0.150-0.275 a_g (accelerazione massima del suolo).

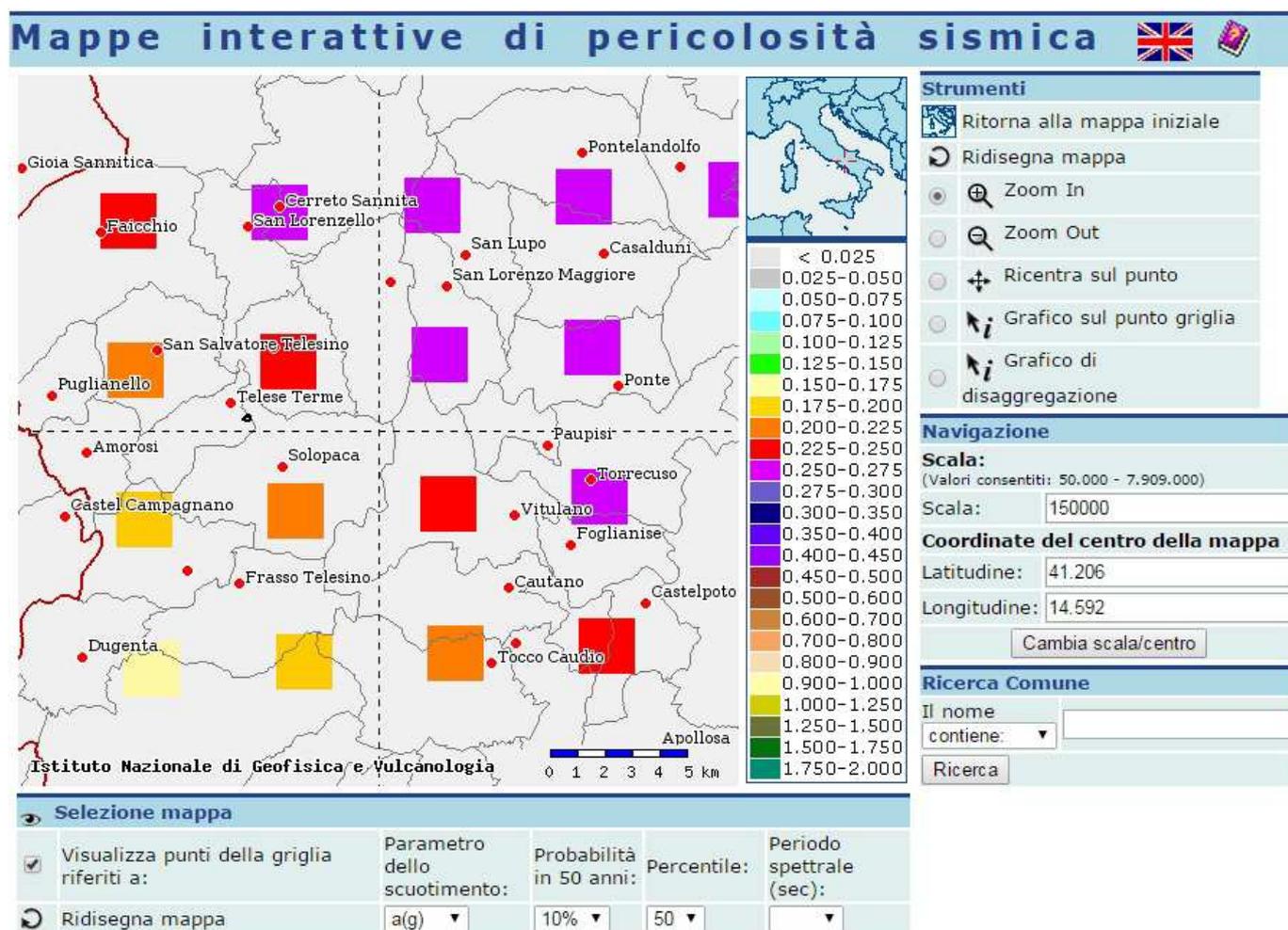


Figura 68 – Mappa interattiva di pericolosità sismica per le zone di interesse; i colori della legenda indicano le diverse accelerazioni del suolo (<http://esse1-gis.mi.ingv.it>).

Infine, il database del progetto *ITHACA (Italy Hazard from Capable faults)* riporta, nelle vicinanze della tratta in progetto, la presenza di alcune faglie capaci di importanza regionale. In particolare, al km 26+500 circa, il tracciato ferroviario interseca una faglia potenzialmente attiva e capace, ovvero una "faglia per la quale gli studi dimostrano un coinvolgimento dei terreni del Pleistocene medio-superiore, ma non necessariamente di depositi più recenti di 40000 anni" (Bramerini et al. 2015). Tale elemento, di tipo diretto, è denominato *Southern Matese* e fa parte dell'omonimo Sistema, per cui sono state riconosciute evidenze morfologiche di segmentazione e un'ultima attività

databile al Pleistocene medio (Bousquet et al. 1993; Basili et al. 1988; Ferranti 1994; Ferranti 1997). La struttura è orientata NW-SE e ribassa i settori Sud-occidentali della piana del fiume Calore, tagliando interamente i depositi dell'Unità di Maddaloni e solo in parte i soprastanti Depositi alluvionali terrazzati.

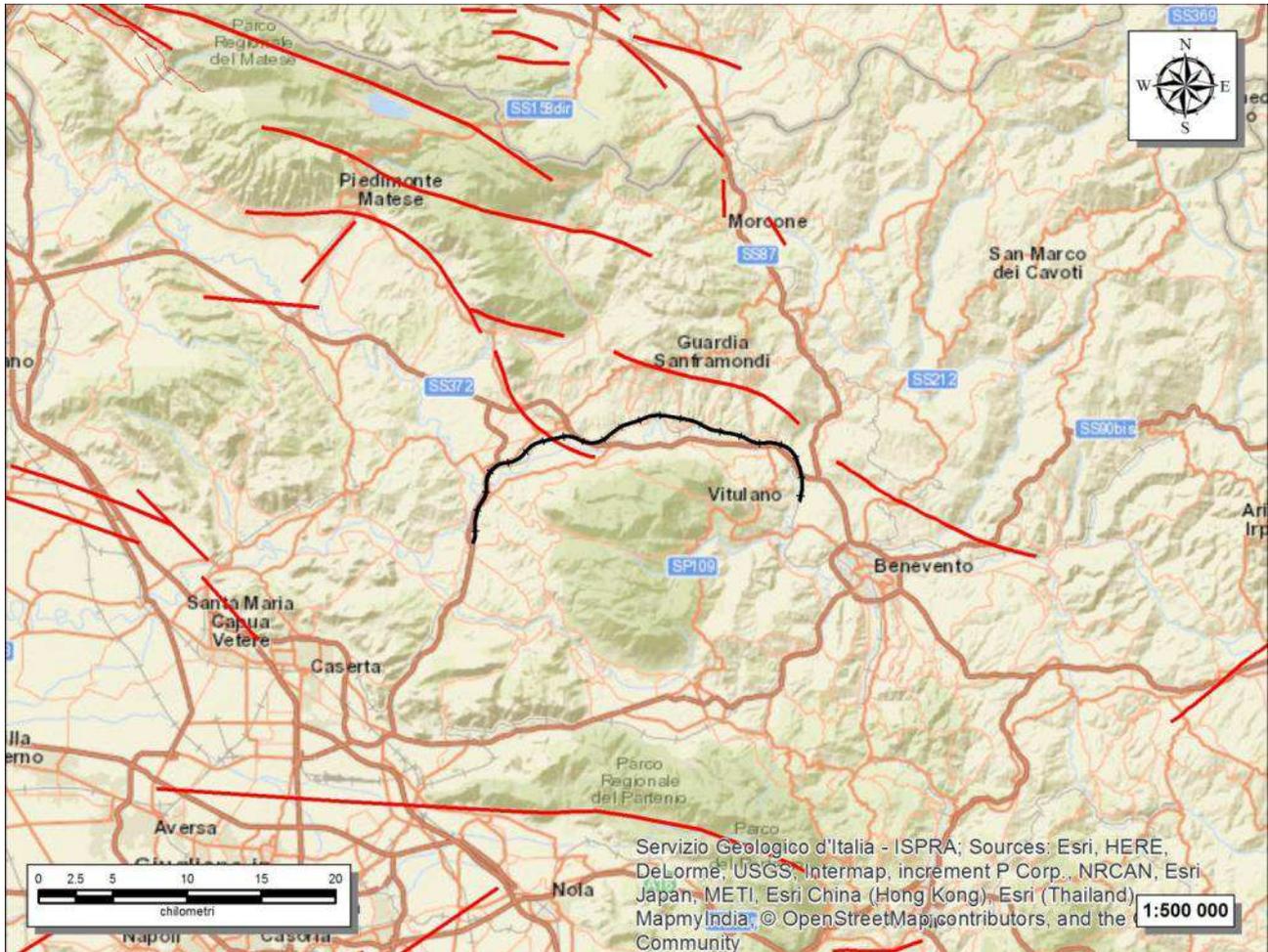


Figura 69 – Stralcio cartografico dell'area di studio con indicazione dell'intera tratta ferroviaria di progetto (in nero) e delle faglie capaci (in rosso)

<http://sgi.isprambiente.it/ArcGIS/rest/services/servizi/ithaca/MapServer>.

11.3 PERICOLOSITÀ SISMICA

La pericolosità sismica di un territorio è funzione di un complesso insieme di parametri naturali e rappresenta la probabilità che un evento sismico di data intensità si manifesti in una certa area in un determinato intervallo di tempo. Diverso è, invece, il concetto di rischio sismico che è il risultato catastrofico dell'evento naturale sul sistema antropico. Affinché si abbia rischio è necessario, pertanto, che uno o più degli elementi antropici esposti (vite umane, attività, beni) possieda un carattere di vulnerabilità tale da determinarne la perdita parziale o totale. La vulnerabilità, in tale accezione, è l'entità della perdita attesa derivante dal manifestarsi di un evento di data intensità nell'area in esame. Non potendo intervenire sulla pericolosità, che dipende esclusivamente da dinamiche naturali, si può intervenire sulla vulnerabilità degli elementi esposti al rischio e, quindi, sul rischio totale.

Oltre alla conoscenza della probabilità di accadimento di un evento sismico, delle caratteristiche della sorgente sismogenetica e delle modalità di propagazione della perturbazione, è necessario analizzare le caratteristiche locali del sito di studio. Queste, infatti, condizionano la reazione del terreno all'*input* sismico in termini di variazione

del contenuto in frequenza del segnale, amplificazione/smorzamento dell'onda e perdita o modificazione delle sue caratteristiche di resistenza e deformabilità.

All'indomani della riclassificazione sismica del territorio nazionale scaturita dal progetto S1 dell'INGV-DPC, si dispone di parametri sismici di riferimento aggiornati e di maggior dettaglio rispetto alla classificazione macrosismica nazionale cui faceva riferimento il D.M. LL.PP. 16 gennaio 1996 (Norme Tecniche per le Costruzioni in zone sismiche). La rappresentazione di sintesi delle caratteristiche sismologiche e sismogenetiche del territorio è contenuta nella "Mappa di Pericolosità Sismica" dell'Italia, che costituisce oggi la base di riferimento per la valutazione delle azioni sismiche di progetto sul sito in esame secondo le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. 14 gennaio 2008).

Con riferimento al D.M. Infrastrutture 14 gennaio 2008, sono stati determinati i parametri sismici di progetto per la realizzazione delle opere previste. In particolare, sulla base delle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni 2008 e dei dati relativi al progetto S1 dell'INGV-DPC, sono stati determinati i valori reticolari dei parametri di riferimento relativamente ad un suolo rigido, per un tempo di ritorno T_r pari a 475.

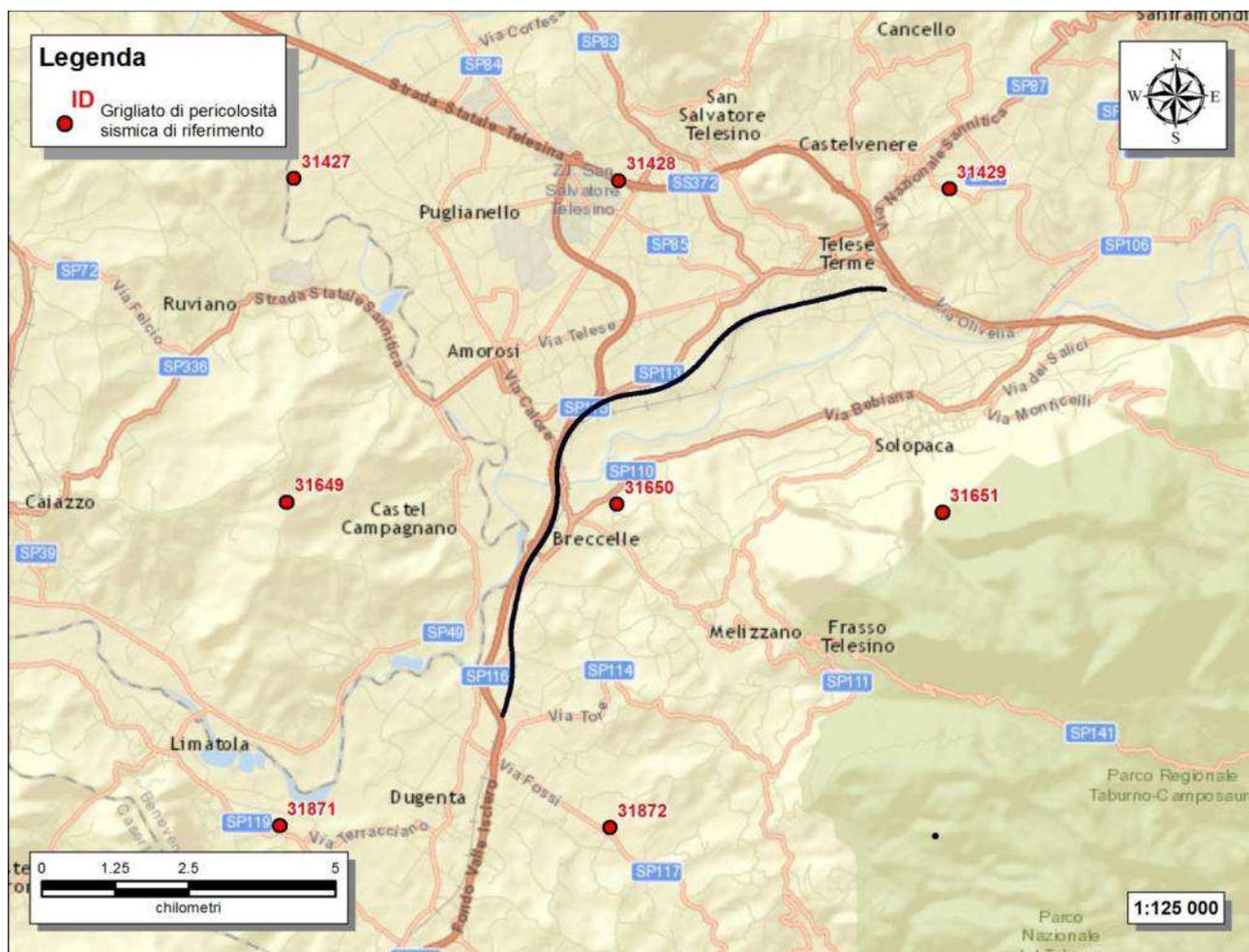


Figura 70 – Griglia di riferimento per il settore di studio, con individuazione del tracciato ferroviario di progetto (1° lotto funzionale in nero) e dei punti del grigliato adottati (in rosso).

ID	Longitudine	Latitudine	ag	F0	Tc
31871	14.419	41.131	0.1464	2.48	0.42
31649	14.420	41.181	0.1641	2.42	0.42
31427	14.421	41.231	0.1927	2.38	0.38
31872	14.486	41.131	0.1615	2.46	0.41
31650	14.487	41.181	0.1870	2.38	0.39
31428	14.487	41.231	0.2207	2.32	0.37
31651	14.553	41.18	0.2149	2.33	0.38
31429	14.554	41.23	0.2423	2.30	0.37

Tabella 25 – Parametri di riferimento del moto sismico su suolo rigido per un periodo di ritorno T_r pari a 475 anni.

11.3.1 DEFINIZIONE DELLA CLASSE DI SUOLO

La Normativa Tecnica per le Costruzioni di riferimento progettuale prevede, relativamente alla caratterizzazione sismica di un sito (D.M. 14/01/2008 – Capitoli 3.2 e 7.11), la determinazione del valore $V_{S,30}$, inteso come velocità media di propagazione delle onde di taglio (S) entro i primi 30 m di profondità, al di sotto del piano di fondazione. Sulla scorta dei dati a disposizione, tale determinazione è stata effettuata attraverso indagini di tipo geofisico, quali prove *down-hole* e MASW, che forniscono indicazioni dirette relativamente al valore di $V_{S,30}$. Si riportano nel seguito le categorie di sottosuolo previste dalla normativa vigente:

- A -Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, 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 con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- C -Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ compresi tra 180 e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina);
- D -Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina);
- E -Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_{S,30} > 800$ m/s).

La norma differenzia altre due categorie di terreni che necessitano di studi speciali per la definizione dell'azione sismica:

- S1 -Depositati di terreni caratterizzati da valori di $V_{S,30}$ inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fina di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche;
- S2 -Depositati di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per la definizione delle classi di suolo sono stati utilizzati i risultati delle indagini sismiche realizzate nelle varie fasi progettuali e riassunte nel seguito:

Per le fasi di progetto definitivo (e precedenti) sono state realizzate, relativamente al 1° lotto di progetto Frasso Teleso, complessivamente n. 1 prove *down-hole*, n. 3 prospezioni sismiche MASW, 2 profili di sismica rifrazione

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td style="text-align: center;">COMMESSA</td> <td style="text-align: center;">LOTTO</td> <td style="text-align: center;">CODIFICA</td> <td style="text-align: center;">DOCUMENTO</td> <td style="text-align: center;">REV.</td> <td style="text-align: center;">FOGLIO</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;">IF26</td> <td style="text-align: center;">12 E ZZ</td> <td style="text-align: center;">RG</td> <td style="text-align: center;">GE0001 001</td> <td style="text-align: center;">B</td> <td style="text-align: center;">130 di 153</td> </tr> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	130 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	130 di 153								

con rilievo delle onde di taglio, appositamente realizzate per le campagne indagini 2015 e 2017. Per il progetto esecutivo invece, si è provveduto ad integrare la prospezione con n. 7 prove down hole e n.3 prospezioni MASW distribuite lungo tracciato in corrispondenza delle opere di progetto principali come ponti e viadotti.

Nelle tabelle seguenti si riporta una sintesi delle indagini realizzate con i rispetti valori di Vs30 riferiti a suolo e la categoria di sottosuolo corrispondente riferita a p.c.

Campagna d'indagine	Sigla	Tipologia indagine	Lunghezza (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di suolo riferita a p.c.
2015	Area D8	Prospezione sismica MASW	70	285	C
2017	MASW 1	Prospezione sismica MASW	70	321	C
2017	MASW 2	Prospezione sismica MASW	70	321	C
2019	MASW - SPE8	Prospezione sismica MASW	70	347	C
2019	MASW - SPE11	Prospezione sismica MASW	70	351	C
2019	MASW - SPE20	Prospezione sismica MASW	70	390	B

Tabella 26 – Sintesi delle indagini sismiche di tipo lineare, realizzate nell’ambito della campagna indagini 2015 (PD e pregresse) e 2019 (PE).

Campagna d'indagine	Sigla	Tipologia indagine	Profondità (m)	Vs30 (m/s)	Categoria di suolo riferita a p.c.
2015	D6bis	Prova sismica in foro tipo Down - Hole	30	316	C
2019	S-PE01- DH	Prova sismica in foro tipo Down - Hole	40	391	B
2019	S-PE04-DH	Prova sismica in foro tipo Down - Hole	40	356	C
2019	S-PE05-DH	Prova sismica in foro tipo Down - Hole	45	255	C
2019	S-PE14-DH	Prova sismica in foro tipo Down - Hole	45	339	C
2019	S-PE15-DH	Prova sismica in foro tipo Down - Hole	40	305	C
2019	S-PE22-DH	Prova sismica in foro tipo Down - Hole	40	335	C
2019	S-PE24-DH	Prova sismica in foro tipo Down - Hole	45	268	C
2019	S-PE23-DH	Prova sismica in foro tipo Down - Hole	35	463	B

Tabella 27 – Sintesi delle prove sismiche di tipo *down-hole*, realizzate nei fori di sondaggio nell’ambito della campagna indagini 2015 (PD e pregresse) e 2019 (PE).

In relazione a quanto emerso dalle analisi geofisiche a disposizione e di seguito riportate, i terreni presenti nei settori di intervento possono essere caratterizzati prevalentemente con categorie di sottosuolo di tipo C sebbene localmente si siano ottenuti valori di Vs30 afferenti alla classe B. Si può inoltre osservare che, quando in categoria B, la maggior parte dei valori ottenuti di Vs 30 si attesta prossima al valore soglia tra le due classi di sottosuolo. I risultati ottenuti inoltre evidenziano una variabilità legata a fattori geologico come la presenza e lo spessore delle coltri superficiali, del profilo d’alterazione dei depositi, la variabilità laterale e verticale delle litofacies caratterizzate da differente comportamento reologico. Questi elementi devono essere tenuti in considerazione nella scelta della classe di sottosuolo di riferimento per la progettazione delle opere d’arte.

12 CRITICITÀ GEOLOGICHE

12.1 CRITICITÀ GEOLOGICO-TECNICHE

Dal punto di vista geologico, i principali elementi di criticità per le opere in progetto sono connessi con il locale assetto stratigrafico-strutturale dell'area e con la sismicità attuale dell'Appennino meridionale. Per questo secondo aspetto, in particolare, si rimanda a quanto riportato nel Capitolo 11 Sismicità dell'area, dove sono descritte in maniera dettagliata le caratteristiche sismogenetiche dell'area ed i principali elementi di pericolosità sismica.

Per quanto concerne l'assetto litostratigrafico locale, i principali elementi di criticità geologica sono connessi con la presenza di depositi di copertura fortemente eterogenei, eteropici, sia dal punto di vista litologico che per quanto concerne le caratteristiche fisico-meccaniche. Nei settori di piana alluvionale, pertanto, sono presenti locali orizzonti alluvionali e transizionali con caratteristiche geotecniche mediocri o addirittura scadenti caratterizzati da una forte variabilità laterale.

Inoltre, è opportuno segnalare la diffusa presenza di coltri di copertura di genesi pedologica, detritico-colluviale lungo varie tratte di tracciato. Tali terreni, infatti, presentano un comportamento meccanico generalmente scadente, fortemente eterogeneo e di certa inaffidabilità geotecnica in termini di portanza e deformabilità che in molti casi non raggiungono i valori minimi richiesti da capitolato. Per tale ragione è da prevedere una bonifica o trattamento degli stessi al fine da garantire le caratteristiche geotecniche adeguate al piano di posa delle strutture di fondazione e dei rilevati e delle trincee ferroviarie.

Altro elemento di attenzione, segnalato nello studio (cfr. 9.6 Forme e depositi carsici), è dato dalla presenza nella zona di Telese di numerosi *cover sinkhole* all'interno dei depositi quaternari di copertura della piana alluvionale del fiume Calore (Del Prete et al. 2004; Di Crescenzo & Santo 2013); ad ogni modo le indagini disponibili, sia dirette che indirette realizzate nell'area non hanno evidenziato, per i settori di specifico interesse progettuale, la presenza di cavità.

Infine, va evidenziata la presenza di una faglia potenzialmente attiva e capace subito a SE del centro abitato di Telese nei pressi della stazione di Telese, all'altezza del km 26+500 circa. Secondo le "Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)" (Bramerini et al. 2015). Ad ogni modo in relazione ai dati bibliografici, che datano la faglia al Pleistocene medio, e non essendo stati rilevati indizi o evidenze dirette di attività recente in superficie negli studi di campo e, infine, essendo tale elemento tettonico sigillato da depositi più antichi di 40000 anni, la faglia in oggetto può considerarsi non attiva o comunque a bassa pericolosità.

GEOLOGIC SETTING	
SYNOPSIS	Morphologic evidence of fault segmentation.
FAULT NAME	SOUTHERN MATESE
FAULT CODE	30704
MACROZONE	5
REGION NAME	Campania
SYSTEM NAME	SOUTHERN MATESE
RANK	PRIMARY
AVERAGE STRIKE	110

DIP	0
LENGTH (Km)	0
GEOMETRY	
SEGMENTATION	
DEPTH (Km)	0
LOCATION RELIABILITY (MAPPING SCALE)	1:
LAST ACTIVITY	Middle Pleistocene (125,000=700,000)
ACTIVITY RELIABILITY	Medium reliability
RECURRENCE INTERVAL (yr)	0
SLIP-RATE (mm/yr)	0.5
MAX CREDIBLE RUPTURE LENGTH	0
MAX CREDIBLE SLIP (m)	0
KNOWN SEISMIC EVENTS	
MAX CREDIBLE MAGNITUDE (Mw)	
MAX CREDIBLE INTENSITY (INQUA scale)	
STUDY QUALITY	FAIR
NOTES	Morphologic evidence of fault segmentation.

Tabella 28 – Sintesi delle caratteristiche fisiche e geologiche della faglia potenzialmente attiva o capace, intercettata all'altezza del km 26+500 circa, tratta da http://sgi.isprambiente.it/ithaca/scheda_faglia.asp?tnid=30704.

12.2 RISCHIO LIQUEFAZIONE

Gli studi di suscettibilità effettuati durante la progettazione definitiva hanno identificato un rischio liquefazione per alcuni settori di tracciato in cui si verificano potenzialmente le condizioni predisponenti al verificarsi del fenomeno. In linea generale, queste condizioni predisponenti determinano il criterio decisionale con cui, sulla base della normativa di riferimento in materia di costruzioni edilizie (NTC2008), si possa omettere la verifica alla liquefazione. Nel dettaglio la stessa norma prevede che la verifica alla liquefazione possa essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti condizioni:

- eventi sismici attesi di magnitudo M inferiore a 5;

- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0.1 g;
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal p.c., per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;
- 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 efficace verticale di 100 kPa;
- distribuzione esterna ai fusi granulometrici indicati da normativa, distinti in funzione del coefficiente di uniformità U_c .

In particolare, se le condizioni 1 e 2 non risultano soddisfatte, le indagini geotecniche devono essere finalizzate almeno alla determinazione dei parametri necessari per la verifica delle condizioni 3, 4 e 5. Pertanto, in relazione a quanto previsto dall'NTC 2008, sono state condotte una serie di analisi puntuali volte a verificare tutte le condizioni predisponenti elencate in precedenza, al fine di determinare la possibile suscettività a liquefazione di tutti i campioni di terreno prelevati durante la campagna di indagini appositamente condotta.

Le fonti bibliografiche a disposizione e lo studio relativo alla sismicità storica e alla pericolosità sismica condotto hanno evidenziato che, nell'area di intervento, si sono verificati diversi terremoti con magnitudo M superiore a 5 e, in particolare, il massimo terremoto atteso nell'area presenta una M pari a 7.06. Anche le accelerazioni massime attese al piano campagna, in condizioni di campo libero, sono risultate essere generalmente superiori al limite definito da normativa, in quanto variabili tra 0.150 e 0.275 a_g . In relazione a quanto detto e considerata la presenza delle condizioni predisponenti esposte nei punti 1 e 2 dell'NTC 2008, si è quindi proceduto alla verifica dei punti 3, 4 e 5 del paragrafo 7.11.3.4.2, in modo da rispondere puntualmente a tutti i quesiti posti da norma.

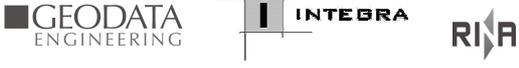
Per quanto concerne la falda, i dati piezometrici a disposizione hanno mostrato la presenza di un livello idrico estremamente variabile a causa delle diverse condizioni geologiche e idrogeologiche incontrate lungo tutto il tracciato di progetto. Ad ogni modo, in corrispondenza del fondovalle e dei tratti all'aperto, è stata spesso incontrata una falda piuttosto superficiale, posta a pochi metri di profondità dall'attuale p.c. Tale condizione è più frequente nei settori centrali e occidentali dell'area di studio, mentre solo di rado si rinviene nel tratto più orientale.

Relativamente alla resistenza penetrometrica dei terreni, le verifiche sono state condotte in relazione alle prove SPT e CPTU realizzate nei fori di sondaggio durante le fasi di perforazione. Tali prove hanno evidenziato, in particolare, la presenza di alcuni orizzonti granulari con resistenza penetrometrica normalizzata inferiore al limite imposto da normativa, posti prevalentemente in corrispondenza degli orizzonti litologici più superficiali e di deposizione più recente.

Considerata la presenza di tutte le condizioni predisponenti, già in fase di progetto definitivo sono state condotte analisi mirate alla definizione delle caratteristiche granulometriche e tessiture dei terreni rilevati arrivando alle seguenti conclusioni:

- risultano suscettibili di liquefazione gli orizzonti prevalentemente sabbioso-limosi dei depositi alluvionali attuali, recenti e antichi, in quanto le relative curve granulometriche rientrano in larga parte nel fuso definito da norma per un coefficiente di uniformità $U_c > 35$;
- gli orizzonti pelitici e ghiaiosi delle suddette unità sono risultati chiaramente non suscettibili di possibili fenomeni di liquefazione per via della composizione granulometrica del deposito;
- gli orizzonti sabbioso-limosi delle unità alluvionali e fluvio-lacustri più antiche risultano non suscettibili a causa dell'elevato stato di addensamento e di locali fenomeni di cementazione chimica;
- Sono stati altresì considerati non suscettibili di liquefazione i terreni granulari delle unità di copertura più antiche e tutti gli orizzonti posti a profondità superiori ai 15 m dal p.c.

Pertanto, le verifiche circa la suscettività a liquefazione dei terreni hanno interessato principalmente gli orizzonti sabbioso-limosi più superficiali delle unità **ba2**, **bb2** e **bc2**, di natura essenzialmente alluvionale

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 134 di 153

Nella fase di progettazione esecutiva, avendo già riscontrato un potenziale rischio e disponendo di nuovi dati, si è proceduto alla verifica delle analisi e delle aree di rischio includendo le risultanze della recente campagna indagine. Questo ha permesso di meglio dettagliare il fenomeno e le aree maggiormente vulnerabili ed esposte al rischio

In questa fase dunque sono stati svolte analisi quantitative mirate alla definizione degli orizzonti stratigrafici suscettibili al rischio liquefazione e dei cedimenti attesi in caso del verificarsi del fenomeno in modo da valutarne gli impatti sulle strutture. Tali analisi hanno inoltre permesso di identificare le opportune contromisure a mitigazione del rischio e volte a garantire la vita utile delle opere in progetto.

I risultati delle analisi sono illustrati in dettaglio nella relazione sismica di progetto esecutivo IF26.1.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.002.

12.3 CRITICITÀ GEOMORFOLOGICHE

Sotto il profilo geomorfologico, l'area di studio non presenta elementi di particolare criticità per le opere in progetto, in quanto i tratti all'aperto si sviluppano essenzialmente in settori di territorio sub-pianeggianti o a debole acclività e tale condizione limita fortemente lo sviluppo di fenomeni erosivi o di dissesto di particolare rilevanza e intensità.

Nei settori in cui il progetto prevede la realizzazione della galleria artificiale non sono presenti fenomeni erosivi o di dissesto. Per quanto riguarda i tratti caratterizzati dalla realizzazione di opere all'aperto, si segnala la presenza di elementi morfoevolutivi di genesi ed intensità differente, di seguito sintetizzati.

Lungo i versanti che bordano i settori di fondovalle, infatti, sono presenti alcuni dissesti riconducibili sia a fenomeni di deformazione viscosa delle coltri (*creep* e/o soliflusso) che a movimenti franosi s.s. (crolli, scivolamenti, colamenti e frane complesse).

Quanto detto trova riscontro nelle cartografie tematiche del Piano Stralcio di Assetto Idrogeologico (PSAI) del Distretto Idrografico dell'Appennino Meridionale che ha preso il posto dell'Autorità di bacino dei Fiumi Liri, Garigliano e Volturno nella determinazione dei PSAI – rischio frane. I dati, scaricabili dal sito dell'Autorità (<https://www.distrettoappenninomeridionale.it/index.php/elaborati-di-piano-menu/ex-adb-liri-garigliano-e-volturno-menu/pai-rischio-da-frana>) evidenziano la presenza di locali areali di rischio e di attenzione connessi con la presenza di fenomeni di dissesto.

Dall'analisi incrociata delle aree a differente rischio valutato dal PSAI con il tracciato di progetto, si evidenziano solo alcune aree di limitata estensione dove sono identificati i rischi:

- aree a rischio molto elevato R4 (ex. art. 3 NTA);
- aree di alta attenzione A4 (ex. art 4 NTA);
- aree di media attenzione A2 (ex. art. 9 NTA, che rimanda all'art. 8).

In aggiunta, lungo il tracciato, vi sono alcune limitate porzioni limitrofe a queste aree, che il PSAI identifica come "aree da codificare" e "aree non codificate".

Gli areali di rischio identificati dal PSAI sono compresi:

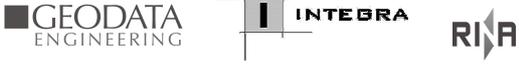
- tra le progressive 17+000 e 18+800 (aree A2 e aree "non codificate" e "da codificare");
- tra le progressive 22+200 e 22+700 (area rischio R4 a A4).

In relazione agli areali interferenti con il tracciato (ex art. 3, 4, 8 e 9) il Titolo II delle Norme Tecniche di Attuazione (NTA) prescrive la realizzazione di uno Studio di Compatibilità Idrogeologica (SCI) che è stato sviluppato in una relazione separata, codificata IF26.1.2.E.ZZ.RG.GE.00.0.1.003.

Si riportano, nei paragrafi seguenti le informazioni principali relative alle criticità segnalate.

12.3.1 KM 17+000 E IL KM 17+300 – “AREA DA CODIFICARE”

Nei settori più meridionali della zona di intervento, tra il km 17+000 e il km 17+300, il PSAI riporta la presenza di un settore classificato come "area da codificare", che interessa una zona impluviale posta a ridosso del tracciato di progetto. Le NTA, in merito a tale classificazione, non indicano alcuna prescrizione, tuttavia è stata fatta una valutazione relativamente alle condizioni geologiche, geomorfologiche e le eventuali implicazioni con le opere in progetto.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 135 di 153

In questo settore il progetto prevede opere all'aperto, attraverso la realizzazione di una trincea e un rilevato in appoggio sul fondovalle.

L'area è caratterizzata dalla presenza di termini vulcanoclastici riferibili alla successione del Tufo Grigio Campano (TGC2), localmente ricoperti da coltri eluvio-colluviali di esiguo spessore.

L'analisi delle condizioni geomorfologiche locali, basata sui rilievi di campo e le analisi fotointerpretative condotte ha evidenziato la generale stabilità dell'area e l'assenza di fenomeni erosivi e/o di dissesto potenzialmente interferenti con le opere in progetto.

Tali interventi risultano pienamente compatibili con il locale contesto geomorfologico e litostratigrafico ricostruito nell'ambito degli approfondimenti della fase progettuale in essere.

12.3.2 KM 17+700 E IL KM 18+800 – “AREA DA CODIFICARE/APA/A2”

Sempre nei settori meridionali della zona di studio, lungo i rilievi collinari presenti tra la piana del fiume Volturno e il centro abitato di Melizzano, il PSAI riporta la presenza di alcuni areali classificati come "aree da codificare", "aree di attenzione potenzialmente elevata (**Apa**)" e "aree di media attenzione (**A2**)".

Si evidenzia che nell'interpretazione del PSAI l'area di media attenzione si estende fino ad interessare l'asse del progetto.

In questo settore il progetto prevede opere all'aperto, attraverso la realizzazione di un rilevato, mediamente di 3-5m di altezza, in appoggio sul locale fondovalle. È inoltre presente un ponte ferroviario alla pk 18+650 a monte di tali areali.

L'analisi delle condizioni geologiche relative al tratto in esame evidenzia la presenza di termini vulcanoclastici e tufacei del Tufo Grigio Campano, localmente ricoperti da coltri eluvio-colluviali e depositi alluvionali terrazzati con potenza variabile.

Tra il km 18+100 e il km 18+300, le cartografie del PSAI riportano la presenza di due "aree di media attenzione (**A2**)" poste a ridosso del tracciato ferroviario in progetto. Questi areali sono connessi con due movimenti franosi di modeste dimensioni identificati e cartografati già durante le fasi di rilevamento di campo condotte per il Progetto Definitivo. I rilievi eseguiti in fase di Progetto Esecutivo hanno sostanzialmente confermato tale interpretazione:

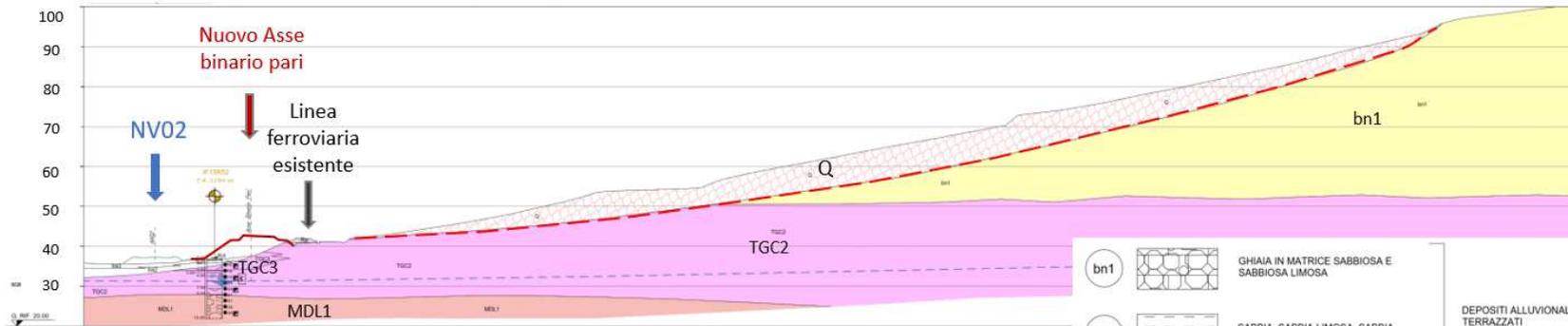
- tra il km 18+100 e il km 18+200 è presente una frana complessa in terra e detrito, con stato quiescente e distribuzione costante e parzialmente retrogressiva in cui sono evidenti gli elementi morfologici che la contraddistinguono;
- all'altezza del km 18+300 è presente un piccolo colamento in terra e detrito, con stato quiescente e distribuzione retrogressiva.

ITINERARIO NAPOLI – BARI
RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO
II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO
1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE
PROGETTO ESECUTIVO

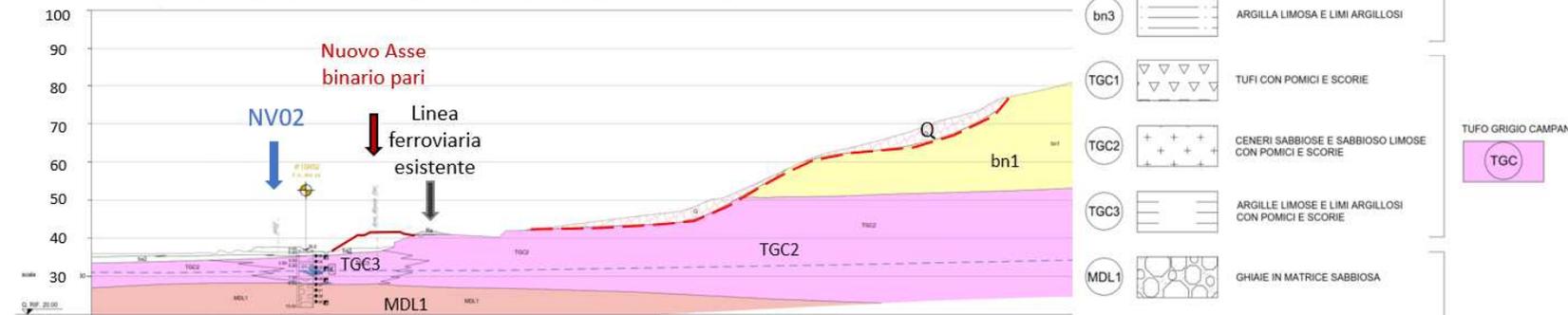
Relazione geologica, geomorfologica ed
idrogeologica

COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	A	136 di 153

Sezione R-R' - pk 18+150 – Frana complessa quiescente



Sezione S-S' - pk 18+300 – Colamento superficiale quiescente



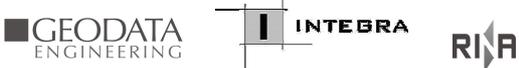
bn1		GHIAIA IN MATRICE SABBIOSA E SABBIOSA LIMOSA	DEPOSITI ALLUVIONALI TERRAZZATI
bn2		SABBIA, SABBIA LIMOSA, SABBIA CON LIMO	
bn3		ARGILLA LIMOSA E LIMI ARGILLOSI	
TGC1		TUFI CON POMICI E SCORIE	TUFO GRIGIO CAMPANO
TGC2		CENERI SABBIOSE E SABBIOSE LIMOSE CON POMICI E SCORIE	
TGC3		ARGILLE LIMOSE E LIMI ARGILLOSI CON POMICI E SCORIE	
MDL1		GHIAIE IN MATRICE SABBIOSA	UNITA' DI MADDALONI
MDL2		SABBIA, SABBIA LIMOSA	
MDL3		ARGILLA LIMOSA, LIMI ARGILLOSI	
MDL4		TRAVERTINI	

SIMBOLI GEOLOGICI

- LIMITE STRATIGRAFICO
- INTERPOLAZIONE DEI LIVELLI MASSIMI DI FALDA MISURATI
- LIVELLO MASSIMO DI FALDA MISURATO NEI PIEZOMETRI E QUOTA ASSOLUTA (m s.l.m.)
- FAGLIA, A TRATTEGGIO SE PRESUNTA E/O SEPOLTA

ALTRI SIMBOLI

- OPERE IN PROGETTO
- DEPOSITO DI FRANA QUIESCENTE (Q)
- Sondaggio a carotaggio continuo attrezzato con piezometro

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. A	FOGLIO 137 di 153

Dal punto di vista geologico l'area interessata dai dissesti si caratterizza per la presenza di 3 formazioni principali; dall'altro verso il basso stratigrafico infatti si incontrano:

- depositi alluvionali terrazzati (bn) affioranti tra le quote 50 e 100m s.l.m. in facies prevalentemente ghiaioso sabbiosa (bn1) di spessore decametrico.
- Piroclastici del Tufo Grigio Campano (TGC), in facies sabbioso limosa prevalente (TGC2) con intercalazioni di lenti o livelli limoso argillosi (TGC3), rinvenuti lungo dal sondaggio IF15R52 ubicato in prossimità della linea ferroviaria in progetto;
- Unità di Maddaloni in facies ghiaioso sabbiosa (MDL1), che in questo settore rappresenta la formazione di substrato.

AL piede dei versanti quasi in asse tracciato sono presenti depositi superficiali delle alluvioni recenti in facies sabbioso limosa (ba2) e limoso argillosa (ba3).

Come indicato dalle letture del piezometro di riferimento IF15R52 e dalla carta idrogeologica, la superficie piezometrica in questo settore si attesta tra le quote 30 e 35m s.l.m.

La frana complessa alla pk 18+150 circa si estende per circa 200m a monte della linea esistente lungo il versante poco inclinato con pendenze inferiori a 40°. L'analisi geomorfologica delle forme de scarpate rilevate sul terreno permette di interpolare una superficie di movimento principale ad una profondità di una decina di metri. La presenza di contropendenze nel settore mediano e piccole scarpate rilevate lungo versante è verosimilmente ascrivibile a riattivazioni locali di porzioni del corpo di frana principale associate a colate o scivolamenti che caratterizzano quindi la geometria complessa della frana. La frana interessa i terreni delle alluvioni terrazzate in facies prevalentemente ghiaioso sabbiosa (bn1) e le piroclastiti del Tufo Grigio Campano in facies sabbioso limosa (TGC2). L'unghia della frana si chiude al piede del versante in corrispondenze dei muri di contenimento di controripa realizzati a protezione della linea ferroviaria esistente e non interferiscono direttamente con le opere di progetto. I rilievi di terreno non hanno evidenziato indizi di movimento in atto del dissesto.

Il colamento superficiale ubicato alla pk 18+300 circa, si estende per circa un centinaio di metri lungo il versante a monte della linea ferroviaria in progetto. Il dissesto presenta uno spessore metrico e coinvolge i terreni superficiali sciolti o poco consolidati ascrivibili nella porzione di monte alle alluvioni terrazzate (bn) e, verso valle, alle piroclastiti del Tufo Grigio Campano (TCG2). Il dissesto non presenta evidenze di movimento in atto, è circoscritto e si chiude a monte delle opere di contenimento della linea ferroviaria esistente. I rilievi di terreno non hanno evidenziato indizi di movimento in atto del dissesto.

Inoltre, I rilievi mostrano che i settori semi pianeggianti immediatamente a monte del rilevato ferroviario esistente non presentano elementi morfologici di instabilità correlabili ai fenomeni descritti, come testimoniato anche dall'allineamento rettilineo, quindi non deformato, dei gabbioni abbinati alla canaletta di drenaggio che interessa tutto il tratto a monte del rilevato esistente tra la pk km 18+100 e 18+300, in quanto questi si esauriscono poco a monte. Inoltre, un ulteriore conferma che i fenomeni non interessano l'intero versante in questione ma si esauriscono a monte della linea stessa è dovuta anche alla presenza di depositi vulcanoclastici non deformati a valle della scarpata ferroviaria esistente. Non sono presenti segni di lesioni e/o deformazioni lungo i muri e le opere di contenimento presenti a valle del versante interessato dai suddetti elementi.

In relazione alle caratteristiche morfologiche dell'area, al relativo stato di quiescenza dei fenomeni e all'assenza di un'interferenza diretta con le opere, tali dissesti non costituiscono elementi di pericolosità per la linea ferroviaria in progetto. In dettaglio l'intervento prevede opere all'aperto di scarsa incidenza strutturale: rilevati e ponte ferroviario (lunghezza < 50 m) per l'attraversamento dei principali settori impluviali.

12.3.3 KM 22+200 E IL KM 22+700– “AREA A4 E RISCHIO R4”

In località San Giovanni, a sud-est di Amorosi, il PSAI riporta la presenza di una "area di alta attenzione (A4)" con un settore più ristretto di "area a rischio molto elevato (R4)" in prossimità dell'imbocco sud-occidentale della galleria artificiale tra il km 22+200 e il km 22+700.

In questo settore, come detto, l'intervento prevede la realizzazione di un piccolo rilevato di approccio alla galleria artificiale. L'area di effettiva interferenza tra il PSAI e il tracciato è in corrispondenza della pk 22+300.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 138 di 153

Nell'area in esame affiorano a nord del tracciato i depositi vulcanoclastici della unità del Tufo Grigio Campano, in facies argilloso limosa. Tali terreni sono in contatto con una stretta bancata di travertino appartenente alla Unità di Maddaloni. Poco sotto (procedendo da monte a valle) i travertini sono in contatto (contatto coperto da fascia di coltre eluvio colluviale di esiguo spessore) con i depositi alluvionali antichi e recenti che costituiscono i terreni di fondazione della piana.

Da un punto di vista morfologico la porzione di territorio a monte del progetto, dove affiora l'unità del substrato vulcanoclastico fine (TGC3) e l'adiacente affioramento di travertini (MDL4) costituiscono un elemento di maggior elevazione rispetto alla parte di piana alluvionale. La rottura di pendio è costituita dalla bancata di travertini litoidi che sono interessati da fenomeni di franosità diffusa di piccoli blocchi, come evidenziato dall'areale del PSAI.

Tale areale è essenzialmente connesso alla presenza di piccoli crolli che coinvolgono blocchi lapidei riferibili alla litofacies travertinosa dell'Unità di Maddaloni e coltri detritico-colluviali al piede della scarpata. La scarpata è caratterizzata da un'altezza modesta ed è già stata in parte interessata da interventi di consolidamento al piede tramite gabbioni.

In questo settore, come detto, l'intervento prevede la realizzazione di un piccolo rilevato di approccio alla galleria artificiale e, in relazione alla tipologia di opere in progetto e alla ridotta dimensione dei blocchi e alle caratteristiche morfologiche dell'area, i suddetti fenomeni non rappresentano elementi di potenziale criticità per l'opera di imbocco e, in generale, per il tracciato ferroviario in questione, che dunque risulta pienamente compatibile con il contesto analizzato e delineato.

12.4 CRITICITÀ IDROGEOLOGICHE

Per quanto concerne gli aspetti connessi con la circolazione delle acque nel sottosuolo, si evidenzia la presenza di falde idriche sotterranee all'interno di buona parte dei termini litologici interessati dalla realizzazione del tracciato ferroviario in esame. Tali falde infatti potrebbero rappresentare dei potenziali elementi di criticità per le opere in progetto, sia per le possibili venute d'acqua lungo i fronti di scavo che per la notevole influenza esercitata sul comportamento meccanico dei termini litologici attraversati; inoltre sono possibili interferenze dirette o indirette tra le opere in progetto e gli acquiferi locali.

Buona parte dei corpi idrogeologici individuati rappresentano, nello schema di circolazione idrica dell'area, degli acquiferi di importanza più o meno significativa, a seconda delle locali caratteristiche di permeabilità dei litotipi e della estensione latero-verticale dei depositi. Ad essi si aggiungono, inoltre, alcuni corpi idrogeologici secondari che, nello specifico contesto di riferimento, possono essere considerati come degli *acquiclude* o degli *acquitard*, in quanto tamponano lateralmente e verticalmente gli acquiferi sotterranei principali, portando alla formazione di locali emergenze sorgentizie.

In relazione allo sviluppo plano-altimetrico dell'opera e alla ricostruzione dei livelli piezometrici, elaborata sulla base dei dati di monitoraggio disponibili, la livelletta del piano ferro risulta posta generalmente a quote maggiori del tetto degli acquiferi individuati. Per quanto concerne gli interventi all'aperto, eventuali interferenze con le acque di falda sono possibili nel caso di opere con strutture fondali profonde e in corrispondenza dell'attraversamento del fondovalle dei principali corsi d'acqua dell'area. Per quanto riguarda le opere in sottoterraneo, invece, sono possibili locali interferenze tra le opere in progetto e le acque di falda.

Nel corso dello studio e ricerche effettuate non sono state individuate captazioni a scopo idropotabile o opere di presa di rilevanza strategica, mentre nell'area sono presenti pozzi a scopo irriguo e sorgenti locali a regime prevalentemente stagionale. Anche gli studi ufficiali e bibliografici consultati confermano quanto evidenziato, infatti il Piano di Gestione Acque della Regione Campania non riporta aree sensibili in questo settore di territorio.

In aggiunta, gli studi scientifici a carattere idrogeologico condotti nella provincia di Benevento non evidenziano la presenza di emergenze o captazioni di interesse strategico (cfr. fig. seguente).

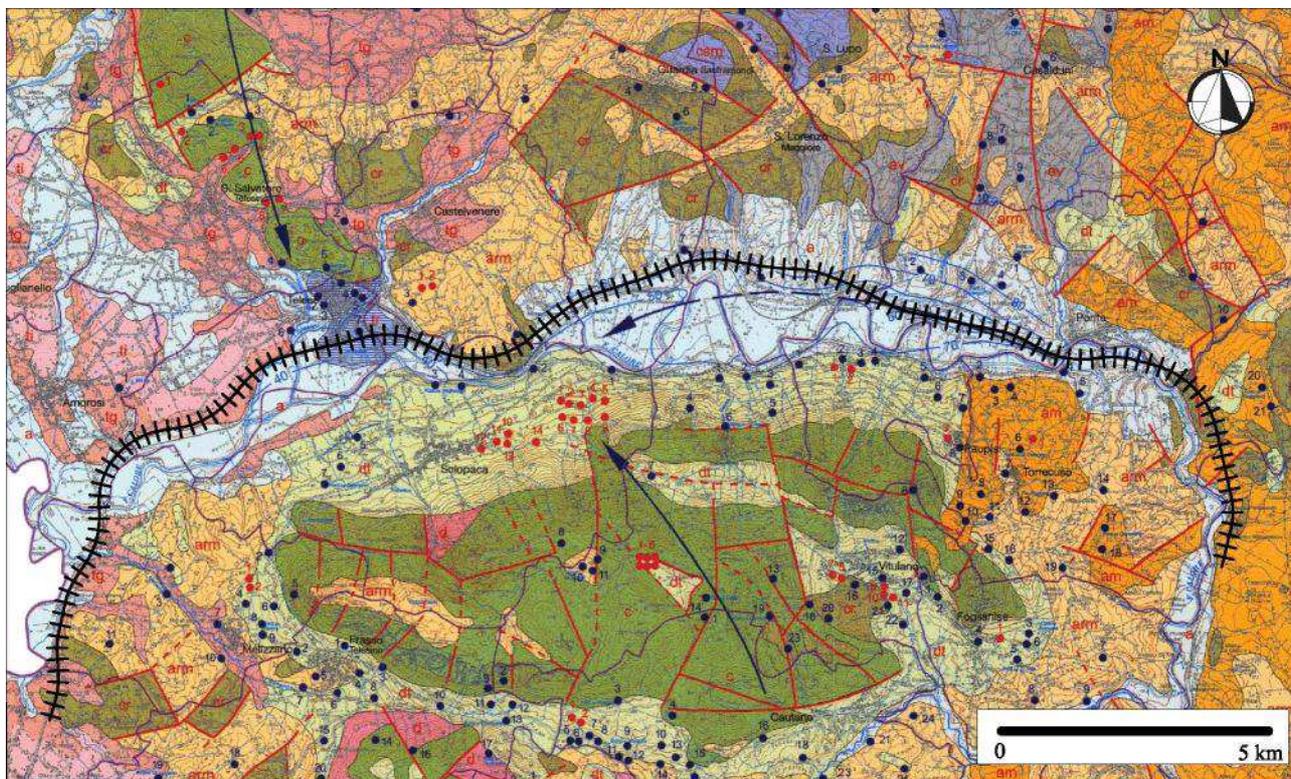


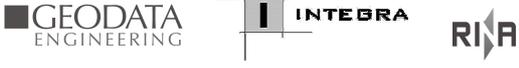
Figura 71 – Stralcio della Carta idrogeologica della Provincia di Benevento, con sovrapposizione del tracciato di progetto (da L. Esposito, P. Celico, F.M. Guadagno e S Aquino); con puntino rosso sono indicati i pozzi di interesse e con quelli blu le sorgenti.

Come evidenziato nel Paragrafo 11.3.2, "Valutazione di impatto dell'opera sulle sorgenti e pozzi", l'analisi dello scenario di potenziale impatto su pozzi e sorgenti presenti lungo il tracciato evidenzia che l'unica opera che potrebbe causare tale scenario è costituita dalla G.A. Telese.

Locali interferenze con la falda freatica che si possono realizzare in corrispondenza delle opere di sottoattraversamento della linea ferroviaria non sono tali da innescare un drenaggio che potrebbe avere ripercussioni sui pozzi adiacenti. In ogni caso tali impatti sarebbero limitati alla sola fase di costruzione, dove per pompaggio si dovesse ribassare la falda freatica.

Al contrario la costruzione della G.A. Telese, sebbene i dati di monitoraggio finora raccolti non evidenzino una diretta interferenza con la falda, può interferire con i meccanismi di ricarica laterale delle aree in prossimità del portale nord, dove sono presenti un certo numero di pozzi. Come per la sorgente S_GA, il possibile impatto andrà verificato con un monitoraggio dei livelli idrici stabilizzati e delle portate nei pozzi della zona, che dovrà iniziare prima della fase di costruzione e protrarsi per tutto il tempo di scavo dell'opera.

Infine, massima attenzione dovrà essere posta anche agli impatti ambientali indotti sia dalle attività di cantiere che in fase di esercizio della linea in relazione al rischio sversamento; infatti la soggiacenza della falda dal piano campagna è localmente bassa e gli acquiferi presentano una discreta vulnerabilità anche in relazione alla permeabilità dei depositi affioranti e sub-affioranti.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO					
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	COMMESSA IF26	LOTTO 12 E ZZ	CODIFICA RG	DOCUMENTO GE0001 001	REV. B	FOGLIO 140 di 153

13 DESCRIZIONE GEOLOGICA DEL TRACCIATO

In questo capitolo viene fornita una descrizione geologica del tracciato e delle criticità identificate, opportunamente suddiviso in tratte omogenee relative alle differenti opere in esame. Per ogni singolo tratto, in particolare, vengono descritte tutte le principali caratteristiche geologiche s.l. e gli aspetti più salienti ai fini progettuali.

Per una migliore comprensione, la descrizione del tracciato va letta facendo anche riferimento alle cartografie tematiche di progetto nonché ai profili geologici, idrogeologici e geotecnici a corredo della presente relazione. In particolare, per quanto concerne le unità geologiche presenti nei vari settori di interesse, si riportano direttamente i nomi e le sigle contenute nelle diverse legende tematiche delle cartografie geologiche realizzate.

Infine, per quanto riguarda gli spessori e l'assetto delle singole unità litostratigrafiche, si fa riferimento ai dati contenuti negli studi bibliografici a disposizione e alle risultanze delle diverse indagini geognostiche appositamente realizzate lungo il tracciato in studio.

La descrizione geologica del tracciato del 1°Lotto di progetto procede da Ovest a Est, dalla progressiva km 16+500 al km 27+700.

13.1.1 TRATTO COMPRESO TRA IL KM 16+500 E IL KM 20+080

Il tratto in questione si colloca nella porzione più Sud-occidentale dell'area di studio, a quote comprese tra i 36.3 ed i 53.0 m circa s.l.m., il progetto prevede opere a cielo aperto che includono principalmente n.4 viadotti (VI01, VI02, VI03, VI04), n.1 galleria artificiale (GA01), tombini e sottovia, rilevati e trincee di altezza variabile da 1 a 8m circa.

Dal punto di vista geologico, il tracciato interessa per quasi tutto il suo sviluppo i termini litologici del Tufo Grigio Campano nelle facies sabbioso limose (**TGC2**) e argilloso limose (**TGC3**). In corrispondenza delle trincee più alte si osservano delle lenti di tufo litoide (**TGC1**), con uno spessore variabile ed inferiore a 10m. Localmente sono stati individuati depositi antropici (**Ra**) con spessori anche considerevoli, compresi tra 0.5 m e 5 m, e depositi eluvio-colluviali (**b2**) di ridotto spessore. In corrispondenza dei principali impluvi, incassati nei depositi sabbiosi del Tufo Grigio Campano, sono presenti depositi alluvionali recenti in facies limoso-argillosa (**bb3**), sabbioso-limosa (**bb2**) e ghiaioso-sabbiosa (**bb1**). Tali depositi poggiano localmente sui terreni dell'Unità di Maddaloni fortemente eteropici nelle litofacies limoso argillosa (**MDL3**), sabbioso-limosa (**MDL2**) e ghiaioso-sabbiosa (**MDL1**). Il substrato più antico dell'area è rappresentato dalle Arenarie di Caiazzo (**AIZ**), poste a profondità mediamente superiori ai 40.0 m dal piano campagna e quindi non interferente con l'opera.

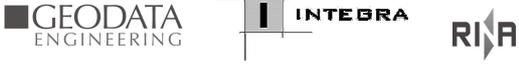
Dal punto di vista geomorfologico, non sono presenti elementi di particolare criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento del V.ne Ferro, V.ne Mortale, T. Maltempo all'altezza dei km 16+640, 18+650 e 19+750 circa e di un fosso esistente all'altezza del km 17+400. Inoltre, all'altezza del km 17+640 è presente un solco di erosione concentrata che crea una conoide colluviale attiva di ridotte dimensioni. Mentre, all'altezza del km 18+150 circa il tracciato lambisce una frana complessa di modeste dimensioni, e all'altezza del km 18+300 circa una frana riconducibile ad un colamento lento di ridotte dimensioni.

Entrambi i fenomeni sono stati ulteriormente indagati con rilievi specifici di campagna che hanno confermato lo il loro stato di quiescenza. Tali elementi inoltre non interferiscono direttamente con le opere di progetto e ad oggi non rappresentano un elemento di rischio per la linea ferroviaria, sia per la ridotta intensità specifica dei fenomeni che per la scarsa tendenza morfo evolutiva. Tuttavia, vista la ridotta distanza dei corpi franosi dalla sede ferroviaria, si prescrive la realizzazione di un monitoraggio geotecnico dei fenomeni durante le fasi di costruzione e di esercizio della linea.

Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda libera all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi del Tufo Grigio Campano e nei terreni dei Depositi alluvionali recenti. L'interpolazione dei livelli piezometrici massimi ad oggi misurati con il monitoraggio identifica la superficie piezometrica ad una profondità variabile tra circa 5.0 e 18.0 m dal p.c. e tra 4.0 e 7.0 m. dal p.c. in corrispondenza degli impluvi.

13.1.2 TRATTO COMPRESO TRA IL KM 20+080 E IL KM 21+040

Il tratto in questione è interessato dalla realizzazione del viadotto sul fiume Calore e dai rilevati di approccio alla spalla 1; si colloca nel tratto Nord-occidentale dell'area di studio, a quote comprese tra i 31 e i 43 m circa s.l.m. Nel tratto iniziale del tracciato è presente un orizzonte superficiale di depositi eluvio colluviale (**b2**) di natura limo

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>141 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	141 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	141 di 153								

argilloso sabbiosa con resti vegetali ed inclusi poligenici, sopra i depositi sabbioso limosi del Tufo Grigio Campano (**TGC2**). In corrispondenza dell'alveo del fiume Calore, le numerose indagini realizzate in corrispondenza degli appoggi delle pile, hanno rilevato la seguente stratigrafia: un primo livello di alluvioni recenti in facies limo-sabbiosa (bb2) in appoggio su ghiaie poligeniche in matrice sabbioso limosa (**bb1**) di spessore plurimetrico. Le alluvioni presentano uno spessore variabile da qualche metro fino ad un massimo di 18m rilevato in corrispondenza del sondaggio S-PE12 e poggiano mediante una superficie erosionale irregolare sulle facies della Formazione di Maddaloni, in questo settore, in facies argilloso limosa prevalente (**MDL3**). A questi depositi si intercalano lenti sabbiose e sabbioso-limose (**MDL2**) di spessore metrico e con modesta continuità laterale

Dal punto di vista geomorfologico, non sono presenti elementi di particolare criticità per le opere in progetto. Il tracciato infatti si sviluppa lungo un ampio terrazzo alluvionale. Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda libera all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi del Tufo Grigio Campano e dei terreni sabbio-limosi e ghiaioso-sabbiosi dei depositi alluvionali, con superficie piezometrica posta ad una profondità variabile tra circa 0.0 (alveo del F. Calore) e 8m dal p.c.

13.1.3 TRATTO COMPRESO TRA IL KM 21+042 E IL KM 22+260

Il tratto in questione si colloca nella porzione centro-settentrionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 39 ed i 44 m circa s.l.m. e interessa l'area fermata di Amorosi. Le opere principale che insistono nell'area sono la parte terminale del viadotto Calore (VI05), il sottovia SL04, ed il Ponte Santa Marta VI06, oltre a rilevati di un'altezza massima di circa 8m. Il tracciato in esame attraversa per quasi tutto il suo sviluppo i depositi alluvionali antiche, in facies prevalentemente argillosa (**bc3**), alle quali si intercalano lenti limi sabbiosi (**bc2**) e ghiaie sabbiose (**bc1**). Questa unità è parzialmente ricoperta dai depositi di origine antropica (**Ra**) e dai depositi eluvio-colluviali (**b2**). Tali unità poggiano nel tratto iniziale su una lente di ridotto spessore dei depositi sabbioso-limosi del Tufo grigio Campano (**TGC2**) di modesta continuità laterale, mentre più in basso si trovano in contatto discordante sui depositi ghiaioso-sabbiosi dell'Unità di Maddaloni (**MDL1**) e sui depositi sabbiosi-limosi dell'Unità di Maddaloni (**MDL2**). L'unità più profonda della tratta è rappresentata dai limi argillosi dell'unità di Maddaloni (**MDL3**).

Nella parte iniziale della tratta, in corrispondenza del manufatto a farfalla del viadotto Calore, le indagini eseguite hanno evidenziato un potenziale rischio liquefazione associato ad una lente di limi sabbiosi (**bc2**) tra le profondità di 4,5 e 7,5m circa, opportunamente mitigato nella progettazione delle fondazioni del viadotto.

Nella parte terminale della tratta si evidenzia una potenziale paleo valle incisa nell'Unità di Maddaloni e riempita dai depositi alluvionali antichi (**bc**) con una sequenza *fining upward* in cui si osserva un primo livello metrico di Ghiaie seguita da sabbie limose e argille limose.

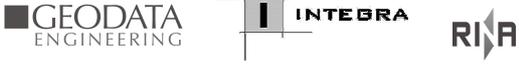
Dal punto di vista geomorfologico, non sono presenti elementi di particolare criticità per le opere in progetto, a meno del V.ne Santa Marta che intercetta il tracciato al km 22+153, che comunque non costituisce un elemento di possibile pericolosità per gli interventi in questione. Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza di una falda libera all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi e ghiaioso-sabbiosi dei Depositi alluvionali antichi, con superficie piezometrica posta ad una profondità variabile tra circa 1 e 7 m circa dal p.c.

13.1.4 TRATTO COMPRESO TRA IL KM 22+260 E IL KM 25+160

In questo tratto è prevista la realizzazione di una galleria artificiale e ricade nella parte Nord-occidentale del settore di intervento, con quote del piano ferro variabili tra i 47 e i 57 m circa s.l.m. Il tracciato attraversa per tutto il suo sviluppo i terreni dell'Unità di Maddaloni, interessando nel tratto iniziale la litofacies travertinoso (**MDL4**), in eteropia laterale e verticale con la litofacies sabbioso-limosa (**MDL2**) e la litofacies limoso-argillosa (**MDL3**), mentre la litofacies ghiaioso-sabbiosa (**MDL1**) è presente prevalentemente nel tratto centrale, in prossimità del piano ferro, ed è parzialmente intercettata dalla galleria in esame. In questo settore tali unità risultano ricoperte in maniera pressoché continua, con contatto discordante erosivo, dai depositi limoso-argillosi del Tufo Grigio Campano (**TGC3**), e limoso-sabbiosi della medesima unità (**TGC2**).

Nella parte terminale del tracciato, a partire dalla pk 24+200 fino all'imbocco Nord, si osserva una quota di affioramento più elevata della facies argilloso-limosa (**MDL3**) che si attesta a circa 50 m s.l.m.

Dal punto di vista geomorfologico, gli imbocchi risultano privi di elementi di potenziale criticità per le opere in progetto. Sotto il profilo idrogeologico, si sottolinea la presenza di una falda libera all'interno degli orizzonti

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>142 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	142 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	142 di 153								

sabbioso-limosi e ghiaioso-sabbiosi dell'Unità di Maddaloni. Nella parte iniziale del tracciato fino alla pk 24+200 la superficie piezometrica si attesta ad una profondità variabile da 7 e 15m sotto il piano del ferro. Dalla pk 24+200 fino all'imbocco Nord della galleria, la presenza del substrato argilloso MDL3 a quote più elevate determina un innalzamento della superficie piezometriche che si attesta tra le quote di 50.5 e 51.9 m s.l.m. Questo modello trova conferma dalla presenza, nel settore dell'imbocco Nord, di sorgenti ubicate alle stesse quote e comprese tra la nuova sede ferroviaria in progetto e quella esistente.

13.1.5 TRATTO COMPRESO TRA IL KM 25+160 ED IL KM 27+700

In questo settore il tracciato prevede un tratto all'aperto con la realizzazione di un viadotto (VI07), rilevati e trincee di altezza variabile ed interessa le opere annesse alla nuova stazione di Telese. Tale tratto si colloca nel settore centro-settentrionale dell'area di studio, a quote comprese tra i 42 ed i 57 m circa s.l.m.

Dal punto di vista geologico, nel tratto iniziale il tracciato affiorano i Depositi alluvionali recenti (**bb2** e **bb1**), del fondovalle del V.ne Truoro, rappresentati dalla litofacies sabbioso-limoso e ghiaioso-sabbiosa parzialmente eteropiche tra loro, in contatto stratigrafico erosivo sull'Unità di Maddaloni e verso Est e sui Depositi alluvionali terrazzati ghiaioso-sabbiosi (**bn1**). Localmente sono ricoperti da depositi antropici (**Ra**) rappresentati prevalentemente dal rilevato ferroviario esistente, sul quale per diverse tratte la nuova sede ferroviaria si svilupperà in affiancamento e sovrapposizione. Le formazioni geologiche di substrato in questa tratta sono rappresentate prevalentemente dalle ghiaie sabbiose (**MDL1**) e dalle argille limose (**MDL3**) della formazione di Maddaloni, quest'ultima sviluppata in particolar modo nel settore finale del tracciato

Sempre in questo settore è presente una coltre eluvio-colluviali (**b2**), con spessori mediamente compresi tra 0.5 e 2 m, parzialmente ricoperti da lembi di limitato spessore di depositi antropici (**Ra**). Tali depositi sono posti in copertura dei Depositi alluvionali antichi in facies sabbioso-limoso, limoso-argillosa e travertinoso (**bc2**, **bc3** e **bc4**), parzialmente eteropiche tra loro. Verso il basso si passa in contatto discordante ai terreni ghiaioso-sabbiosi dei Depositi alluvionali terrazzati (**bn1**) in appoggio sui terreni limoso-argillosi e ghiaioso-sabbiosi dell'Unità di Maddaloni (**MDL3-MDL1**).

All'altezza del km 26+500 è presente una faglia normale quaternaria potenzialmente attiva e capace, tale struttura è orientata NW-SE e ribassa i settori Sud-occidentali della piana del fiume Calore, tagliando interamente i depositi dell'Unità di Maddaloni e solo in parte i soprastanti Depositi alluvionali terrazzati.

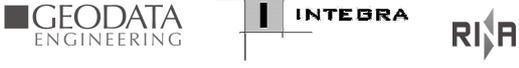
Dal punto di vista geomorfologico, non sono stati rilevati elementi di potenziale criticità per le opere in progetto, a meno dell'attraversamento del V.ne Truoro, intercettato dal tracciato di progetto all'altezza del km 25+790 circa. Sotto il profilo idrogeologico, invece, si sottolinea la presenza nel tratto iniziale di una falda libera all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi dei Depositi alluvionali recenti, con superficie piezometrica posta ad una profondità variabile tra circa 6 m e il p.c., mentre nelle porzioni centrali e finali del tratto è presente una falda libera all'interno degli orizzonti sabbioso-limosi e travertinosi dei Depositi alluvionali antichi, con superficie piezometrica posta ad una profondità variabile tra circa 3 e 6 m dal p.c..

I rischi geologici legati a questo settore sono rappresentati dai potenziali fenomeni di liquefazione, evidenziati già dalle precedenti fasi progettuali, legati alla presenza di lenti e livelli sabbioso limosi, da sciolti o poco addensati (**bc2**) sottofalda, ed intercalati alle altre facies delle alluvioni antiche. A riduzione di tale rischio è previsto in questa un intervento di consolidazione del piano di fondazione della nuova sede ferroviaria e delle opere adiacenti potenzialmente soggette a tale rischio.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>143 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	143 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	143 di 153								

14 RIFERIMENTI BIBLIOGRAFICI

- Abate D., De Pippo T., Ilardi M. & Pennetta M. (1998) - *Evoluzione morfologica tardo-quadernaria della valle Caudina (Benevento, Italia)*. Il Quaternario, **11**, 255-265.
- Abruzzese V. (1979) - *La Campania antica dal Pleistocene all'età romana*. Electa Editore.
- AFTES GT32 (2012) - *Characterization of geological, hydrogeological and geotechnical uncertainties and risks*.
- Alessio G., Gorini A., Vilardo G. & Iannacone G. (1996) - *Low energy sequences in areas with high seismic potential: benevento (Southern Apennines), April 1990*. In: Schenk V. (ed), Earthquake Hazard and Risk. Springer Neatherlands, **1996**, 3-16.
- Allocca V. & Grasso T. (1998) - *L'idrostruttura dei Monti di Durazzano: idrodinamica, potenzialità e interconnessioni con gli acquiferi adiacenti*. Tesi di Laurea, Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Alvarez W., Coccozza T. & Wezel F.C. (1974) - *Fragmentation of the Alpine orogenic belt by microplate dispersal*. Nature, **248**, 309-314.
- Amato A., Montone P. & Cesaro M. (1995) - *State of stress in southern Italy from borehole breakout and focal mechanism data*. Geophysical Research Letters, **22**, 3119-3122.
- Amore O., Basso C., Ciampo G., Ciarcia S., Di Donato V., Di Nocenera S., Esposito P., Matano F., Staiti D. & Torre M. (1998) - *Nuovi dati stratigrafici sul Pliocene affiorante tra il fiume Ufita ed il Torrente Cervaro (Irpinia, Appennino meridionale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **117**, 455-466.
- APAT (2007) - *Rapporto sulle frane in Italia: il Progetto IFFI. Metodologia, risultati e rapporti regionali*. Rapporti APAT, **78**.
- Aprile F., Brancaccio L., Cinque A., Di Nocera S., Guida M., Iaccarino G., Lambiase S., Ortolani F., Pescatore T., Sgroso I. & Torre M. (1978) - *Dati preliminari sulla neotettonica dei fogli 161 (Isernia), 171 (Gaeta), 173 (Benevento), 209 (Vallo della Lucania)*. Contributi preliminari alla realizzazione della Carta Neotettonica d'Italia, CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica
- Ascione A. & Cinque A. (2003) - *Le variazioni geomorfologiche indotte dalla tettonica recente in Appennino meridionale*. Il Quaternario, **16**, 133-140.
- Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno (2006) - *Piano stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico*.
- Autorità di Bacino Liri-Garigliano e Volturno (2010) - *Piano Gestione Acque (Allegato 3). Caratterizzazione geologica e Idrogeologica, Identificazione degli acquiferi*.
- Bally A.W., Burbi L., Cooper C. & Ghelardoni R. (1986) - *Balanced sections and seismic reflection profiles across the Central Apennines*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 257-310.
- Baratta M. (1901) - *I terremoti d'Italia*. Arnaldo Forni.
- Barbano M.S., Colombo F. & Zonno G. (1989) - *Preliminary results of seismic hazard assessment in the Sannio-Matese Area of Southern Italy*. Natural Hazard, **2**, 307-328.
- Basili A., Favali P., Scalera G. & Smriglio G. (1988) - *La pericolosità sismica dell'area Irpinia-Sannio-Matese*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 1341.
- Bellucci F., Corniello A., De Riso R. & Russo D. (1990) - *Idrogeologia della piana a N-E di Napoli*. Memorie della Società Geologica Italiana, **45**, 339-349.
- Bernard P. & Zollo A. (1989) - *The Irpinia (Italy) 1980 earthquake: detailed analysis of a complex normal faulting*. Journal of Geophysical Research, **94**, 1631-1647.
- Bianchi G.W., Perello P., Venturini G., Dematteis A., Delle Piane L. & Damiano A. (2006) - *Determination of reliability in geological forecasts for tunnel projects: the method of the R-index and its application*. XIth International Congress for Mathematical Geology in Liege, 3-8 September, 2006.
- Bieniawski Z.T. (1989) - *Engineering rock mass classifications: a complete manual for engineers and geologists in mining, civil and petroleum engineering*. John Wiley and Sons.
- Bigi S., Cosentino D., Parotto M., Sartori R. & Scandone P. (1992) - *Structural model of Italy. Scale 1:500,000*.

	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>144 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	144 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	144 di 153								

CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica.

Bisson M., Pareschi M.T., Zanchetta G., Sulpizio R. & Santacroce R. (2007) - *Volcanoclastic debris-flow occurrences in the Campania region (Southern Italy) and their relation to Holocene-Late Pleistocene pyroclastic fall deposits: implications for large-scale hazard mapping*. Bulletin of Volcanology, **70**, 157-167.

Bonardi G., Ciarcia S., Di Nocera S., Matano F., Sgrosso I. & Torre M. (2009) - *Carta delle principali unità cinematiche dell'Appennino meridionale. Nota illustrativa*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **128**, 47-60.

Boscaino M. (2000) - *Relazione tra tettonica estensionale plio-pleistocenica e assetto strutturale del gruppo del Camposauro (Appennino Meridionale)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **119**, 623-635,

Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G. & Valensise G. (1995) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.c. al 1980*. ING-S.G.A., con database su CD-ROM.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Mariotti D., Valensise L. & Gasperini P. (2000) - *Catalogue of strong Italian Earthquakes from 461 B.C. to 1997*. Annali di Geofisica, **43**, 609-868.

Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G. & Gasperini P. (1997) – *Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 aC al 1980*. ING-SGA.

Bosellini A. (1991) - *Introduzione allo studio delle rocce carbonatiche*. Italo Bovolenta Editore.

Bosellini A., Mutti E. & Ricci Lucchi F. (1989) - *Rocce e successioni sedimentarie*. Unione Tipografico-Editrice Torinese.

Bousquet J.C., Grellet B & Sauret B. (1993) – *Neotectonic setting of the Benevento area: comparison with the epicentral zone of the Irpinia earthquake*. Annali di geofisica, **26**, 245-252.

Bramerini F., Castenetto S., Giuffrè M., Naso G. & Peronace E. (2015) – *Microzonazione sismica. Linee guida per la gestione del territorio in aree interessate da Faglie Attive e Capaci (FAC)*. Commissione tecnica per la microzonazione sismica – Standard di rappresentazione e archiviazione informatica, Roma.

Brancaccio A., Cinque A., Romano P., Roskopf C., Russo F., Santangelo N. & Santo A. (1991) - *Geomorphology and neotectonic evolution of a sector of the tyrrhenian flank of the southern Apennines (region of Naples, Italy)*. Zeitschrift fur Geomorphologie, **82**, 47-58.

Brancaccio L., Cinque A., Romano P., Roskopf C. & Santangelo N. (1994) - *L'evoluzione delle pianure costiere della Campania: geomorfologia e neotettonica*. Memorie della Società Geografica Italiana, **53**, 313-337.

Brocchini F., Principe C., Castradori D., Laurenzi M.A. & Gorla L. (2001) - *Quaternary evolution of the southern sector of the Campanian Plain and early Somma-Vesuvius activity: insights from the Trecase well*. Mineralogy and Petrology, **73**, 67-91.

Bruschi A. (2004) - *Meccanica delle rocce: nella pratica geologica ed ingegneristica*. Dario Flaccovio Editore.

Budetta P. & De Risio R. (1982) - *Osservazioni sulla tettonica e sulla idrogeologia della media valle del F. Isclero a sud del Taburno*. Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata, **12**, 5-27.

Buonanno A., Pertusati S. & Zuppetta A. (2007) - *Structural evolution of the Fortore Unit (Southern Apennines, Italy)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **126**, 497-510.

Butler B.C.M. & Bell J.D. (1996) - *Lettura e interpretazione delle carte geologiche*. Zanichelli Editore.

Calcaterra D., Parise M., Palma B. & Pelella L. (1999) - *The May 5th 1998, landsliding event in Campania (southern Italy): inventory of slope movements in the Quindici area*. In: Yagi N., Yamagami T. & Jiang J. (eds), Proceedings of International Symposium On Slope Stability Engineering. Balkema, **1999**, 1361-1366.

Calcaterra D., Parise M., Palma B. & Pelella L. (2000) - *Multiple debris-flows in volcanoclastic materials mantling carbonate slopes*. In: Wieczorek G.F. & Naeser N.D. (eds), Debris-Flow Hazards Mitigation: Mechanics, Prediction, and Assessment. Balkema, **2000**, 99-107.

Cantalamesa G., Chiocchini U. & Cipriani N. (1988) - *Caratteri sedimentologici dei depositi sabbiosi del Pliocene inferiore -medio di Ariano Irpino (Appennino campano)*. Atti del 74° Congresso della Società Geologica Italiana, B 59 B 63.

Canuti P. & Esu F. (1995) - *Glossario Internazionale per le frane*. Rivista Italiana di Geotecnica, **1995/2**, 143-150.

Cappelletti P., Cerri G., Colella A., De Gennaro M., Langella A., Perrotta A. & Scarpati C. (2003) - *Post-eruptive*

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>145 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	145 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	145 di 153								

processes in the Campanian Ignimbrite. Mineralogy and Petrology, 79, 79-97.

Caracausi A. & Paternoster M. (2015) - *Radiogenic helium degassing and rock fracturing: A case study of the southern Apennines active tectonic region.* Journal of Geophysical Research – Solid Earth, **120**, 2200-2211.

Carannante G., Cesarano M., Pappone G. & Putignano M.L. (2012) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.00. Foglio 431 Caserta Est.* Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Casadio M. & Elmi C. (1999) - *Il manuale del geologo.* Pitagora Editrice.

Casati P. (1991) - *Scienze della terra.* Città Studi Edizioni.

Casciello E., Cesarano M. & Pappone G. (2006) - *Extensional detachment faulting on the Tyrrhenian margin of the Southern Apennines contractional belt (Italy).* Journal of Geological Society, **163**, 617-629.

Casero P., Roure F., Endignoux F., Moretti I., Muller C., Sage L. & Vially R. (1988) - *Neogene geodynamic evolution of the Southern Apennines.* Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 109-120.

Cassignol C., Gillot P.Y. (1982) - *Range and effectiveness of unspiked potassium-argon dating: experimental groundwork and application.* In: Odin G.S. (ed), Numerical Dating in Stratigraphy. John Wiley & Sons, 160-179.

Castello B., Selvaggi G., Chiarabba C. & Amato A. (2005) – *CSI Catalogo della sismicità italiana 1981-2002, versione 1.0.* INGV-CNT.

Castiglioni G.B. (1991) - *Geomorfologia (seconda edizione).* Unione Tipografico-Editrice Torinese.

Celico P. & De Riso R. (1978) – *Il ruolo idrogeologico della valle caudina nella idrogeologia del Casertano e del Sarnese (Campania).* Bollettino della Società dei Naturalisti di Napoli, **88**, 1-26.

Celico P. & Guadagno F.M. (1998) - *L'instabilità delle coltri piroclastiche delle dorsali carbonatiche in Campania: attuali conoscenze.* Quaderni di Geologia Applicata, **5**, 129-188.

Celico P. (1978) - *Schema idrogeologico dell'Appennino carbonatico centro-meridionale.* Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata, **14**, 3-97.

Celico P. (1981) - *Studi idrogeologici sui massicci carsici dell'Appennino centro-meridionale.* Notiziario della sezione di Napoli del Club Alpino Italiano, **30**, 43-46.

Celico P. (1983) - *Idrogeologia dei massicci carbonatici, delle piane quaternarie e delle aree vulcaniche dell'Italia centro-meridionale (Marche e Lazio meridionale, Abruzzo, Molise e Campania).* Quaderni della Cassa per il Mezzogiorno, **4**, 1-225.

Celico P. (1986) - *Prospezioni idrogeologiche.* Liguori Editore.

Celico P., Civita M. & Corniello A. (1977) – *Idrogeologia del margine nordorientale della conca campana (massicci dei Tifatini e del M. Maggiore).* Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata, **13**, 1-29.

Celico P., De Gennaro M., Ferreri M., Ghiara M.R., Russo D., Stanzione D. & Zenone F. (1980) - *Il margine orientale della piana Campana: indagini idrogeologiche e geochemiche.* Periodico di Mineralogia, **49**.

Celico P., De Vita P., Manacelli G., Scalise A.R. & Tranfaglia G. (2007) – *Carta Idrogeologica dell'Italia meridionale.* Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Celico P., Esposito L., De Gennaro M. & Mastrangelo E. (1994) - *La falda ad oriente della città di Napoli: idrodinamica e qualità delle acque.* Geologica Romana, **30**, 653-660.

Cello G., Guerra I., Tortorici L., Turco E. & Scarpa R. (1982) - *Geometry of the neotectonic stress field in southern Italy: geological and seismological evidence.* Journal of Structural Geology, **4**, 85-393.

Cestari F. (1996) - *Prove geotecniche in sito.* Italgrafica Segale.

Chiarabba C., Jovane L. & Di Stefano R. (2005) – *A new view of Italian seismicity using 20 years of instrumental recordings.* Tectonophysics, **395**, 251-268.

Chiessi V., D'Orefice M., Giovagnoli M.C., Graziano R. & Vita L. (2003) - *Colate rapide di fango: un caso di studio nel territorio comunale di S. Felice a Cancellò (CE).* Bollettino della Società Geologica Italiana, **122**, 405-420.

Ching J. & Hsu W.-C. (2008) - *Approximate optimization of systems with high-dimensional uncertainties and multiple reliability constraints.* Computer Methods in Applied Mechanics and Engineering, **198**, 52-71

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>146 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	146 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	146 di 153								

- Chiocchini U & Chiocchini F. (1999) - *I conglomerati messiniani dell'area tra Benevento e il F. Sabato (Appennino meridionale)*. Studi Geologici Camerti, **14**, 255-278.
- Chiocchini U. (2007) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.00. Foglio 432 Benevento*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.
- Chiocchini U., Moretti A., Sacchi L., Scalise A. & Valletta M. (1992) - *Ricerche geologiche e geomorfologiche nell'area tra i fiumi Ufita e Miscano (Appennino Campano-bacino pliocenico di Ariano Irpino)*. Memorie descrittive della carta geologica d'Italia, **42**, 149-178.
- Ciaranfi N., Guida M., Iaccarino G., Pescatore T., Pieri P., Rapisardi L., Ricchetti G., Sgrosso I., Torre M., Tortorici L., Turco E., Scarpa R., Cuscito M., Guerra I., Iannacone G., Panza G.G. & Scandone P. (1983) – *Elementi sismotettonici dell'Appennino meridionale*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **102**, 201-222.
- Cinque A. & Romano P. (2001) - *L'ambiente geologico della Campania: Evoluzione geomorfologica e caratterizzazione oro-idrografica*. In: Vallario A. (ed), *L'ambiente geologico della Campania*, 59-90.
- Cinque A., Ascione A. & Caiazzo C. (2000) - *Distribuzione spazio-temporale e caratterizzazione della fagliazione quaternaria in Appennino meridionale*. CNR-GNDT, 203-218.
- Cinque A., Aucelli P.P.C., Brancaccio L., Mele R., Milia A., Robustelli G., Romano P., Russo F., Santangelo N. & Sgambati D. (1997) - *Volcanism, tectonics and recent geomorphological change in the bay of Napoli*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, **2**, 123-141.
- Cinque A., Patacca E., Scandone P. & Tozzi M. (1993) - *Quaternary kinematic evolution of the Southern Apennines. Relationship between surface geological features and deep lithospheric structures*. Annali di Geofisica, **36**, 249-260.
- Civita M. (1975) - *Idrogeologia*. In: Ippolito F., Nicotera P., Lucini P. Civita M. & De riso R. (eds), *Geologia tecnica per ingegneri e geologi*. Isedi.
- Civita M., De Masi R., De Risio R. & Vallario A. (1970) - *Possibilità di rinvenimento di nuove fonti di approvvigionamento idrico nella media valle dell'Isclero e nella bassa valle del Calore (Campania)*. Geologia Tecnica e Ambientale, **5**.
- CNR (1983) - *Neotectonic Map of Italy*. Litografia Artistica Cartografica.
- CNR-PFG (1985) – *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980*. In: Postpischl D. (ed), CNR-PFG V. 2B.
- Cole P., Perrotta A. & Scarpati C. (1994) - *The volcanic history of SW part of the city of Naples*. Geological Magazine, **131**, 789-799.
- Corticelli S., D'Antonio M., Pinarelli L. & Civetta L. (2002) - *Source contaminations and mantle heterogeneity in the genesis of Italian potassic and ultrapotassic volcanic rocks: Sr-Nd-Pb isotope data from Roman Province and Southern Tuscany*. Mineralogy and Petrology, **74**, 189-222.
- Cornell C.A. (1968) - *Engineering seismic risk analysis*. Bulletin of Seismological Society of America, **58**, 1583-1606.
- Corniello A. & De Risio R. (1986) - *Idrogeologia e idrochimica delle sorgenti dell'Agro Telesino (BN)*. Geologia Applicata e Idrogeologia, **21**, 52-84.
- Corniello A. & Santo A. (1995) - *I dissesti della Basilicata Benedettina (XI secolo) di Sant'Angelo in Formis (Capua) ed il complesso assetto geologico dell'area*. Geologia Applicata e Idrogeologia, **30**, 125-137.
- Corniello A. (1988) - *Considerazioni idrogeologiche su talune acque minerali e termo-minerali della Provincia di Caserta*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 1053-1063.
- Corniello A., Ducci D. & De Risio R. (1990) - *Idrogeologia e idrochimica della Piana Campana*. Memorie della Società Geologica Italiana, **45**, 351-360.
- Corrado S., Di Bucci D., Naso G. & Butler R.W.H. (1997) - *Thrusting and strike-slip tectonics in the Alto Molise regione (Italy): implications for the Neogene-Quaternary evolution of the Central Apennine orogenic system*. Journal of the Geological Society of London, **154**, 679-688.
- Cotecchia V. (1956) - *Gli aspetti idrogeologici del Tavoliere delle Puglie*. L'Acqua, **34**, 168-180.
- Cremonini G. (1994) - *Rilevamento geologico. Realizzazione e interpretazione delle carte geologiche*. Pitagora

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>147 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	147 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	147 di 153								

Editrice.

Crosta G.B. & Dal Negro P. (2003) - *Observations and modelling of soil slip-debris flow initiation processes in pyroclastic deposits: the Sarno 1998 event*. Natural Hazard and Earth System Sciences, **3**, 53-69.

Cruden D. M. & Varnes D.J. (1996) - *Landslide types and processes*. In: Turner A.K. & Schuster R.L. (eds), *Landslides, Investigation and mitigation*. Transportation Research Board, Special Report, **247**, 36-75.

Cubellis E., Ferri M., Luongo G. & Obrizzo F. (2001) - *The roots of Mt. Vesuvius deduced from gravity anomalies*. Mineralogy and Petrology, **73**, 23-38.

Custodio E. (1978) – *Geohidrologia de terrenos e islas volcanicas*. Centro de Estudios Hidrographicos Publications, **128**.

D'Argenio B. (1967) - *Geologia del gruppo del Taburno-Camposauro (Appennini campano)*. Atti dell'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche, **3**, 6-7.

D'Argenio B., Pescatore T. & Scandone P. (1973) - *Schema geologico dell'Appennino meridionale (Campania e Lucania)*. Accademia Nazionale dei Lincei, **183**, 49-72.

Dazzaro L., Iannone A., Moresi M., Rapisardi L. & Romeo M. (1988) - *Stratigrafia, sedimentologia e geochimica delle successioni messiniane dell'Irpinia al confine con la Puglia*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 841-859.

De Niscio G. (2007) - *Definizione della struttura litosferica del Somma-Vesuvio mediante tomografia sismica delle onde superficiali*. Tesi di dottorato, Università degli Studi di Napoli Federico II.

De Vivo B., Rolandi G., Gans P.B., Calvert A., Bohrsen W.A., Spera F.J. & Belkin H.E. (2001) - *New constraints on the pyroclastic eruptive history of the Campanian Volcanic Plain (Italy)*. Mineralogy and Petrology, **73**, 47-65.

Deino A.L., Orsi G., De Vita S. & Piochi M. (2004) - *The age of the Neapolitan Yellow Tuff caldera forming eruption (Campi Flegrei caldera - Italy) assessed by ⁴⁰Ar/³⁹Ar dating method*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **133**, 157-170.

Del Gaudio V., Pierri P., Frepoli A., Calcagnile G., Venisti N. & Cimini G.B. (2007) - *A critical revision of the seismicity of Northern Apulia (Adriatic Plate - Southern Italy) and implication of seismogenic structures*. Tectonophysics, **436**, 9-35.

Del Prete S., de Riso R. & Santo A. (2004) - *Primo contributo sui sinkholes di origine naturale in Campania*. Atti Convegno sullo Stato dell'arte sullo studio dei fenomeni di sinkhole e ruolo delle Amministrazioni statali e locali nel governo del territorio, 361-376.

Dematteis A., Kalamaras G. & Eusebio A. (2001) - *A systems approach for evaluating spring drawdown due to tunneling*. in AITES-ITA World Tunnel Congress, Vol1, Session 1-4.

Di Bucci D. & Tozzi M. (1992) - *La linea "Ortona-Roccamonfina": Revisione dei dati esistenti e nuovi contributi per il settore settentrionale (Media valle del Sangro)*. Studi Geologici Camerti, vol.spec. **1991/92**, 397-406.

Di Bucci D., Corrado S., Naso G., Parotto M. & Praturlon A. (1999) - *Evoluzione tettonica neogenico-quadernaria dell'area molisana*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **118**, 13-30.

Di Bucci D., Massa B., Tornaghi M. & Zuppetta A. (2005) – *Structural setting of the 1688 Sannio earthquake epicentral area (Southern Italy) from surface and subsurface data*. Journal of Geodynamics, **40**, 294-315.

Di Crescenzo G. & Santo A. (1999) - *Analisi geomorfologica delle frane da scorrimento-colata rapida in depositi piroclastici della Penisola Sorrentina*. Geografia Fisica e Dinamica Quaternaria, **22**, 57-72.

Di Crescenzo G. & Santo A. (2013) - *Dati preliminari sull'assetto tettonico e fessurativo dei versanti carbonatici interessati da sinkhole nell'Appennino centro-meridionale*. Memorie Descrittive della Carta Geologica d'Italia, **93**, 219-238.

Di Girolamo P. & Stanzione D. (1973) - *Lineamenti geologici e petrologici dell'Isola di Procida*. Rendiconti della Società Italiana di Mineralogia e Petrologia, **29**, 81-125.

Di Girolamo P., Ghiara M.R., Lirer R., Munno R., Rolandi G. & Stanzione D. (1984) - *Vulcanologia e petrologia dei Campi Flegrei*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **103**, 349-413.

Di Nocera S., Matano F. & De Palma L. (1995) - *Osservazioni geomorfologiche sulla media-bassa valle del fiume*

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>148 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	148 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	148 di 153								

Calore (Benevento). Rendiconti dell'Accademia di Scienze Fisiche e Matematiche, **621**, 91-102.

Di Nocera S., Torre M. & Viti P. (1993) - *Le arenarie di Caiazzo nell'evoluzione tortoniano-messiniana dell'Appennino campano*. Atti Ticinesi di Scienze della Terra, **36**, 91-102.

Di Staso A. & Giardino S. (2002) - *New integrate biostratigraphic data about the Saraceno Formation (North-Calabrian Unit, Southern Apennines)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. spec. **1**, 517-526.

DISS Working Groupe (2010) – *Database of individual Seismogenic Sources (DISS)*, version 3.1.1., disponibile in internet all'indirizzo <http://diss.rm.ingv.it/diss/index.html>.

Dogliani C., Moretti I. & Roure F. (1991) - *Basal lithospheric detachment, eastward mantle flow and Mediterranean geodynamics: a discussion*. Journal of Geodynamics, **13**, 47-65.

Dramis F. & Bisci C. (1997) - *Cartografia geomorfologica. Manuale di introduzione al rilevamento ed alla rappresentazione degli aspetti fisici del territorio*. Pitagora Editrice.

Esposito E., Luongo G., Marturano A. & Porfido S. (1987) – *Il terremoto di S. Anna del 26 luglio 1805*. Memorie della Società Geologica Italiana, **37**, 171-191.

Esposito E., Luongo G., Marturano A. & Porfido S. (1988) – *I terremoti recenti dal 1980 al 1986 nell'Appennino Meridionale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 1117-1128.

Esposito L. (1996) - *Studio delle modalità di contaminazione chimica dell'acquifero alluvionale a prevalente componente piroclastica del settore Sud - Orientale della Piana Campana (Campania – Italia)*. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Ferrara.

Essex R.J. (2007) - *Geotechnical Baseline Reports for Underground Construction*. ASCE.

Faccioli E. & Paolucci R. (2005) - *Elementi di sismologia applicata all'ingegneria*. Pitagora Editrice.

Fedele L., Morra V., Perrotta A., Scarpati C., Putignano M.L., Orrù P., Schiattarella M., Aiello G., D'Argenio B. & Conforti A. (2009) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000. Foglio 465 Isola di Procida*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Fedele L., Scarpati C., Lanphere M., Melluso L., Morra V., Perrotta A. & Ricci G. (2008) - *The Breccia Museo formation, Campi Flegrei, southern Italy: geochronology, chemiostratigraphy and relationship with the Campanian Ignimbrite eruption*. Bulletin of Volcanology, **70**, 1189-1219.

Federici P., Di Maro R., Marchetti A. & Cocco M. (1992) – *Analisi della sismicità nell'area del Sannio-Matese negli anni 1991-1992*. Atti 11° Convegno Annuale G.N.G.T.S., Roma 9-11 Dicembre 1992.

Ferranti (1997) – *Tettonica tardo Pliocenica-quadernaria dei Monti del Matese (Appennino meridionale): raccorciamenti tardivi e distensione "neotettonica"*. Il Quaternario, **10**(2), 503-506.

Ferranti L. (1994) – *Le strutture del bordo meridionale del Massiccio del Matese (Appennino meridionale): elementi di tettonica compressiva e distensiva*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **113**, 157-171.

Ferranti L., Oldow J.S. & Sacchi M. (1996) – *Pre-Quaternary orogen-parallel extension in the Southern Apennine belt, Italy*. Tectonophysics, **260**, 325-347.

Frepoli A. & Amato A. (2000) - *Spatial variation in stresses in peninsular Italy and Sicily from background seismicity*. Tectonophysics, **317**, 109-124.

Galadini F., Meletti C. & Vittori E. (2000) – *Stato delle conoscenze sulle faglie attive in Italia: elementi geologici di superficie. Risultati del progetto 5.1.2. "Inventario delle faglie attive e dei terremoti ad esse associabili"*, CNE Gruppo Nazionale per la Difesa dai Terremoti, 1-30.

Gasparini P. & Mantovani M.S.M. (1984) - *Fisica della terra solida*. Liguori Editore.

Gonzalez de Vallejo L.I. (2005) – *Geoingegneria*. Pearson Education Italia.

Grassi D. & Tadolini T. (1992) – *Caratteristiche chimico-fisiche delle acque della falda carsica del Gargano*. CNR-GNDCI, **538**, 375-416.

Gruppo di Lavoro CPTI (1999) – *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani*. ING, GNDT, SGA, SSN. 92 pp.

Gruppo di Lavoro CPTI (2004) - *Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani, versione 2004 (CPTI04)*. INGV.

Gruppo di Lavoro MPS (2004) – *Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM del 20*

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>149 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	149 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	149 di 153								

marzo 2003. INGV, Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile.

Guadagno F.M., Piscopo V., Iesce M.T., Vecchiarelli R. & Aquino S. (1998) - *Caratterizzazione idrogeologica e potenzialità della bassa valle del fiume Calore (Campania)*. Quaderni di Geologia Applicata, **5**, 25-39.

Guerrera F., Martin 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**, 525-544.

Gunnink J., Maljers D. & Hummelman J. (2010) - *Quantifying uncertainty of geological 3D layer models, constructed with a-priori geological expertise*. IAMG 2010, Budapest.

Hallam A. (1985) - *Interpretazione delle facies e stratigrafia*. Pitagora Editrice.

Hoek E. & Marinos P. (2000) - *GSI: a geologically friendly tool for rock mass strength estimation*. In M.C. Ervin (ed), Proceedings of International Conference on Geotechnical and Geological Engineering, Melbourne 2000.

Hoek E., Carranza-Torres C.T. & Corkum B. (2002) - *Hoek-Brown failure criterion - 2002 edition*. In H.R.W. Bawden, J. Curran, M. Telsenicki (eds), Mining Innovation and Technology; Proceedings of the 5th North American Rock Mechanics Symposium, Toronto 2002.

Hungr O., Leroueil S. & Picarelli L. (2014) - *The Varnes classification of landslide types, an update*. Landslides, **11**, 167-194.

Hutchinson J.N. (1985) – *Mass movements*. In : Fair Bridge R.W. (ed): Encyclopaedia of geomorphology, 688-695.

Hutchinson J.N. (1988) – *Morphological and geotechnical parameters of landslides in relation to geology and hydrogeology*. Proceedings of 5th International Symposium on Landslides, 10-15.

IAEG (2009) - *Recommendations for reliability quantification of the geological model in large civil engineering projects*.

Incoronato A., Nardi G., Ortolani F. & Pagliuca S. (1985) - *The Plio-Quaternary Bagnoli Irpino-Calaggio torrent strike slip fault, Campania-Lucania (Southern Apennines)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **104**, 399-404.

Ippolito F., Ortolani F. & Russo M. (1973) - *Struttura marginale tirrenica dell'Appennino campano: reinterpretazione di dati di antiche ricerche di idrocarburi*. Memorie della Società Geologica Italiana, **12**, 227-250.

ISPRA (2007) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.00. Foglio 432 (Benevento)*. Servizio Geologico d'Italia.

ISPRA (2012) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.00. Foglio 431 (Caserta Est)*. Servizio Geologico d'Italia.

ISPRA (2015) - *Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.00. Foglio 419 (San Giorgio la Molara)*. Servizio Geologico d'Italia.

ISRM (1978) – *Suggested methods for the quantitative description of discontinuities in rock masses*. International Journal of Rock Mechanics and Mining Sciences, **15**, 319-368.

ISRM (1993) – *Metodologie per la descrizione quantitativa delle discontinuità nelle masse rocciose*. Rivista Italiana di Geotecnica, **2**, 151-197.

ISSMGE (2006) - *Recommended procedure for geotechnical ground investigations*. The International Tunnelling Insurance Group, 2006. The Joint Code of Practice for Risk Management of Tunnel Works.

ITA/AITES (2004) - *Accredited Material - Guidelines for tunnelling risk management: International Tunnelling Association, Working Group No. 2*. Tunnelling and Underground Space Technology, **19**, 217–237.

Jiao Y., Hudson J.A. (1995) – *The Fully-Coupled Model for Rock Engineering Systems*. Int. J. Rock Mech. Min. Sci. & Geomech. Abstr., **32**, 5, 491-512.

Kiratzis A. (1994) – *Active seismic deformation in the Italian peninsula and in Sicily*. Annali di Geofisica, **37**, 27-45.

Lancellotta R. (2004) - *Geotecnica (terza edizione)*. Zanichelli Editore.

Lanzo G. & Silvestri F. (1999) - *Risposta sismica locale. Teoria ed esperienze*. Hevelius Edizioni.

Lentini F., Carbone S., Catalano S. & Monaco C. (1990) - *Tettonica a thrust neogenica nella catena appenninico-maghrebide: esempi dalla Lucania e dalla Sicilia*. Studi Geologici Camerti, vol.suppl. **1990**, 19-26.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>150 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	150 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	150 di 153								

Locati M., Camassi R., Rovida A., Ercolani E., Bernardini F., Castelli V., Caracciolo C.H., Tertulliani A., Rossi A., Azzaro R., D'Amico S., Conte S., Rocchetti E. (2016) - *DBMI15, the 2015 version of the Italian Macroseismic Database*. Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia. doi: <http://doi.org/10.6092/INGV.IT-DBMI15>.

Luongo G., Cubellis E., Obrizzo F. & Petrazzuoli S.M. (1991) - *A physical model for the origin of volcanism of the Tyrrhenian margin: the case of neapolitan area*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **48**, 173-185.

Maggiore M., Masciale R., Massari R., Pappagallo G., Passarella G. & Vurro M. (2004) – *Caratteri idrostrutturali del Tavoliere di Puglia ed elaborazione di una carta geolitologica a finalità idrogeologiche*. Geologi e Territorio, **2/2004**, 6-16.

Maggiore M., Nuovo G. & Pagliarulo P. (1996) – *Caratteristiche idrogeologiche e principali differenze idrochimiche delle falde sotterranee del Tavoliere di Puglia*. Memorie della Società Geologica Italiana, **51**, 669-684.

Magliulo P. (2005) - *Quaternary deposits and geomorphological evolution of the Telesina Valley (Southern Apennines)*. Geografia Fisica e Dinamica del Quaternario, **28**, 125-146.

Magliulo P., Russo F. & Pignone M. (2004) - *Studio geomorfologico e sismologico di faglie attive nella Valle Telesina (Appennino campano)*. Atti dell'8^a Conferenza Nazionale ASITA, **2**, 1389-1394.

Magliulo P., Russo F. & Valente A. (2007) - *Tectonic significance of geomorphological features in the Telesina Valley (Campanian Apennines)*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **126**, 397-409.

Malatesta A. (1958) - *Cenni sui risultati delle campagne geologiche effettuate durante l'anno 1956 (Sicilia: Patti - Appennino meridionale: Benevento)*. Bollettino del Servizio Geologico d'Italia, **80**, 255-260.

Malinverno A. & Ryan W.B.F. (1986) - *Extension in the Tyrrhenian Sea and shortening in the Apennines as result of arc migration driven by sinking of the lithosphere*. Tectonics, **5**, 227-245.

Manfredini M. (1963) - *Schema dell'evoluzione tettonica della penisola italiana*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **84**, 101-130.

Mariucci M. T. & Muller B. (2003) – *The tectonic regime in Italy inferred from borehole breakout data*. Tectonophysics, **361**, 130-134.

Matano F. & Di Nocera S. (2001) - *Geologia del settore centrale dell'Irpinia (Appennino Meridionale): nuovi dati e interpretazioni*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **120**, 3-14.

Mayer G.B. (1964) - *Hydrostratigraphic Units*. Journal of Hydrology, **2**, 124-129.

Meletti C. & Montaldo V. (2007) – *Stime di pericolosità sismica per diverse probabilità di superamento in 50 anni: valori di ag*. Progetto DPC-INGV S1.

Meletti C. & Valensise G. (2004) – *Zonazione sismogenetica ZS9 – App.2 al Rapporto Conclusivo*. Gruppo di Lavoro per la redazione della mappa di pericolosità sismica, Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia.

Meletti C., Patacca E. & Scandone P. (2000) - *Construction of a seismo-tectonic model: The case of Italy*. Pure and Applied Geophysics, **157**, 11-35.

Milia A. (1997) - *Evoluzione tettono-stratigrafica di un bacino peritirrenico: il Golfo di Napoli*. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Napoli Federico II.

Ministero dei Lavori Pubblici Consiglio Superiore Servizio Idrografico (1942 – Anno XX) – *Le Sorgenti Italiane Elenco e Descrizione*, Pubblicazione n. 14 del servizio, Vol. VII, Campania Sezione idrografica di Napoli.

Montone P., Amato A. & Pondrelli S. (1999) - *Active stress map of Italy*. Journal of Geophysical Research, **104**, 25595-25610.

Montone P., Mariucci M.T., Pondrelli S. & Amato A. (2004) – *An improved stress map for Italy and surrounding regions (central Mediterranean)*. Journal of Geophysical Research, **109**, B10.

Morbidei L. (2003) - *Le rocce e i loro costituenti*. Bardi Editore.

Moretti M., Pieri P., Ricchetti G. & Spalluto L. (2011) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.00. Foglio 396 San Severo*. Istituto Superiore per la Protezione e la Ricerca Ambientale.

Mostardini F. & Merlini S. (1986) - *Appennino centro-meridionale. Sezioni geologiche e proposta di un modello strutturale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **35**, 177-202.

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>151 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	151 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	151 di 153								

- Ogniben L. (1969) - *Schema introduttivo alla geologia del confine calabro-lucano*. Memorie della Società Geologica Italiana, **8**, 453-763.
- Orsi G., De Vita S. & Di Vivo M. (1996) - *The restless, resurgent Campi Flegrei nested caldera (Italy): constraints on its evolution and configuration*. Journal of Volcanology and Geothermal Research, **74**, 179-214.
- Orsi G., Di Vito M.A. & Isaia R. (2004) - *Volcanic hazard assessment at the restless Campi Flegrei caldera*. Bulletin of Volcanology, **66**, 514-530.
- Orsi G., Di Vito M.A., Selva J. & Marzocchi W. (2009) - *Long-term forecast of eruption style and size at Campi Flegrei caldera (Italy)*. Earth and Planetary Science Letters, **287**, 265-276.
- Ortolani F. (1974) - *Faglia trascorrente pliocenica dell'Appennino campano*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **93**, 609-622.
- Ortolani F. (1978) - *Alcune considerazioni sulle fasi tettoniche mioceniche e plioceniche dell'Appennino meridionale*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **97**, 609-616.
- Panizza M. (1993) - *Geomorfologia applicata. Metodi di applicazione alla Pianificazione territoriale e alla Valutazione d'Impatto Ambientale*. La Nuova Italia Scientifica.
- Pantosti D. & Valensise G. (1990) - *Faulting mechanism and complexity of the Novembre 23, 1980, Campani-Lucania Earthquake, inferred from surface observations*. Journal of Geophysical Research, **95**, 15319-15341.
- Papa L. (2011) - *Tufi vulcanici nel costruito storico: vulnerabilità e possibili trattamenti per la conservazione e il restauro*. Tesi di dottorato, Università degli Studi di Sassari.
- Pasquarè G., Abbate E., Castiglioni G.B., Merenda M., Mutti E., Ortolani F., Parotto M., Pignone R., Polino R. & Sassi F.P. (1992) - *Carta geologica d'Italia 1:50.000, Guida al Rilevamento*. Quaderni serie III, **1**.
- Patacca E. & Scandone P. (1989) - *Post Tortonian mountain building in the Apennines. The role of the passive sinking of a relic lithospheric slab*. In: Boriani A., Bonafede M., Piccardo G.B. & Vai G.B. (eds), *The lithosphere in Italy: Advances in Earth Science Research. Atti dei Convegni Lincei*, **80**, 157-176.
- Patacca E. & Scandone P. (2007) - *Geology of the Southern Apennines*. Bollettino della Società Geologica Italiana, vol. spec. **7**, 75-199.
- Patacca E., Sartori R. & Scandone P. (1990) - *Tyrrhenian basin and Apenninic arcs: Kinematic relations since late Tortonian times*. Memorie della Società Geologica Italiana, **45**, 425-451.
- Patacca E., Scandone P., Bellatalla M., Perilli N. & Santini U. (1992) - *La zona di giunzione tra l'arco appenninico settentrionale e l'arco appenninico meridionale nell'Abruzzo e nel Molise*. Studi Geologici Camerti, vol. spec. **1991/92**, 417-441.
- Peccherillo A. (2005) - *Plio-Quaternary volcanism in Italy: Petrology, geochemistry, geodynamics*. Springer.
- Perello P. (2011) - *Estimate of the reliability in geological forecasts for tunnels: toward a structured approach*. Rock Mechanics and Rock Engineering, **44**, 671-694.
- Perrotta A. (1992) - *Evoluzione vulcanologica dei Campi Flegrei tra 20000 e 12000 anni e dinamica dell'eruzione della Breccia Museo*. Tesi di Dottorato, Università degli Studi di Napoli Federico II.
- Perrotta A., Scarpati C., Luongo G. & Morra V. (2006) - *The Campi Flegrei caldera boundary in the city of Naples*. In: De Vivo B. (ed), *Volcanism in the Campania Plain: Vesuvius, Campi Flegrei and Ignimbrites*. Elsevier, *Developments in Volcanology*, **9**, 85-96.
- Pescatore T. & Sgroso I. (1973) - *I rapporti tra la piattaforma Campano-Lucana e la piattaforma Abruzzese-Campana nel Casertano*. Bollettino della Società Geologica Italiana, **92**, 925-938.
- Pescatore T., Pinto F., Renda P., Senatore M., Tramutoli M. & Valente A. (1996) - *Avanfosse mioceniche dell'Appennino meridionale*. Rendiconti dell'Accademia delle Scienze Fisiche e Matematiche, **63**, 85-121.
- Pescatore T., Sgroso I. & Torre M. (1971) - *Lineamenti di tettonica e sedimentazione nel Miocene dell'Appennino campano-lucano*. Memorie della Società Naturalistica di Napoli, **80**, 337-408.
- Pierrì P., Del Gaudio V. & Calcagnile G. (2008) - *Ridefinizione della zonazione sismogenetica della Puglia settentrionale e implicazioni per le stime di pericolosità*. Atti del Convegno GNGTS, Sessione 2.2.
- Pino N.A., Palombo B., Ventura G., Perniola B. & Ferrari G. (2008) - *Waveform modeling of historical seismograms*

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>152 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	152 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	152 di 153								

of the 1930 Irpinia earthquake provides insight on "blind" faulting in southern Apennines (Italy). *Journal of Geophysical Research*, **113**, B05303.

Porfido S., Esposito E., Luongo G. & Maturano A. (1988) – *I terremoti del XIX secolo dell'Appennino Campano-lucano*. *Memorie della Società Geologica Italiana*, **41**, 1105-1116.

Postpischl D. (1985) – *Atlas of isoseismal of Italian earthquakes*. CNR - Progetto Finalizzato Geodinamica.

Principe C., Rosi M., Santacroce R. & Sbrana A. (1987) - *Explanatory notes to the geological map*. *Quaderni della Ricerca Scientifica*, **114**, 11-51.

Revellino P., Guadagno F.M. & Hungr O. (2006) - *Criteri morfologici e modellazione dinamica nella valutazione della suscettibilità da frana lungo versanti carbonatici nell'Appennino Campano*. *Giornale di Geologia Applicata*, **3**, 159-166.

Riccardi L. (1927) - *Telesia. Ricordi e Speranze*. Tipografia Nazzareno Borrelli.

Ricchetti E., Salvemini A. & Tadolini T. (1989) – *A hydrogeological study in a sample area of the Apulian Tavoliere between Ortanova and Cerignola*. *Atti del Congresso Internazionale Geingegneria*, **1**, 533-540.

Ricci Lucchi F. (1980) - *Sedimentologia*. Cooperativa Libreria Universitaria Editrice.

Rittmann A. (1952) - *Sulla tettonica del Miocene nell'Appennino Iripino*. *Memorie e Note dell'Istituto di Geologia Applicata*, **4**, 79-92.

Romano P., Santo A. & Voltaggio M. (1994) - *L'evoluzione geomorfologica della pianura del F. Volturno (Campania) durante il tardo Quaternario (Pleistocene medio-superiore - Olocene)*. *Il Quaternario*, **7**, 41-56.

Rosi M. e Sbrana A. (1987) - *Phlegrean Fields*. *Quaderni della Ricerca Scientifica*, **114**, 133-144.

Rossi D. (1857) - *Sulle acque minerali di Telese e sullo Stabilimento dei Bagni quivi costruito*. *Annali Civili del Regno delle due Sicilie, Napoli*, **61**, 121.

Roure F., Casero P. & Vially R. (1991) - *Growth processes and melange formation in the southern Apennines accretionary wedge*. *Earth and Planetary Science Letters*, **102**, 395-412.

Santacroce R. (1987) - *Somma-Vesuvius*. *Quaderni della Ricerca Scientifica*, **114**, 53-104.

Santangelo N. (2011) - *Nuovi dati sulla stratigrafia e sull'evoluzione tardo-quaternaria-olocenica del bordo settentrionale della Piana Campana*. *Rendiconti online della Società Geologica Italiana*, **12**, 87-90.

Santo A., Ascione A., Del Prete S., Di Crescenzo G. & Santangelo N. (2011) - *Collapse sinkholes distribution in the carbonate massifs of central and southern Apennines*. *Acta Carsologica*, **40**, 95-112.

Santo A., Del Prete S., Di Crescenzo G. & Rotella M. (2007) - *Karst processes and slope instability: some investigations in the carbonate Apennine of Campania (southern Italy)*. In: Parise M. & Gunn J. (eds), *Natural and Anthropogenic Hazards in Karst areas: Recognition, Analysis and Mitigation*. Geological Society of London, Special Publication, **279**, 59-72.

Sartori R. (1989) - *Evoluzione neogenico-recente del bacino tirrenico e suoi rapporti con la geologia delle aree circostanti*. *Giornale di Geologia*, **51**, 1-39.

Scandone R., Bellucci F., Lirer L. & Rolandi G. (1991) - *The structure of the Campana Plain and the activity of the Neapolitan volcanoes (Italy)*. *Journal of Volcanology and Geothermal Research*, **48**, 1-31.

Scarsella (1971) - *Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:100000. Foglio 172 Caserta*. Servizio Geologico d'Italia.

Scherillo A., Franco E., Di Girolamo P. & Stanzione D. (1966) - *Guida alle forme crateriche della Campania settentrionale*. *Atti dell'Accademia Pontiniana*, **15**, 49-52.

Scrocca D. & Tozzi M. (1999) - *Tettogenesi mio-pliocenica dell'Appennino molisano*. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, **118**, 255-286.

Scrocca D., Sciamanna S., Di Luzio E., Tozzi M., Nicolai C. & Gambini R. (2007) - *Structural setting along the CROP-04 deep seismic profile (Southern Apennines - Italy)*. *Bollettino della Società Geologica Italiana*, vol. spec. **7**, 283-296.

Selli R. (1962) – *Il Paleogene nel quadro della geologia dell'Italia meridionale*. *Memorie della società geologica*

  	ITINERARIO NAPOLI – BARI RADDOPPIO TRATTA CANCELLO-BENEVENTO II LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – VITULANO 1° LOTTO FUNZIONALE FRASSO TELESINO – TELESE PROGETTO ESECUTIVO												
Relazione geologica, geomorfologica ed idrogeologica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>COMMESSA</th> <th>LOTTO</th> <th>CODIFICA</th> <th>DOCUMENTO</th> <th>REV.</th> <th>FOGLIO</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>IF26</td> <td>12 E ZZ</td> <td>RG</td> <td>GE0001 001</td> <td>B</td> <td>153 di 153</td> </tr> </tbody> </table>	COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO	IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	153 di 153
COMMESSA	LOTTO	CODIFICA	DOCUMENTO	REV.	FOGLIO								
IF26	12 E ZZ	RG	GE0001 001	B	153 di 153								

italiana, **3**, 737-789.

Servizio Geologico d'Italia (1971) - *Carta geologica d'Italia: Foglio 172 (Caserta)*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Servizio Geologico d'Italia (1975) - *Carta geologica d'Italia: Foglio 173 (Benevento)*. Istituto Poligrafico e Zecca dello Stato.

Tanzini M. (2001) - *Gallerie: Aspetti geotecnici nella progettazione e costruzione*. Dario Flaccovio Editore.

Torre M., Di Nocera S. & Ortolani F. (1988) - *Evoluzione post-tortoniana dell'Appennino meridionale*. Memorie della Società Geologica Italiana, **41**, 47-56.

Torri R., Dematteis A. & Delle Piane L. (2007) - *Drawdown hazard of springs and wells in tunneling: predictive model and verification*. Proc. XXXV IAH Congress, Groundwater and Ecosystems, Lisbon 17-21 Sept. pp 1–10.

Tucker M.E. (1996) - *Rocce sedimentarie. Guida alla descrizione sugli affioramenti rocciosi*. Dario Flaccovio Editore.

Valensise G. & D'Addezio G. (1994) – *Il contributo della geologia di superficie all'identificazione delle strutture sismogenetiche della Piana di Gioia Tauro*. ING Publications, **559**, 34 pp.

Valensise G. & Pantosti D. (2001) – *The investigation of potential earthquake sources in peninsular Italy: a review*. Journal of Seismology, **5**, 287-306.

Vallario A. (1992) - *Frane e territorio. Le frane nella morfogenesi dei versanti e nell'uso del territorio*. Liguori Editore.

Vannucci G. & Gasperini P. (2004) – *The new release of the database of Earthquake mechanisms of the Mediterranean Area (EMMA vers. 2)*. Annuali di Geofisica, suppl. **47**, 307-334.

Varnes D.J. (1978) - *Slope movement types and processes*. Special Report 176, National Academy of Sciences, Washington.

Venisti N., Calcagnile G., Del Gaudio V. & Pierri P. (2004) - *Combined analysis of seismic and gravimetric data in Adriatic plate*. Physics of the Earth and Planetary Interiors, **142**, 89-100.

Venturini G., Damiano A., Dematteis A., Delle Piane L., Fontan D., Martinotti G. & Perello P. (2001) - *L'importanza dell'affidabilità del Modello Geologico di Riferimento negli studi per il tunneling*. Geitalia 2001 3° Forum Italiano di Scienze della Terra –FIST, Chieti, 5-8 settembre, 426-427.

Vilardo G., Nappi R., Petti P. & Ventura G. (2003) – *Fault geometries from the space distribution of the 1990-1997 Sannio-Benevento earthquake: inference on the active deformation in Southern Apennines*. Tectonophysics, **363**, 259-271.

Voltattorni N., Caramanna G., Cinti D., Galli G., Pizzino L. & Quattrocchi F. (2006) – *Study of CO₂ Natural emissions in different italian geological scenarios: a refinement of natural hazard and risk assessment*. Advances in Geological Storage of Carbon Dioxide - INGV.

Westaway R. (1992) – *Revised hypocentre and fault rupture geometry for the 1980 November 23 Campania-Basilicata earthquake in southern Italy*. Geophysical Journal International, **109**, 376-390.

Zanchetta G., Sulpizio R. & Di Vito M.A. (2004) - *The role of volcanic activity and climate in alluvial fan-growth at volcanic areas: an example from southern Campania (Italy)*. Sedimentary Geology, **168**, 249-280.