

ITINERARIO RAGUSA-CATANIA

Collegamento viario compreso tra lo Svincolo della S.S. 514 "di Chiaramonte" con la S.S. 115 e lo Svincolo della S.S. 194 "Ragusana"

LOTTO 4 - Dallo svincolo n. 8 "Francofonte" (compreso) allo svincolo della "Ragusana"(escluso)

PROGETTO ESECUTIVO

COD. PA898

PROGETTAZIONE: ATI SINTAGMA - GP INGEGNERIA - COOPROGETTI -GDG - ICARIA - OMNISERVICE

PROGETTISTA RESPONSABILE DELL'INTEGRAZIONE DELLE PRESTAZIONI SPECIALISTICHE:

Dott. Ing. Nando Granieri
Ordine degli Ingegneri della Prov. di Perugia n° A351



IL GRUPPO DI PROGETTAZIONE:

MANDATARIA:

	Dott. Ing. N.Granieri	Dott. Ing. M.Abram
	Dott. Ing. F.Durastanti	Dott. Ing. F.Pambianco
	Dott. Ing. V.Truffini	Dott. Ing. M.Briganti Botta
	Dott. Arch. A.Bracchini	Dott. Ing. L.Gagliardini
	Dott. Ing. L.Nani	Dott. Geol. G.Cerquiglini

MANDANTI:

	Dott. Ing. G.Guiducci	Dott. Ing. G.Lucibello
	Dott. Ing. A.Signorelli	Dott. Arch. G.Guastella
	Dott. Ing. E.Moscatelli	Dott. Geol. M.Leonardi
	Dott. Ing. A.Bela	Dott. Ing. G.Parente
	Dott. Arch. E.A.E.Crimi	Dott. Ing. L.Ragnacci
	Dott. Arch. M.Panfilì	Dott. Arch. A.Strati
	Dott. Arch. P.Ghirelli	Archeol. M.G.Liseno
	Dott. Ing. D.Pelle	
	Dott. Ing. D.Carlaccini	Dott. Ing. F.Aloe
	Dott. Ing. S.Sacconi	Dott. Ing. A.Salvemini
	Dott. Ing. C.Consorti	
	Dott. Ing. V.Rotisciani	Dott. Ing. G.Verini Supplizi
	Dott. Ing. G.Pulli	Dott. Ing. V.Piunno
	Dott. Ing. F.Macchioni	Geom. C.Sugaroni
	Dott. Ing. P.Agnello	

IL GEOLOGO:

Dott. Geol. Giorgio Cerquiglini
Ordine dei Geologi della Regione Umbria n° 108

IL COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROGETTAZIONE:

Dott. Ing. Filippo Pambianco
Ordine degli Ingegneri della Provincia di Perugia n° A1373

VISTO IL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO

Dott. Ing. Luigi Mupo

IL RESPONSABILE DI PROGETTO:



GEOLOGIA

Relazione geologica ed idrogeologica

CODICE PROGETTO		NOME FILE	REVISIONE	SCALA:	
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.			
L0408Z	E	2101			
		CODICE ELAB.			
		T04GE01GEORE01	B		
B	Revisione a seguito campagna indagini 2021	Nov. 2021	G.Cerquiglini	F. Durastanti	N.Granieri
A	Emissione	Giu 2021	G.Cerquiglini	F. Durastanti	N.Granieri
REV.	DESCRIZIONE	DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	4
2	INDAGINI PROGETTO PRELIMINARE	6
2.1	CAMPAGNA INDAGINI 2003 – FASE I.....	6
2.2	CAMPAGNA INDAGINI 2004 – FASE II.....	7
3	INDAGINI ESEGUITE PER IL PROGETTO DEFINITIVO	8
4	INDAGINI ESEGUITE PER IL PROGETTO ESECUTIVO	19
5	ATTIVITA' GEOLOGICHE PER IL PROGETTO ESECUTIVO	26
5.1	RILEVAMENTO GEOLOGICO	26
5.2	CENSIMENTO PUNTI D'ACQUA.....	27
5.3	RILEVAMENTO GEOMECCANICO	28
6	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	29
6.1	GEOLOGIA E STRATIGRAFIA DELL'AREA IBLEA	29
6.1.1	Sedimenti e vulcaniti del Pliocene	29
6.1.2	Sedimenti quaternari	30
6.1.3	Terrazzi marini e depositi del Pleistocene medio e superiore.....	30
6.2	INQUADRAMENTO STRUTTURALE GENERALE	30
6.2.1	Tettonica Mesozoica e Paleogenica.....	30
6.2.2	Tettonica Miocenica	31
6.2.3	Tettonica Quaternaria	32
6.3	STRATIGRAFIA DELL'AREA.....	36
6.3.1	Riporti antropici (R) – (Attuale).	37
6.3.2	Depositi eluvio-colluviali (ec) – (Olocene).	38
6.3.3	Fasce e coni di detrito (dt) – Pleistocene superiore – Olocene.	39
6.3.4	Alluvioni fluviali e fondi palustri recenti ed attuali (a) – Pleistocene superiore – Olocene... ..	39
6.3.5	Terrazzi fluviali (ar) – Pleistocene superiore – Olocene.	40
6.3.6	Sabbie da cementate a debolmente cementate con lenti ghiaiose e argille salmastre (Qcs) – Pleistocene medio.....	40
6.3.7	Argille siltoso-marnose (Qa) – Pleistocene inferiore.....	41
6.3.8	Calcareniti, sabbie e argille siltoso-marnose Qc(a) – Pleistocene inferiore.	41
6.3.9	Vulcaniti del Pliocene medio-superiore Pleistocene inferiore	42
7	CARATTERI GEOMORFOLOGICI	43
7.1	PREMESSA	43

7.2	MORFOTIPI RICONOSCIUTI	43
7.2.1	Forme strutturali e vulcaniche.....	43
7.2.2	Forme di versante dovute alla gravità	43
7.2.3	Forme fluviali e di versante dovute al dilavamento	44
7.2.4	Forme antropiche	45
7.3	CARATTERI MORFOLOGICI DEL CORRIDOIO DI STUDIO	46
7.4	DISSESTI CENSITI DAL PAI (REGIONE SICILIANA) E DALL'IFFI (ISPRA-SINANET)	56
7.4.1	Confronto con la Carta dei Dissesti del PAI	56
7.4.2	Confronto con la cartografia interattiva dell'IFFI	57
7.5	ANALISI DI SUSCETTIBILITA' DI FRANA	57
8	CARATTERI IDROGEOLOGICI DELL'AREA.....	65
8.1	SETTORE NORD-ORIENTALE	65
8.2	DEFINIZIONE DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI	66
8.3	ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL CORRIDOIO DI ANALISI	67
8.4	PUNTI D'ACQUA CENSITI.....	67
9	SISMICITA' DELL'AREA	72
9.1	RIFERIMENTI NORMATIVI	72
9.2	SISMICITA' DELL'AREA	73
9.3	CLASSIFICAZIONE SISMICA	82
9.4	COEFFICIENTE TOPOGRAFICO	90
10	ANALISI DEL TRACCIATO	91
10.1.1	Tratta compresa tra inizio lotto (pk 0+000) e imbocco sud galleria Francofonte (pk 1+721) 91	
10.1.2	Tratta galleria di Francofonte (pk 1+700) e pk 2+520	91
10.1.3	Tratta compresa tra l'imbocco nord Galleria Naturale Francofonte (pk 2+520) e pk 3+400	91
10.1.4	Tratta compresa tra pk 3+400 e pk 11+260.....	91
10.1.5	Tratta compresa tra e pk 10+260 e pk 15+575.....	93
10.1.6	Tratta compresa tra 15+575 e la spalla sud del Viadotto San Leonardo (pk 18+200).....	93
10.1.7	Viadotto San Leonardo da pk 18+229 a pk 18+493	94
10.1.8	Tratta da pk 18+493 a fine lotto pk 20+250.98	94

11 BIBLIOGRAFIA	95
------------------------------	-----------

1 PREMESSA

Nel presente studio sono stati raccolti e sintetizzati gli aspetti geologici, morfologici ed idrogeologici che caratterizzano il territorio interessato dal lotto 4 del progetto "Collegamento autostradale Ragusa – Catania: Ammodernamento a n° 4 corsie della S.S. 514 'di Chiaramonte' e della S.S. 194 Ragusana dallo Svincolo con la S.S. 115 allo Svincolo con la S.S. 114", nell'ambito della emissione del Progetto Esecutivo.

Il presente lavoro costituisce un approfondimento del Progetto definitivo e tiene conto anche di tutte le osservazioni rimesse dai vari Enti a cui è stato presentato il Progetto. Si tenga conto che il lotto 4 oggetto di studio costituisce l'accorpamento dei lotti denominati 7 e 8 nel progetto definitivo.

Lo studio per il progetto definitivo si è basato sulle seguenti attività:

- approfondita ricerca bibliografica dei dati disponibili in letteratura, sulle aree di progetto. Tra i diversi riferimenti bibliografici è da menzionare innanzitutto la pubblicazione "Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia S.E.) - Presentazione delle carte geologiche della Sicilia sud-orientale" a cura di S. Carbone, M. Grasso & F. Lentini (1987);
- rilevamento geologico-geomorfologico effettuato lungo tutta la tratta stradale di progetto su un corridoio ampio circa 1 km che ha consentito di ricostruire il modello geologico del terreno;
- censimento dei fenomeni di dissesto presenti nel corridoio di progetto;
- rilevamento geomeccanico e strutturale sulle litologie a comportamento litoide e semilitoide;
- reperimento dei dati idrogeologici disponibili presso vari Enti (Geni civili, Comuni, Gestori Acquedotti, ecc.) relativi ai punti d'acqua (pozzi, sorgenti e piezometri);
- analisi dei risultati delle due campagne di indagini geognostiche pregresse, eseguite nell'ambito del Progetto Preliminare rispettivamente nel 2003 e nel 2004 dalla Società SICIL DRILL S.r.l.;
- analisi dei risultati di una campagna di indagini geognostiche e geotecniche per il progetto definitivo eseguite dalle imprese SONDEDILE S.r.l. – TRIVELSONDAGGI S.r.l. – GEOMERID S.r.l.; le prove di laboratorio sono state eseguite dalla Società SOGEA S.r.l.;
- analisi dei risultati di una campagna di indagini geofisiche per il progetto definitivo eseguite dalle ditte I&C S.r.l. – GEOMERID S.r.l.;
- analisi dei risultati di una campagna di indagini geofisiche integrative eseguite dalla ditta SEMA – Geological Engineering s.r.l.s.;
- analisi dei risultati di una campagna di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche eseguite per il progetto esecutivo dalla ditta SIDERCEM Srl.

Sulla base dei risultati delle sopraelencate attività sono stati emessi i seguenti elaborati:

- Relazione geologica (T04GE01GEORE01);
- Monografie delle frane censite, Allegata alla Relazione geologica (T04GE01GEORE02);
- Relazione rilievi geomeccanici (T04GE01GEORE03);

- Relazione sismica (T04GE06GEORE01);
- Carta geologica d'insieme a scala 1:5.000 (T04GE01GEOCG01/05);
- Carta geologica di dettaglio a scala 1:2.000 (T04GE01GEOCG06/18);
- Carta geomorfologica a scala 1:2.000 (T04GE01GEOCG19/31);
- Carta idrogeologica a scala 1:5.000 (T04GE01GEOCI01/13);
- Profilo geologico longitudinale a scala 1:2.000/200 (T04GE01GEOFG01/28);
- Sezioni geologiche trasversali a scala 1:2000 (T04GE01GEOSG01/02);
- Planimetria ubicazione indagini (T04GE01GEOPU01/13).
- Planimetria con classificazione sismica del territorio (T04GE00GEOPL01).

2 INDAGINI PROGETTO PRELIMINARE

A supporto della fase di Progettazione Preliminare sono state eseguite nel 2003 e nel 2004 due campagne di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche realizzate dalla Ditta SICIL DRILL S.r.l. e dalla Soc. GEO S.r.l. per le prove di laboratorio geotecnico.

Le due fasi di indagine sono distinte in:

- fase I svolta dal 23.09.2003 al 03.10.2003 nel tratto compreso fra lo Svincolo sulla SS. 114 e lo Svincolo Zona Industriale di Lentini;
- fase II svolta nel periodo febbraio – maggio 2004 lungo tutto il tracciato di progetto, dopo la validazione del programma di indagine da parte dell'ANAS - Direzione Centrale Programmazione e Progettazione.

2.1 CAMPAGNA INDAGINI 2003 – FASE I

Nell'area tra l'innesto della SS. 194 con la SS. 114 Orientale Sicula e lo Svincolo della Zona Industriale di Lentini, corrispondente alla parte SE della Piana di Catania, è stata condotta una campagna di indagini geognostiche volta a raccogliere le informazioni necessarie sulla natura dei terreni al fine di fornire gli elementi utili ad individuare le tipologie di fondazione per la Progettazione Preliminare.

La campagna di indagini è consistita nell'esecuzione di:

- N. 4 sondaggi a carotaggio continuo: denominati con le sigle S1÷S4 (di lunghezza pari a 30.0 m);
- N. 4 prove DMT: DMT 01÷ DMT 04 tutte della lunghezza di 24.0 m.

Negli strati incoerenti sono state eseguite prove Standard Penetration Test (SPT) in foro di sondaggio. Negli strati coesivi sono stati prelevati numerosi campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio. Il rilievo della falda è stato eseguito per mezzo di piezometri a tubo aperto opportunamente installati nei fori di sondaggio.

In questa fase sono state eseguite anche prove di laboratorio geotecnico su n. 11 campioni indisturbati prelevati nei sondaggi.

Nella seguente tabella si riporta l'elenco delle prove e indagini eseguite in questa fase nell'ambito del lotto 4 (ex lotti 7 e 8 del PD). rimandando agli specifici elaborati per il dettaglio delle stesse.

Tabella 2-1 – Elenco dei sondaggi effettuati e relative prove eseguite durante la campagna indagini 2003.

Sondaggio	Lotto	Profondità (m)	SPT	Piezometro	Down Hole	Campioni	Prova Permeabilità
S3	L4(exL8PD)	30.0			1	1	
S4	L8(ex L8PD)	30.0	2	1		1	

2.2 CAMPAGNA INDAGINI 2004 – FASE II

Lungo tutto il corridoio di progetto è stata eseguita una campagna costituita da:

- n. 34 sondaggi a carotaggio continuo, denominati con le sigle S5÷S32 (con lunghezza variabile tra 10.0 m e 45.0 m);
- n. 12 profili sismici a rifrazione di lunghezza variabile tra 180.0 m e 460.0 m, denominati con le sigle da T1 a T8 ed eseguiti con elaborazione tomografica;
- n. 10 prospezioni sismiche Down – Hole in foro di sondaggio.

Negli strati incoerenti sono state eseguite prove Standard Penetration Test (SPT) su foro di sondaggio. Negli strati coesivi sono stati prelevati numerosi campioni indisturbati da sottoporre ad analisi di laboratorio. Il rilievo della falda è stato eseguito per mezzo di piezometri a tubo aperto opportunamente installati nei fori di sondaggio.

In questa fase sono state eseguite anche prove di laboratorio geotecnico su n. 35 campioni indisturbati prelevati nei sondaggi.

Nelle seguenti tabelle si riporta un elenco delle prove e delle indagini eseguite in questa fase nell'ambito del lotto 4 (ex lotti 7 e 8 del PD) rimandando agli specifici elaborati per il dettaglio delle stesse.

Tabella 2-2 – Elenco dei sondaggi effettuati e relative prove eseguite durante la campagna indagini 2004.

Sondaggio	Lotto	Profondità (m)	SPT	Point Load	Piezometro	Down Hole	Campioni	Prova Perm.
S5	L4 exL8 PD	20.0		3		x		
S5bis	L4 exL7 PD	11.0	3					
S6	L4 exL7 PD	15.0	2	1		x	3	
S7	L4 exL7 PD	45.0	2				2	
S8	L4 exL7 PD	41.0	1			x	3	

Tabella 2-3 – Stese sismiche eseguite nella campagna indagini 2004.

Stesa sismica	Lotto	Lunghezza (m)
T1 – T1 b	L4 ex L7 PD	550

3 INDAGINI ESEGUITE PER IL PROGETTO DEFINITIVO

Nel periodo compreso fra dicembre 2012 e aprile 2013 è stata eseguita una ampia campagna di indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche, a supporto della fase di Progettazione Definitiva, di tutto il corridoio di progetto. Nell'ambito del lotto 4 (ex lotti 7 e 8 del PD) sono stati realizzati:

- n. 51 sondaggi geognostici (denominati da S177 a S231) in buona parte attrezzati con piezometri (32), tubi per prove Down-Hole (13) ed inclinometri (2);
- n. 206 prove penetrometriche standard SPT in foro di sondaggio;
- n. 95 prelievi di campioni indisturbati in foro di sondaggio;
- n. 42 prelievi di campioni lapidei da cassetta catalogatrice;
- n. 77 prelievi di campioni rimaneggiati da cassetta catalogatrice;
- n. 17 prove di permeabilità in foro;
- n. 8 prove pressiometriche in foro;
- n. 59 prelievi di campioni in alvei fluviali;
- n. 58 pozzetti geognostici (denominati da P 115 a P196);
- n. 22 prove di carico su piastra in pozzetto;
- n. 71 prelievi di campioni rimaneggiati in pozzetto geognostici;
- prove di laboratorio geotecnico e fisico sui campioni indisturbati, rimaneggiati e litoidi prelevati;
- n. 30 stendimenti di sismica a rifrazione (denominati da BS168 a BS200);
- n. 1 stendimento integrativo di sismica a rifrazione (denominato TS12);
- n. 20 indagini geofisiche tipo MASW (denominate da M079 a M102).

Il carotaggio, l'installazione delle strumentazioni, l'esecuzione delle prove in situ e il prelievo dei campioni sono stati eseguiti in ottemperanza alle normative di riferimento elencate di seguito:

- AGI: "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche". Giugno 1977;
- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" D.M. 11.03.1988;
- Norme standard previste per l'esecuzione delle prove in situ e in laboratorio (ASTM, AASHO, AASHTO, AGI);
- Norme Francaise NF P94-110;
- UNI EN 1997.2.2007 Eurocodice 7 parte 2 – Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI EN ISO 22476 3 Indagini e prove geotecniche in sito;
- "Prescrizioni tecniche" SILEC S.p.A.;
- ANISIG: Modalità tecnologiche per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche;
- ISRM - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests (1978) - Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses.

Le indagini sono state eseguite secondo tre fasi di priorità (Fase 1-2-3):

- la priorità di Fase 1 ha permesso di coprire tutte le aree interessate dalle principali opere d'arte (gallerie, viadotti, trincee, ecc.) e da potenziali dissesti idrogeologici e geomorfologici;
- le Fasi 2 e 3 hanno permesso di coprire con continuità tutto il corridoio di progetto;
- una fase di indagini geofisiche integrative in corrispondenza di alcuni punti da approfondire

La tempistica della attuazione delle indagini è stata ovviamente condizionata dalla acquisizione di tutte le autorizzazioni da parte sia di enti pubblici (Anas, Province, Comuni, Uffici della Forestale, ecc.) che dei privati proprietari dei terreni in cui è stato necessario accedere per l'esecuzione delle indagini. Soltanto una piccola parte delle indagini previste non è stata eseguita per impossibilità di ottenimento di autorizzazione all'accesso su aree private (campi coltivati o privati in contenzioso con Enti pubblici).

L'indagine è stata svolta al fine di conoscere puntualmente e con buona attendibilità le caratteristiche litologiche, geotecniche, geomeccaniche, idrogeologiche e geostrutturali degli ammassi direttamente interessati dal tracciato e dalle opere d'arte in esso previste (viadotti, gallerie, cavalcavia e sottovia, rilevati, trincee, aree in dissesto ecc.).

La programmazione, l'esecuzione e l'interpretazione delle indagini ha costituito una delle fasi fondamentali della progettazione.

Le indagini hanno consentito di integrare le informazioni provenienti dalle attività di rilevamento geologico di campagna e di affinare il Modello Geologico.

Tutti i sondaggi geognostici sono stati eseguiti a carotaggio continuo al fine di ricostruire in maniera dettagliata l'assetto stratigrafico lungo tutto l'asse di progetto. La quasi totalità dei sondaggi è stata equipaggiata con strumentazione geotecnica che, più in dettaglio, consiste in n. 32 piezometri per il controllo ed il monitoraggio della falda, n. 2 inclinometri per il controllo ed il monitoraggio delle aree interessate da fenomeni di dissesto reali o potenziali e n. 13 tubi per l'esecuzione di prospezioni sismiche in foro, tipo Down-Hole, finalizzate alla classificazione sismica dei siti e dei suoli in base alle normative sismiche (OPCM 3274/2003, NTC 2008 e succ. agg.) a cui il progetto fa riferimento.

In tutti i sondaggi sono state eseguite prove geotecniche in foro per la definizione delle caratteristiche fisico meccaniche in sito (n. 206 prove penetrometriche standard e n. 8 prove pressiometriche). La caratterizzazione dei litotipi è stata approfondita, inoltre, prelevando nei sondaggi n. 95 campioni indisturbati, n. 77 campioni rimaneggiati e n. 42 campioni lapidei successivamente sottoposti a prove di laboratorio geotecnico.

Al fine di definire le caratteristiche chimiche di terre e acque sono state eseguite serie complete di analisi chimiche su numerosi campioni di terreno prelevati in sondaggio e in pozzetto geognostico, e su campioni di acque prelevati in piezometri/sorgenti.

Per valutare le caratteristiche dei sedimenti trasportati dalle aste fluviali sono stati prelevati n.59 campioni di materiale in alveo successivamente sottoposti, in laboratorio geotecnico, a valutazione di densità naturale e granulometria.

Le caratteristiche di permeabilità in sito dei litotipi sono state stimate eseguendo n. 17 prove di permeabilità in foro di sondaggio (n. 12 prove Lefranc e n. 5 prove Lugeon).

L'assetto stratigrafico è stato approfondito con la realizzazione di n. 31 stendimenti di sismica a rifrazione mirati anche alla ricostruzione dello spessore delle coltri detritiche e di copertura oltre che alla definizione della qualità del substrato.

La classificazione sismica dei siti e dei suoli ottenuta con n. 13 prospezioni Down-Hole in foro di sondaggio è stata integrata e approfondita con n. 20 prospezioni sismiche tipo Masw.

La definizione dello spessore delle coltri di copertura ai fini della definizione degli spessori delle bonifiche è stata realizzata mediante n. 58 pozzetti geognostici eseguiti con escavatore meccanico. All'interno di alcuni pozzetti, eseguiti in corrispondenza dei tratti di progetto in rilevato, sono state

realizzate n. 22 prove di carico su piastra per la definizione delle caratteristiche di portanza dei terreni presenti alla quota di posa.

All'interno dei pozzetti sono stati prelevati numerosi campioni di terreno (n. 71) allo scopo di definire le caratteristiche dei litotipi per ottenere utili informazioni nel calcolo del bilancio delle materie.

In generale, l'insieme delle indagini eseguite hanno consentito di acquisire tutti gli elementi necessari per permettere una corretta caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Nel complesso sono stati raggiunti gli obiettivi prefissati dalla programmata indagine, nonostante la difficoltà agli accessi ai punti di indagine, spesso privati.

Per evitare inutili rischi di interruzione nell'erogazione di importanti servizi, per la messa allo scoperto dei sottoservizi stessi e per consentire l'avvio dei lavori in condizioni di sicurezza, in accordo con la DL, si è proceduto all'esecuzione, in corrispondenza di tutti i punti di sondaggio, di un prescavo eseguito con utensili a mano fino alla profondità di m 1,5 dal p.c.

L'ubicazione e la quota di ciascun punto di indagine è stata determinata mediante rilevazione delle coordinate piane WGS84 eseguite tramite rilevazione con sistema GPS.

Per quanto riguarda il dettaglio della campagna di indagini geognostiche si rimanda ai sottoelencati allegati:

- Risultati Indagini Geognostiche;
- Risultati indagini Geofisiche;
- Risultati Prove di Laboratorio.

Nelle tabelle che seguono si riporta un elenco sintetico delle indagini geognostiche eseguite in sito nell'ambito del lotto 4 (ex lotti 7 e 8 del PD) con le principali informazioni (sigla, opera d'arte, profondità, tipologia prove eseguite, ecc).

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 3-1 – Elenco sintetico dei sondaggi geognostici eseguiti

Sondaggio	Lotto/Opera	Profondità (m)	Strumentazione: Piezometro (P) Inclinometro (I) Down-Hole (DH)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Campioni Lapidei	SPT	Lugeon	Lefranc	Pressiometriche
S177	L4 ex L7 PD -Cavalcavia	35	P		3	1	4			
S178	L4 ex L7 PD -Cavalcavia-Svincolo	40	DH		2	3	5			
S179	L4 ex L7 PD -Tombino-Trincea-Rilevato	15	P		2	1	3			
S180	L4 ex L7 PD -Galleria-Francofonte	30	P		2	4	3	2	1	
S181	L4 ex L7 PD -Galleria-Francofonte	50	DH	1	3	2	5	1	2	1
S182	L4 ex L7 PD -Galleria-Francofonte	50	P	3	2	2	4	1	2	3
S183	L4 ex L7 PD -Galleria-Francofonte	60	P	3	3	2	5	1	2	3
S184	L4 ex L7 PD -Galleria-Francofonte	30	DH	3	3		5		3	
S185	L4 ex L7 PD -Galleria-Frana	30	I	4	2	2	5			
S186	L4 ex L7 PD -Frana	30	I	2	2	2	3			
S188	L4 ex L7 PD -Rilevato	20			2		4			
S189	L4 ex L7 PD -Cavalcavia	35	P	3	1	1	6			
S190	L4 ex L7 PD -Trincea	30	DH	2	3		4			
S193	L4 ex L7 PD -Rilevato	15	P	1	4		4			
S194	L4 ex L7 PD -Rilevato	15	P	2			2			
S198	L4 ex L7 PD -Cavalcavia	30	DH	3	3		5			
S199	L4 ex L7 PD -Linea	15	P	2			3			
S200	L4 ex L7 PD -Tombino-Rilevato	15	P	2	2		3			
S201	L4 ex L7 PD -Cavalcavia	35	DH	3	1		6			
S202	L4 ex L7 PD -Viadotto Margi	30	P	3			5			
S203	L4 ex L7 PD -Viadotto Margi	30	DH	3			5		1	
S204	L4 ex L7 PD -Viadotto Margi	30	P	3			5			
S205	L4 ex L7 PD Tombino	15	P	2	1		4			

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Sondaggio	Lotto/Opera	Profondità (m)	Strumentazione: Piezometro (P) Inclinometro (I) Down-Hole (DH)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Campioni Lapidei	SPT	Lugeon	Lefranc	Pressiometriche
S206	L4 ex L7 PD -Tombino-Rilevato	15		2			3			
S207	L4 ex L7 PD -Tombino	15	P	2	1		3			
S208	L4 ex L8 PD -Sottovia-Rilevato	35	DH	3	1		6			
S208bis	L4 ex L8 PD -Sottovia-Svincolo	20	P	2			4			
S210	L4 ex L8 PD -Ponte Buonafede	30	P	3	1		5			
S211	L4 ex L8 PD -Ponte Buonafede-Muro	30	DH	3	1		5			
S212	L4 ex L8 PD -Rilevato	15	P	2			3			
S213	L4 ex L8 PD Cavalcavia	30	P	3			5			
S214	L4 ex L8 PD -Rilevato	15	P	2			3			
S215	L4 ex L8 PD -Cavalcavia	30	DH	3			5			
S216	L4 ex L8 PD -Tombino-Rilevato	20	P		3		4			
S217	L4 ex L8 PD -Cavalcavia	30	P	1	2		5			
S218	L4 ex L8 PD -Attraversamento FF.SS	30	DH		3	1	3			
S219	L4 ex L8 PD -Trincea	35	P	1	3		5			
S220	L4 ex L8 PD -Muro di sostegno	25	P	3	2		4			1
S220bis	L4 ex L8 PD -Cavalcavia-Svincolo	40	DH	3	3	4	5			
S220ter	L4 ex L8 PD -Svincolo	20	P	2	2	4	4			
S221	L4 ex L8 PD -Rilevato	20		1	1	4	2			
S222	L4 ex L8 PD -Muro di sostegno	15	P	3	1		4			
S223	-Sottovia	20	P	2	2		4			
S224	L4 ex L8 PD -Viadotto San Leonardo	40	P	2	3		6			
S225	L4 ex L8 PD -Viadotto San Leonardo	40	DH	4	1		6		1	
S226	L4 ex L8 PD -Viadotto San Leonardo	40	P		1	4	3			
S227	L4 ex L8 PD -Rilevato	20	P			4				

MANDATARIA:

MANDANTI:

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Sondaggio	Lotto/Opera	Profondità (m)	Strumentazione: Piezometro (P) Inclinometro (I) Down-Hole (DH)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Campioni Lapidei	SPT	Lugeon	Lefranc	Pressiometriche
S228	L4 ex L8 PD -Rilevato	15	P	2			3			
S229	L4 ex L8 PD -Rilevato	15	P	1	1		3			
S230	L4 ex L8 PD -Rilevato	20	P		3		3			
S231	L4 ex L8 PD -Rilevato	15			1	1	3			
TOTALE	51	1410		95	77	42	206	5	12	8

Tabella 3-2 – Elenco sintetico dei pozzetti eseguiti

Pozzetto	Lotto	Profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Prove di carico su piastra
P200	L4 ex L7 PD	2	1	
P200a	L4 ex L7 PD	2,5	1	
P202	L4 ex L7 PD	0,5	1	
P203	L4 ex L7 PD	0,9	1	
P205	L4 ex L7 PD	1	1	1
P207	L4 ex L7 PD	0,4	1	
P210	L4 ex L7 PD	2	1	1
P211	L4 ex L7 PD	2	2	
P212	L4 ex L7 PD	3,3	2	1
P213	L4 ex L7 PD	2	1	
P214b	L4 ex L7 PD	2,5	1	
P216	L4 ex L7 PD	2,2	1	
P218	L4 ex L7 PD	2,3	1	
P220	L4 ex L7 PD	2,5	1	
P230	L4 ex L7 PD	2,1	2	
P231	L4 ex L7 PD	2,5	1	1
P232	L4 ex L7 PD	2,5	1	
P234	L4 ex L7 PD	3	2	
P242	L4 ex L7 PD	2,2	1	
P246	L4 ex L7 PD	2,5	1	
P248	L4 ex L7 PD	1,7	2	1
P249	L4 ex L7 PD	2	1	1

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Pozzetto	Lotto	Profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Prove di carico su piastra
P250	L4 ex L7 PD	2,5	1	
P254	L4 ex L7 PD	2	1	
P255	L4 ex L7 PD	2,5	1	1
P256	L4 ex L8 PD	3	1	
P257	L4 ex L8 PD	2,5	2	1
P258	L4 ex L8 PD	2,5	1	1
P258a	L4 ex L8 PD	2,5	1	1
P259	L4 ex L8 PD	2	1	
P260	L4 ex L8 PD	2,5	3	1
P262	L4 ex L8 PD	3	1	
P263	L4 ex L8 PD	3	1	1
P264	L4 ex L8 PD	2,7	1	
P265	L4 ex L8 PD	2,7	1	1
P267	L4 ex L8 PD	3,1	1	
P270	L4 ex L8 PD	2,3	1	
P271	L4 ex L8 PD	2,6	1	1
P274	L4 ex L8 PD	2	1	1
P276	L4 ex L8 PD	2,5	1	
P277	L4 ex L8 PD	2,5	1	1
P278	L4 ex L8 PD	2	2	
P280	L4 ex L8 PD	2,5	2	1
P282	L4 ex L8 PD	2,5	2	
P283	L4 ex L8 PD	1,5	1	
P284	L4 ex L8 PD	1	1	
P285	L4 ex L8 PD	2,5	2	1
P286	L4 ex L8 PD	3	1	
P288	L4 ex L8 PD	2,5	1	1
P289	L4 ex L8 PD	2,5	1	
P291	L4 ex L8 PD	2,5	1	1
P292	L4 ex L8 PD	2,2	2	
P293	L4 ex L8 PD	2,3	1	1
P295	L4 ex L8 PD	2,3	1	
P297	L4 ex L8 PD	0,5	1	
P298	L4 ex L8 PD	2,2	1	
P299	L4 ex L8 PD	2	1	1

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Pozzetto	Lotto	Profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Prove di carico su piastra
P300	L4 ex L8 PD	1,7	1	
TOT. 58 POZZETTI	TOT. 58 POZZETTI	127,6	71	22

Tabella 3-3 – Prelievi sedimenti in alveo

Corso d'acqua	Sigla campioni	Fondo alveo / Sponde
F. Contrada Chiavola	G06-01	F
	G06-02	F
T. Sugarello	G07-01	F
	G07-02	F
T. Sperlinga	G08-01	F
	G08-02	F
F. Contrada Barone	G09-01	F
	G09-02	F

Corso d'acqua	Sigla campioni	Fondo alveo / Sponde
F. Acate (Dirillo)	G10-01	S
	G10-02	S
	G10-03	F
	G10-04	S
	G10-05	S
	G10-06	F
	G10-07	S
F. Affl. Fiume Dirillo	G11-01	F
	G11-02	F
F. Affl. Torr. Fiumicello	G12-01	F
	G12-02	F
F. Affl. Torr. Fiumicello	G13-01	F

F. Affl. Torr. Fiumicello	G14-01	F
	G14-02	F
T. Fiumicello	G15-01	F
	G15-02	F
	G15-03	S
	G15-04	F
	G15-05	S
Corso d'acqua	Sigla campioni	Fondo alveo / Sponde
F. Affl. T. Canale	G16-01	F
T. Canale	G17-01	F
	G17-02	S
	G17-03	S
	G17-04	F
F. Barbaiani	G18-01	S
	G18-02	S
	G18-03	F
	G18-04	F
	G18-05	S
Fosso S.N.	G19-01	F
T. Margi	G20-01	S
	G20-02	S
	G20-03	F
	G20-04	S
	G20-05	S
F. Contrada Canneddazza	G21-01	F
	G21-02	F
F. Buonafede	G22-01	F
	G22-02	S
	G22-03	S
	G22-04	F

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

C. Lentini	G23-01	F
	G23-02	F
Fosso Ex Molino Riceputo	G24-01	F
F. San Leonardo	G25-01	S
	G25-02	F
	G25-03	S

	G25-04	S
	G25-05	F
	G25-06	S
Fosso Masseria Privitera	G26-01	F
TOTALE 59 PRELIEVI		

Le analisi geofisiche di tipo Masw e Down-Hole hanno consentito di valutare la classificazione sismica dei siti e dei suoli. Nelle seguenti tabelle si elencano le indagini eseguite e la relativa categoria sismica di riferimento.

Tabella 3-4 – Tabella riassuntiva delle MASW eseguite e relative Vs30 e categoria sismica secondo le NTC/08 e le Linee guida della Protezione Civile 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'.

IDENTIFICATIVO	Lotto	Vs30 (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
M079	L4 ex L7 PD	494	S2	B
M082	L4 ex L7 PD	514	B	B
M084	L4 ex L7 PD	572	B	B
M085	L4 ex L7 PD	705	S2	B
M085bis	L4 ex L7 PD	622	S2	B
M086	L4 ex L7 PD	357	C	C
M087	L4 ex L7 PD	347	C	C
M088	L4 ex L7 PD	282	C	C
M090	L4 ex L7 PD	360	C	C / B
M091	L4 ex L7 PD	325	C	C
M092	L4 ex L7 PD	288	S2	S2
M092bis	L4 ex L7 PD	320	S2	C
M093	L4 ex L8 PD	333	S2	C
M095	L4 ex L8 PD	360	C	C
M096	L4 ex L8 PD	378	B	B
M097	L4 ex L8 PD	630	E	E / B
M098	L4 ex L8 PD	334	C	C
M100	L4 ex L8 PD	352	C	C
M101	L4 ex L8 PD	765	A	A
M102	L4 ex L8 PD	314	C	C

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 3-5 – Tabella riassuntiva delle prove Down-Hole eseguite e relative Vs30 e categoria sismica secondo le NTC/08 e le Linee guida della Protezione Civile "Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica".

IDENTIFICATIVO	Lotto	Vs30 (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
S178	L4 ex L7 PD	534	S2	B
S181	L4 ex L7 PD	472	S2	B
S184	L4 ex L7 PD	288	C	C
S190	L4 ex L7 PD	648	B	B
S198	L4 ex L7 PD	268	S2	S2
S201	L4 ex L7 PD	266	C	C
S203	L4 ex L7 PD	243	C	C
S208	L4 ex L8 PD	307	S2	S2 / C
S211	L4 ex L8 PD	344	C	C
S215	L4 ex L8 PD	359	C	C
S218	L4 ex L8 PD	329	S2	S2 / C
S220bis	L4 ex L8 PD	326	C	C
S225	L4 ex L8 PD	267	C	C

Tabella 3-6 – Tabella riepilogativa delle basi sismiche eseguite

IDENTIFICATIVO	LUNGHEZZA (m)	LOTTO
BS_168	115	L4 ex L7 PD
BS_169	115	L4 ex L7 PD
BS_170	115	L4 ex L7 PD
BS_171	115	L4 ex L7 PD
BS_172	115	L4 ex L7 PD
BS_173	115	L4 ex L7 PD
BS_174	115	L4 ex L7 PD
BS_175	115	L4 ex L7 PD
BS_178	115	L4 ex L7 PD
BS_179	115	L4 ex L7 PD
BS_180	115	L4 ex L7 PD
BS_182	115	L4 ex L7 PD
BS_183	115	L4 ex L7 PD
BS_184	115	L4 ex L7 PD
BS_185	115	L4 ex L7 PD
BS_186	115	L4 ex L7 PD
BS_187	115	L4 ex L8 PD
BS_188	115	L4 ex L8 PD

IDENTIFICATIVO	LUNGHEZZA (m)	LOTTO
BS_189	115	L4 ex L8 PD
BS_190	115	L4 ex L8 PD
BS_191	115	L4 ex L8 PD
BS_192	115	L4 ex L8 PD
BS_193	115	L4 ex L8 PD
BS_194	115	L4 ex L8 PD
BS_195	115	L4 ex L8 PD
BS_196	115	L4 ex L8 PD
BS_197	115	L4 ex L8 PD
BS_198	115	L4 ex L8 PD
BS_199	115	L4 ex L8 PD
BS_200	115	L4 ex L8 PD
TOTALI	3450	30

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

IDENTIFICATIVO	LUNGHEZZA (m)	LOTTO
TS_12	115	L8

4 INDAGINI ESEGUITE PER IL PROGETTO ESECUTIVO

Al fine di approfondire la ricostruzione stratigrafica e la caratterizzazione geotecnica e sismica dei terreni interessati dalle opere di progetto, nel 2021 è stato definito ed eseguito un piano di indagini integrative per il progetto Esecutivo per le quali è in corso un affidamento di incarico da parte di Anas a idonee imprese esecutrici. Il piano di indagini è stato sviluppato tenendo conto delle risultanze e della distribuzione delle indagini pregresse eseguite nelle fasi di progettazione preliminare e definitiva.

Nella tabella che segue sono sintetizzate le indagini eseguite nel lotto 4 (ex lotti 7 e 8 del PD).

LOTTO 4 (ex lotti 7 e 8 del PD)	Numero (-)	Lunghezza totale (m)
Sondaggi a carotaggio continuo	37	1184
Sondaggi a distruzione	9	270
Piezometri a tubo aperto	6	165
Piezometri Casagrande	19	575
Inclinometri	2	60
Prove SPT	95	-
Prove Down-Hole (DH)	4	145
Prove Cross-Hole (CH)	7	250
Tomografie sismiche	6	655,5
Prelievo campioni indisturbati (CI)	80	-
Prelievo campioni rimaneggiati (CR)	99	-
Prelievo campioni lapidei (CL)	5	-
Prelievo campioni ambientali (CA)	19	-
Prospezioni sismiche MASW	11	-
Pozzetti esplorativi con esecuzione di prove di carico su piastra (PLT)	32 (con 20 PLT)	45

Il carotaggio, l'installazione delle strumentazioni, l'esecuzione delle prove in situ e il prelievo dei campioni sono stati eseguiti in ottemperanza alle normative di riferimento elencate di seguito:

- AGI: "Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche". Giugno 1977;
- "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione" D.M. 11.03.1988;
- Norme standard previste per l'esecuzione delle prove in situ e in laboratorio (ASTM, AASHTO, AASHTO, AGI);
- Norme Francaise NF P94-110;
- UNI EN 1997.2.2007 Eurocodice 7 parte 2 – Indagini e prove nel sottosuolo;
- UNI EN ISO 22476 3 Indagini e prove geotecniche in situ;

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

- "Prescrizioni tecniche" SILEC S.p.A.;
- ANISIG: Modalità tecnologiche per l'esecuzione di lavori di indagini geognostiche;
- ISRM - Commission on Standardization of Laboratory and Field Tests (1978) - Suggested Methods for the Quantitative Description of Discontinuities in Rock Masses.

La tempistica della attuazione delle indagini è stata ovviamente condizionata dalla acquisizione di tutte le autorizzazioni da parte sia di enti pubblici (Anas, Province, Comuni, Uffici della Forestale, ecc.) che dei privati proprietari dei terreni in cui è stato necessario accedere per l'esecuzione delle indagini. Soltanto una piccola parte delle indagini previste non è stata eseguita per impossibilità di ottenimento di autorizzazione all'accesso su aree private (campi coltivati o privati in contenzioso con Enti pubblici).

L'indagine è stata svolta al fine di affinare il modello geologico e geotecnico ricostruiti nelle precedenti fasi di progettazione.

Tutti i sondaggi geognostici sono stati eseguiti a carotaggio continuo al fine di ricostruire in maniera dettagliata l'assetto stratigrafico lungo tutto l'asse di progetto. Buona parte dei sondaggi è stata equipaggiata con strumentazione geotecnica che, più in dettaglio, consiste in n. 25 piezometri per il controllo ed il monitoraggio della falda (6 di tipo a tubo aperto e 19 di tipo Casagrande) e n. 2 tubi inclinometrici; 18 fori di sondaggio (dei quali 7 eseguiti a distruzione) sono stati strumentati con tubazioni per l'esecuzione di prospezioni sismiche in foro tipo Down-Hole (in numero i 4) e Cross-Hole (in questo caso ad ogni coppia di fori, dei quali 1 eseguito a distruzione, corrisponde una prova GH), finalizzate alla classificazione sismica dei siti e dei suoli in base alle normative sismiche (OPCM 3274/2003, NTC 2008 e succ. agg.) a cui il progetto fa riferimento.

In tutti i sondaggi sono state eseguite prove geotecniche in foro per la definizione delle caratteristiche fisico meccaniche in sito (n.95 prove penetrometriche standard). La caratterizzazione dei litotipi è stata approfondita, inoltre, prelevando nei sondaggi n. 80 campioni indisturbati, n. 99 campioni rimaneggiati e n. 5 campioni lapidei, successivamente inviati in laboratorio per essere sottoposti a prove geotecniche.

La classificazione sismica dei siti è stata approfondita con n. 4 prospezioni Down-Hole, 7 prospezione Cross-Hole e n. 11 prospezioni sismiche tipo Masw.

Sono state inoltre eseguite 6 tomografie sismiche (BSE207-8-9-10-12-13) con misura della velocità delle sole onde longitudinali (Vp).

La definizione dello spessore delle coltri di copertura ai fini della definizione degli spessori delle bonifiche è stata approfondita mediante n. 32 pozzetti geognostici eseguiti con escavatore meccanico. All'interno di alcuni pozzetti, eseguiti in corrispondenza dei tratti di progetto in rilevato, sono state realizzate n.20 prove di carico su piastra (PLT) per la definizione delle caratteristiche di portanza dei terreni presenti alla quota di posa.

All'interno dei pozzetti sono stati prelevati numerosi campioni di terreno (n. 36) allo scopo di definire le caratteristiche dei litotipi per ottenere utili informazioni nel calcolo del bilancio delle materie.

In generale, l'insieme delle indagini eseguite hanno consentito di acquisire tutti gli elementi necessari per permettere una corretta caratterizzazione geotecnica dei terreni.

Nel complesso sono stati raggiunti gli obiettivi prefissati dalla programmata indagine, nonostante la difficoltà agli accessi ai punti di indagine, spesso privati.

Per quanto riguarda il dettaglio della campagna di indagini geognostiche si rimanda ai sottoelencati allegati:

- T04GE05GEORE01: Documentazione indagini geognostiche - campagna 2021
- T04GE05GEORE02: Documentazione indagini geofisiche- campagna 2021

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

- T04GE05GEORE03: Documentazione prove di laboratorio - campagna 2021

Nelle tabelle che seguono si riporta un elenco sintetico delle indagini geognostiche eseguite in sito nell'ambito del lotto 4 (ex lotti 7 e 8 del PD) con le principali informazioni (sigla, profondità, tipologia prove eseguite, ecc.).

Tabella 4-1 – Elenco sintetico dei sondaggi geognostici eseguiti

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione: Piezometro (P) Inclinometro (I) Down-Hole (DH) Cross Hole (CH)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Campioni Lapidei E Spezzoni carote	Campioni ambientali	SPT
SE224_AGp	20.0	Piezometro a tubo aperto	3	3	-	-	3
SE226_AGp	25.0	Piezometro a tubo aperto	1	8	-	3	7
SE227_AGp(*)	35.0	Piezometro Casagrande	2	6	-	3	4
SE228_AGp(*)	40.0	Piezometro Casagrande	5	1	-	3	4
SE229_AGp(*)	35.0	Piezometro Casagrande	2	3	-	3	2
SE230_Gd	35.0	-Down hole	2	2	-	-	2
SE231_Gp	30.0	Piezometro a tubo aperto	-	3	1	-	2
SE231bis_Gp (a distruzione)	10.0	Piezometro Casagrande	-	-	-	-	-
SE232_Gi	30.0	Inclinometro	1	1	-	-	2
SE233_Gi	30.0	Inclinometro	1	2	1	-	1
SE234_Gp	30.0	Piezometro Casagrande	3	2	-	-	2
SE235_Gp	20.0	Piezometro Casagrande	-	4	-	-	2
SE236_Gp	35.0	Piezometro Casagrande	2	2	-	-	2
SE237_AGp	30.0	Piezometro Casagrande	3	4	-	3	2
SE238_Gp	20.0	Piezometro Casagrande	2	2	-	-	2
SE239_Gd	35.0	-Down Hole	3	2	-	-	2
SE240_Gp	35.0	Piezometro Casagrande	4	2	-	-	2
SE241_Gp	35.0	Piezometro Casagrande	3	2	-	-	2
SE242_Gp	35.0	Piezometro Casagrande	4	2	-	-	1
SE243_Gd	35.0	Cross Hole	3	2	-	-	2
SE244_Gd (a distruzione)	35.0	Cross Hole-	-	-	-	-	-
SE245_Gp	35.0	Piezometro Casagrande	3	2	1	-	1
SE246_Gd	35.0	Cross Hole	2	2	-	-	2

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Sondaggio	Profondità (m)	Strumentazione: Piezometro (P) Inclinometro (I) Down-Hole (DH) Cross Hole (CH)	Campioni Indisturbati	Campioni Rimaneggiati	Campioni Lapidari E Spezzoni carote	Campioni ambientali	SPT
SE247_Gd (a distruzione)	35.0	Cross Hole	-	-	-	-	-
SE249_Gd	35.0	Cross Hole	2	2	-	-	2
SE250_Gd (a distruzione)	35.0	Cross Hole	-	-	-	-	-
SE251_Gp	30.0	Piezometro a tubo aperto	4	3	-	-	3
SE252_Gd	35.0	Cross Hole	1	3	-	-	2
SE253_Gd (a distruzione)	35.0	Cross Hole	-	-	-	-	-
SE254_Gd	35.0	Cross Hole	2	2	-	-	2
SE255_Gd (a distruzione)	35.0	Cross Hole	-	-	-	-	-
SE256_Gp	20.0	Piezometro a tubo aperto	3	3	-	-	3
SE257_Gp	40.0	Piezometro a tubo aperto	1	8	-	-	3
SE257bis_Gp (a distruzione)	10.0	Piezometro Casagrande	2	6	-	-	-
SE258_Gp	40.0	Piezometro Casagrande	5	1	-	-	5
SE259_Gp	40.0	Piezometro Casagrande	2	3	-	-	3
SE260_Gd	35.0	Cross Hole	2	2	-	-	3
SE261_Gd (a distruzione)	35.0	Cross Hole	-	3	1	-	-
SE262_AGp(*)	30.0	Piezometro Casagrande	-	-	-	-	4
SE263_G (*)	8.5	-	1	1	-	-	-
SE264_AGd(*)	35.0	-Down Hole	1	2	1	3	-
SE265_Gp	30.0	Piezometro Casagrande	3	2	-	-	2
SE266_Gd	40.0	-Down Hole	-	4	-	-	4
SE267_Gd	40.0	Cross Hole	2	2	-	-	4
SE268_Gd (a distruzione)	40.0	Cross Hole	3	4	-	-	-
SE269_AGp	30.0	Piezometro Casagrande	2	2	-	1	6
TOTALE = 46	1454		80	99	5	19	95

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 4-2 – Elenco sintetico dei pozzetti eseguiti

Pozzetto	Profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Prove di carico su piastra
PE365_G*	2	1	-
PE372_G (*)	1	1	-
PE373_G (*)	1	2	-
PE374_G (*)	2	1	1
PE375_G (*)	1	3	1
PE376_G	1	1	1
PE377_AG (*)	2	1	-
PE380_AG (*)	1	2	1
PE394_AG	1	1	1
PE401_G	2	1	1
PE402_G (*)	1	1	-
PE411_AG	1	1	1
PE412_G	1	1	1
PE413_G	1	1	1
PE415_G	1	1	1
PE416_G (*)	1	1	1
PE417_G	2	1	1
PE418_G	2	1	1
PE425_AG(*)	1	1	-
PE457_G (*)	1	1	-
PE458_G (*)	1	1	-
PE459_G (*)	1	1	-
PE460_G	2	1	1
PE473_G	2	1	1
PE474_G	2	1	1
PE485_G (*)	2	1	-
PE486_G (*)	2	1	1
PE487_G	2	1	1
PE491_G	1	0	-
PE516_G (*)	1	2	1
PE517_G (*)	1	1	-
PE518_G	2	1	1
TOT. = 32 POZZETTI	45 m	36	20

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Le analisi geofisiche di tipo Masw e Down-Hole hanno consentito di valutare la classificazione sismica dei siti e dei suoli. Nelle seguenti tabelle si elencano le indagini eseguite e la relativa categoria sismica di riferimento. Si tenga conto che la ditta esecutrice delle indagini (Sidercem) ha elaborato la classificazione secondo i dettami di NTC 2018 mentre nella tabella si riporta la classificazione eseguita secondo i dettami delle NTC 2008 alle quali deve fare riferimento il presente progetto.

Tabella 4-3 – Tabella riassuntiva delle MASW eseguite e relative Vs30 e categoria sismica secondo le NTC/08 e le Linee guida della Protezione Civile 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'. In tabella è stata inserita anche la masw ME206 eseguita al di fuori del lotto 3 (150 m dalla fine lotto) e di cui si è tenuto conto nelle elaborazioni progettuali.

IDENTIFICATIVO	Lotto	Vs30 (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
ME206	L4	343	E	E
ME207	L4	635	B	B
ME208	L4	713	B	B
ME209	L4	292	E	E
ME210	L4	416	B	B
ME211	L4	404	B	B
ME212	L4	263	E	E
ME213	L4	357	E	E
ME215	L4	312	E	E
ME216	L4	639	B	B
ME217	L4	538	B	B

Tabella 4-4 – Tabella riassuntiva delle prove Down-Hole eseguite e relative Vs30 e categoria sismica secondo le NTC/08 e le Linee guida della Protezione Civile "Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica".

IDENTIFICATIVO	Lotto	Vs30 (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
SE230	L4	363	B	B
SE239	L4	495	B	B
SE264	L4	592	B	B
SE266	L4	530	B	B

Tabella 4-4 – Tabella riassuntiva delle prove Cross-Hole eseguite e relative Vs30 e categoria sismica secondo le NTC/08 e le Linee guida della Protezione Civile "Indirizzi e criteri per la Microzonazione sismica".

IDENTIFICATIVO	Lotto	Vs30 (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
SE243-244	L4	348	C	C
SE246-247	L4	398	B	B
SE249-250	L4	372	B	B
SE252-253	L4	363	B	B
SE254-255	L4	368	B	B
SE260-261	L4	339	C	C
SE267-268	L4	368	C	C

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 4-5 – Tabella riassuntiva delle tomografie sismiche

IDENTIFICATIVO	LUNGHEZZA (m)	LOTTO
BSE207	115	L4
BSE208	80,5	L4
BSE209	115	L4
BSE210	115	L4
BSE212	115	L4
BSE213	115	L4

5 ATTIVITA' GEOLOGICHE PER IL PROGETTO ESECUTIVO

Nell'ambito della progettazione geologica sono state svolte le seguenti attività:

- Rilevamento geologico, geomorfologico ed idrogeologico di dettaglio
- Censimento punti d'acqua
- Rilevamento geomeccanico.

5.1 RILEVAMENTO GEOLOGICO

Propedeuticamente all'inizio delle attività di rilevamento è stata svolta una approfondita ricerca bibliografica dei dati geologici e geologico-tecnici pubblicati disponibili sulle aree in esame; tale ricerca ha consentito di evidenziare che il tracciato interessa una zona costituita da una alternanza di rilievi composti prevalentemente da depositi carbonatici e terrigeni a cui si sovrappongono depositi vulcanici e depositi sedimentari marini e lacustri plio-pleistocenici, a cui seguono depositi alluvionali ed eluvio-colluviali olocenici.

Il rilevamento di superficie è stato svolto, in un corridoio di larghezza pari a 1.0 km centrato sull'asse del progetto, al fine di individuare tutti i caratteri principali e gli elementi geologici tipici dell'area di studio quali, gli aspetti orografici e geomorfologici, gli aspetti stratigrafici, tettonici, geomeccanici ed idrogeologici.

Per l'individuazione e la descrizione delle unità stratigrafiche presenti (compresi i depositi quaternari recenti) si è proceduto dal termine più antico a quello più recente. La descrizione litologica delle unità cartografate è stata differenziata a seconda del tipo di roccia costituente; le informazioni raccolte comprendono: litofacies costituenti, loro rapporti laterali e verticali, colore, spessore e geometria degli strati e dell'unità nel suo complesso, struttura, tessitura, grado di cementazione, strutture sedimentarie e di flusso e quant'altro utile a identificare e caratterizzare l'unità in esame.

Sono stati descritti i limiti e i rapporti stratigrafici fra tutte le unità, con indicazione della potenza dell'unità e con attenzione alle variazioni laterali.

Per le rocce clastiche e cristalline sono stati descritti i caratteri mineralogici, petrografici e chimici, con indicazione dell'età, dell'ambiente litogenetico e delle modalità di messa in posto

E' stato inoltre definito l'assetto strutturale dell'area, la geometria e la cinematica delle strutture presenti, con particolare riguardo agli elementi tettonici principali e l'evoluzione e la successione delle fasi deformative.

Nel corso del rilevamento sono stati individuati i principali caratteri geomorfici con una particolare distinzione fra le forme in evoluzione e quelle relitte; le informazioni ricavate, considerate sia singolarmente sia nei rapporti reciproci, hanno consentito, quindi, di delineare un quadro completo delle caratteristiche geomorfologiche del territorio studiato offrendo le basi per prevederne l'evoluzione futura. I dati raccolti sono stati poi opportunamente integrati dall'interpretazione di immagini telerilevate e da confronti con la carta geologica.

Per gli aspetti idrogeologici il rilevamento è stato centrato sull'individuazione e rappresentazione cartografica di tutti i parametri ed elementi che caratterizzano le circolazioni idriche sotterranee. Nel corso del rilevamento idrogeologico è stata condotta una campagna di acquisizione dei punti d'acqua presenti, seguendo i criteri riportati nel seguente paragrafo [2](#).

L'insieme di studi e rilevamenti geologici eseguiti hanno consentito di redigere i seguenti elaborati tematici:

- Relazione geologica (T04GE01GEORE01) con allegato alla relazione geologica - Monografie delle frane censite);
- Relazione rilievi geomeccanici (T04GE01GEORE03);
- Relazione sismica (T04GE06GEORE01);
- Carta geologica d'insieme a scala 1:5.000 (T04GE01GEOCG01/05);
- Carta geologica di dettaglio a scala 1:2.000 (T04GE01GEOCG06/18);
- Carta geomorfologica a scala 1:2.000 (T04GE01GEOCG19/31);
- Carta idrogeologica a scala 1:5.000 (T04GE01GEOCI01/13);
- Profilo geologico longitudinale a scala 1:2.000/200 (T04GE01GEOFG01/28);
- Sezioni geologiche trasversali a scala 1:2000 (T04GE01GEOSG01/06);
- Planimetria ubicazione indagini (T04GE01GEOPU01/12).
- Planimetria con classificazione sismica del territorio (T04GE00GEOPL01).

5.2 CENSIMENTO PUNTI D'ACQUA

Nell'ambito delle attività è stata eseguita una ricerca bibliografica di riferimento dei punti d'acqua (pozzi e sorgenti) ricadenti all'interno del corridoio di progetto.

Nel Progetto Preliminare è già presente un censimento di pozzi e sorgenti di cui non sono disponibili fonti di provenienza e caratteristiche impianto.

In sede di Progettazione Definitiva si è confermata la posizione in carta dei pozzi e delle sorgenti censiti nel Progetto Preliminare che sono stati contraddistinti con la sigla S_PP (sorgenti) e P_PP (pozzi) seguita da una numerazione progressiva.

Tale censimento è stato integrato con i punti d'acqua reperiti presso i seguenti enti:

- Genio Civile di Catania – Via Iago di Nicito 89 – 95100 Catania. Dott.ssa S. Berretta
- Genio Civile di Siracusa - Via Brenta 77 – 96100 Siracusa – Dott. G. D'Urso
- Genio Civile di Ragusa – Via Natalelli 107 - 97100 Ragusa - Dott. R. Ruggeri

I punti d'acqua recuperati dai suddetti enti sono stati contraddistinti con le sigle P_RG (genio civile di Ragusa) P_Ct (genio civile di Catania) e P_SR (genio civile di Siracusa) sempre seguiti da numerazione progressiva.

Infine sono stati aggiunti una serie di punti d'acqua censiti durante le fasi di rilevamento geologico e contraddistinti con le sigle PC e SC seguita da una numerazione progressiva.

Tutti i punti d'acqua censiti sono stati riportati sulle carte idrogeologiche mentre le caratteristiche dei singoli punti d'acqua sono state riportate nelle tabelle dello specifico paragrafo della presente relazione.

Le tabelle suddette contengono i seguenti dati caratteristici dei punti d'acqua che è stato possibile reperire:

- fonte di provenienza del dato con eventuale riferimento di archivio;
- comune di riferimento;
- tipologia del punto d'acqua;
- tipologia di utilizzo;
- profondità dell'impianto;
- livello statico della piezometrica dal piano campagna;
- quota s.l.m. del boccaforo;
- quota assoluta del livello piezometrico in m s.l.m.;
- eventuale portata.

5.3 RILEVAMENTO GEOMECCANICO

Nell'ambito della redazione del progetto esecutivo del lotto 4 del nuovo collegamento viario compreso fra lo svincolo della SS 514 di "Chiaromonte" con la SS115 e lo svincolo della Ragusana" si è fatto riferimento ai risultati della campagna di indagini del progetto definitivo (dicembre 2012 – marzo 2013) costituita da n. 2 stazioni di rilevamento geomeccanico.

L'ubicazione delle stazioni è riportata sia nella carta geologica che nell'elaborato Planimetria ubicazione indagini.

Nella tabella che seguono si riassumono i risultati delle stazioni eseguite nell'ambito del lotto 4 (ex lotti 7 e 8 del PD)

Tabella 5-1 – Tabella riepilogativa delle stazioni geomeccaniche eseguite e relativi valori.

Stazione (n)	Lotto (n)	Valore BMR	Classe ammasso	Litologia
SG11	L4 ex L8 PD	55	III - ammasso discreto	Colate di lava (Pvl)
SG12	L4 ex L8 PD	68	II - ammasso buono	Breccia lavica (Pvl)

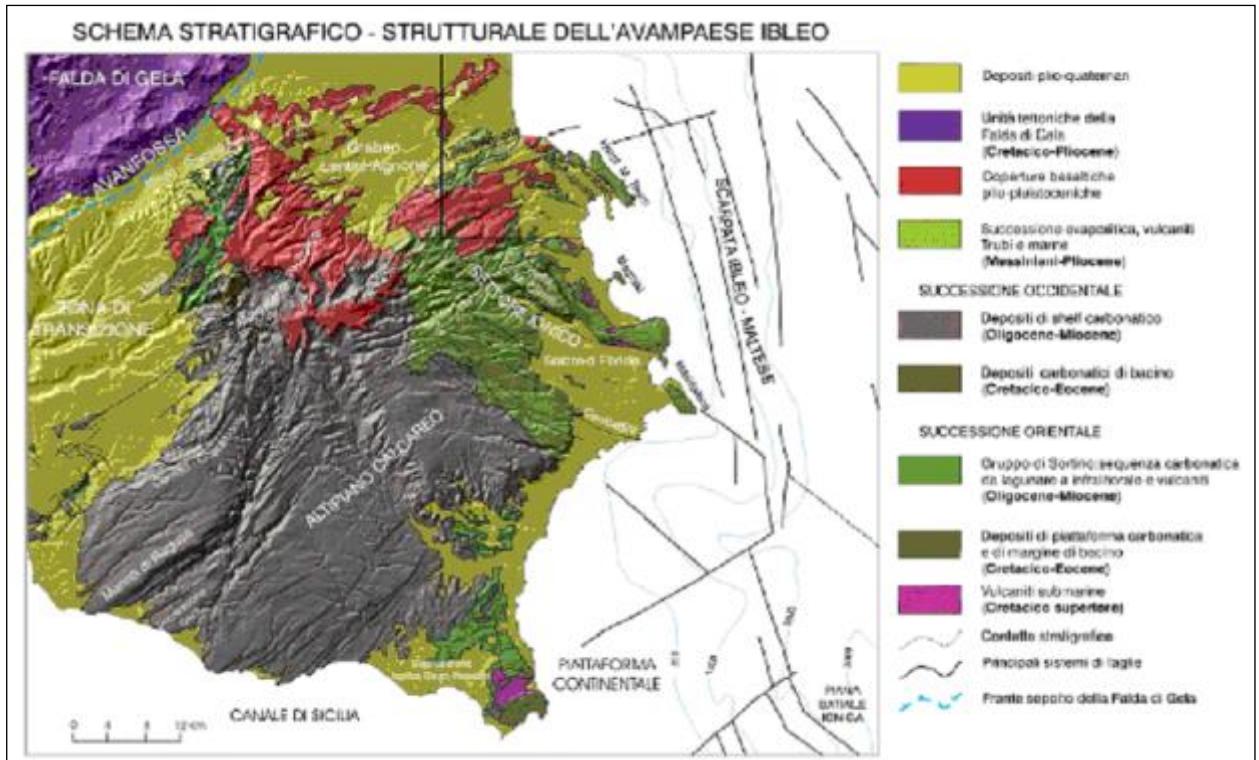
I risultati di dettaglio delle stazioni eseguite sono riportati nella 'Relazione Rilievi geomeccanici (Elab.: T04GE01GEORE03) che riporta i valori finali della qualità dell'ammasso roccioso, per ogni stazione geomeccanica effettuata, e la disposizione degli elementi strutturali, identificati nella fase di rilevamento svolto in campagna, all'interno del reticolo di Schmidt.

6 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

6.1 GEOLOGIA E STRATIGRAFIA DELL'AREA IBLEA

L'area di interesse progettuale si inserisce in un settore del Plateau Ibleo caratterizzato da successioni costituite da sequenze prevalentemente carbonatiche di età Miocenico-Quaternarie, cui si intercalano orizzonti di vulcaniti basiche, talora di notevole potenza (Figura 6-1).

Figura 6-1 – Schema stratigrafico-strutturale dell'Avampaese Ibleo



Le formazioni di sottosuolo per altro sono ben conosciute a partire dal Trias medio dal momento che l'area è stata sede di intensa ricerca petrolifera da più di un trentennio. Informazioni sui dati di sottosuolo si hanno in Kafka & Kirkbride (1959), Rigo & Barbieri (1959), Rigo & Cortesini (1961), sintetizzati e aggiornati in Patacca et alii (1979).

6.1.1 Sedimenti e vulcaniti del Pliocene

Le coperture plioceniche affiorano generalmente nell'area nord-occidentale del Plateau, dove sono caratterizzate da alternanze di sedimenti e vulcaniti submarine che a luoghi passano verso l'alto a colate subaeree sovrapposte. In corrispondenza della sinclinale di Licodia Eubea si registra la successione pliocenica più completa. Essa inizia con i Trubi del Pliocene inferiore poggiati su evaporiti e brecce calcaree messiniane, alternate a tufiti risedimentate. L'intervallo mediopliocenico è rappresentato da vulcanoclastiti e lave a pillows, potenti alcune centinaia di metri. L'intervallo più alto, suprapliocenico, è dato da biocalcareni e sabbie a *Globorotalia inflata* (Di Grande, 1967). Le calcareniti supraplioceniche affiorano in placconi isolati anche più ad ovest tra Licodia e Grammichele. Ad ovest e a nord di Licodia i Trubi affiorano ancora con discreta continuità laterale. In corrispondenza dell'area M. Lauro-Guffari sabbie organogene a *Strombos coronatus* (Grasso et alii, 1979) marciano l'originaria linea di costa del Pliocene inferiore in questo settore.

I Trubi sono presenti anche nella depressione di Scicli, nella pianura tra Ispica e Capo Passero e, in limitati lembi a sud di Siracusa, nella Penisola della Maddalena e a Fontane Bianche. Nella Piana di Vittoria affiorano estesamente lungo la Valle del Fiume Ippari.

I sedimenti del Pliocene medio e superiore ad ovest di Licodia invece si assottigliano e nella zona di Vizzini-Buccheri sono sostituiti quasi totalmente da coperture di brecce a pillows potenti anche fino ad alcune centinaia di metri. Queste passano verso l'alto a vere e proprie colate basaltiche subaeree che dagli espandimenti lavici di M. Lauro-M. Pancali-Francofonte-Militello (Cristofolini, 1967; 1969) si estendono fino alle zone costiere fra Lentini e Agnone. Sull'estremo margine settentrionale del Plateau (zona di Scordia-Palagonia) ai prodotti basaltici del Pliocene sup.-Pleistocene inf. si intercalano ripetutamente biocalcareni che datano la chiusura dell'attività vulcanica nell'area iblea.

6.1.2 Sedimenti quaternari

Il Pleistocene inferiore è rappresentato da sedimenti marini distribuiti lungo i bordi del Plateau; essi formano una cintura più o meno continua e colmano con spessori anche notevoli ampie depressioni strutturali.

Sulla fascia ionica del Plateau, procedendo da sud verso nord, i sedimenti del Pleistocene inf. sono presenti nella depressione di Noto-Capo Passero, dove sono dati da biocalcareni affioranti probabilmente come lembi residui di una copertura che si estendeva con continuità fino alla falesia costituita a nord del F. Tellaro dalle Montagne d'Avola e a sud dalla faglia Pozzallo-Ispica-Rosolini.

Sul margine settentrionale del Plateau (graben di Scordia-Lentini e zona di Palagonia-Mineo) al passaggio con l'avanfossa, i sedimenti infrapleistocenici presentano appoggi sul substrato e distribuzione di facies che ricalcano quanto osservato nell'area di Siracusa-Augusta. Biocalcareni affioranti nelle zone di alto, discordanti su substrato di varia età, passano rapidamente ad argille in corrispondenza delle zone di cerniera dei graben con clinostratificazioni pronunciate, dovute al controllo esercitato dalla tettonica sinsedimentaria.

Nella zona Mineo-Grammichele le biocalcareni passano rapidamente a silt e argille batiali (Di Geronimo, 1979) nelle quali si intercalano depositi a carattere torbido di slope, con frequenti contatti erosivi che drappeggiano la scarpata di faglia preesistente.

6.1.3 Terrazzi marini e depositi del Pleistocene medio e superiore

Il Pleistocene medio è rappresentato lungo il perimetro costiero ibleo da discontinui lembi di "panchina" e da terrazzi marini distribuiti in più ordini. Generalmente la panchina, poggiante su un paleosuolo con resti di vertebrati (Accordi, 1962), affiora con continuità nell'entroterra di Augusta fino a Villasmundo.

6.2 INQUADRAMENTO STRUTTURALE GENERALE

6.2.1 Tettonica Mesozoica e Paleogenica

Le formazioni mio-plioceniche costituiscono una continua ed omogenea copertura che ha sigillato le strutture tettoniche più antiche, le quali, limitatamente alla fase cretaceo-eocenica, possono essere osservate solo negli affioramenti più ampi di Capo Passero e di Priolo. Pertanto l'intensa tettonica mesozoica può essere ricostruita solo attraverso accurate analisi dei dati di sottosuolo.

Nella regione Iblea a tutte le fasi tettoniche più incisive sono associate manifestazioni basaltiche e rapidi cambiamenti nel regime sedimentario.

Dopo la fase di rifting hettangiana si individuano i due paleodomini siracusano e ragusano (Patacca *et alii*, 1979). Il primo costituisce un "alto strutturale", mentre il secondo è caratterizzato da un bacino profondo a forti tassi di sedimentazione (F.ne Streppenosa) nelle zone di depocentro. Tale suddivisione si

mantiene fino al Domeriano sup., quando, per effetto della tettonica sinsedimentaria che progressivamente fa sprofondare l'"alto" siracusano, la sedimentazione tende ad omogeneizzarsi su tutta l'area. Verso la fine del Dogger si ha la ripresa dell'attività vulcanica submarina (*seamount* di Scicli) in condizioni pelagiche, seguita da un ulteriore periodo di quiescenza che perdura fino al Cretaceo sup., quando si sviluppano importanti sistemi di faglie ad andamento NE-SW e WNW-ESE, associate a vulcaniti, in parte affioranti. Nella zona siracusana fino a punta Bonico a nord di Brucoli, le vulcaniti cretacee sono distribuite secondo un trend NNW-SSE, sub-parallelo all'attuale andamento della Scarpata Ibleo-Maltese.

I dicchi adduttori connessi alle vulcaniti sono anch'essi allineati su direzioni N140-150 in tutti gli affioramenti della zona siracusana.

Nonostante sia certa la presenza di vulcaniti cretacee sulla Scarpata Maltese antistante questo tratto di costa (Cita *et alii*, 1980; Scandone *et alii*, 1981; Casero *et alii*, 1984), è arduo ricostruire la loro presenza più ad est nello Ionio e i loro rapporti con le successioni sedimentarie a causa dell'arretramento verso ovest del margine ionico successivamente al Cretaceo.

Nel sottosuolo delle aree centrali del Plateau le vulcaniti cretacee diminuiscono costantemente di spessore o spariscono del tutto, e la loro scomparsa è marcata da una fascia di megabrecce carbonatiche e ad elementi vulcanici che si ritrovano affioranti nella zona di Priolo riscontrate in sottosuolo dal pozzo Melilli. Questi sedimenti grossolani, sintettonici, vengono così a marcare una zona di cerniera tra un "alto strutturale" parallelo all'attuale linea di costa e le aree di bacino che si andavano delineando più ad ovest (Grasso & Lentini, 1982; Carbone *et alii*, 1982a). Essi si ritrovano intercalati a più intervalli fino ai livelli più recenti di età paleogenica (Montanari, 1982).

Le vulcaniti affioranti a Capo Passero e abbondantemente presenti anche nell'*offshore* più a sud, sul margine orientale della Scarpata Ibleo-Maltese, sembrano invece inquadrarsi in un contesto tettonico controllato da strutture ad andamento NE-SW. I dicchi adduttori presenti a Capo Passero hanno direzione N30°-50°. Nel sottosuolo della depressione di Ispica-Capo Passero le faglie ad andamento NE-SW sembrano essere state caratterizzate da movimenti sinistri ed attive fino alla fine della deposizione della F.ne Amerillo coinvolta nella deformazione. La base della Formazione Ragusa sutura queste strutture (Bianchi *et alii*, 1987). Altre evidenze di tettonica cretaceo-paleogenica sono state riscontrate nel campo petrolifero di Ragusa, dove la grossa struttura anticlinale che forma il reservoir principale è troncata sul suo lato orientale da una faglia ad andamento NNE-SSW (Kafka & Kirkbride, 1959) ed entrambi sono sigillati dalla Formazione Ragusa.

Più a nord nella zona di Monterosso Almo-Vizzini-Licodia Eubea i sedimenti carbonatici in facies di Scaglia (F.ne Amerillo) presentano ripetute evidenze di disturbi tettonici sinsedimentari quali *slumping*, pieghe e brecce sinsedimentarie associate a locali *hiatus* di ampiezza variabile (Pieri, 1969; Lentini *et alii*, 1987).

6.2.2 Tettonica Miocenica

Il quadro tettonico che caratterizza attualmente l'avampaese Ibleo sembra essersi già delineato a partire dal Miocene superiore nel settore occidentale ed in epoca posteriore in quello orientale. Il Plateau ragusano s.s., ossia tutto quel settore caratterizzato dagli affioramenti delle calcareniti della F.ne Ragusa e che rappresenta la terminazione più settentrionale emersa dello *shelf* ibleo-maltese, va inserito nel quadro tettonico più ampio riguardante il settore di cui fa parte, fino alle Isole Maltesi.

Verso Licodia Eubea, in corrispondenza dell'"alto" cretaceo di M. Boschitello, convergono strutture a direzione N-S con quelle NE-SW, che rappresentano la terminazione affiorante delle faglie sepolte sotto i sedimenti pleistocenici della Piana di Vittoria. In questa zona di convergenza si individuano strutture compressive, pieghe e faglie inverse che interessano sicuramente almeno i termini pliocenici e che restano localizzati nell'area ad ovest di Licodia Eubea.

Il margine settentrionale del Plateau è solcato da una serie di graben delimitati da faglie NE-SW, Sortino-M. Carruba e Lentini-Scordia, quest'ultimo riempito da sedimenti quaternari marini e continentali che proseguono articolandosi anche nel settore nord-occidentale (dintorni di Mineo) e che costituiscono le strutture bordiere del Plateau prima della sua definitiva inflessione e sottoscorrimento al di sotto della Falda di Gela (Carbone et alii, 1982b). E' questa l'area in cui sono localizzati i maggiori volumi di vulcaniti del Miocene sup.-Pleistocene inf. Gli spessori più cospicui si raggiungono lungo l'allineamento N-S della faglia che dalle zone del Guffari-M. Lauro si estende fino a Palagonia, cioè nei punti nodali rappresentati dall'innesto delle faglie normali che bordano il graben sulle strutture trascorrenti submeridiane (Linea di Scicli, M. Boschitello, T. Catalfaro), dove si registra la massima lacerazione crostale.

6.2.3 Tettonica Quaternaria

I principali lineamenti tettonici quaternari della regione Iblea sono ricollegabili ad eventi dinamici differenti. In particolare, lungo la costa ionica si riconoscono i segmenti di faglia normale che costituiscono il ramo più meridionale del Rift Siculo-Calabro (Monaco & Tortorici, 2000). La struttura si sviluppa a mare, con orientazione NNW-SSE, nelle aree antistanti Augusta e Siracusa (Faglia Orientale ed Occidentale in Bianca *et alii*, 1999) per poi entrare a terra, dove è rappresentata dalla Faglia di Avola e dal Sistema di Pozzallo-Ispica-Rosolini, orientati NE-SW (Figura 6-2). Il Rift Siculo-Calabro, verso nord, si estende fino alla Calabria, attraverso la fascia collisionale, ed è caratterizzato da movimenti obliqui destri lungo le direttrici NNW-SSE e prevalentemente normali lungo le faglie orientate NE-SW. Il Rift Siculo-Calabro accomoda l'intera deformazione estensionale, orientata N100, misurata dai dati geodetici tra il Blocco Adriatico, incluso il Bacino Ionico, ed il Blocco Pelagiano (D'agostino & Selvaggi, 2004), assumendo il significato di un margine di placca incipiente, sviluppatosi nelle fasi tardive della tettonica collisionale. Un secondo lineamento tettonico quaternario è costituito dal Sistema della Linea di Scicli (Catalano *et alii*, 2007) che comprende due bacini estensionali orientati NE-SW (stereoplot a e b in Figura 6-2; Graben di Scordia-Lentini e Graben di Marina di Ragusa) e la zona di taglio destra orientata NNE-SSW (stereoplot f in Figura 6-2; Linea di Scicli). Lungo questo allineamento si sono registrati movimenti compatibili con un'estensione orientata circa NW-SE, contrastante con il quadro geodinamico della convergenza Africa-Europa, ma analoga a quella che governa oggi il Rift Siculo-Calabro. Gli elementi del Sistema della Linea di Scicli sono stati interessati da una diffusa inversione tettonica positiva che, manifestatasi con movimenti sinistri lungo la Linea di Scicli, associati a movimenti inversi lungo i bordi dei due graben, è coincisa con un notevole decremento dei tassi di dislocazione (Catalano *et alii*, 2007). L'inversione tettonica tardo-quaternaria ha inoltre prodotto sistemi di pieghe orientate da N50 a N80, particolarmente sviluppate lungo il margine sud-orientale del Plateau Ibleo, nella zona tra Noto e Ispica.

Il settore orientale dell'Altopiano Ibleo è frammentato da due principali depressioni, il Bacino di Augusta e il Bacino di Florida (Figura 6-2). Il primo è confinato da faglie normali ad orientazione NNW-SSE, che si sviluppano per una lunghezza di circa 30 km.

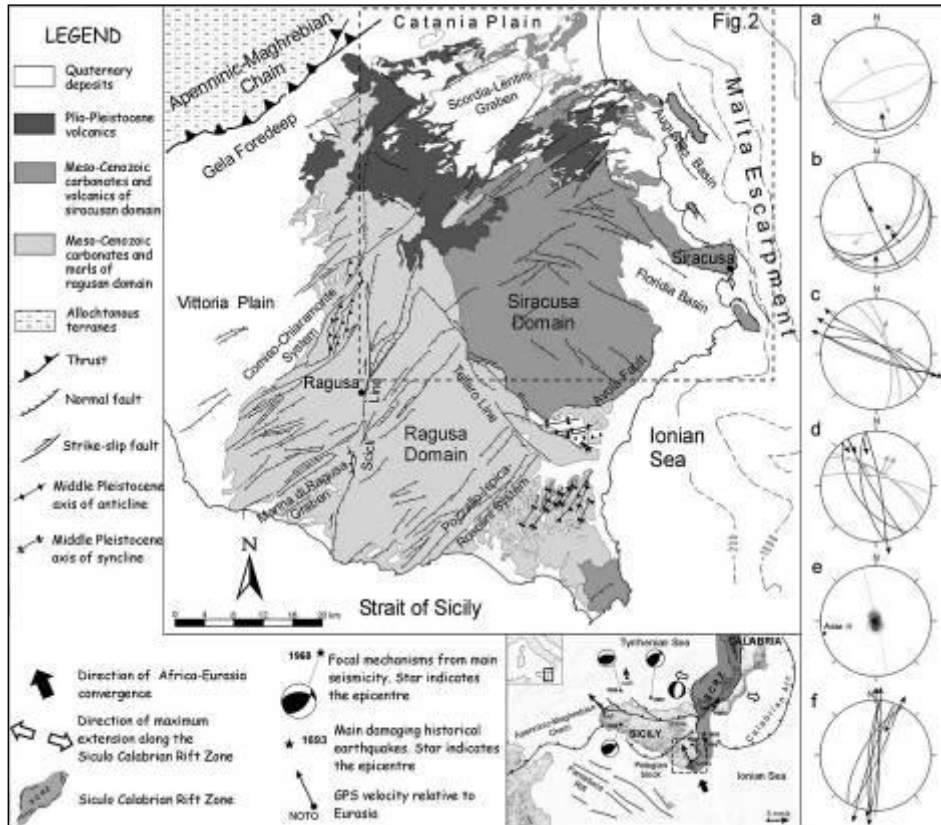
Le analisi cinematiche condotte lungo le faglie bordiere (Adam *et alii*, 2000) hanno evidenziato anche la presenza di strie relative a movimenti sinistri (stereoplot c in Figura 6-2).

Il Bacino di Florida è invece bordato da faglie normali orientate NW-SE, anch'esse sviluppate per circa 30 km e caratterizzate da scarpate rettilinee lungo le quali si riconoscono piani con due generazioni di strie, che indicano movimenti normali e sinistri (stereoplot d in Figura 6-2) (Ghisetti & Vezzani, 1980).

La successione quaternaria conservata all'interno delle principali depressioni strutturali e lungo i bordi del Plateau Ibleo, è costituita da una sequenza trasgressiva infra-pleiocenica (1-5-0.9 Ma; Pedley *et alii*, 2001), data da calcareniti passanti lateralmente e verso l'alto ad argille grigio azzurre. Questa successione ricopre in discordanza orizzonti di vulcaniti subaeree del Plio-Pleistocene e le sottostanti sequenze carbonatiche e vulcaniti meso-cenozoiche ed è, a sua volta, ricoperta in discordanza da differenti ordini

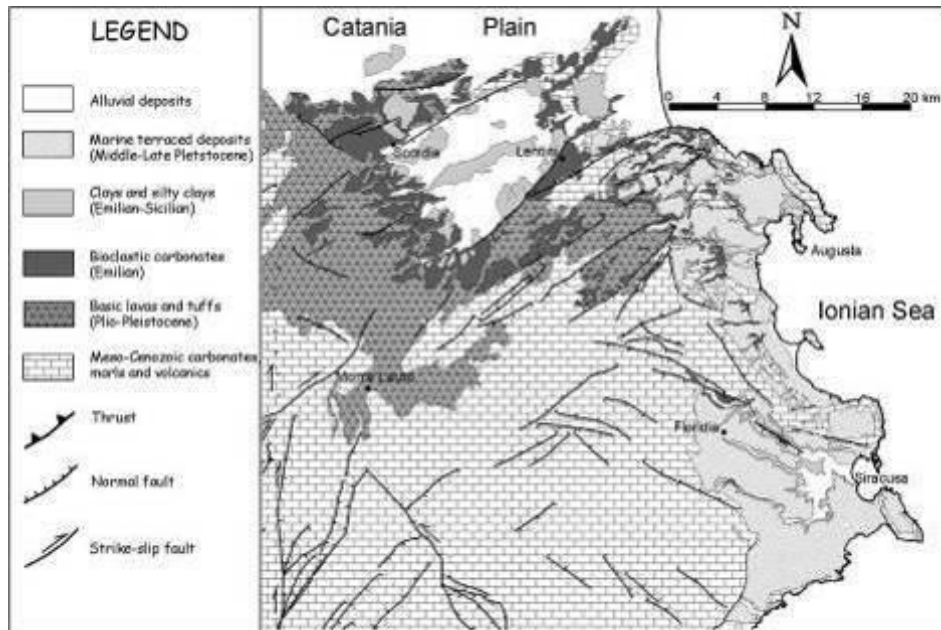
di depositi terrazzati del Pleistocene medio-superiore (<0.85 Ma; Bianca *et alii*, 1999; Catalano *et alii*, 2007 - Figura 6-3).

Figura 6-2 - Schema geologico-strutturale della Sicilia sud-orientale. Il riquadro mostra il fronte della Catena Appenninico-Maghrebide, le principali faglie quaternarie e la sismicità del Mediterraneo centrale. Gli stereoplot si riferiscono ai dati strutturali misurati lungo diversi lineamenti quaternari del Plateau Ibleo: a-b) Graben di Scordia-Lentini; c) Bacino di Augusta; d) Bacino di Florida; e) Sistemi a pieghe del margine sud-orientale; f) Linea di Sciacca. Il rettangolo tratteggiato rappresenta l'ubicazione della Figura 6-3.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Figura 6-3 - Schema geologico-strutturale della porzione nord-orientale del Plateau Ibleo.



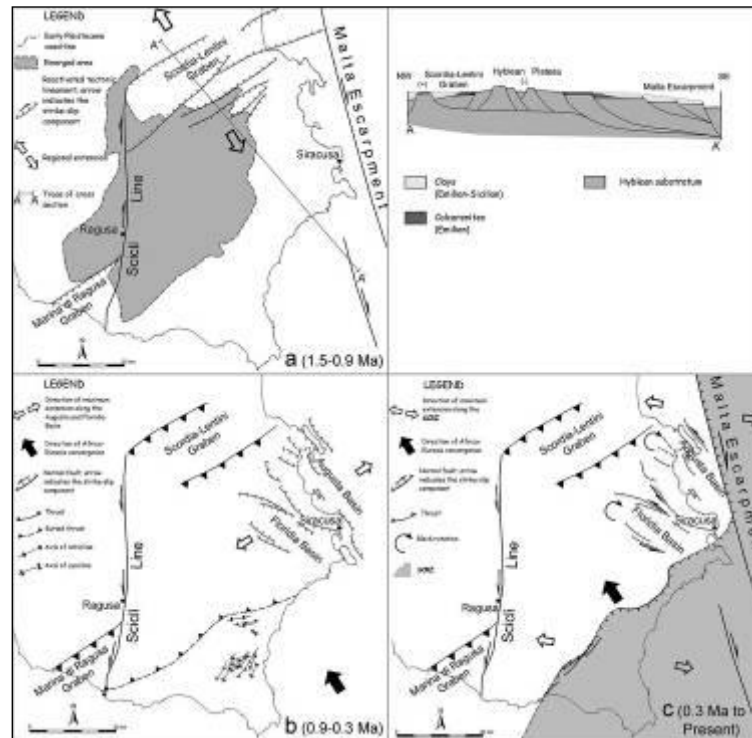
Le facies infrapleistoceniche costiere e di ambiente neritico, rappresentate dalle calcareniti, sono conservate alla base del versante orientale del Plateau e caratterizzano i settori nord-occidentali dei bacini di Augusta e di Floridia, mentre marcano entrambi i bordi e le terminazioni laterali del Graben di Scordia-Lentini. Allo stesso modo, le argille batiali infrapleistoceniche si riconoscono al depocentro del Graben di Scordia-Lentini, mentre, lungo la costa ionica, bordano verso est le *facies* neritiche, caratterizzando anche i settori più orientali dei bacini di Augusta e Floridia. I sovrastanti depositi terrazzati, classicamente riferiti alla «panchina» milazziana, in effetti sono attribuibili a differenti cicli eustatici del tardo-quadernario, a partire almeno dallo stadio isotopico 21 (850 ka; Catalano *et alii*, 2007). I depositi terrazzati più bassi, distribuiti lungo la costa ionica, ricoprono in discordanza i bordi dei bacini di Augusta e Floridia, poggiando sia sulle serie quaternarie presenti all'interno delle depressioni che sulle successioni mioceniche rialzate lungo i margini.

I nuovi dati strutturali sui principali lineamenti tettonici quaternari della regione iblea, combinati con le informazioni stratigrafiche sulle sequenze sintettoniche, permettono di definire un nuovo modello cinematico dell'area. Le relazioni tra strutture e depositi quaternari suggeriscono che la regione è stata soggetta a distinte fasi deformative, caratterizzate dalla concomitante crescita di strutture estensionali e contrazionali. In particolare, gli orizzonti infrapleistocenici, seppure conservati all'interno di tutte le depressioni strutturali, mostrano una distribuzione delle *facies* che segue l'andamento delle faglie del Graben di Scordia-Lentini, mentre essa è del tutto indipendente rispetto all'allungamento dei bacini di Augusta e di Floridia. Gli stessi orizzonti sono coinvolti da faglie inverse, che hanno parzialmente riattivato i bordi dei graben di Scordia-Lentini e Marina di Ragusa, e da pieghe che si sono sviluppate lungo il bordo sud-orientale del plateau. Analogamente, tra gli orizzonti terrazzati medio-suprapleistocenici, i più antichi (> 0.3 Ma) sono coinvolti nelle strutture plicative, mentre i più recenti (< 0.3 Ma) suturano le faglie bordiere dei bacini estensionali lungo l'area costiera ionica. Questi stessi orizzonti terrazzati sono variamente dislocati al letto delle strutture estensionali attive nell'immediato *off-shore* ionico. Nel complesso quindi è possibile ricostruire almeno tre distinte fasi estensionali. Una prima fase (Figura 6-4a) è riferibile all'apertura dei *graben* di Marina di Ragusa e di Scordia-Lentini, associata ai movimenti destri lungo la Linea di Scicli. Questa fase è responsabile della trasgressione del ciclo infrapleistocenico (circa 1.5

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Ma) all'interno delle due depressioni tettoniche e lungo tutto il settore sud-orientale Ibleo, che costituirebbe il tetto ribassato di una faglia crostale a basso angolo (v. profilo in Figura 6-4).

Figura 6-4 - Fasi dell'evoluzione tettonica quaternaria del Plateau Ibleo. Nel profilo schematico viene ipotizzata la geometria profonda dei principali lineamenti tettonici nel Pleistocene inferiore, in parte riattivati nelle fasi successive.



Una seconda fase estensionale (Figura 6-4b) è responsabile dell'apertura dei bacini di Florida e di Augusta, all'interno dei quali vengono ribassate le sequenze infra-pleistoceniche. Questa fase coincide con l'inizio del terrazzamento dei depositi medio-pleistocenici (circa 0.85 Ma) ed è associata allo sviluppo delle pieghe, orientate NE-SW, lungo il bordo sud-orientale del Plateau e alla generalizzata inversione tettonica positiva dei lineamenti estensionali infra-pleistocenici, ad esse paralleli. Un'ultima fase (Figura 6-4c) coincide con la migrazione delle faglie del Rift Siculo-Calabro associata ad una accelerazione dei tassi di sollevamento tettonico. Le faglie orientate NNW-SSE presenti nell'*off-shore* Ibleo, caratterizzate da movimenti destri, hanno comportato anche rotazioni di blocchi con conseguente riattivazione, con movimenti sinistri, delle faglie bordiere dei bacini di Augusta e di Florida. Il modello cinematico proposto è congruente con il quadro dinamico recentemente ricostruito nell'area Iblea, nella quale sono stati riconosciuti gli effetti della migrazione, in fasi successive, di un incipiente margine di placca divergente che, sovrapposto alla pre-esistente fascia collisionale sviluppatasi tra Africa ed Europa, costituirebbe il bordo occidentale della microplacca adriatica, comprendente anche il Bacino Ionico. Questo margine è attualmente rappresentato dal Rift Siculo-Calabro, mentre nel passato si sarebbe sviluppato lungo i settori settentrionali ed occidentali della regione Iblea dove ancora oggi si può riconoscere l'originario ramo abortito. In questo contesto, le strutture estensionali orientate NW-SE distribuite lungo la costa ionica degli Iblei, costituirebbero, insieme alle coeve strutture contrazionali orientate NE-SW, lineamenti dalla vita breve, effetto dell'improvviso ripristino all'interno del plateau della compressione regionale orientata NW-SE, durante la migrazione del margine di placca dai settori occidentali a quelli orientali del Plateau Ibleo.

6.3 STRATIGRAFIA DELL'AREA

L'assetto stratigrafico dell'area è stato ricostruito con l'ausilio della campagna di rilevamenti geologici di dettaglio eseguita a partire dal marzo 2021.

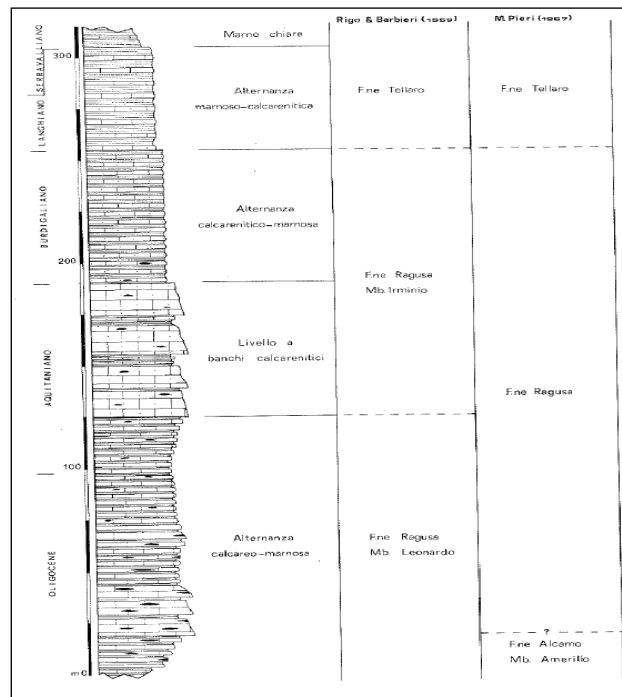
Il rilevamento è stato effettuato a seguito dello studio della pubblicazione "Lineamenti geologici del plateau Ibleo (Sicilia S.E.) - Presentazione delle carte geologiche della Sicilia sud-orientale" a cura di S. Carbone, M. Grasso & F. Lentini (1987) che citiamo con sincera gratitudine per il dettaglio e la precisione delle informazioni riportate. Lo studio citato è la sintesi di circa un decennio di rilevamenti geologici e di analisi di laboratorio che hanno consentito il riconoscimento e la giusta collocazione in termini di ambiente deposizionale dei diversi litotipi affioranti nell'area di interesse progettuale e l'attribuzione temporale dei medesimi.

Come detto precedentemente, le successioni che affiorano nell'area di interesse sono caratterizzate da sequenze prevalentemente carbonatiche e sabbioso-arenacee cui si intercalano e/o si sovrappongono orizzonti di vulcaniti.

I termini più antichi sono dati dai litotipi della Formazione Ragusa che in letteratura viene divisa in due: la parte inferiore, Membro Leonardo, costituita da calcisiltiti, calcilutiti e marne calcaree e la parte superiore, Membro Irminio, costituita da calcari marnosi, calcareniti, calciruditi e marne (Figura 6-5).

La Formazione Ragusa passa talvolta gradualmente alle marne medio-mioceniche della Formazione Tellaro in cui la frazione carbonatica è nettamente inferiore anche se sono presenti episodi sporadici di intercalazioni calcarenitico-marnose.

Figura 6-5 – Colonna stratigrafica della Formazione Ragusa con suddivisione nei Membri Leonardo e Irminio



La presenza limitata di depositi evaporitici (Miocene sup.-Messiniano) è probabilmente legata a fenomeni di sollevamento dell'altipiano calcareo che hanno permesso la deposizione delle evaporiti solo in depressioni strutturali sinsedimentarie (Licodia Eubea).

I sedimenti Pliocenici sono distribuiti in maniera discontinua oppure sono rappresentati soltanto da sporadiche lenti sabbiose intercalate alle potenti colate basaltiche.

Le vulcaniti plioceniche estesamente affioranti nel tratto compreso tra Lentini, Francofonte e Licodia Eubea (Figura 6-6) sono legati prevalentemente ad una attività vulcanica submarina e localmente sub-aerea come dimostra la presenza di ripetuti livelli di breccie vulcaniche e vulcanoclastiti alternate ai "Trubi" (calcarei marnosi biancastri) e alle marne medio-plioceniche.

Figura 6-6 – Distribuzione delle vulcaniti plio-pleistoceniche affioranti nella Sicilia orientale.



I depositi quaternari sono costituiti da litotipi biocalcarenitici teneri giallastri discordanti sul substrato miocenico o sulle vulcaniti plioceniche.

I terreni appartenenti a tali coperture plio-quaternarie, avendo subito solo una debole tettonica di sollevamento e piegamento connessa con l'assestamento della falda di Gela, risultano avere un assetto generalmente sub-tabulare o lievemente ondulato.

L'esame bibliografico della cartografia ufficiale e della documentazione esistente, completato con l'analisi e l'interpretazione geologica delle foto aeree e con un rilevamento di dettaglio di campagna, hanno consentito di integrare la geologia del Progetto Definitivo e di redigere una Carta geologica ad una scala più dettagliata (1:2.000; elab.: T04GE01GEOCG05÷ T04GE01GEOCG16), allo scopo di conoscere, con buona attendibilità, i principali caratteri litologici e giaciture dei terreni affioranti interessati dal tracciato e dalle opere di progetto.

Di seguito si descrivono le diverse unità stratigrafiche che interessano l'area in esame, dalla più recente alla più antica:

6.3.1 Riporti antropici (R) – (Attuale).

Si tratta di materiale di risulta accumulatosi in seguito alle attività di estrazione di materiale da costruzione, di materiale di risulta degli scavi delle trincee esistenti (Foto 6.1) e di rilevati stradali e ferroviari.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 6.1 – Cumuli di materiale di riporto antropico presso fine lotto.



6.3.2 Depositi eluvio-colluviali (ec) – (Olocene).

Si tratta di depositi derivati sia dall'alterazione in posto del substrato roccioso (*eluvium*) che da materiali prodotti dal disfacimento del basamento e trasportati in luoghi distanti da quello d'origine (*colluvium*). Costituiscono una copertura del basamento e sono rappresentati da sabbie, limi e terre rosse (Foto 6.2). Generalmente sono privi di strutture sedimentarie e non cementati. Tali depositi presentano generalmente spessori variabili da 0,2-0,5 metri, ma in alcuni tratti superano abbondantemente il metro.

Foto 6.2 - Depositi eluvio-colluviali costituiti visibili presso l'abitato di Lentini.



6.3.3 Fasce e coni di detrito (dt) – Pleistocene superiore – Olocene.

Si tratta di depositi di materiale da incoerente a cementato che si accumula lungo i pendii o ai piedi dei versanti, ove questi si raccordano con il fondovalle. La loro origine è da attribuirsi alla somma di vari processi: crolli singoli, crolli di massa, azione dell'acqua; analogamente il loro accumulo è dovuto a diversi fattori: azione della gravità, ruscellamento, soliflusso. La geometria di questi accumuli è il risultato di movimenti a carattere discontinuo prodotti a differenti quote di caduta in un ambiente fortemente condizionato dalle condizioni climatiche. Sotto il profilo granulometrico si presentano con pezzature prevalenti, dal ciottolo al masso, clasti spigolosi di dimensioni crescenti da monte verso valle, il tutto in abbondante matrice fine (Foto 6.3). Gli spessori massimi in corrispondenza dall'opera raggiungono i 30 m in corrispondenza del Lotto 1.

Foto 6.3 - Particolare di una fascia di detrito in affioramento osservata in un'incisione torrentizia presso Lentini.



6.3.4 Alluvioni fluviali e fondi palustri recenti ed attuali (a) – Pleistocene superiore – Olocene.

Si tratta di depositi alluvionali che costituiscono prevalentemente il prodotto della attività esondativa del sistema fluviale San Leonardo. I depositi sono costituiti da alternanze non regolari di ciottoli, ghiaie, sabbie e argille derivati dall'azione di trasporto e accumulo ad opera delle acque fluviali (Foto 6.4). La consistenza è generalmente bassa in funzione di un elevato contenuto di sostanza organica in via di decomposizione e di un variabile grado di consolidamento. Lo spessore complessivo di tale unità varia da qualche metro nel reticolo idrografico secondario a più di 10 m nelle valli principali.

Foto 6.4 – Panoramica dei depositi alluvionali fluviali in corrispondenza del Fiume Barbaiani.



6.3.5 Terrazzi fluviali (ar) – Pleistocene superiore – Olocene.

Si tratta di depositi di natura alluvionale presenti nelle aree prossimali alle incisioni fluviali disposte a modesta distanza dall'alveo di magra aventi caratteristiche litologiche analoghe ai termini oggetto del ciclo sedimentario attuale. Si presentano terrazze, distribuite in vari ordini e costituite da ciottoli carbonatici arrotondati in abbondante matrice sabbioso-limosa a luoghi prevalente. Nella zona prossima alla Piana di Catania lo scheletro solido è costituito da frammenti di vulcaniti risedimentate e calcareniti rimaneggiate friabili. Affiorano localmente lungo il tracciato stradale e sono distribuiti dal punto di vista altimetrico in modo casuale. Lo spessore complessivo di tale unità varia da pochi metri a più di 10.0 m.

6.3.6 Sabbie da cementate a debolmente cementate con lenti ghiaiose e argille salmastre (Qcs) – Pleistocene medio.

Si tratta di sabbie fossilifere e conglomerati poligenici (Foto 6.5) che poggiano al di sopra delle argille grigio-azzurre che, per effetto della chiusura a lente del termine pelitico sul bordo meridionale del graben Scordia-Lentini, possono ricoprire direttamente le calcareniti del Qc(a).

Lo spessore complessivo del Qcs è pari a 50 m.

Foto 6.5 – Affioramento delle sabbie fossilifere cementate riferibili al Qcs visibile presso l'abitato di Francofonte.



6.3.7 Argille siltoso-marnose (Qa) – Pleistocene inferiore.

Sono rappresentate da sedimenti pelitici talora con intercalazioni sabbioso-siltose che giacciono sui termini marcatamente argillosi pliocenici (Pa).

Occupano diffusi lembi e settori nella fascia compresa tra l'abitato di Francofonte ed il termine del lotto.

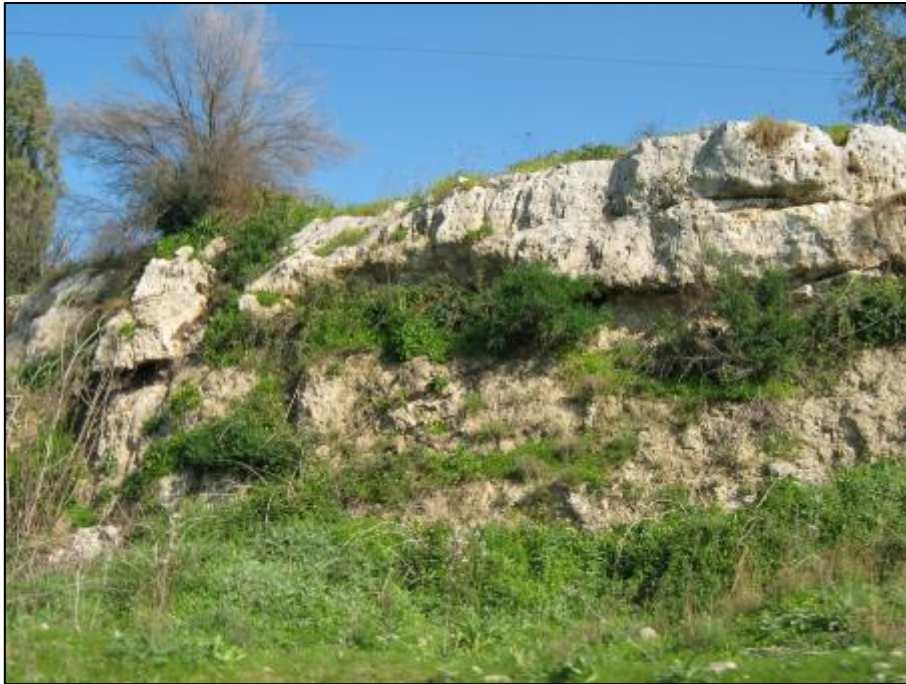
Gli spessori di Qa variano da pochi metri fino a 300.

6.3.8 Calcareni, sabbie e argille siltoso-marnose Qc(a) – Pleistocene inferiore.

Si tratta di una serie terrigena costituita da calcareniti e sabbie giallastre organogene grossolane, che rappresentano una fase di trasgressione infrapleistocenica, con caratteristico andamento lentiforme. Esse, talvolta passano a calciruditi, di colore giallo chiaro o bianco crema, piuttosto friabili essendo poco cementate Qc(a). In seno alla formazione sono presenti lenti conglomeratiche costituite esclusivamente da elementi scarsamente cementati, e di solito la presenza di tale livello è limitata alle aree in cui le calcareniti si sovrappongono direttamente sui terreni lavici. Tali litotipi affiorano in varie località e precisamente a nord del centro abitato di Lentini, e nei pressi dei centri abitati di Francofonte e presso Lentini. Talvolta sulle argille grigio azzurre poggiano dei conglomerati poligenici e sabbie fossilifere.

Lo spessore complessivo di tali sedimenti raggiunge i 100 metri.

Foto 6.6 – Affioramenti dei termini di facies calcarenitica dei depositi Qc(a) visibili in una scarpata dell'incisione del F. San Leonardo presso Lentini – loc. "Tenutella" (pk 5+900)



6.3.9 Vulcaniti del Pliocene medio-superiore Pleistocene inferiore

Appartengono alla potente successione di vulcaniti basiche prevalentemente submaree nella porzione basale e subaeree procedendo verso l'alto. I prodotti subaerei sono costituiti da prevalenti colate di lave bollose e scoriaee e da subordinati prodotti piroclastici (Pvl - Foto 6.7). Nel loro complesso costituiscono prodotti sia tholeiitici che di serie basaltica alcalina prevalentemente basalti olivini fino a nefelitici con scarse manifestazioni a tendenza hawaiana. Intercalazioni di materiale sedimentario (Pvs), generalmente sabbie e limi carbonatici, sono presenti un po' ovunque dalla zona di Vizzini scalo fino a fine Lotto.

Foto 6.7 – Colate di lave bollose e scoriaee con subordinati prodotti piroclastici (Pvl).



7 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

7.1 PREMESSA

Il tracciato stradale in progetto si sviluppa nei settori nord-orientale e nord-occidentale dell'altipiano Ibleo (Sicilia orientale) ed attraversa i territori dei Comuni di Francofonte, Lentini e Carlentini.

La morfologia della zona è fortemente influenzata dalla natura dei litotipi affioranti e dal loro grado di erodibilità; l'idrologia di superficie, le precipitazioni meteoriche e l'acclività sono tra le cause principali che hanno determinato un modellamento differenziato dei versanti; inoltre, questo carattere si riflette sui pattern dei reticoli idrografici che sono riferibili ai tipi sotto descritti:

- Tipo "sub-dendritico" ed addirittura "piumato", caratteristico delle aree di affioramento dei terreni coesivi e plastici di natura argilloso-marnosa.
- Tipo "parallelo", tipico delle aree in cui sono presenti affioramenti di litotipi a diversa erodibilità.
- Tipo "angolare", caratteristico delle aree di affioramento dei terreni litoidi (calcarei e vulcaniti) con numerose aste non confluenti.

La diversa natura dei terreni affioranti ha condizionato strettamente i tratti morfologici, caratterizzati da una significativa varietà di situazioni nelle diverse zone interessate dall'opera in oggetto.

7.2 MORFOTIPI RICONOSCIUTI

Le forme riconosciute sono distinguibili come di seguito riportato.

7.2.1 Forme strutturali e vulcaniche

Sono riconducibili a questo tipo gli orli di scarpata di faglia ed i versanti di faglia.

- Orlo di scarpata di faglia*: si realizza in corrispondenza della zona di intersezione fra il piano di faglia e la superficie topografica.
- Versante di faglia*: superficie di taglio, talora liscia e lucida, per lo più solcata e striata, prodotta dallo spostamento relativo delle masse litoidi.

7.2.2 Forme di versante dovute alla gravità

In questo gruppo sono comprese:

- Forme di denudazione:
 - nicchie di frana (di crollo, di scorrimento e di colamento)*: la nicchia di frana è un incavo modellato nel versante dal quale si è staccata una frana; generalmente ha forma a cucchiaio, con la concavità rivolta verso valle.
 - contropendenze*: lembi di terreno ruotati nel corso del movimento di frana, caratterizzati da locale inclinazione topografica verso monte.
 - soliflussi*: lenti movimenti di terreno impregnato d'acqua, che scivola lungo pendii interessando la porzione corticale del terreno sciolto.
 - orli di scarpata di degradazione*: area dalla quale è avvenuto lo spostamento di materiale lungo scarpate, superfici, gradini etc in connessione sia con fenomeni di movimento franoso, sia di caduta di singoli detriti.
- Forme di accumulo e relativi depositi:

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

- *corpi di frana (di crollo, di scorrimento e di colamento):* massa di terreno spostata dal movimento franoso.
 - Deposito di frana per crollo e/o ribaltamento: deposito originato da distacco di rocce litoidi da un pendio acclive e messo in posto con processi di caduta libera, rimbalzo e rotolamento di ciottoli e massi. L'accumulo detritico è costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico, con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm³ e decine di m³, privo di matrice o in scarsa matrice sabbioso-pelitica, a luoghi alterata e pedogenizzata. E' caratteristica la riattivazione improvvisa e la estrema velocità del movimento. Per le loro caratteristiche intrinseche tali depositi sono da considerarsi attivi in quanto potenzialmente e improvvisamente soggetti all'arrivo di nuovi accumuli distaccati dai pendii sovrastanti.
 - Deposito di frana per scorrimento: deposito originato dal movimento verso la base del versante di una massa di terra o roccia, che avviene in gran parte lungo una superficie di rottura o entro una fascia, relativamente sottile, di intensa deformazione di taglio.
 - Deposito di frana per colamento: deposito messo in posto da movimento distribuito in maniera continuata all'interno della massa spostata. Le superfici di taglio all'interno di questa sono multiple, temporanee e generalmente non vengono conservate. I materiali coinvolti possono essere per lo più coesivi (colate di fango) o granulari (colate detritiche). I depositi più frequenti sono costituiti in prevalenza da una matrice pelitica e/o pelitico-sabbiosa che include clasti di dimensioni variabili. Le colate di detrito risultano più rare.
- *detriti di versante:* accumulo detritico costituito da materiale eterogeneo ed eterometrico con frammenti litoidi di dimensioni variabili tra qualche cm³ e decine di m³, privo di matrice o in matrice sabbioso-pelitica alterata e pedogenizzata, di origine gravitativa frequentemente alla base di scarpate e lungo i versanti più acclivi. Il detrito può essere stato anche rielaborato da fenomeni di gelo-disgelo e dal ruscellamento delle acque superficiali.
- *coni di detrito:* Depositi alluvionali, prevalentemente ghiaiosi, a forma di ventaglio aperto verso valle, in corrispondenza dello sbocco di valli e vallecole trasversali ai corsi d'acqua principali ove la diminuzione di pendenza provoca la sedimentazione del materiale trasportato dall'acqua, soggetti ad evoluzione dovuta alla dinamica torrentizia.
- *falde di detrito:* cumuli detritici disposti in forma alquanto regolare ai fianchi di rilievi montuosi.

7.2.3 Forme fluviali e di versante dovute al dilavamento

Sono attribuibili a questo gruppo le seguenti forme:

- Forme di erosione che comprendono:
 - *alvei in approfondimento:* alveo in fase di incisione, caratteristico quando un corso d'acqua è privo o quasi di carico solido e tutta la sua energia viene spesa nell'erosione e nel modellamento del fondo.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

- *vallecole a V*: incisioni caratteristiche su versanti pressoché spogli costituiti da materiali poco permeabili ed alquanto erodibili.
- *vallecole a conca*: incisioni con fondo concavo, incise e in seguito riempite da sedimenti, con contributo importante di sedimenti provenienti dai fianchi ("colluvio" senso lato)
- *vallecole fondo piatto*: incisioni con fondo piatto, incise e in seguito riempite da sedimenti, con contributo dominante di sedimenti trasportati lungo la vallecchia stessa.
- *alveo con erosione laterale o sponda in erosione*: arretramento di una sponda fluviale attraverso una combinazione di erosione dovuta alla corrente fluviale e movimenti di massa.
- *ripiani di erosione*: superficie interessata da ruscellamento diffuso.
- *orli di scarpata di erosione fluviale o di terrazzo*: ciglio di erosione situato al bordo di terrazzi fluviali situati lungo i corsi dei fiumi e lungo le coste marine e lacustri, a quote più elevate rispetto al livello di base attuale.
- *orli di scarpata di denudazione*: forme di erosione legate al diverso comportamento delle rocce in relazione alla degradazione meteorica.
- *superfici con forme di dilavamento prevalentemente diffuso*: riguardano comunemente i terreni ricchi di limi e argille e sono dovuti agli effetti delle acque meteoriche che scorrono sulla superficie del versante in forma di velo diffuso o di reticolo. Questo tipo di erosione comporta l'asportazione di particelle della copertura e ne coinvolge in generale uno spessore limitato.
- *depositi eluvio-colluviali*: coltre di materiale detritico, generalmente fine (frammenti di roccia, sabbie, limi e peliti) prodotto da alterazione "in situ" o selezionato dall'azione mista delle acque di ruscellamento e della gravità (subordinata), con a luoghi clasti a spigoli vivi o leggermente arrotondati.
- *superfici di terrazzo*: pianori costituiti da depositi alluvionali terrazzati deposti e modellati ad opera del corso d'acqua.

7.2.4 Forme antropiche

Le forme antropiche consistono essenzialmente in:

- *versanti con terrazzamento a muretti o a scarpate (integri e/o in degradazione)*: sono state perimetrare le porzioni di versante sistemate con murature a secco o caratterizzati da terrazzamenti bordati da piccole scarpate, sia integri sia interessati da locali deformazioni.
- *cave*: sono state perimetrare le aree interessate da coltivazione mineraria attiva o passata.
- *orli di scarpata di cava*: rappresentano i cigli di scavo delle aree interessate da coltivazione mineraria.
- *rilevati stradali o ferroviari*: indicano l'ingombro delle aree di sedime delle infrastrutture stradali o ferroviarie esistenti.
- *riporti*: materiale di risulta accumulatosi in seguito alle attività di estrazione di cava e/o di risulta degli scavi delle trincee esistenti.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

- *tratti di corso d'acqua con briglie*: indicano i settori torrentizi e/o fluviali interessati da forte erosione lineare sistemati mediante la realizzazione di opere trasversali in muratura e/o gabbioni.
- *argini fluviali*: si tratta di rilevati in terra o muratura realizzati al fine di contenere le piene nell'ambito dell'area golenale del corso d'acqua.

7.3 CARATTERI MORFOLOGICI DEL CORRIDOIO DI STUDIO

Sulla base del rilevamento geologico di superficie svolto e con l'ausilio dell'analisi delle riprese aeree disponibili, è stato possibile definire le principali caratteristiche morfo-evolutive del corridoio di studio.

Il tratto compreso tra lo Svincolo di Francofonte e lo Svincolo di Lentini Ospedale si sviluppa in un'area confinante all'estremo margine meridionale della piana di Catania rientra dapprima nel territorio di Carlentini (lungo il Pantano dei Gelsari) e, quindi, nel territorio della Piana di Lentini definita come area di deposito alluvionale in considerazione delle modeste pendenze che presentano i vari corsi d'acqua ormai prossimi alla foce naturale in mare, nel tratto di attraversamento della piana costiera. Superata la zona terrazzata alla quota 270-280 m s.l.m. su cui sorge Francofonte (Foto 7.1-Foto 7.2), il terreno degrada dolcemente verso un'ampia distesa alluvionali sub-pianeggiante con la presenza di modesti rilievi in prossimità di litotipi coerenti, appartenenti a formazioni affioranti dalla coltre alluvionale, quali sabbie e calcareniti pleistoceniche o le vulcaniti plioceniche.

Il reticolo idrografico caratterizzato dall'asta principale del fiume S. Leonardo e dai suoi tributari è caratterizzato da incisioni torrentizie, per lo più regimentate con opere di bonifica idraulica, che raccolgono le acque di ruscellamento dalle dorsali collinari presenti nei dintorni dell'area.

Il tracciato, superato lo Svincolo di Francofonte, passa in sotterraneo in corrispondenza di un vasto terrazzo alluvionale sinistro del Fiume Costanzo (Foto 7.2) per poi intercettare un dissesto franoso (Frana L4_1 che nella precedente fase progettuale era indicata con L7_1) situato sul versante settentrionale del rilievo di Francofonte (Foto 7.3).

Foto 7.1 – Vista di insieme dell'ampia area terrazzata di Francofonte presso la zona di imbocco meridionale della Galleria di progetto.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 7.2 – Area terrazzata situata al bordo orientale di Francofonte, ripresa dal cimitero comunale, al di sotto della quale si sviluppa la nuova Galleria



Foto 7.3 – Vistose lesioni e deformazioni presenti sulla strada di Svincolo citata coincidenti con il coronamento della Frana L4_1.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 7.4 – Vistose lesioni e deformazioni presenti sulla strada di Svincolo citata coincidenti con il coronamento della Frana L4_1.



Foto 7.5 – Vistose lesioni e deformazioni presenti sulla strada di Svincolo citata coincidenti con il coronamento della Frana L4_1.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 7.6 – Vistose lesioni e deformazioni presenti sulla strada di Svincolo citata coincidenti con il coronamento della Frana L4_1.



Foto 7.7 – Panoramica della zona di testata della Frana L4_1.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 7.8 – Panoramica della zona di testata della Frana L4_1.



Foto 7.9 – Panoramica della zona di testata della Frana L4_1.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 7.10 – Panoramica del corpo di frana L4_1, caratterizzato da basse acclività.



Proseguendo in direzione Catania il tracciato interseca a quota 50 m s.l.m. circa, dapprima il Fiume di Barbaianni (Foto 7.11) ad andamento semirettilineo N-S e deflusso settentrionale e poi il Torrente Margi (Foto 7.12) caratterizzato dal medesimo andamento, i quali alla loro confluenza danno origine al Fiume Zena-Reina (Foto 7.13-Foto 7.14) che scorre in direzione parallela al tracciato di progetto, mostrando la medesima deviazione angolare in prossimità dell'abitato di Lentini (pk 12+000 circa) e in prossimità dell'Ospedale (Foto 7.15). Tutto il tratto è caratterizzato da vaste aree di esondazione fluviale.

Foto 7.11 – Alveo del Fiume di Barbaianni.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 7.12 – Alveo del Torrente Margi.



Foto 7.13 – Ampia area terrazzata del Fiume Zena-Reina.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 7.14 – Ampia valle terrazzata del Fiume Zena-Reina in cui si sviluppa l'asse stradale di progetto; sullo sfondo il rilievo costituito da depositi vulcanici pliocenici e argillosi quaternari su cui sorge l'Ospedale di Lentini.



Foto 7.15 - Rilievo collinare su cui fonda l'Ospedale di Lentini.



Tra lo Svincolo di Lentini Ospedale ed il successivo della S.S. 114 Lentini Zona Industriale si sviluppa nel territorio della Piana di Lentini, definita area di deposito alluvionale che si addossa al rilievo terrazzato di

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Panne – Tenutella caratterizzato da quote massime pari a circa 45 m s.l.m.. La morfologia che si viene a delineare è appunto quella di distese alluvionali sub-pianeggianti con la presenza di modesti rilievi in prossimità di litotipi coerenti, appartenenti a formazioni affioranti dalla coltre alluvionale, quali le sabbie e calcareniti pleistoceniche o le vulcaniti plioceniche (Foto 7.16,

Foto 7.17, Foto 7.18, Foto 7.19).

Foto 7.16 – Ansa fluviale profondamente incisa del Fiume San Leonardo nei termini vulcanici pliocenici e calcarenitici quaternari che costituiscono l'area terrazzata di Panne – Tenutella.



Il reticolo idrografico caratterizzato dall'asta principale del fiume S. Leonardo e dai suoi tributari è caratterizzato da incisioni torrentizie, per lo più regimentate con opere di bonifica idraulica, che raccolgono le acque di ruscellamento dalle dorsali collinari presenti nei dintorni dell'area.

Nel suo sviluppo il tracciato interseca a quota 50 m s.l.m. circa, dapprima il Fiume Barbagianni ad andamento semirettilineo N-S e deflusso settentrionale, e poi il Torrente Margi caratterizzato dal medesimo andamento, i quali alla loro confluenza danno origine al Fiume Zena-Reina che scorre in direzione parallela al tracciato di progetto, mostrando la medesima deviazione angolare in prossimità dell'abitato di Lentini (pk 12+000 circa). Tutto il tratto è caratterizzato da vaste aree di esondazione fluviale.

In prossimità del km 14+300 si osserva la confluenza tra il Fiume Reina ed il Fiume Trigona, ad andamento sub-rettilineo, i quali danno origine al Fiume San Leonardo ad andamento meandriforme a quote comprese tra i 10 ed i 20 m s.l.m. della piana alluvionale. Il tracciato in questo settore si allontana dal corso d'acqua ed interseca un terrazzo fluviale le cui quote si attestano intorno ai 40 m s.l.m.

Foto 7.17 – Incisione fluviale del Fiume San Leonardo presso il termine del Lotto.



Foto 7.18 – Versante meridionale del rilievo terrazzato di Panne – Tenutella degradante in direzione della ferrovia esistente.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 7.19 – Spalla sinistra dell'esistente Viadotto di fine lotto che oltrepassa il Fiume San Leonardo.



Nella zona terminale del tracciato, dal km 67+000 al 68+000 circa, si rileva la presenza di estese aree soggette ad alluvionamento da parte delle acque del Fiume San Leonardo; superato tale tratto il tracciato si discosta nuovamente dal fiume e si sviluppa nei pianori calcarenitici interessati da attività di cava.

Gli elementi della morfologia di superficie che caratterizzano il rilievo, ed in particolare quelli che sono risultati dal nostro esame significativi ai fini di un inquadramento dei processi lungo il corridoio stradale in esame, sono stati rappresentati graficamente nelle allegate Carte geomorfologiche in scala 1:2.000 (T04GE01GEOCG19÷T04GE01GEOCG31).

Il rilevamento geomorfologico e la rappresentazione dei morfotipi rilevati nel corridoio di studio hanno fatto riferimento a quanto previsto dal Servizio Geologico Nazionale Geografia Fisica e Geomorfologia-Quaderni Serie III Volume 4 - Carta Geomorfologica d'Italia - Guida al Rilevamento curato dal Gruppo di Lavoro per la Cartografia Geomorfologia.

7.4 DISSESTI CENSITI DAL PAI (REGIONE SICILIANA) E DALL'IFFI (ISPRA-SINANET)

L'attività di rilevamento geologico e geomorfologico di superficie è stata condotta prendendo in esame anche quanto indicato dagli elaborati di Pianificazione territoriale vigenti, quali la Carta dei Dissesti edita dal PAI della Regione Sicilia e la cartografia interattiva dell'IFFI (Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia) disponibile in rete e curata dall'ISPRA-SINANet, al fine di valutare la corrispondenza tra i dissesti rilevati e quelli indicati dalle citate fonti.

7.4.1 Confronto con la Carta dei Dissesti del PAI

La Frana L7_1, censita nel corso dello studio, non è indicata sulla Carta dei Dissesti del PAI.

7.4.2 Confronto con la cartografia interattiva dell'IFFI

Le Frane censite in sede di rilevamento geologico non sono indicate sulla cartografia interattiva dell'IFFI.

7.5 ANALISI DI SUSCETTIBILITA' DI FRANA

Lo scopo di questo paragrafo è quello di valutare la suscettibilità di fenomeni gravitativi che possono attivarsi in seguito a eventi pluviometrici estremi. Tale studio utilizza un approccio di tipo multidisciplinare che comprende studi di tipo geologico, geomorfologico e di uso del suolo.

Il lavoro si è articolato in buona parte in campagna per quanto concerne il rilevamento geomorfologico-geologico di dettaglio, a questa fase preliminare ne è seguita una di elaborazione in ambiente GIS (software con licenza GPL) delle carte tematiche relative alle caratteristiche delle formazioni geologiche, delle forme del paesaggio, delle acclività e dell'esposizione dei versanti e dell'uso del suolo.

Sono quindi stati individuati all'interno di questi ambiti i fattori predisponenti in un numero limitato di classi, in questo modo per ciascun fattore predisponente si ottiene una carta tematica, o layer. La sovrapposizione di questi layer (raster), ottenuta in ambiente GIS, applicando tecniche di analisi spaziale unitamente all'algebra di mappa, porta alla definizione di domini omogenei, caratterizzati dalle combinazioni delle classi in cui i fattori predisponenti sono stati suddivisi. Tali domini omogenei rappresentano la propensione al dissesto.

I fattori predisponenti scelti sono quelli che favoriscono l'attivazione di fenomeni gravitativi in seguito a fenomeni pluviometrici intensi.

Il primo fattore considerato è stato quello relativo alle caratteristiche litologico-tecniche, nel quale oltre alle caratteristiche litologiche delle formazioni sono state considerate le aree detritiche, con coperture e coinvolte in dissesti gravitativi. Sono state definite quattro differenti classi così suddivise

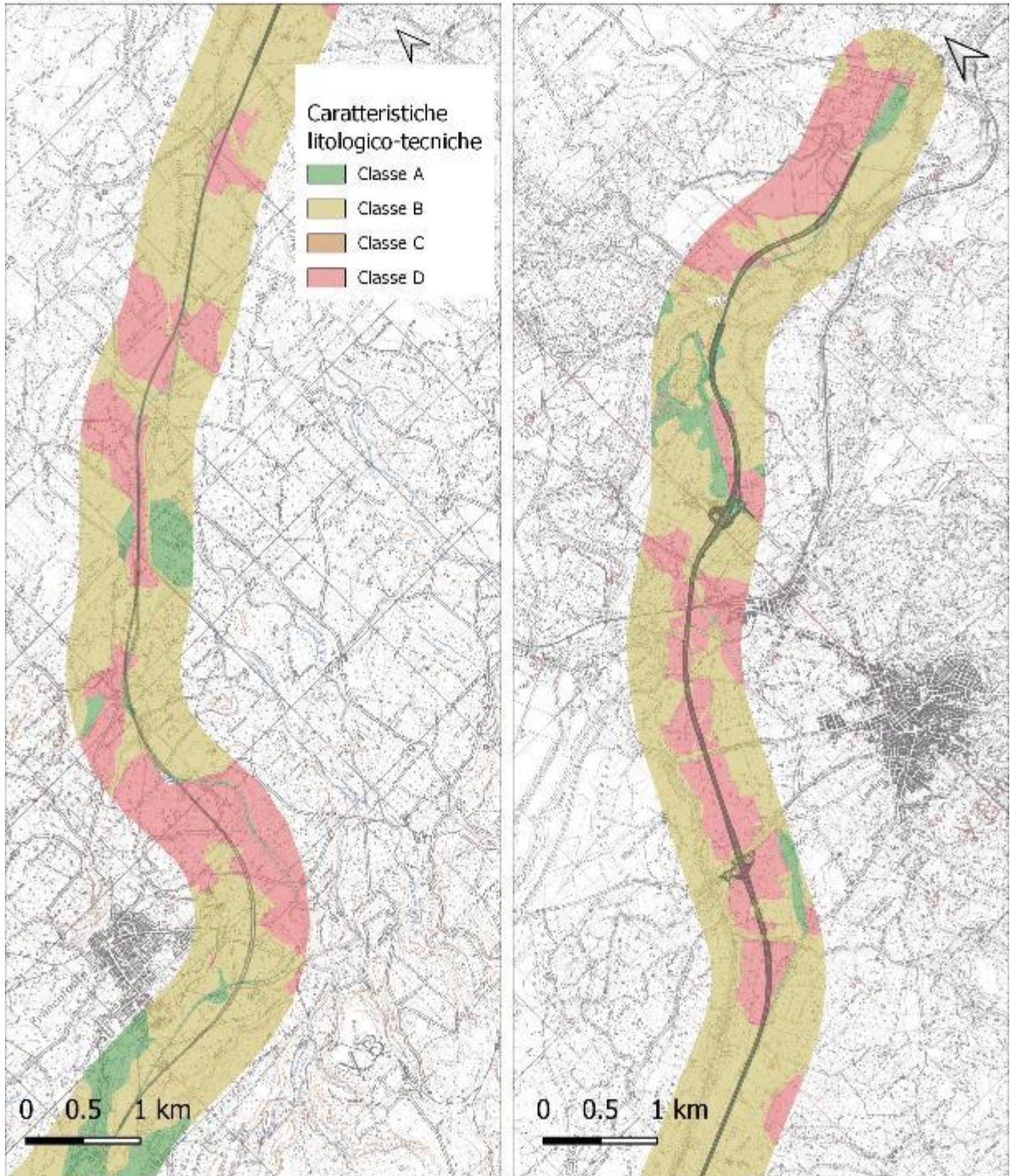
- **Classe A**
Comprende formazioni calcaree e gessose e formazioni effusive e vulcanoclastiche
- **Classe B**
Comprende le alluvioni fluviali grossolane, conglomerati e rocce prevalentemente arenitiche
- **Classe C**
Comprende formazioni costituite da alternanze (arenitico-pelitiche, pelitiche – arenitiche, marnoso-arenitiche) e depositi di conoide
- **Classe D**
Comprende depositi di frana, coltri eluvio colluviali e formazioni argilloso-marnose

Questo layer è stato costruito con i dati delle cartografie geologiche e geomorfologiche del progetto esecutivo.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

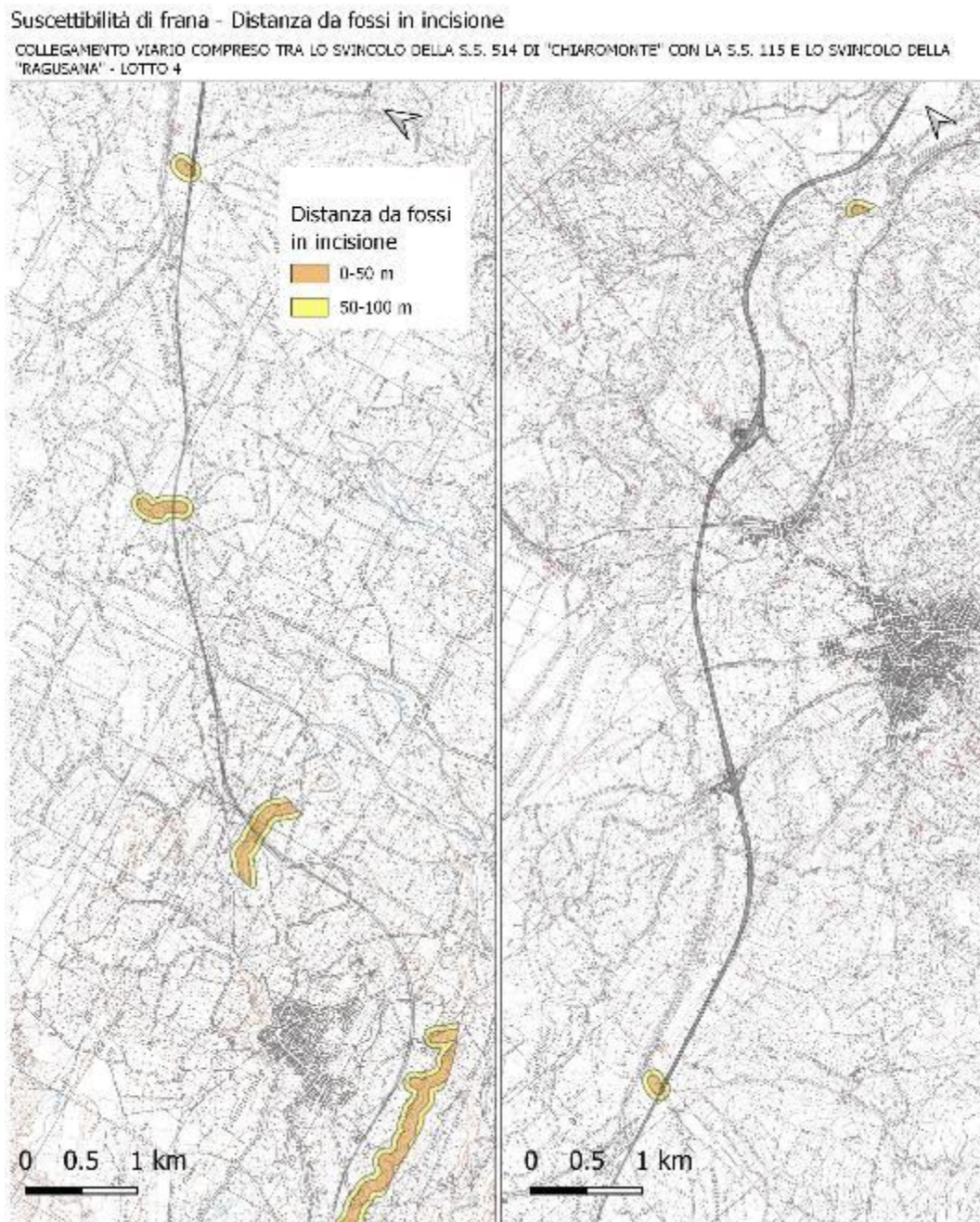
Suscettibilità di frana - Caratteristiche litologico - tecniche

COLLEGAMENTO VIARIO COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S. 514 DI "CHIAROMONTE" CON LA S.S. 115 E LO SVINCOLO DELLA "RAGUSANA" - LOTTO 4



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Il secondo fattore predisponente considerato è la distanza dai fossi caratterizzati da alti tassi di erosione ed approfondimento; la scelta di tale fattore è legato all'individuazione durante la fase di rilievo di un'alta densità di dissesti nelle aree prossime ai fossi in incisione. Per questo fattore sono state scelte due classi, una compresa tra l'asse fluviale e 50 m, e una seconda tra i 50 m e i 100 m, poiché lo scalzamento al piede dei versanti da parte delle acque correnti appare maggiormente efficace nei primi 50 m di distanza dall'asta fluviale ed in generale assume un aspetto rilevante solo entro i primi 100 metri. Il secondo layer è stato sviluppato attraverso l'individuazione dei fossi in incisione riportati nella carta geomorfologica del progetto esecutivo.



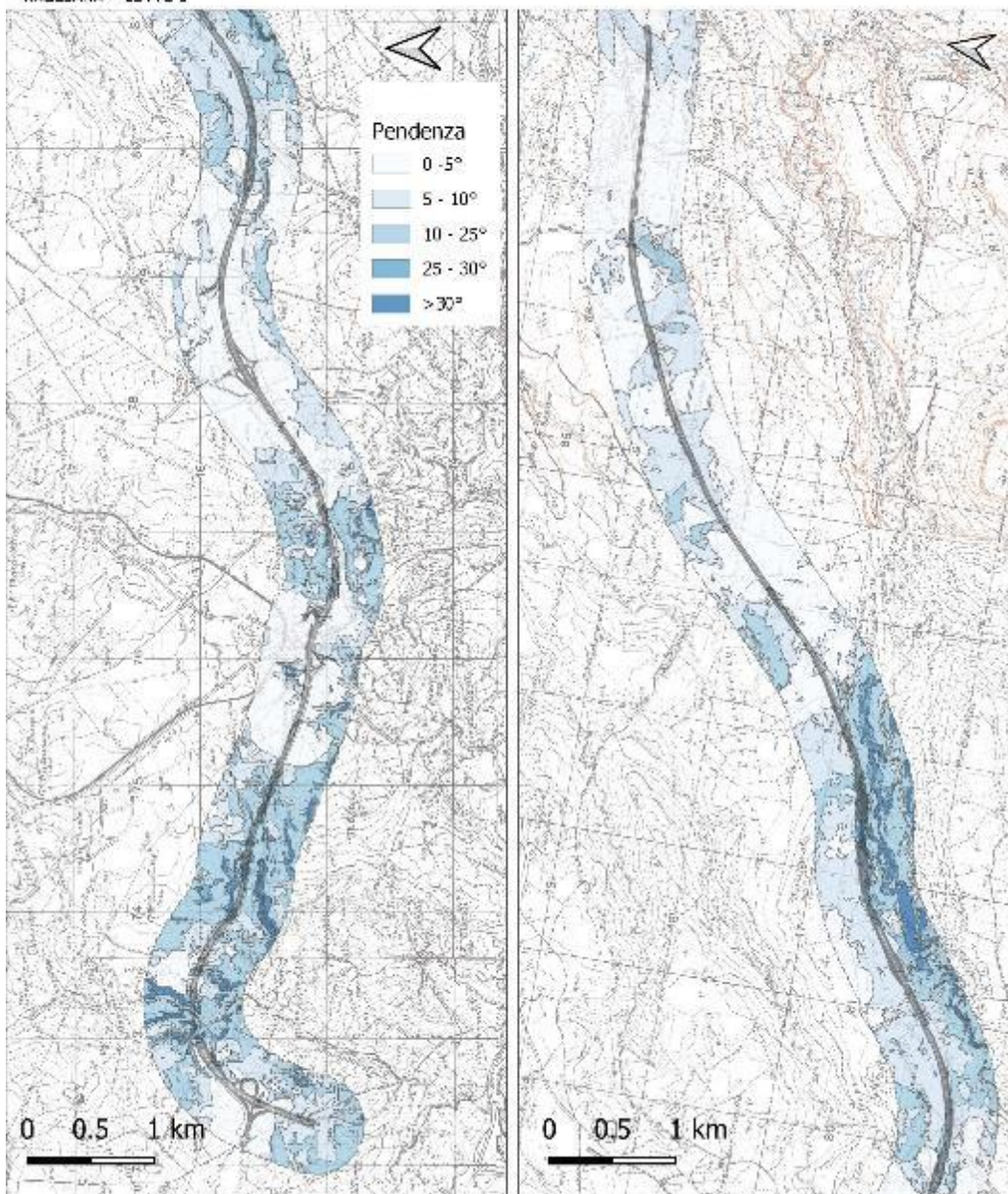
RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Il terzo fattore predisponente considerato è la pendenza dei versanti, tale dato è stato ricavato attraverso il DEM (modello di elevazione del suolo) Tinitaly fornito dall'INGV. Il DEM con definizione 10x10 m ha dato la possibilità di sviluppare una carta delle pendenze con medesima risoluzione. Le pendenze sono state suddivise in cinque classi.

- 0-5°
- 5-10°
- 10-20°
- 25-30°
- >30°

Suscettibilità di frana - Carta delle Pendenze

COLLEGAMENTO VIARIO COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S. 514 DI "CHIAROMONTE" CON LA S.S. 115 E LO SVINCOLO DELLA "RAGUSANA" - LOTTO 3



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

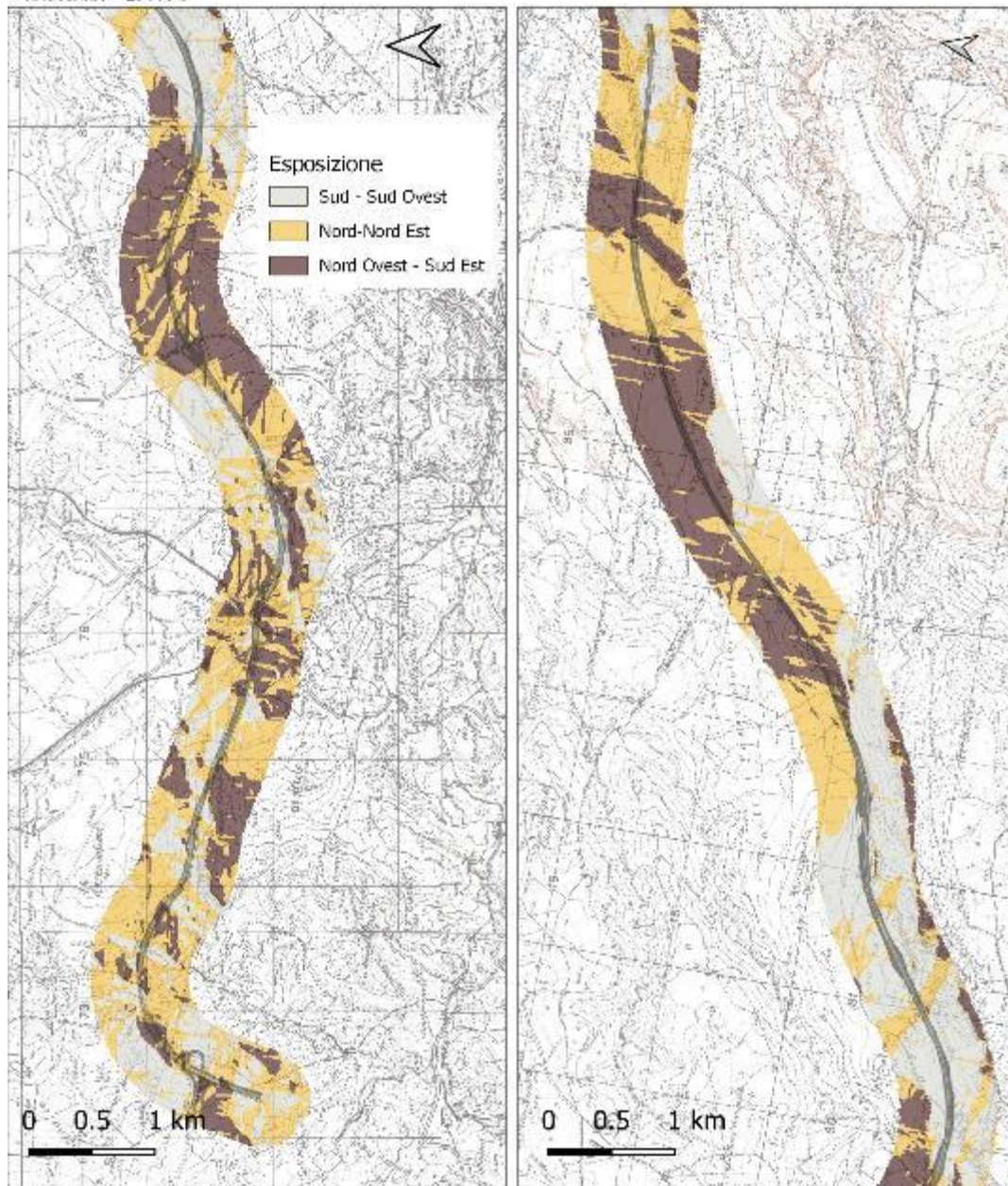
Il quarto fattore predisponente considerato è l'esposizione dei versanti, poichè riflette le diverse condizioni termiche e di umidità della porzione più superficiale del suolo che possono contribuire alla predisposizione del pendio alla generazione di movimenti franosi.

È stato ricavato attraverso il DEM (modello di elevazione del suolo) Tinitaly fornito dall'INGV. Il DEM con definizione 10x10 m ha dato la possibilità di sviluppare una carta dell'esposizione con medesima risoluzione. L'esposizione è stata suddivisa in tre classi.

- Sud – Sud Ovest
- Nord – Nord Est
- Nord Ovest – Sud Est

Suscettibilità di frana - Esposizione

COLLEGAMENTO VIARIO COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S. 514 DI "CHIAROMONTE" CON LA S.S. 115 E LO SVINCOLO DELLA "RAGUSANA" - LOTTO 3



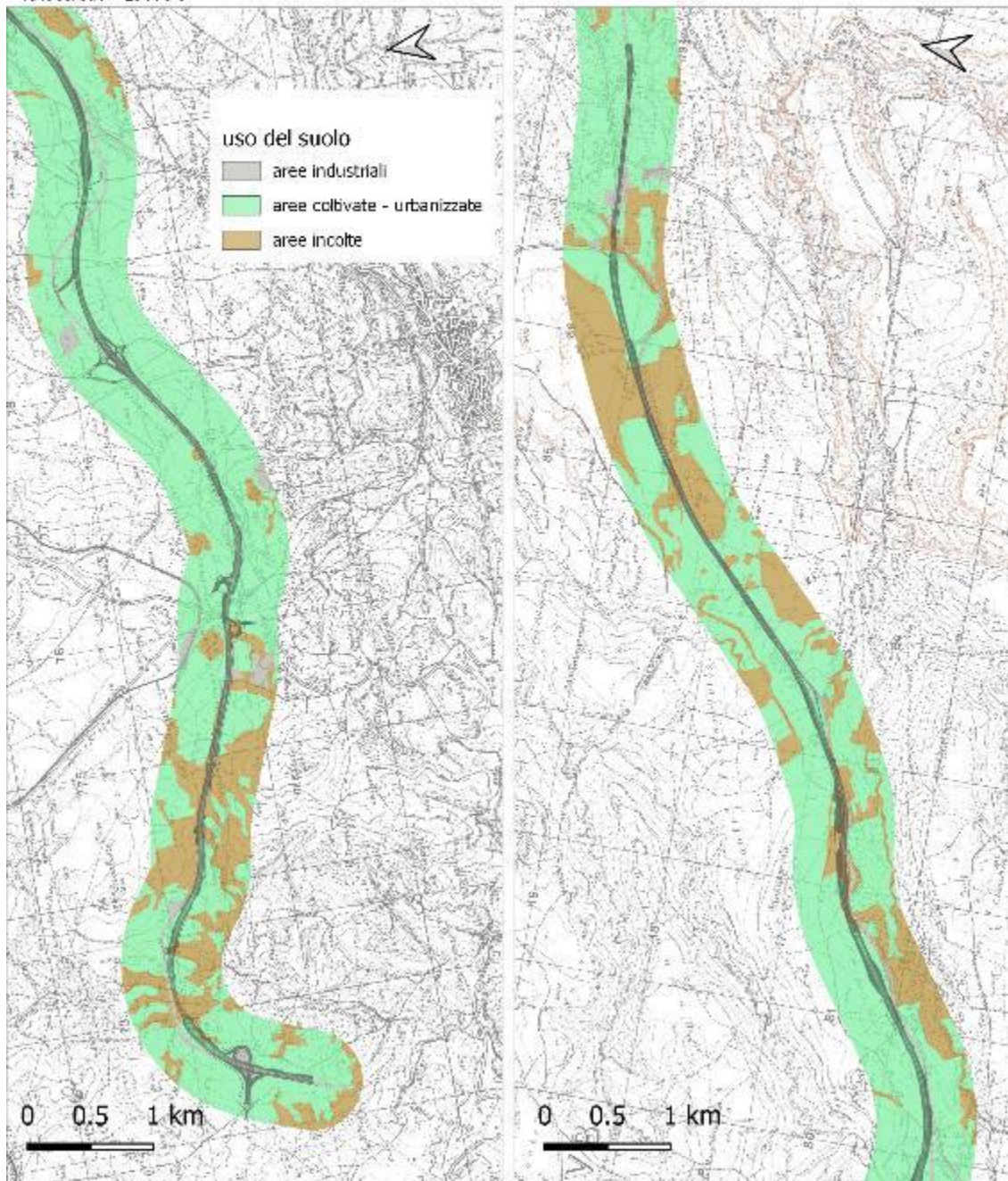
RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Il quinto fattore predisponente considerato è l'uso del suolo. I dati derivano dagli shapefile forniti dal progetto Corine Land Cover (aggiornamento 2018). In particolare sono state distinte tre differenti classi

- Aree Industriali
- Aree coltivate/urbanizzate
- Aree Incolte

Suscettibilità di frana - Uso del suolo

COLLEGAMENTO VIARIO COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S. 514 DI "CHIAROMONTE" CON LA S.S. 115 E LO SVINCOLO DELLA "RAGUSANA" - LOTTO 3



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Il sistema è stato precedentemente calibrato sui fenomeni gravitativi censiti da PAI e IFFI, e poi alle singola classi dei differenti fattori predisponenti sono stati assegnati dei coefficienti per poter procedere all'analisi numerica. Di seguito si riporta una tabella riepilogativa con i coefficienti applicati

Fattore	Classe	Coefficiente
Caratteristiche litologico-tecniche	A	1
	B	4
	C	9
	D	16
Distanza fossi in incisione	0-50	2
	50-100	4
Pendenze versante	0-	1
	5-	2
	10-	5
	25-	10
	>3	25
Esposizione versante	Sud - Sud Ovest	1
	Nord - Nord Est	2
	Nord Ovest- Sud Est	4
Uso del Suolo	Aree industriali	1
	Aree coltivate - urbanizzate	2
	Aree incolte	3

Come si evince dai coefficienti è stato dato maggior peso alla pendenza e alle caratteristiche geologico-tecniche di rocce e terre, poiché dall'esperienza di campo risultano i fattori con maggiormente influenzanti l'instabilità di versante. Questo tipo di analisi tiene in considerazione principalmente fenomeni gravitativi di massa, colamenti, scivolamenti e fenomeni complessi, mentre sono esclusi i fenomeni che coinvolgono litotipi litoidi.

L'intersezione dei cinque fattori innescanti da un quadro sulla suscettibilità del territorio all'innescamento di fenomeni di instabilità, in base alle condizioni locali. Sono state definite cinque differenti classi in funzione dell'esito dell'analisi.

- **Molto bassa**
- **Bassa**
- **Media**
- **Alta**
- **Molto alta**

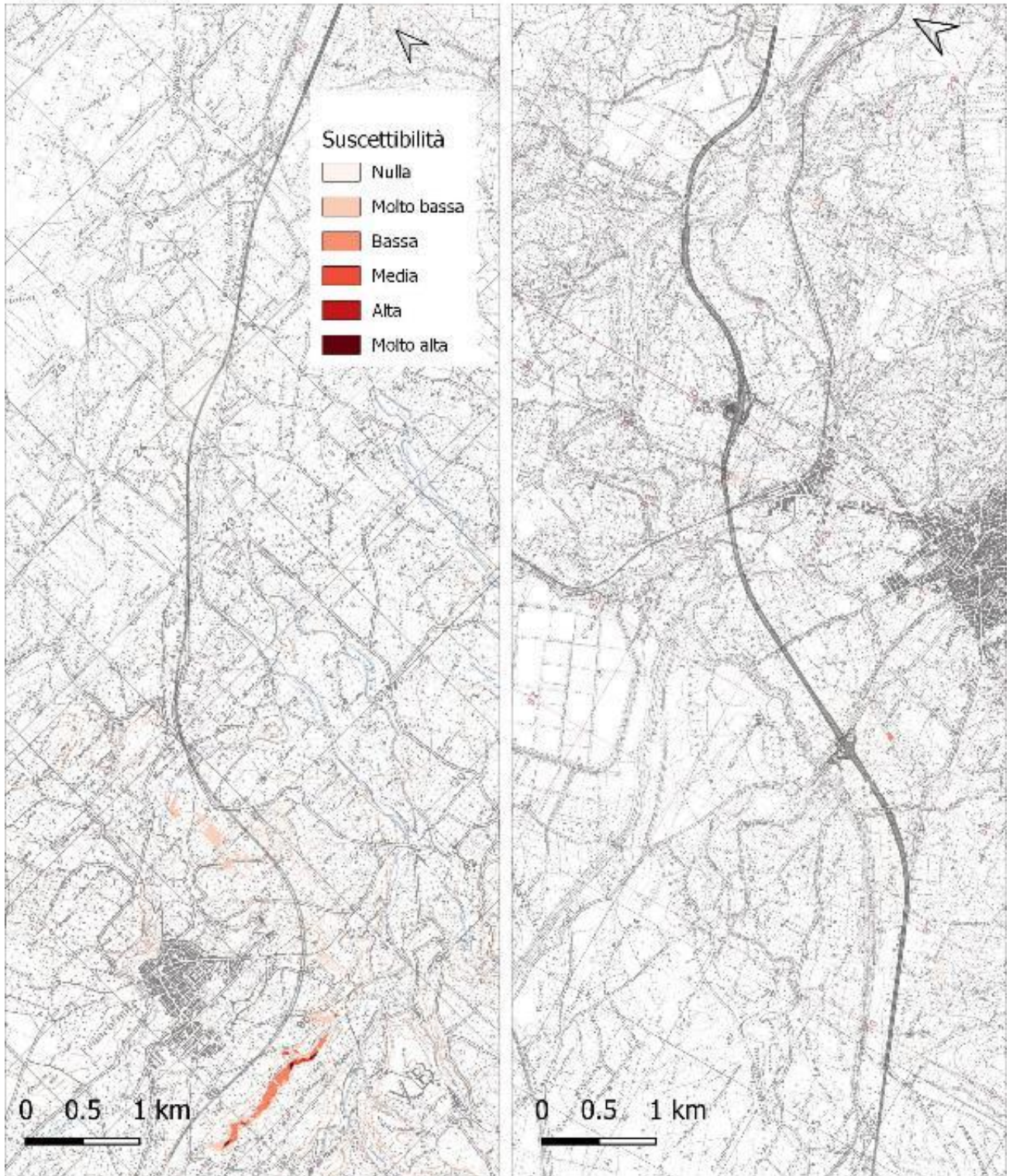
Si individuano differenti aree in prossimità del tracciato o in corrispondenza di esso con una predisposizione al dissesto.

- Area a suscettibilità medio bassa ad est del tracciato fra le pk 0+000 e 1+500
- Aree a suscettibilità bassa a ovest del tracciato fra le pk 3+200 e 4+200

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Suscettibilità di frana - Esito

COLLEGAMENTO VIARIO COMPRESO TRA LO SVINCOLO DELLA S.S. 514 DI "CHIAROMONTE" CON LA S.S. 115 E LO SVINCOLO DELLA "RAGUSANA" - LOTTO 4



8 CARATTERI IDROGEOLOGICI DELL'AREA

In riferimento alle caratteristiche geologico-strutturali precedentemente descritte, l'area dei Monti Iblei può essere suddivisa in due settori principali: un settore Sud-occidentale, per buona parte costituito dalla provincia di Ragusa e un settore Nord-orientale in provincia di Siracusa e Catania, i cui ricade l'opera in progetto.

Nel corso dello studio sono state analizzate le modalità di deflusso delle acque sotterranee al fine di valutare le implicazioni tra queste e l'inserimento ambientale del tracciato di progetto. In particolare, nella valutazione dell'assetto idrogeologico lungo l'itinerario, oltre alle conoscenze di sorgenti e pozzi per usi irrigui ed idropotabili, sono stati esaminati:

- i lineamenti idrografici;
- la circolazione idrica sotterranea;
- le manifestazioni sorgentizie;
- le caratteristiche geolitologiche in funzione della circolazione delle acque sotterranee.

Le caratteristiche pluviometriche e termometriche individuano un clima di tipo termo mediterraneo (più di 4 mesi secchi) con afflussi medi annui dell'ordine di 720 mm, compresi tra un minimo di 373 mm (stazione di Cozzo Spadaro) ed un massimo di 1.172 mm (stazione di Buccheri). L'evapotraspirazione effettiva annua è compresa tra i valori medi di 450 mm (zona costiera meridionale) ed i 500 mm della zona di Francofonte e delle aree più interne dell'altopiano Ibleo. I valori medi annui di eccedenza idrica rientrano, per tutto il territorio considerato, nell'ordine di 225-250 mm (Dati Ministero LL.PP. Servizio Idrografico). L'eccedenza idrica anzidetta corrisponderebbe ad una portata media unitaria di 7 – 8 l/s*kmq.

8.1 SETTORE NORD-ORIENTALE

Il settore nord-orientale dei Monti Iblei può a sua volta essere suddiviso, ai fini idrogeologici, in quattro corpi idrici: il bacino del Lentinese, il Siracusano Nordorientale, il Siracusano meridionale e la piana di Augusta-Priolo; il tracciato in progetto intercetta unicamente il bacino Lentinese. I corpi idrici presentano differenti caratteristiche geochimiche in relazione alle direzioni di deflusso idrico sotterraneo. In particolare, nella porzione nord, da Monte Lauro fino alla Piana di Lentini, le acque sotterranee circolano prevalentemente nei depositi vulcanici plio-pleistocenici con direzione di deflusso verso Nord Nord-Est. Il substrato semipermeabile del suddetto acquifero è costituito localmente dalle vulcaniti mioceniche superiormente spesso alterate da processi di argillificazione. Un alto strutturale lungo l'allineamento NE-SO separa questo corpo idrico dall'adiacente acquifero misto (bacino di Augusta).

Ancora più ad ovest si estende il bacino carbonatico del "Siracusano" delimitato a nord dal graben Melilli - Monti Climiti, un alto strutturale con direzione ONO-ESE.

Figura 8-1 – Suddivisione del settore Sud-occidentale Ragusano nei due corpi idrici minori: Piana di Vittoria e corpo idrico Ragusano



8.2 DEFINIZIONE DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Ai fini dell'analisi delle successioni idrogeologiche evidenziate lungo il tracciato di progetto, sono stati definiti n. 7 complessi idrogeologici i cui caratteri di permeabilità sono riassunti nella **Errore. L'origine r iferimento non è stata trovata.** e le cui caratteristiche sono descritte nel seguito.

- Complesso Idrogeologico C1: costituito dalle lave plioceniche (Pv); permeabilità di tipo secondario a grado medio-alto.
- Complesso Idrogeologico C2: costituito dai depositi quaternari Qc(a) di natura prevalentemente sabbiosa, arenacea, calcarenitica e calciruditica; permeabilità di tipo primario a grado medio-alto.
- Complesso Idrogeologico C3: costituito dai depositi prevalentemente argillosi quaternari (Qa); permeabilità di tipo primario a grado basso.
- Complesso Idrogeologico C4: costituito dai depositi in facies prevalentemente sabbioso-ghiaiosa quaternari (Qcs); permeabilità di tipo primario a grado medio-alto.
- Complesso Idrogeologico C5: racchiude i depositi alluvionali attuali e recenti (a-ar); permeabilità di tipo primario a grado medio, medio-basso.
- Complesso Idrogeologico C6: costituito dai termini detritici (dt), dalle conoidi, dai depositi di frana e dai riporti antropici; permeabilità di tipo primario a grado medio, medio-alto.
- Complesso Idrogeologici C7: che rappresenta l'insieme delle coperture eluvio-colluviali (ec); permeabilità di tipo primario a grado medio-basso.

8.3 ASSETTO IDROGEOLOGICO DEL CORRIDOIO DI ANALISI

Sulla base del censimento dei punti d'acqua svolto nell'ambito del corridoio di studio e di un intorno di ampiezza significativa, i cui dettagli sono riportati nel seguente paragrafo 8.4, è stato possibile ricostruire l'andamento della superficie piezometrica della falda idrica principale che ha consentito inoltre di interpretare le principali direzioni di deflusso sotterraneo. L'andamento delle isopieze e le direzioni di deflusso sono state riportate nella "Carta Idrogeologica" (Elab.: T04GE01GEOCI01÷ T04GE01GEOCI13); qui di seguito si riassumono le caratteristiche rilevate.

Nel tratto prospiciente l'abitato di Francofonte la falda presenta una piezometrica che decresce dai 250 m s.l.m. ai 200 m s.l.m. per effetto del drenaggio operato dal sistema fluviale del Costanzo. L'imbocco sud della galleria Francofonte si avvicina e lambisce, per circa 60 metri lineari di tracciato (pk 1+180-1+240), la porzione sommitale della falda per una profondità massima pari a circa 1,50 m. Superato questo primo tratto di galleria la piezometrica subisce un rapido decremento di quota fino a raggiungere i 140 m s.l.m. presso l'imbocco nord, inoltre nell'ambito del complesso argilloso a bassa permeabilità.

Oltrepassato il tratto in galleria le quote piezometriche decrescono fino a 50 m s.l.m. in corrispondenza del Torrente Canale, per poi subire un altro innalzamento fino a 100 m s.l.m. presso il rilievo vulcanico di Casa Porta Chiusa.

Da questo tratto in poi la falda è contenuta nel complesso alluvionale (C5) che caratterizza tutta la vallata del sistema fluviale Costanzo-San Giovanni; le isopieze decrescono meno rapidamente passando dai 50 m s.l.m. di pk 6+000 ai 15 m s.l.m. misurati in prossimità della zona Ospedale.

Inizialmente il tracciato di progetto si sviluppa nell'ambito del complesso C5, mascherato da placche del C7, all'interno del quale la piezometrica varia dai circa 15 m s.l.m. dell'area di Lentini Ospedale ai 10 m s.l.m. misurati presso l'attraversamento della Ferrovia Siracusa-Catania.

Superata la ferrovia le circolazioni idriche mostrano piezometriche che subiscono un innalzamento fino ad un massimo di 20 m s.l.m. nella dorsale terrazzata; oltrepassata la dorsale le linee isopiezometriche decrescono fino a 5.0 m s.l.m. in corrispondenza dell'attraversamento del Fiume San Leonardo.

Dopo l'attraversamento del San Leonardo le quote della falda oscillano intorno ai 5 m s.l.m. fino a fine Lotto.

8.4 PUNTI D'ACQUA CENSITI

Come precedentemente indicato è stata eseguita una ricerca bibliografica dei punti d'acqua significativi (pozzi e sorgenti) ricadenti all'interno del corridoio di progetto e in un intorno di ampiezza significativa. In questa sede è stata confermata la posizione in carta dei pozzi e delle sorgenti censite nel Progetto Preliminare che sono stati contraddistinti con la sigla S_PP (sorgenti) e P_PP (pozzi) seguita da una numerazione progressiva, integrandoli con i punti d'acqua denunciati presso i seguenti Enti:

- Genio Civile di Catania – Via Lago di Nicito 89 – 95100 Catania - Dott.ssa S. Berretta
- Genio Civile di Siracusa - Via Brenta 77 – 96100 Siracusa – Dott. G. D'Urso

I punti d'acqua recuperati dai suddetti enti sono stati contraddistinti con le sigle P_Ct (genio civile di Catania) e P_SR (genio civile di Siracusa) sempre seguiti da una numerazione progressiva.

Infine sono stati aggiunti una serie di punti d'acqua rilevati in campo durante le fasi di rilevamento geologico contraddistinti con le sigle P_C e S_C seguita da una numerazione progressiva.

Al termine delle attività di reperimento dati è stata redatta una carta 'Ubicazione punti d'acqua (pozzi, sorgenti e piezometri)' ricadenti all'interno del corridoio di progetto mentre le caratteristiche reperite per i singoli punti d'acqua sono state riassunte in una serie di tabelle di seguito riportate.

Le tabelle suddette contengono i dati caratteristici dei punti d'acqua che è stato possibile reperire:

- fonte di provenienza del dato con eventuale riferimento di archivio
- comune di riferimento
- tipologia del punto d'acqua
- tipologia di utilizzo
- profondità dell'impianto
- livello statico della piezometrica dal piano campagna
- quota slm del boccaforo
- quota assoluta del livello piezometrico slm
- eventuale portata

Le quote piezometriche ricavate hanno consentito quindi di ricostruire l'andamento delle circolazioni idriche sotterranee rappresentate mediante la costruzione delle isopieze, riportate nella "Carta Idrogeologica" (Elab.: T04GE01GEOCI01÷ T04GE01GEOCI13), contraddistinte dalla relativa quota assoluta.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 8-1 – Punti d'acqua censiti dal Genio Civile di Siracusa

Sigla	Sigla d'origine	Comune	Tipologia	Uso	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m dal p.c.)	Livello statico (m dal p.c.)	Livello statico (m s.l.m.)	Portata (l/sec)
P_SR-001	4883-140	Francofonte	Pozzo		350	400	40	310	45
P_SR-002	98	Francofonte	Pozzo			10			18
P_SR-003	G0010/P0003	Francofonte	Pozzo	Potabile					
P_SR-004	G0010/P0002	Francofonte	Pozzo	Potabile					
P_SR-005	384	Francofonte	Pozzo	Igienico sanitario	290	39	26	264	0,94
P_SR-006	383	Francofonte	Pozzo	Igienico sanitario	280	124	78	202	0,86
P_SR-007	221	Francofonte	Pozzo			25			2,45
S_SR-008	232	Francofonte	Sorgente						0,9
P_SR-009	5650-276	Francofonte	Pozzo	Irriguo	117	24	12	105	5,1
P_SR-010	2018-191	Francofonte	Pozzo	Irriguo	108	180	98	20	11
P_SR-011	252	Francofonte	Pozzo			40			0,55
P_SR-012	7910-60	Francofonte	Pozzo	Irriguo	75	150	85	-10	22
P_SR-013	6769-02-313	Francofonte	Pozzo		70	11	8	62	0,27
P_SR-014	6290-294	Francofonte	Pozzo romano	Irriguo	70	18	3	67	2,5
P_SR-015	281	Francofonte	Pozzo		60	110	4	56	8,5
P_SR-016	1279_01-132	Francofonte	Pozzo			300			11,09
P_SR-017	238	Francofonte	Pozzo		61	8	4	57	1,13
P_SR-018	1279_05-192	Francofonte	Pozzo			300			6,58
P_SR-019		Lentini							
P_SR-020	1088	Lentini	Pozzo			16			
P_SR-021	6528-1185	Lentini	Pozzo romano		53	11	6	47	3,05
P_SR-022		Lentini							
P_SR-023	7933-1211	Francofonte	Pozzo	Irriguo	54	275	135	-81	18,04
P_SR-024	5017-70	Francofonte	Pozzo	Irriguo	54	140	96	-42	10,15
P_SR-025		Lentini							
P_SR-026	4456-150	Lentini	Pozzo	Irriguo	48	186	40	8	6,45
P_SR-027	8587-39	Francofonte	Pozzo		50	10	5,7	44	
P_SR-028	1507-887	Lentini	Pozzo romano	Irriguo	45	10	7,5	38	1,8
P_SR-029	823	Lentini							
P_SR-030		Lentini							
P_SR-031	1567-182	Lentini	Pozzo	Irriguo		12			5,15
P_SR-032	1279_03-131	Francofonte	Pozzo			400			13,13
P_SR-033	6222-315	Francofonte							
P_SR-034	8989-304	Francofonte	Pozzo	Irriguo	30	11	5	25	11

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Sigla	Sigla d'origine	Comune	Tipologia	Uso	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m dal p.c.)	Livello statico (m dal p.c.)	Livello statico (m s.l.m.)	Portata (l/sec)
P_SR-035	7937-1347	Francofonte	Pozzo		34	12	6	22	0,82
P_SR-036	1279_04-173	Francofonte	Pozzo			450			26,26
P_SR-037	376	Francofonte	Pozzo	Igienico sanitario	35	12	6	29	1,1
P_SR-038	87	Carlentini	Pozzo			29			0,21
P_SR-039	6874-139	Carlentini	Pozzo	Irriguo	31	170	70	-39	0,63
P_SR-040	4315-510	Lentini							
P_SR-041		Lentini							
P_SR-042	1264-550	Carlentini	Pozzo	Irriguo	23	294	69,7	-46	44,72
P_SR-043	9307-946	Carlentini	Pozzo	Igienico sanitario		170			
P_SR-044		Carlentini							
P_SR-045	653	Carlentini	Pozzo			12			0,6
P_SR-046		Lentini							
P_SR-047	6012-982	Lentini	Pozzo		20	150	40	-20	3,05
P_SR-048		Lentini							
P_SR-049	937	Lentini	Pozzo			15			6,4
P_SR-050	9641-1341	Lentini	Pozzo	Irriguo	22	8	5,1	17	0,2
P_SR-051	5272-580	Lentini	Pozzo	Irriguo	26	57	15	11	7,65
P_SR-052	2299-467	Lentini	Pozzo	Irriguo	30	180	80	-50	14,6
P_SR-053	1979-907	Lentini	Pozzo			10	7,7		5,46
P_SR-054	8499-1361	Lentini	Pozzo	Irriguo		9			1,1
P_SR-055	1292	Lentini	Pozzo			7			0,2
P_SR-056	610	Lentini	Pozzo			10			3
P_SR-057	1021	Lentini	Pozzo			12			8,84
P_SR-058	1381	Lentini	Pozzo			9			0,3
P_SR-059	976	Lentini	Pozzo romano			9			
P_SR-060	1004	Lentini	Pozzo			6			
P_SR-061	5367-756	Lentini	Pozzo	Irriguo	21	90	29,9	-9	16,82
P_SR-062	6634-1362	Lentini	Pozzo	Irriguo	20	11	6	14	3
P_SR-063	5593-1253	Lentini	Pozzo	Irriguo	18	12	5	13	7,4
P_SR-064		Lentini							
P_SR-065	1115	Lentini	Pozzo			12			1,56
P_SR-066	1052	Lentini	Pozzo			11			4,84
P_SR-067	1159	Lentini	Pozzo			12			2
P_SR-068	1005	Lentini	Pozzo			12			2,84
P_SR-069	5716-1364	Lentini	Pozzo	Irriguo	16	10	6	10	0,85
P_SR-070		Lentini							

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Sigla	Sigla d'origine	Comune	Tipologia	Uso	Quota (m s.l.m.)	Profondità (m dal p.c.)	Livello statico (m dal p.c.)	Livello statico (m s.l.m.)	Portata (l/sec)
P_SR-071	6179-686	Lentini	Pozzo	Irriguo	18	100	50	-32	11,89
P_SR-072	5848-1249	Lentini	Pozzo	Irriguo					3,2
P_SR-073	2008-526	Lentini	Pozzo	Irriguo	42	83	56	-14	60,67
P_SR-074	9027-1491	Lentini	Pozzo	Irriguo	42	118	43	-1	8,9
P_SR-075	G0011/P00125(1)	Lentini							
P_SR-076	198	Lentini	Pozzo			120			8
P_SR-077	1908-600	Carlentini	Pozzo	Irriguo	27	80	32	-5	10,2
P_SR-078	910	Carlentini	Pozzo	Igienico sanitario	23	45	30	-22	1,51
P_SR-079	741	Carlentini	Pozzo			30			9,31
P_SR-080	963	Carlentini	Pozzo		12	80	29	-17	
P_SR-081	7012-825	Carlentini	Pozzo		10	120	68	-58	3,8
P_SR-082	5188-485	Carlentini	Pozzo	Irriguo	19	91	29	-10	13,02
P_SR-083	732	Lentini	Pozzo			100			8,16
P_SR-084	537	Lentini	Pozzo			20			18,99
P_SR-085	4616/8784_01-1077	Lentini	Pozzo	Irriguo	52	110	55	-3	24,55
P_SR-086	4616/8784_02-1078	Lentini	Pozzo		50	100	25	25	18,42
P_SR-087	6922-713	Carlentini	Pozzo	Irriguo	9	30	6,5	2,5	1,76
P_SR-088	6987_02-891	Carlentini	Pozzo	Irriguo	8	120	7,5	0,5	99,99
P_SR-089	940	Carlentini	Pozzo	Igienico sanitario	36	74	36	0	3,67
P_SR-090	1952-602	Carlentini	Pozzo	Irriguo		35			14,15
P_SR-091	9215-948	Carlentini	Pozzo	Irriguo	24	36	22	2	
P_SR-092	1969-607	Carlentini	Pozzo	Irriguo		45			11,47
P_SR-093		Francofonte							

9 SISMICITA' DELL'AREA

9.1 Riferimenti normativi

- O.P.C.M. n. 3274 del 20.03.2003

"Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica".

Il riordino della normativa antisismica in Italia inizia con l'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274 del 2003 che fornisce i primi elementi in materia di classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica. E' in questa Ordinanza che viene introdotta la classificazione dei terreni in base ai parametri V_{s30} , N_{spt} , C_u .

- D.G.R. n. 408 del 19.12.2003

"Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274".

La Giunta Regionale delibera di condividere quanto prospettato nella nota n° 5592 dell'11 dicembre 2003 del Dipartimento regionale di Protezione Civile e di adottare gli atti alla stessa allegati, in materia di individuazione, formazione ed aggiornamento all'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attenuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n° 3274 del 20 marzo 2003, in conformità alla proposta contenuta nella nota n. 5665 del 17 dicembre 2003 e relativi allegati, allegato "A" alla presente delibera.

- D.D.G. N. 3 DEL 15.01.2004

Il Dirigente Generale del Dipartimento Regionale di Protezione Civile rende esecutiva la nuova classificazione sismica dei Comuni della Regione Siciliana deliberata dalla Giunta Regionale in data 19 dicembre 2003 e relativi allegati.

- DM Infrastrutture e Trasporti 14.09.2005

"Norme Tecniche per le Costruzioni" del Ministero delle Infrastrutture che di concerto con il Dipartimento della Protezione Civile ha emanato un nuovo corpo normativo che assorbe anche quello adottato con l'Ordinanza 3274/03, pervenendo alla suddivisione delle zone sismiche 1, 2 e 3 anche in sottozone caratterizzate da valori dell'accelerazione intermedi rispetto ai valori di soglia;

- OPCM n. 3519 del 28.04.2006

"Criteri generali per l'individuazione delle zone sismiche e per la formazione e l'aggiornamento degli elenchi delle medesime zone".

E' stata emanata ad integrazione della OPCM n° 3274/03, tenuto conto che in tale Ordinanza contestualmente si dà atto della provvisorietà dei suddetti criteri, in attesa del completamento delle attività del Gruppo di Lavoro istituito con Decreto del Presidente del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici finalizzato alla revisione dei Criteri. Tale Ordinanza ha adottato la mappa di pericolosità sismica MPS04 quale riferimento ufficiale.

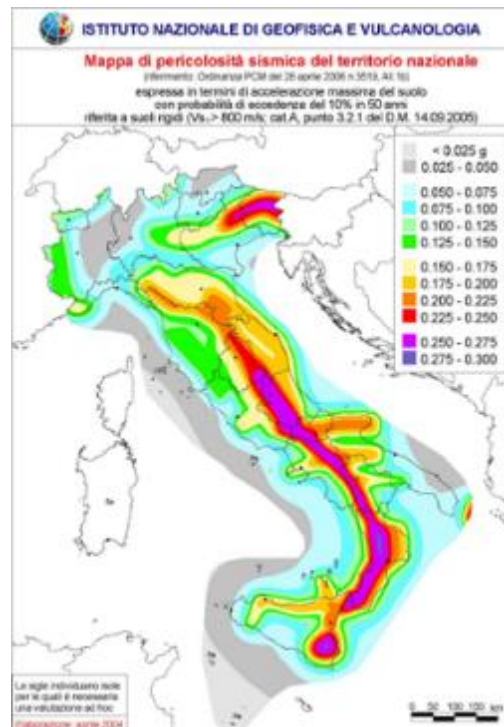


Figura 9-1 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06).

- DM Infrastrutture 14.01.2008

Il 4 febbraio 2008 viene pubblicato in Gazzetta Ufficiale il DM 14 gennaio 2008 contenente le nuove Norme Tecniche per le Costruzioni che entrano in vigore il 30 giugno 2009. Le norme definiscono i principi per il progetto, l'esecuzione e il collaudo delle costruzioni, le prestazioni richieste in termini di resistenza meccanica e stabilità, anche in caso di incendio, e di durabilità. Forniscono i criteri generali di sicurezza, precisano le azioni che devono essere utilizzate nel progetto, definiscono le caratteristiche dei materiali e dei prodotti e trattano gli aspetti attinenti alla sicurezza strutturale delle opere. A fine gennaio 2008 una Direttiva del Presidente del Consiglio dei Ministri fornisce indicazioni per la valutazione e la riduzione del rischio sismico del patrimonio culturale, con riferimento alle NTC. Il Ministero delle Infrastrutture e dei Trasporti fornisce, con la Circolare 617/2009, le istruzioni per l'applicazione delle nuove NTC di cui al DM del 14 gennaio 2008.

- Circolare 2 febbraio 2009 n. 617 C.S.LL.PP.

"Istruzioni per l'applicazione delle Nuove norme tecniche per le costruzioni di cui al decreto ministeriale 14 gennaio 2008".

9.2 Sismicità dell'area

La sismicità in Sicilia è concentrata lungo la zona costiera orientale, compresa tra lo Stretto di Messina e il siracusano; lungo la zona settentrionale, nella dorsale dei Monti Peloritani-Nebrodi-Madonie-Monti di Palermo; nella zona del Belice, nella parte occidentale dell'isola; nella zona etnea e delle Isole Eolie.

In generale, il grado di sismicità dell'area interessata dal progetto in esame è elevato sia in termini di frequenza degli eventi che di classe di magnitudo.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

La Redazione della mappa di pericolosità sismica nazionale, prevista dall'ordinanza 3274 del 2003 ha contribuito ad alimentare fortemente il dibattito nella comunità scientifica che ha raccolto le istanze di revisione della carta delle zone sismogenetiche del territorio nazionale denominata SZ4 (Scandone & Stucchi, 2000), che individua, in maniera sistematica le zone a diverso stile sismico.

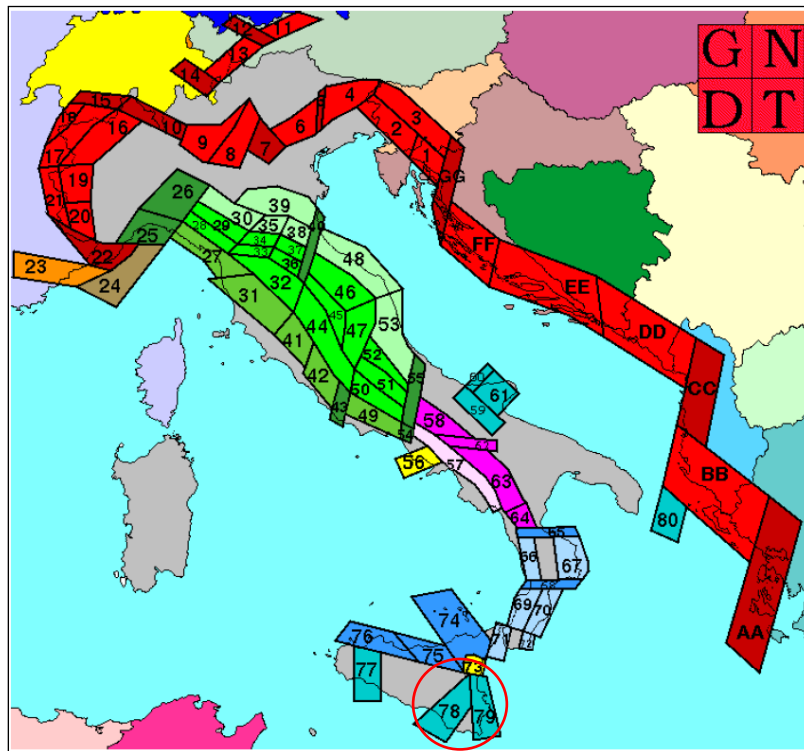


Figura 9-2 Zonazione sismogenetica SZ4 (GNNDT 1996), da http://emidius.mi.ingv.it/GNNDT/ZONE/zone_sismo.html.

LZS78 (2.5a)



2.5a

Fasce sismogenetiche longitudinali. Meccanismi di rottura attesi: misti, con prevalenza di dip-slip

Facendo riferimento a questa carta (ZS4) sono state riconosciute tali zone:

Secondo questa prima zonizzazione (sistema di classificazione SZ4) il tracciato di progetto ricade nella

- ZS78 (Zone di avampaese)

I meccanismi attivi di tipo dip slip, sono legati alla presenza di faglie orientate NE – SW la cui genesi è riconducibile alla flessione della piastra di avampaese. Sismicità connessa a questo stile geodinamico è presente nei territori del catanino e più in generale nella fascia meridionale del territorio provinciale. I terremoti in questa zona sprigionano moderata magnitudo e sono tendenzialmente localizzati nel settore più interno del Plateau Ibleo (ZS 78) (Azzaro & Barbano, 2000).

Le istanze della comunità scientifica volte al miglioramento del sistema di zonizzazione (Valensise e Pantosti, 2001; Catalogo CPTI2, Vannucci e Gasperini, 2003) sono confluite nella nuova zonizzazione a scala nazionale denominata ZS9 (Meletti e Valensise, 2004) che riprende la precedente, ma che contempla gli studi delle elaborazioni prodotte successivamente riguardo:

- la sismicità storica;
- l'analisi della sismogenesi;

- l'analisi dei meccanismi focali e del momento sismico;
- le informazioni relative alla geologia strutturale.

L'aggiornamento dello studio di pericolosità di riferimento nazionale (Gruppo di Lavoro 2004), previsto dall'Opcm 3274/2003, adottato con Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3519 del 28 aprile 2006, ha fornito alle Regioni uno strumento aggiornato per la classificazione del proprio territorio, introducendo intervalli di accelerazione (ag), con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni.

Ai valori di accelerazione massima su suolo rigido (ag) così è associato un valore di pericolosità di base, che non incide comunque sulla progettazione nazionale.

Le Norme tecniche per le costruzioni del 2008 hanno, infatti, modificato il ruolo che la classificazione aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona e quindi territorio comunale – precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

I limiti di colore blu separano zone con analogo significato cinematico, che differiscono principalmente per le caratteristiche di sismicità. Le ZS con bordo a tratteggio, identificate da una lettera, non sono state utilizzate nella valutazione della pericolosità (da Gruppo di Lavoro, 2004. Redazione della mappa di pericolosità sismica prevista dall'Ordinanza PCM 3274 del 20 marzo 2003. Rapporto Conclusivo per il Dipartimento della Protezione Civile, INGV, Milano-Roma, aprile 2004, 65 pp. + 5 appendici).

La nuova carta, redatta come la precedente in termini di valori di amax riferiti a siti su roccia o suolo molto rigido (Categoria A, con $V_s > 800$ m/s), individua le zone sismogenetiche valutandone il significato tettonico a scala regionale, lo stile sismico e tettonico, oltre al meccanismo di rottura. Questa revisione ha portato alla redazione della nuova carta delle zone sismiche ed alla conseguente ripermutazione del territorio nazionale.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

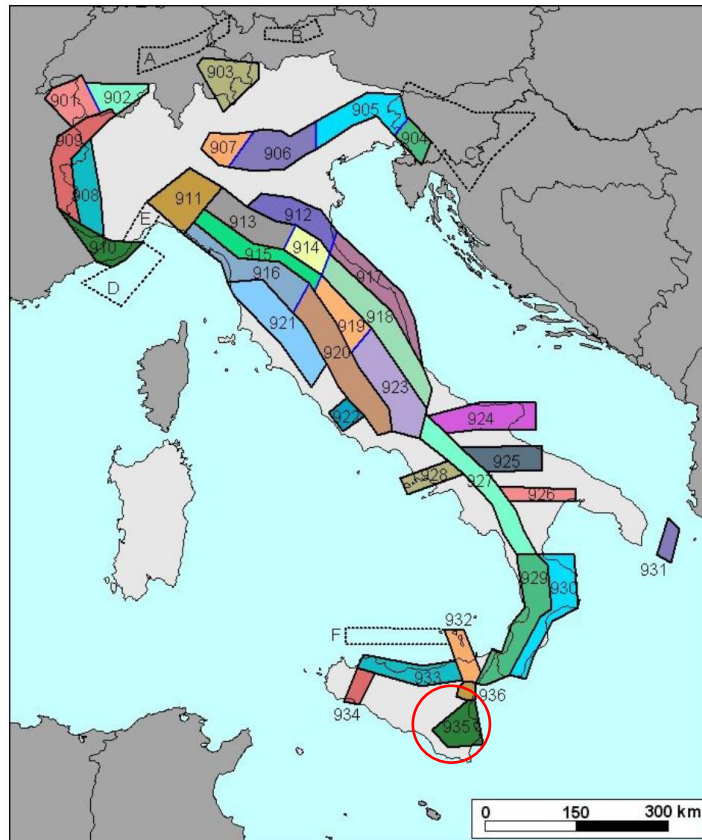


Figura 9-3 - Zonazione sismogenetica ZS9.

In totale le zone sismogenetiche di ZS9 sono 36, cui vanno aggiunte 6 zone non utilizzate in quanto:

- quattro non contribuiscono in modo significativo alla pericolosità del territorio italiano: Svizzera centrale (A), Tirolo (B), Slovenia centrale (C), Mar Ligure (D);
- il numero di eventi che ricade all'interno di una di esse, Genova-Savona (E), è molto basso;
- per una di esse, denominata Ustica-Alicudi (F), è stata adottata quale alternativa conservativa la ZS933, Sicilia Settentrionale.

Per quanto riguarda l'area di progetto, le precedenti zone sono state inserite nelle seguenti:

- Z 935 (Iblei) all'interno di questa zona rientrano le faglie ed i territori che nella carta ZS4 rientravano in ZS 78 e ZS 79.

Nelle vicinanze dell'area di progetto sono anche presenti alcune faglie "Capaci" di far risentire i loro effetti in superficie come da catalogo ITHACA (Italy HAZARD from CAPable faulting – Working Group 2019 – ISPRA) Il tracciato in esame non intercetta nessuna faglia "capace" ma costeggia quelle di Lentini e del graben di Lentini.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

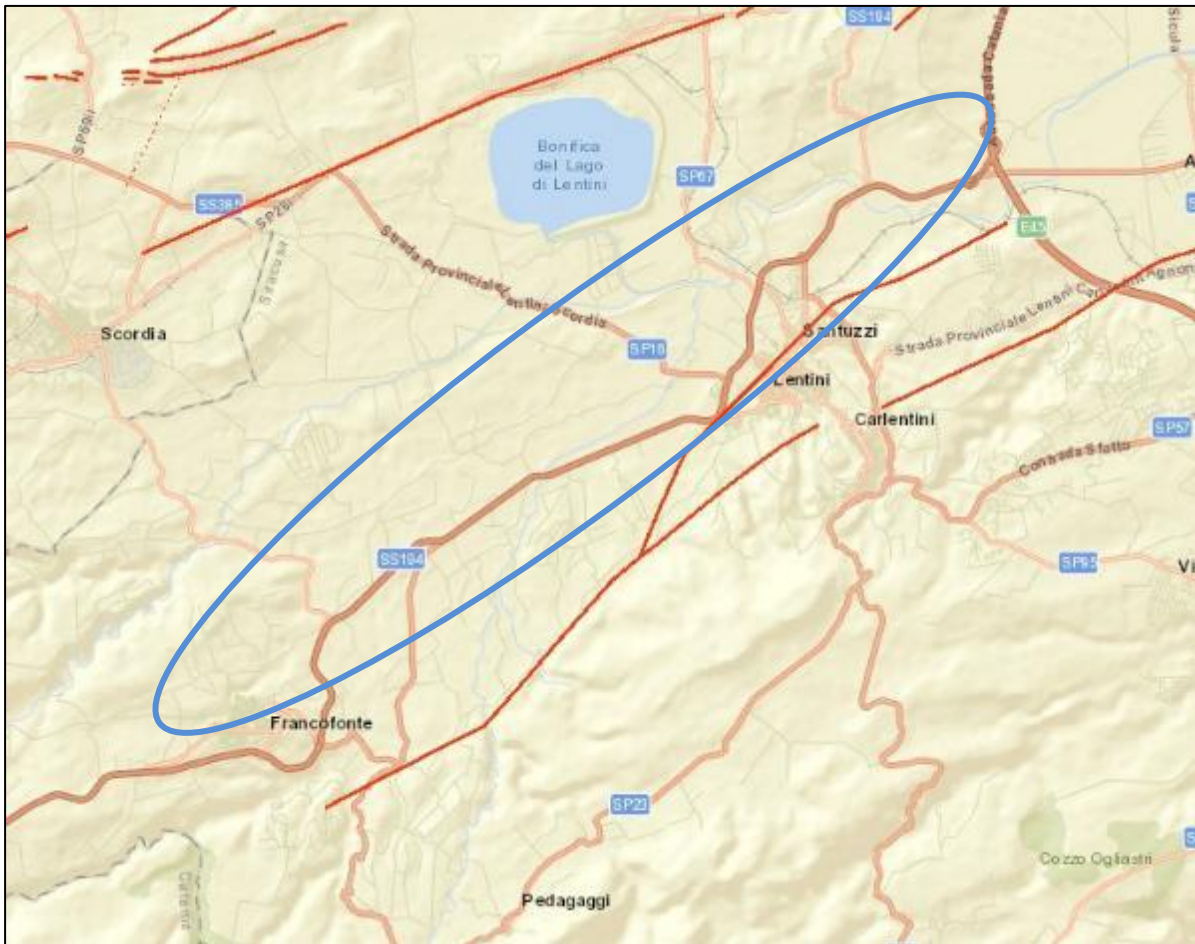


Figura 9-4 Faglie capaci attive da catalogo INGV

Per la valutazione della sismicità dell'area sono stati individuati i tre comuni interessati dal tracciato del lotto 4:

- Francofonte
- Lentini
- Carlentini

Nelle tabelle che seguono sono riportati, rispettivamente, gli effetti risentiti nei suddetti comuni così come estratti dal DBMI15, il Database delle Osservazioni Macrosismiche dei Terremoti Italiani utilizzate per la compilazione del Catalogo Parametrico CPTI15 dell'INGV.

L'evento sismico più importante che ebbe effetti catastrofici è avvenuto l'11 gennaio 1693 con epicentro nella Sicilia orientale. Fu registrata una magnitudo $M_w=7.41$ con intensità massima risentita di 11 gradi MCS e intensità risentite di X-XI grado MCS nell'area di Carlentini, e di X grado MCS nell'area di Vizzini e Ragusa. Sono stati registrati danni in tutta la Sicilia, Catania è rimasta distrutta, come pure tutti i paesi della Val di Noto; in tale area, infatti, si era verificata un altro evento sismico il 9 gennaio 1693 di magnitudo $M_w=6.21$ con epicentro in Val di Noto e intensità risentita di VIII grado a Vizzini.

Un altro evento importante con epicentro nel Siracusano è avvenuto il 10 dicembre 1542 con intensità epicentrale di XI grado MCS ($M_w=6.77$) e intensità risentita a Vizzini e Licodia Eubea di VIII grado MCS.

Un evento risentito a Carlentini e Ragusa con intensità rispettivamente di grado VII e VII-VIII MCS (Mw=5.51) è quello del 1 marzo 1818 con epicentro sui Monti Iblei.

Anche Vizzini è stata epicentro di una scossa di magnitudo Mw=5.86 avvenuta il primo gennaio del 1698 ed ha registrato danni nel comune Vizzini con intensità risentita di VII-VIII grado MCS; un'altra scossa con epicentro a Vizzini ma di entità minore rispetto alla precedente è avvenuta il 13 aprile 1895 (Mw=4.89) risentita sia a Vizzini ($I_s=VI-VII$ MCS) che a Ragusa ($I_s=V-VI$ MCS).

Un terremoto risentito nell'area di Carlentini è quello del 20 febbraio 1718 (Mw=5.32) con epicentro nella Sicilia orientale e intensità risentita di VI-VII grado MCS.

Il più recente evento sismico registrato nell'area interessata dal progetto in esame è stato quello del 13 dicembre 1990 con epicentro nella Sicilia sud-orientale; per tale evento è stata registrata una magnitudo Mw=5.64 ed una intensità massima risentita di VII grado MCS. L'intensità risentita è di VII grado MCS nell'area di Carlentini e di VI grado MCS nell'area di Vizzini e Ragusa.

Un altro catastrofico evento sismico che ha avuto risentimenti anche nell'area di progetto ($I_s=VI$ grado MCS a Carlentini e Vizzini) è il terremoto del 28 dicembre 1908 (Mw=7.10) con epicentro tra la Calabria meridionale e Messina; tale sisma ha avuto una intensità epicentrale di XI grado MCS.

Tutti gli altri terremoti elencati nelle tabelle di seguito riportate hanno avuto risentimenti inferiori al VI grado MCS cioè al di sotto della soglia del danno.

Nelle tabelle e nella immagini che seguono sono riportati gli effetti risentiti nei comuni di Licodia Eubea, Vizzini e Francofonte, estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Gruppo di Lavoro CPTI) dell'INGV.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 9-1 – Catalogo sismico di sito dell'area di Francofonte . Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2015. (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Int = intensità risentita al sito; NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

Effetti	In occasione del terremoto del								
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
8	1693	01	09	21			Sicilia sud-orientale	30	8-9 6.07
10	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11 7.32
6-7	1818	03	01	02	45		Monti Iblei	24	7-8 5.57
5	1892	01	22	23	47		Monti Iblei	26	5 4.41
4	1894	11	16	17	52		Calabria meridionale	303	9 6.12
4-5	1895	04	13	15	01		Monti Iblei ?	32	6-7 4.82
NF	1898	05	14	04	45		Etna - S. Maria Licodia	35	7-8 4.03
NF	1903	07	13	08	19		Calatino	46	5 4.14
NF	1905	09	08	01	43		Calabria centrale	895	10-11 6.95
4	1959	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7 5.11
3	1964	05	02	11	32		Monti Iblei	14	5 4.20
3	1978	04	15	23	33	4	Golfo di Patti	330	8 6.03
3	1990	01	23	21			Monti Iblei	122	5-6 4.39
6-7	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304	5.61
6-7	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	105	4.39
3-4	1997	03	25	00	46	1	Ionio meridionale	22	4-5 4.49
3-4	2000	11	08	17	26	2	Etna - Versante meridionale	70	5-6 3.85
NF	2001	05	26	06	02	1	Ionio meridionale	35	4.46
NF	2004	05	08	13	39	4	Isole Eolie	641	5.42
3-4	2004	12	30	04	04	5	Monti Iblei	48	4 3.82
3	2009	12	19	09	01	1	Etna - Maletto	64	6 4.39
NF	2011	05	06	15	12	3	Etna - Versante nord-occidentale	25	5-6 4.31
NF	2011	10	09	08	28	2	Monti Iblei	26	4 3.47
4	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5-6 4.44

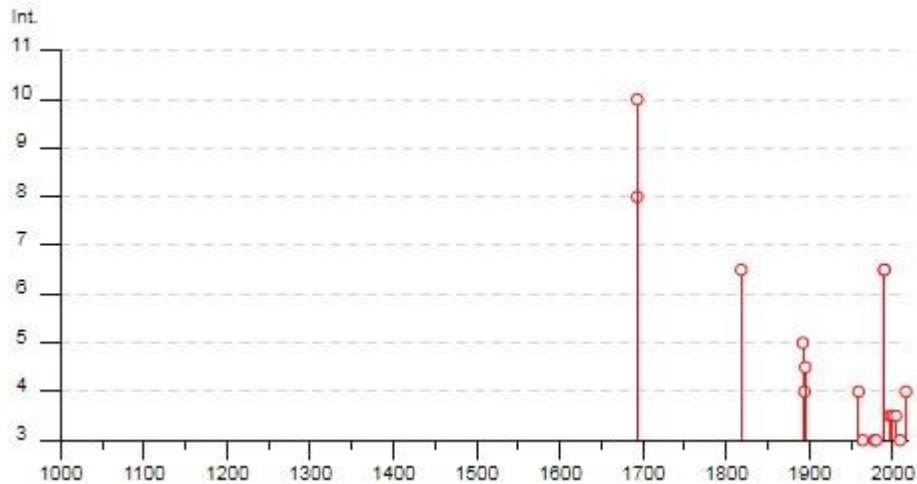


Figura 9-5 Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Francofonte dal 1000 al 2007 con intensità risentita pari o superiore al IV grado MCS (Gruppo di lavoro CPT15- INGV).

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 9-2 – Catalogo sismico di sito dell'area di Lentini . Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2015. (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Int = intensità risentita al sito; NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

Effetti	In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw
10	1649	02	04	07			Sicilia sud-orientale	8	10	6.50
9-10	1642	12	18	16	18		Sicilia sud-orientale	32	10	6.68
8	1693	01	09	21			Sicilia sud-orientale	30	9-9	6.07
4-5	1693	01	11	08			Sicilia sud-orientale	8		
10-11	1693	01	11	18	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32
6	1693	07	08	17	60		Sicilia sud-orientale	7	6	4.98
6-7	1718	02	20				Sicilia orientale	7	6-7	6.28
7	1818	08	01	02	48		Monti Iblei	24	7-8	5.87
8	1892	01	22	28	47		Monti Iblei	26	8	4.41
6	1908	12	28	04	28	27	Stretto di Messina	772	11	7.10
9	1924	08	17	21	40		Monti Iblei	22	9	4.74
4	1928	08	17	01	42		Isole Eolie	95	7-8	5.28
3	1936	10	08	08	04		Patù	16	3-6	4.61
8	1959	12	23	09	28		Piana di Catania	108	8-7	5.11
2	1978	04	18	23	33	4	Golfo di Patù	330	9	6.03
3-4	1980	01	23	21			Monti Iblei	122	3-6	4.39
2	1980	11	23	18	34	52	Irpinia-Basilicata	1394	10	6.91
3-6	1987	02	02	16	08	0	Sicilia centro-orientale	22		4.44
7	1990	12	18	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		6.61
5	1990	12	18	18	60	2	Ionio meridionale	106		4.88
3-4	1995	02	10	08	18	48	Etna - Versante occidentale	18	3	4.31
3-4	1997	07	30	16	06	0	Monti Iblei	45	3	4.48
3-4	1997	12	03	08	28	8	Etna - Versante sud-occidentale	6	3	3.38
3	1997	12	24	09	40	07	Etna - Versante meridionale	11	6	4.08
3	1998	01	10	08	48	18	Etna - Versante sud-occidentale	44	6-7	3.96
3	1999	02	14	11	45	5	Golfo di Patù	101	6	4.68
3-4	2000	11	05	17	26	2	Etna - Versante meridionale	70	3-6	3.85
NF	2001	01	09	02	31	1	Etna - Zafferano Etnea	104	6	3.73
NF	2001	08	26	04	02	1	Ionio meridionale	35		4.46
4	2002	09	08	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92
NF	2004	08	08	18	39	4	Isole Eolie	641		6.42
3-4	2006	04	23	14	42	3	Siracusano	12	4	4.08
3	2006	08	20	07	08	8	Etna - Versante sud-occidentale	27	6	3.91
3-4	2008	12	16	02	30	1	Etna - Versante sud-occidentale	38	6	4.00
NF	2011	05	06	18	12	3	Etna - Versante nord-occidentale	28	3-6	4.31
3	2011	10	09	08	28	2	Monti Iblei	26	4	3.47
3	2012	06	27	01	14	2	Monti Iblei	16	3	3.90
4	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	3-6	4.44

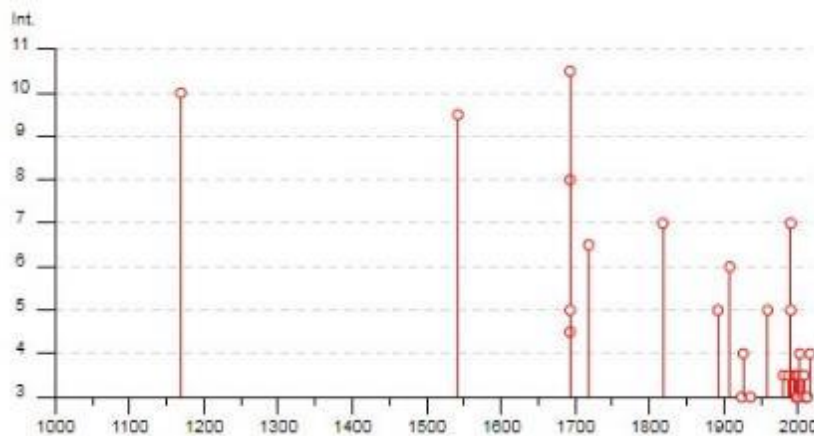


Figura 9-6 Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Lentini dal 1000 al 2007 con intensità risentita pari o superiore al IV grado MCS (Gruppo di lavoro CPT15- INGV).

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 9-3 – Catalogo sismico di sito dell'area di Carlentini . Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2015. (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Int = intensità risentita al sito; NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

Effetti		In occasione del terremoto del							
Int.	Anno	Me	Gi	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io Mw
10-11	1693	01	11	13	30		Sicilia sud-orientale	179	11 7.32
6	1693	07	08	17	50		Sicilia sud-orientale	7	6 4.93
6-7	1718	02	20				Sicilia orientale	7	6-7 5.25
F	1818	02	20	18	15		Catanese	128	9-10 6.28
7	1818	09	01	02	48		Monti Iblei	24	7-8 5.67
F	1892	01	22	23	47		Monti Iblei	26	5 4.41
NF	1903	07	13	08	19		Calatino	46	5 4.14
6	1908	12	28	04	20	27	Stretto di Messina	772	11 7.10
5	1969	12	23	09	29		Piana di Catania	108	6-7 5.11
2-3	1980	01	23	21			Monti Iblei	122	5-6 4.38
2-3	1983	07	20	22	03	9	Etna - Viagrande	106	7-8 4.30
NF	1990	10	29	08	16	1	Stretto di Sicilia	40	4.79
7	1990	12	13	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304	5.61
6	1990	12	16	13	50	2	Ionio meridionale	106	4.38
3	1997	03	25	00	46	1	Ionio meridionale	22	4-5 4.49
4	1997	07	30	16	06	0	Monti Iblei	45	5 4.45
3-4	2000	11	08	17	26	2	Etna - Versante meridionale	70	5-6 3.85
3-4	2001	01	09	02	51	5	Etna - Zafferana Etnea	104	6 3.73
3-4	2001	05	26	06	02	1	Ionio meridionale	35	4.46
3	2004	05	05	13	39	4	Isole Eolie	641	5.42
NF	2004	12	30	04	04	5	Monti Iblei	48	4 3.82
NF	2005	11	21	10	57	4	Sicilia centrale	255	4.56
3-4	2006	12	19	14	58	0	Etna - Versante nord-occidentale	28	6 4.19
NF	2011	10	09	08	28	2	Monti Iblei	26	4 3.47
F	2012	06	27	01	14	2	Monti Iblei	16	5 3.90
4	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5-6 4.44
3	2018	10	06	00	34	15	Etna - Versante sud-occidentale	44	7-8 4.72

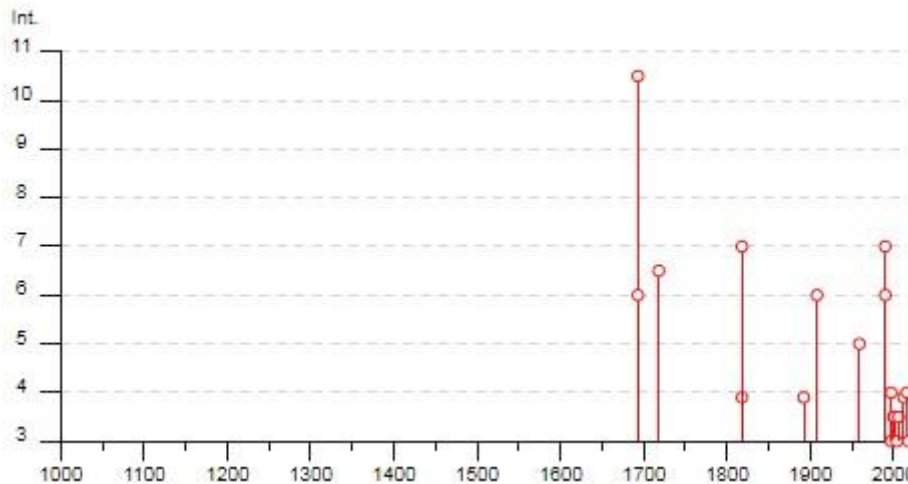
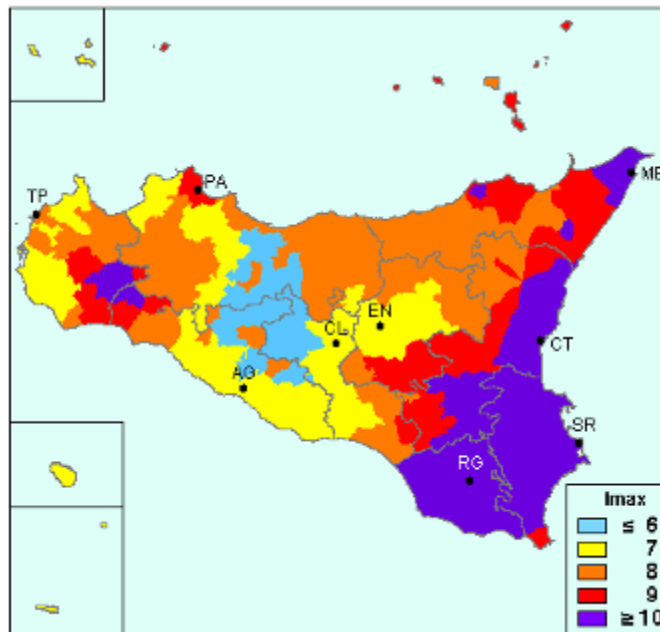


Figura 9-7 - Distribuzione delle intensità risentite al sito (Is) dei terremoti verificatisi nell'area di Carlentini dal 1000 al 2007 con intensità risentita pari o superiore al IV grado MCS (Gruppo di lavoro CPT15- INGV).

Per un maggior approfondimento sono state valutate le Massime Intensità Macrosismiche a partire dalla banca dati macrosismiche del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA; tali intensità vengono rappresentate in Figura 9-8 ("Massime Intensità macrosismiche osservate nella Regione Sicilia", Molin, Stucchi, Valensise).

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Figura 9-8 – Massime Intensità Macrosismiche osservate nella Regione Sicilia (Carta elaborata da D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise per conto del Dipartimento della Protezione Civile – Aprile 1996)



Con riferimento ai comuni interessati dal tracciato di progetto le massime intensità macrosismiche osservate sono $I_{max} \geq 10$ MCS.

Tabella 9-4 – Massime Intensità Macrosismiche osservate nei Comuni interessati dal progetto in esame

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	I_{max}
FRANCOFONTE	19	89	10	37.22966	14.88053	≥ 10
LENTINI	19	89	11	37.28460	14.99854	≥ 10
CARLENTINI	19	89	6	37.27446	15.01533	≥ 10

Relativamente alle Massime Intensità Macrosismiche valutate a partire dalla banca dati macrosismici del GNDT e dai dati del Catalogo dei Forti Terremoti in Italia di ING/SGA (elaborato per il DPC a cura di D. Molin, M. Stucchi e G. Valensise) va sottolineato che ad ogni Comune è stato associato un valore di intensità massima osservata oppure "ponderata", espresso in una delle cinque classi seguenti: ≤ 6 , 7, 8, 9, ≥ 10 e che non si è ritenuto utile differenziare i valori al di sotto del 6° grado e al di sopra del 10°. I valori intermedi sono stati associati alla classe superiore (es.: 6/7 è stato considerato equivalente a 7); questa scelta, unitamente a quella di associare all'intero territorio comunale il valore massimo di intensità osservato in almeno una località appartenente al Comune stesso e di assegnare un valore "ponderato" nei casi in cui il record storico è molto incompleto, determina una rappresentazione tendenzialmente "pessimista" degli effetti dei terremoti del passato.

9.3 Classificazione sismica

Come è noto, un terremoto può trasmettere sia sollecitazioni dinamiche con fenomeni di amplificazione locale, che dare luogo a fenomeni di instabilità dinamica con cedimenti, liquefazione e frane. Pertanto, in fase di progettazione di opere in zone sismiche, è necessario partire dall'ipotesi di un "terremoto di progetto", basato sulla conoscenza della sismicità della zona.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

In base all'emanazione dei criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale tramite l'OPCM 3274/03, in seguito aggiornata con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale", si evidenzia che i comuni di Francofonte, Lentini e Carlentini interessati dal tracciato sono stati inseriti tutti in zona 2, come indicato nell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri n. 3274/2003, aggiornata e recepita con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n. 408 del 19.12.2003 che ha confermato per i 3 comuni la zona II.

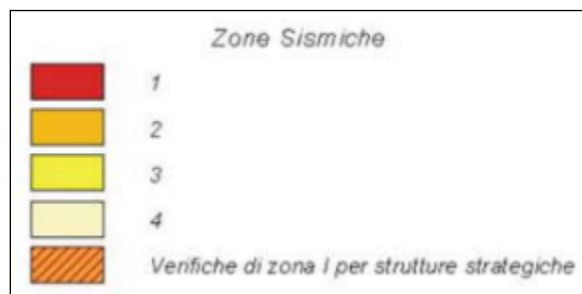
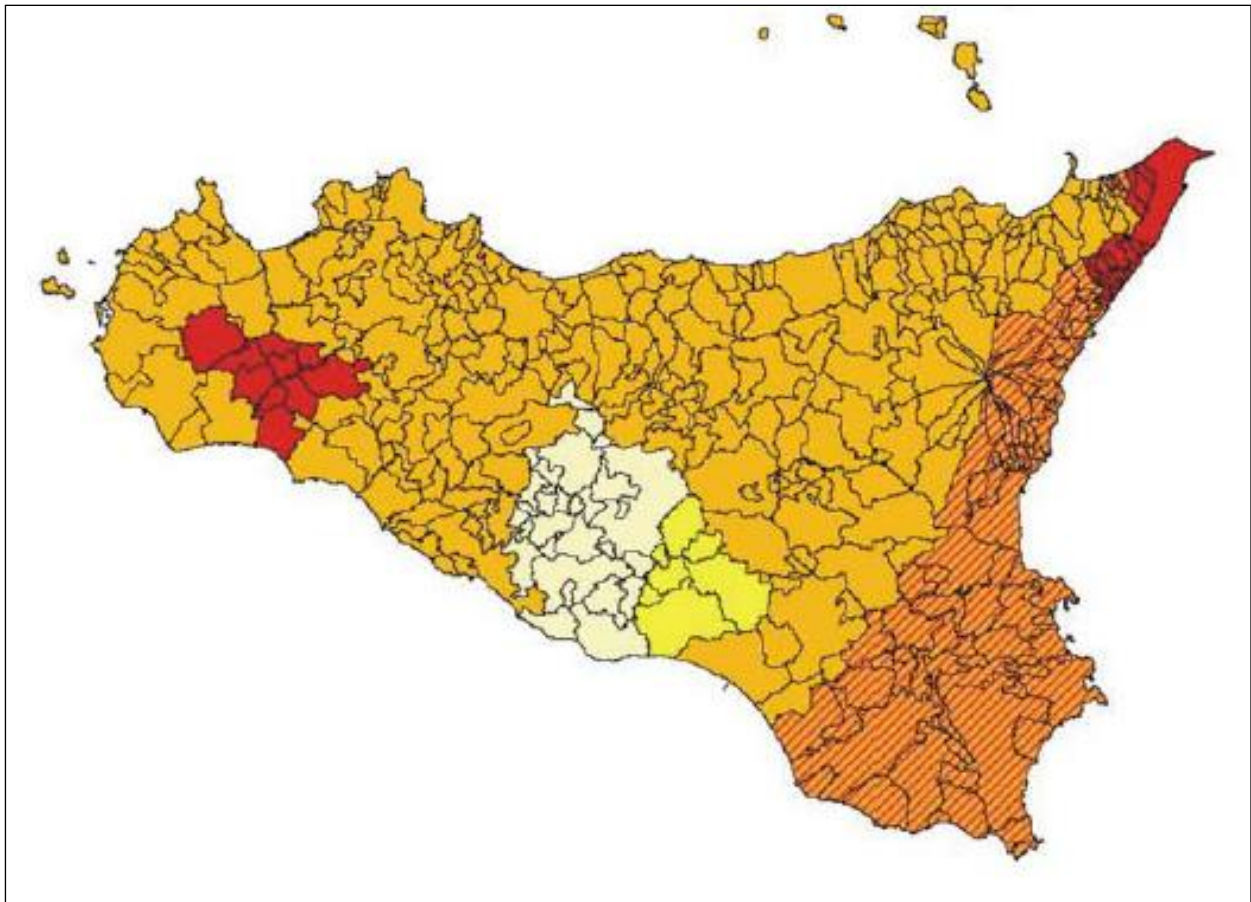
Questo sistema di classificazione elimina la presenza di territorio c.d. "non classificato", denominandolo "zona 4", ed attribuisce contestualmente alle Regioni il compito di stabilire se entro tali zone sia necessaria la progettazione antisismica. A ciascuna zona, inoltre, viene attribuito un valore dell'azione sismica utile per la progettazione, espresso in termini di accelerazione massima su roccia.

Tabella 9-5 – Classificazione sismica dei comuni interessati dal tracciato.

Comune	Categoria secondo la classificazione sismica precedente (Decreti fino al 1984)	Zona sismica ai sensi della OPCM 3274 del 20.3.2003 e DGR 408 del 19.12.2003	Comuni identificati in zona 2 per i quali vengono previste, per le strutture strategiche e rilevanti di cui al comma 2 art. 3 ord. 3274/2003, verifiche e limitazioni tecniche previste per la zona 1
Francofonte	2	2	X
Lentini	2	2	X
Carlentini	2	2	X

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Figura 9-9 Classificazione sismica della Regione Sicilia secondo la Delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19/12/2003.



Si evidenzia che le Norme Tecniche per le Costruzioni (D.M. del 14/01/2008 e succ. agg. Del 17/01/2018), hanno superato il concetto della classificazione del territorio nelle quattro zone sismiche e propongono una nuova zonazione fondata su un reticolo di punti di riferimento con intervalli di a_g pari a 0.025 g, costruito per l'intero territorio nazionale. Ai punti del reticolo sono attribuiti, per nove differenti periodi di ritorno del terremoto atteso, i valori di a_g e dei principali "parametri spettrali" riferiti all'accelerazione orizzontale e verticale su suoli rigidi e pianeccianti, da utilizzare per il calcolo dell'azione sismica (fattore di amplificazione massima F_0 e periodo d'inizio del tratto dello spettro a velocità costante

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

T*C). Il reticolo di riferimento ed i dati di pericolosità sismica vengono forniti dall'INGV e pubblicati nel sito <http://esse1.mi.ingv.it/>. attraverso le coordinate geografiche del sito.

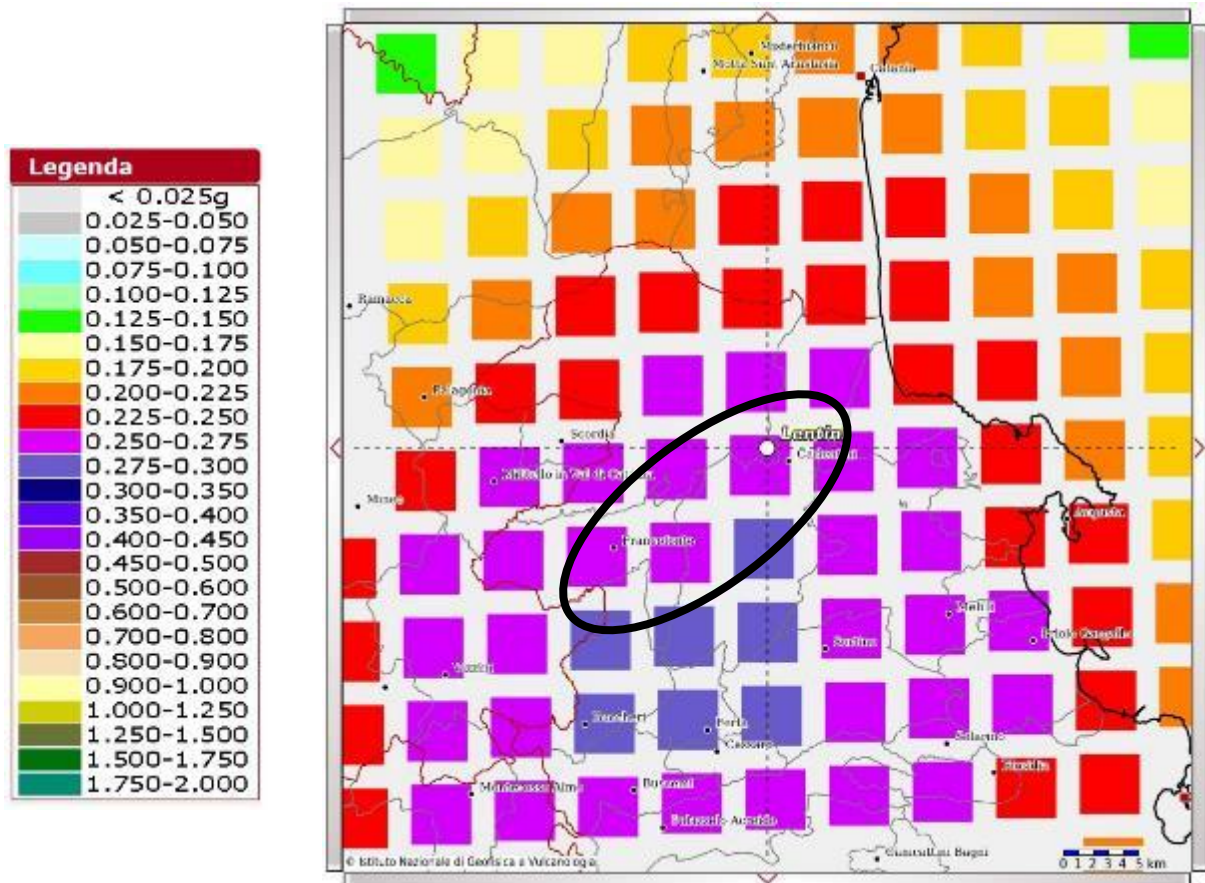


Figura 9-10 Carta della pericolosità sismica nell'area compresa fra i comuni di Francofonte, Lentini e Carlentini. Il parametro rappresentato è la PGA (picco di accelerazione del suolo atteso con il 10% di probabilità in 50 anni ; INGV 2006.

Prendendo in considerazione la "Mappa interattiva della pericolosità sismica" del territorio nazionale, edita dall'INGV, si evince, per il territorio comunale di Francofonte , Lentini e Carlentini una probabilità pari al 10% di raggiungimento o superamento di un'accelerazione di picco compresa tra 0.250 e 0.300 (g) su terreno rigido nell'intervallo temporale di 50 anni.

La Normativa Italiana (Decreto Ministeriale del 14/01/2008 Norme Tecniche per le costruzioni e S.O. n. 30 alla G.U. n. 29 del 04/02/08), secondo la quale viene redatto il presente progetto, coerentemente con quanto indicato nell'Eurocodice 8 prevedeva , ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, la valutazione della risposta sismica locale mediante specifiche analisi definite nella norma oppure attraverso un approccio semplificato che si basa sulla individuazione di categorie di sottosuolo, come riportato nella tabella che segue:

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 9-6 – Categorie sismiche dei terreni per le quali è utilizzabile la procedura semplificata secondo NTC2008

Categoria	Descrizione
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> caratterizzati da valori di V_{s30} superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} 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 fine).
C	<i>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fine).
D	<i>Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di V_{s30} 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 fine).
E	<i>Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m</i> , posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s).

L'attribuzione della categoria viene definita in funzione della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio S entro i primi 30 m di profondità dal piano di imposta della fondazione dell'opera o nel caso di fondazioni su pali dalla testa dei pali. Per le categorie di sottosuolo sopra definite la norma definisce le azioni sismiche.

Esistono però altre due categorie per le quali non è utilizzabile alcuna procedura semplificata ma è necessario prevedere specifiche analisi per la definizione delle azioni sismiche. Le due categorie sono descritte nella seguente tabella:

Tabella 9-7 – Categorie sismiche dei terreni per le quali non è utilizzabile la procedura semplificata

Categoria	Descrizione
S1	Depositi di terreni caratterizzati da valori di V_{s30} inferiori a 100 m/s (ovvero $10 < c_{u,30} < 20$ kPa), che includono uno strato di almeno 8 m di terreni a grana fine di bassa consistenza, oppure che includono almeno 3 m di torba o di argille altamente organiche.
S2	Depositi di terreni suscettibili di liquefazione, di argille sensitive o qualsiasi altra categoria di sottosuolo non classificabile nei tipi precedenti.

Per il calcolo del parametro V_{s30} si utilizza la formula proposta dall'O.P.C.M. 3274 s.m.i., ovvero:

$$V_{s30} = \frac{30}{\sum_{i=1,n} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove:

- h_i = spessore dell' i -esimo strato compreso nei primi 30 m di profondità
- $V_{s,i}$ = velocità delle onde di taglio nell' i -esimo strato
- N = numero di strati compresi nei primi 30 m di profondità

Per V_{s30} si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano di posa della fondazione. In generale il fenomeno dell'amplificazione sismica diventa più accentuato passando dalla classe A alla classe E.

Lungo il tracciato in esame l'attribuzione della categoria di suolo è stata definita in funzione della velocità equivalente V_{s30} di propagazione delle onde di taglio S entro i primi 30 m di profondità a partire dal piano campagna, ricavata dall'esecuzione delle prospezioni sismiche di tipo MASW e Down-Hole.

Alla luce dei risultati ottenuti e considerata la presenza di numerose possibili classi di suolo di tipo S2, ovvero classi di suolo per le quali non è utilizzabile alcuna procedura semplificata per la classificazione sismica del terreno di fondazione, sono stati utilizzati i metodi contenuti in 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica per una nuova classificazione. Tale operazione è stata applicata solamente ai terreni attribuiti alla classe S2 per profili di V_s con inversioni di velocità.

Nei criteri definiti per la Microzonazione Sismica la presenza di una inversione di velocità nel profilo delle V_s di una successione litostratigrafica si intende realizzata quando un terreno rigido sovrasta stratigraficamente un terreno meno rigido (soffice) con un rapporto $V_{srig}/V_{ssof} > 2$, e con la V_s dello strato più rigido maggiore di 500 m/s.

Applicando tale criterio è stato possibile riclassificare una parte dei modelli calcolati riportandoli nelle classi di suolo per le quali è possibile applicare la procedura semplificata di risposta sismica locale.

È opportuno ricordare che il criterio utilizzato per la definizione delle inversioni di velocità è applicabile in situazioni in cui il sottosuolo è assimilabile ad un modello monodimensionale (strati piano paralleli e orizzontali, omogenei e a comportamento viscoelastico); coerentemente con 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica' emanati dal Dipartimento di Protezione Civile, qualora le condizioni geologiche non permettano una tale semplificazione per la presenza di aree soggette a fenomeni di instabilità, di pendii fortemente acclivi o a complesse morfologie del substrato, sono necessarie ulteriori indagini per valutare eventuali fenomeni di amplificazione e la risposta sismica locale.

I risultati della nuova classificazione sono riportati nelle tabelle che seguono.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 9-8 – Prospezioni MASW: V_{S30} e categoria di suolo, secondo le NTC2008 e gli 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'.

IDENTIFICATIVO	V_{S30} (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
M079	494	S2	B
M082	514	B	B
M084	572	B	B
M085	705	S2	B
M085bis	622	S2	B
M086	357	C	C
M087	347	C	C
M088	282	C	C
M090	360	C	C
M091	325	C	C
M092	288	S2	S2
M092bis	320	S2	C
M093	333	S2	C
M095	360	C	C
M096	378	B	B
M097	630	E	B
M098	334	C	C
M100	352	C	C
M101	765	A	A
M102	314	C	C
ME206	343	E	E
ME207	635	B	B
ME208	713	B	B
ME209	292	E	E
ME210	416	B	B
ME211	404	B	B
ME212	263	E	E
ME213	357	E	E
ME215	312	E	E
ME216	639	B	B
ME217	538	B	B

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 9-9 Prospezioni Down-Hole: V_{s30} e categoria di suolo, secondo le NTC08 e gli 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'.

IDENTIFICATIVO	V_{s30} (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
S178	534	S2	B
S181	472	S2	B
S184	288	C	C
S190	648	B	B
S198	268	S2	S2
S201	266	C	C
S203	243	C	C
S208	307	S2	S2
S211	344	C	C
S215	359	C	C
S218	329	S2	S2
S220bis	326	C	C
S225	267	C	C
SE230	363	B	B
SE239	495	B	B
SE264	592	B	B
SE266	530	B	B

Tabella 9-10 – Prospezioni Cross-Hole: V_{s30} e categoria di suolo, secondo le NTC08.

IDENTIFICATIVO	V_{s30} (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08
SE243-244	348	C
SE246-247	398	B
SE249-250	372	B
SE252-253	363	B
SE254-255	368	B
SE260-261	339	C
SE267-268	368	C

9.4 Coefficiente topografico

La normativa prevede che per condizioni topografiche complesse debbano essere predisposte specifiche analisi di risposta sismica locale mentre per configurazioni semplici si può adottare la seguente classificazione:

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilevati isolati con inclinazione media
T2	Pendii con inclinazione media
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ = < i = < 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le su descritte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste e dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza superiore a 30 m.

Tenendo conto dell'estensione del progetto in esame non è possibile stimare coefficienti topografici per tratte di tracciato ma è cura dei progettisti valutare i coefficienti topografici per ogni singola opera d'arte o parte di essa.

10 ANALISI DEL TRACCIATO

La descrizione che segue analizza le caratteristiche generali dei terreni intercettati dal tracciato in riferimento alle progressive di progetto della carreggiata destra ed ai corrispondenti elaborati tematici geologici e geomorfologici. All'interno del testo sono utilizzate le seguenti sigle: pk: progressiva chilometrica; b.f.: bocca foro sondaggio; le sigle delle formazioni litologiche (riferite alla legenda della cartografia geologica).

10.1.1 Tratta compresa tra inizio lotto (pk 0+000) e imbocco sud galleria Francofonte (pk 1+721)

Dalla pk 0+000 e fino alla pk 1+180 il tracciato cammina in rilevato su un substrato costituito da depositi sabbiosi quaternarie (Qcs) sovrapposti ai depositi sedimentari più antichi (Qca)

A partire dalla pk 1+180 e fino alla 1+700 circa il tracciato intercetta una coltre di depositi alluvionali recenti (ar) che colmano l'incisione del vallone Lavinia, tributario sinistro del Fiume Costanza, che con spessori massimi di circa 8 m si sovrappongono alle sabbie cementate quaternarie (Qcs).

10.1.2 Tratta galleria di Francofonte (pk 1+700) e pk 2+520

La tratta in galleria artificiale compresa intercetta i depositi sabbiosi Qcs camminando immediatamente sopra la quota piezometrica che in funzione delle oscillazioni stagionali potrebbe essere intercettata dall'opera (S180p). La tratta che verrà realizzata in naturale continua ad intercettare i depositi sedimentari sabbiosi Qcs fino alla pk 1+900 dove per contatto stratigrafico si passa ai depositi argillosi ed argilloso marnosi Qa. Tali argille presentano una permeabilità decisamente bassa e costituiscono quindi un acquicluda naturale su cui tendono ad accumularsi le circolazioni idriche sotterranee che per tutto il tratto che interessa i depositi Qcs interferiscono con la galleria di progetto.

I depositi argilloso marnosi Qa permangono fino alla fine della galleria naturale e per tutta la successiva tratta in artificiale.

10.1.3 Tratta compresa tra l'imbocco nord Galleria Naturale Francofonte (pk 2+520) e pk 3+400

Dalla pk 2+520 circa il tracciato procede in trincea all'interno della formazione Qcs, per pochi metri, per poi passare successivamente ai depositi argilloso marnosi Qa, arrivando ad intercettare solo nell'ultimo tratto un lembo delle sottostanti unità calcarenitiche e conglomeratiche Qca. Dalla pk 2+920 circa il tracciato si sviluppa sulla formazione sedimentaria Qca a cui si sovrappongono lembi di coltri eluvio colluviali (ec) di spessore di 1-2 m. Fra le pk 3+180 e 3+400 circa l'asse intercetta un area in frana interessata dalla presenza di un colamento di spessore variabile fra 0 e 5 m circa. Tale corpo di frana è stato investigato dai sondaggi S186i, SE231, SE232, SE233 ed SE234 e dalle basi sismiche BS178 e BS179.

10.1.4 Tratta compresa tra pk 3+400 e pk 11+260.

Fra le pk 3+400 e 3+680 il basamento calcarenitico Qc(a) ed argilloso Qa è mascherato da una coltre detritica e di degradazione (ec), seguito dai depositi alluvionali (a) di un tributario del Fiume San Leonardo, che dalla pk. 4+840 alla pk. 4+860 sono a lor volta ricoperti dalla coltre detritica e di degradazione (ec). Le alluvioni mostrano spessori medi di 4-6 m con picchi massimi di 12-14 m e si sovrappongono alla formazione delle argille marnoso siltose pleistoceniche Qa.

Fra le pk 5+180 e 6+520 il tracciato continua prevalentemente a raso con rari tratti in trincea (da pk 5+450 a pk 5+600, e da pk 6+200 a pk 6+240) in un settore in cui una modesta coltre di terreni eluvio colluviali ec (max 1-1,5 m) maschera un alto di unità vulcaniche laviche, sui cui fianchi si poggiano, per contatto stratigrafico, i lembi finali dei corpi alluvionali che colmano il reticolo del Fiume San Leonardo.

Dalla pk 6+520 alla pk 7+175 il tracciato prosegue in rilevato, interrotto da un breve tratto in trincea, interessando una coltre di depositi alluvionali recenti di frequente mascherati da una modesta coltre di depositi eluvio-colluviali (max 1-1,2m). Le alluvioni mostrano spessori compresi fra i 7 ed i 10 m e sono

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

costituite da una porzione superiore a granulometria più fine argilloso limosa che passa in profondità ad una più granulare ghiaioso sabbiosa.

Fra le pk 7+175 (dx) e 7+259 (dx) il tracciato attraversa il Fiume San Giovanni mediante il Viadotto Barbaianni.

Carr. DX.	Carr. SX.
Inizio pk 7+175 - Fine pk 7+259	Inizio pk 7+158 - Fine pk 7+242
L'intera struttura del Viadotto Barbaianni è intestata nei depositi alluvionali recenti costituiti da limi argillosi passanti a sabbie e ghiaie con spessori variabili da circa 10 m in corrispondenza delle spalle a circa 5 m in corrispondenza delle pile centrali. Le alluvioni, investigate con la base sismica BS183, poggiano con omogeneità sulla sottostante formazione delle argille siltoso marnose pleistoceniche (Qa).	Come per la canna destra anche in questo caso l'intera struttura del viadotto è intestata nei depositi alluvionali recenti costituiti da limi argillosi passanti a sabbie e ghiaie con spessori variabili da circa 10 m in corrispondenza delle spalle a circa 5 m in corrispondenza delle pile centrali. Le alluvioni, investigate con la base sismica BS183, poggiano con omogeneità sulla sottostante formazione delle argille siltoso marnose pleistoceniche (Qa).

Dalla pk 7+259 alla pk 9+627 il tracciato prosegue in rilevato poggiando sempre su una coltre di depositi alluvionali recenti a tratti mascherati da una modesta coltre di depositi eluvio colluviali (max 0,5 -1,0 m). Le alluvioni mostrano spessori compresi fra i 7 ed i 10 m e sono costituite da una porzione superiore a granulometria più fine argilloso limosa che passa in profondità ad una più granulare ghiaioso sabbiosa.

Fra le pk 9+627 e 9+744 il tracciato attraversa il fiume Margi l'omonimo Viadotto.

Carr. DX.	Carr. SX.
Inizio pk 9+627 - Fine pk 9+744	Inizio 9+622- Fine pk 9+732
L'intera struttura del Viadotto Margi è intestata nei depositi alluvionali recenti costituiti da limi argillosi passanti a sabbie e ghiaie con spessori variabili da circa 8-9 m in corrispondenza delle spalle a circa 5 m in corrispondenza delle pile centrali. Le alluvioni, investigate con il sondaggio S203d, poggiano con omogeneità sulla sottostante formazione delle argille siltoso marnose pleistoceniche (Qa).	Come per la canna destra anche in questo caso l'intera struttura del viadotto è intestata nei depositi alluvionali recenti costituiti da limi argillosi passanti a sabbie e ghiaie con spessori variabili da circa 8-9 m in corrispondenza delle spalle a circa 5 m in corrispondenza delle pile centrali. Le alluvioni, investigate con il sondaggio S203d, poggiano con omogeneità sulla sottostante formazione delle argille siltoso marnose pleistoceniche (Qa).

Dalla pk 9+744 alla pk 10+260 il tracciato prosegue in rilevato, interessando sempre una coltre di depositi alluvionali recenti solo a tratti mascherati da una modesta coltre di depositi eluvio colluviali. Anche in questa tratta le alluvioni mostrano spessori compresi fra i 7 ed i 10-11 m e sono costituite da una porzione superiore a granulometria più fine argilloso limosa che passa in profondità ad una più granulare ghiaioso sabbiosa.

10.1.5 Tratta compresa tra e pk 10+260 e pk 15+575.

Per tutta la tratta il tracciato cammina a raso o in rilevato interessando sempre i depositi alluvionali recenti del fiume Leonardo, solo a tratti mascherati da una modesta coltre di depositi eluvio colluviali. Lo spessore delle alluvioni si presenta costante intono ai 10 m fino alla pk 14+300 per poi aumentare in maniera consistente fino alla pk 15+500, arrivando a superare i 30 m di spessore intorno alla pk 15+360, e per poi diminuire rapidamente procedendo verso nord.

Come per le tratte precedenti le alluvioni sono costituite da una porzione superiore a granulometria più fine argilloso limosa che passa in profondità ad una più granulare ghiaioso sabbiosa. Tra le pk 12+576 e 12+623 si sviluppa il Viadotto Bonafede.

10.1.6 Tratta compresa tra 15+575 e la spalla sud del Viadotto San Leonardo (pk 18+200)

Fra le pk 15+575 e 15+720 l'unità dei depositi alluvionali recenti si riduce rapidamente di spessore fino ad azzerarsi in corrispondenza della risalita del substrato, costituito dalle calcareniti con lenti conglomeratiche Qca.

In tale tratta fra le pk 15+575 e 15+630 si imposta il manufatto di attraversamento della linea FFSS.

Carr. DX.	Carr. SX.
L'intera struttura di attraversamento è intestata nei depositi alluvionali recenti costituiti da limi argillosi passanti a sabbie e ghiaie con spessori decrescenti da sud verso nord variabili da circa 8-9 m a sud dell'attraversamento a circa 4-5 m. Le alluvioni, investigate con i sondaggi S218d, SE259, SE260 ed SE261, poggiano sulle sottostanti formazioni delle calcareniti con lenti conglomeratiche (Qca) e delle lave (PVL).	Come per la canna destra anche in questo caso l'opera di attraversamento è intestata nei depositi alluvionali recenti costituiti da limi argillosi passanti a sabbie e ghiaie con spessori decrescenti da sud verso nord da variabili da circa 8-9 m a sud a circa 4-5 m procedendo verso nord. Le alluvioni, investigate con il sondaggio S218d, poggiano con omogeneità sulla sottostante formazione delle calcareniti con lenti conglomeratiche (Qca).

Dalla pk 15+630 alla pk 16+020 il tracciato torna ad intercettare in rilevato il substrato calcarenitico Qca. Successivamente il tracciato ritorna in trincea interessando inizialmente i depositi alluvionali terrazzati (ar) e le argille Qa, per poi poggiare integralmente sulle argille siltoso marnose Qa (pk. 16+916) e successivamente i sovrastanti depositi alluvionali terrazzati ar che permangono fino alla pk 17+280.

Dalla pk 17+500 il tracciato prosegue in rilevato, intestato su un modesto lembo di depositi alluvionali terrazzati, sovrapposto alle argille siltoso marnose Qa (pk. 17+600). Dopo questa chilometrica l'asse stradale si imposta in rilevato su una coltre di depositi alluvionali recenti (a) che, con spessori crescenti da sud verso nord da 2-3 m a 18-20 m, si sovrappone al substrato sedimentario (Qa) e vulcanico (Pvl), con intercalazioni di Pvs. Tale assetto permane fino alla fine della tratta alla spalla sud del Viadotto San Leonardo alla pk 18+229.

10.1.7 Viadotto San Leonardo da pk 18+229 a pk 18+493

Carr. DX.	Carr. SX.
<p><i>Spalla sud:</i> poggia su uno spessore di circa 22 m di depositi alluvionali recenti (a) poggiati su un substrato costituito da una lente di argille siltose (Qa) e dai depositi sedimentari Pvs intercalati alle vulcaniti, L'area della spalla è stata investigata dal sondaggio S224p.</p> <p><i>Pile:</i> le fondazioni delle pile interessano sempre le alluvioni recenti (a) con spessori che però tendono a ridursi spostandosi da sud verso nord da 20 a 6-7 m. Il substrato è sempre costituito dalle unità sedimentarie Qa e dalle vulcaniti Pvl con intercalati livelli sedimentari Pvs. L'area delle pile è stata investigata dai sondaggi S225d e S04p.</p> <p><i>Spalla nord:</i> è posizionata in corrispondenza della fascia di contatto fra una coltre di depositi alluvionali recenti (a) che tende a scomparire verso nord e che poggia sul substrato costituito dalle vulcaniti (Pvl). L'area della spalla è stata investigata dal sondaggio S226p.</p>	<p><i>Spalla sud:</i> poggia su uno spessore di circa 22 m di depositi alluvionali recenti (a) poggiati su un substrato costituito da una lente di argille siltose (Qa) e dai depositi sedimentari Pvs intercalate alle vulcaniti, L'area della spalla è stata investigata dal sondaggio S224p.</p> <p><i>Pile:</i> le fondazioni delle pile interessano sempre le alluvioni recenti (a) con spessori che però tendono a ridursi spostandosi da sud verso nord da 20 a 6-7 m. c Il substrato è sempre costituito dalle unità sedimentarie Qa e dalle vulcaniti Pvl con intercalati livelli sedimentari Pvs. L'area delle pile è stata investigata dai sondaggi S225d e S04p.</p> <p><i>Spalla nord:</i> è posizionata in corrispondenza della fascia di contatto fra una coltre di depositi alluvionali recenti (a) che tende a scomparire verso nord e che poggia sul substrato costituito dalle vulcaniti (Pvl). L'area della spalla è stata investigata dal sondaggio S226p.</p>

10.1.8 Tratta da pk 18+493 a fine lotto pk 20+250.98

Dalla spalla nord del Viadotto San Leonardo il tracciato prosegue in rilevato interessando inizialmente i depositi alluvionali recenti sabbioso ghiaiosi (a) che, con spessori di circa 5-6 m, si sovrappongono inizialmente alle vulcaniti (Pvl) e successivamente ai depositi argilloso siltosi Qa, che tornano in affioramento per un breve tratto fra le pk 18+710 e 18+940.

Da qui in poi l'asse ritorna, sempre in rilevato, sui depositi alluvionali recenti sabbioso ghiaiosi (a) che con spessori massimi di circa 15 m si sovrappongono alla formazione argilloso siltosa (Qa) e alla formazione calcarenitica e conglomeratica (Qca).

Successivamente, fino alla pk 19+550, scompaiono le alluvioni recenti e compare dapprima l'unità argillosa Qa e poi l'unità calcarenitica e conglomeratica Qca che permane fino alla fine del lotto, in un tratto in cui il tracciato procede in rilevato.

11 BIBLIOGRAFIA

- ADAM J., REUTHER C.D., GRASSO M. & TORELLI L. (2000) - Active fault Kinematics and crustal stresses along the Ionian margin of southeastern Sicily. *Tectonophysics*, 326, 217-239.
- BARBERI F., CIVETTA L., GASPARINI P., INNOCENTI F., SCANDONE R. & VILLARI L. (1974) - Evolution of a section of the Africa-Europe plate boundary: paleomagnetic and volcanological evidence from Sicily. *Earth and Planetary Sc. Letters*, 22, 123-132.
- BIANCA M., MONACO C., TORTORICI L. & CERNOBORI L. (1999) - Quaternary normal faulting in southeastern Sicily (Italy): A seismic source for the 1693 large earthquake. *Geophys. J. Int.*, 139, 370-394.
- BIANCHI F., CARBONE S., GRASSO M., INVERNIZZI G., LENTINI F., LONGARETTI G., MERLINI S. & MoSTARDINI F. (1987) - Sicilia orientale. Profilo geologico Nebrodi-Iblei. Questo volume. *Mem. Soc. Geol. It.*, 38 (1987), 127-135.
- BOMMARITO S. & LA ROSA N. (1972) - Ricerche sulla estensione dell'orizzonte fosfatifero nella regione iblea. *Riv. Min. Sic.*, 13 (76-78), 1-7.
- CARBONE S. & LENTINI F. (1981a) - Caratteri deposizionali delle vulcaniti del Miocene superiore negli Iblei (Sicilia sud-orientale). *Geol. Romana*, 20, 79-101.
- CARBONE S. & LENTINI F. (1981b) - Rapporti tra vulcanismo miocenico e tettonica nel settore orientale dei M. Iblei (Sicilia Sud-Orientale,). *Rend. Soc. Geol. It.*, 4, 245-248.
- CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI E., LOMBARDO O. & PATANÉ G. (1982b) - Elementi per una prima valutazione dei caratteri sismotettonici dell'Avampae Ibleo (Sicilia Sud-Orientale). *Mem. Soc. Geol. It.*, 24, 507-520.
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI E. (1982d) - Elementi per una valutazione degli eventi tettonico-sedimentari dal Cretaceo al Quaternario nella Sicilia Sud-Orientale. In: Guida alla Geologia della Sicilia occidentale, Palermo, 103-109.
- CARBONE S., GRASSO M. & LENTINI F. (1987) - Lineamenti geologici del Plateau Ibleo (Sicilia S.E.). Presentazione delle carte geologiche della Sicilia sud-orientale. *Mem. Soc. Geol. It.*, 38, 127-135.
- CARBONE S., GRASSO M., LENTINI F., PEDLEY H.M.. (1982) - Cretaceous to Miocene facies of the Hyblean Plateau, S.E. Sicily. *Rend. Soc. Geol. It.*, 1982, Volume 5, Fascicolo 1, pp. 43 - 44.
- CARBONE S., GRASSO M., LENTINI F.. (1982) - Considerazioni sull'evoluzione geodinamica della Sicilia sud-orientale dal Cretaceo al Quaternario. *Mem. Soc. Geol. It.*, 1982, Volume 24, Fascicolo 2, pp. 367 - 386.
- CARVENI P., GRASSO M.F., ROMANO R., TRICOMI S. (1991) - Vulcanismo del margine settentrionale ibleo. *Mem. Soc. Geol. It.*, 1991, Volume 47, pp. 417 - 429.
- CRISTOFOLINI R. (1969) - Le vulcaniti del Miocene superiore e del Pliocene inferiore nella zona compresa tra Mineo, Palagonia e Vizzini (Altopiano Ibleo). *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania*, e. 7, 1, 211- 238.
- CRISTOFOLINI R. (1967) - Le vulcaniti plio-pleistoceniche al margine settentrionale dell'Altopiano Ibleo. *Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania*, s. 6, 18, 265-270.
- D'AGOSTINO N. & SELVAGGI G. (2004) -Crustal motion along the Eurasia-Nubia plate boundary in the Calabrian arc and Sicily and active extension in the Messina Straits from GPS measurements. *J. Geophys. Res.*, 109, B11402.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

- DI GERONIMO I. (1979) - Il Pleistocene in facies batiale di Valle Palione (Grammichele, Catania). Boll. Malac., 15, 85-156.
- DI GERONIMO I., GHISSETTI F., LENTINI E. & VEZZANI L. (1978) - Lineamenti neotettonici della Sicilia orientale. Mem. Soc. Geol. It., 19, 543-549.
- DI GRANDE A. & ROMEO M. (1980) - Caratteri lito-biostatigrafici dei depositi messiniani nell'area Iblea (Sicilia sud-orientale). Riv. It. Pal., 83, 855-916.
- DI GRANDE A. (1967) - I sedimenti pleistocenici del margine settentrionale dell'Altipiano Ibleo. Atti Acc. Gioenia Sc. Nat. Catania, 18 (6), 247-263.
- DI GERONIMO I., GHISSETTI F., GRASSO M., LENTINI E., SCAMARDA G. & VEZZANI L. (1980) - Dati preliminari sulla neotettonica della Sicilia sud-orientale. Fogli 273 (Caltagirone), 274 (Siracusa), 275 (Scoglitti), 276 (Ragusa) e 277 (Nato). Contributi preliminari alla realizzazione della carta neotettonica d'Italia, PE. Geodinamica, pubbl., 356. 747-773.
- GHISSETTI F. & VEZZANI L. (1980) -The structural features of the Hyblean Plateau and the Mount Judica area (South-Eastern Sicily): a microtectonic contribution to the deformational history of the Calabrian Arc. Boll. Soc. Geol. It., 99, 55-102.
- GRASSO M. & LENTINI E. (1982) - Sedimentary and tectonic evolution of the eastern Hyblean Plateau (Southeastern Sicily) during Late Cretaceous to Quaternary time. Palaeo 3, 39, 261-280.
- GRASSO M., LENTINI E. & PEDLEY H.M. (1982) - Late Tortonian-Lower Messinian (Miocene) palaeogeography of SE. Sicily. Informations from two new formations of the Sortino Group. Sedimentary Geology, 32, 279-300.
- GRASSO M., LENTINI E., NAIRN A.E.M. & VIGLIOTTI L. (1983) - A geological and palaeomagnetic study of the Hyblean volcanic rocks (Sicily). Tectonophysics, 98, 271-295.
- GRASSO M., PEDLEY H.M., MANISCALCO R., RUGGIERI R.. (2000) - Geological context and explanatory notes of the "Carta Geologica del settore centro-meridionale dell'Altopiano Ibleo". Mem. Soc. Geol. It., 2000, Volume 55, pp. 45 - 52
- ISPRA & SINANET - Progetto IFFI - Inventario dei Fenomeni Franosi in Italia; <http://www.progettoiffi.isprambiente.it/cartanetiffi/carto3.asp?cat=42&lang=IT>.
- LENTINI F. & VEZZANI L. (1978) - Tentativo di elaborazione di uno schema strutturale della Sicilia orientale. Boll. Soc. Geol. It., 19, 495-500.
- LENTINI F. (1982) - The geology of the Mt. Etna basement. Mem. Soc. Geol. It., 23, 7-25.
- LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S., GRASSO M., MONACO C.. (1991) - Presentazione della Carta Geologica della Sicilia centro-orientale. Mem. Soc. Geol. Italiana, 1991, Volume 47, pp. 145 - 156.
- LENTINI F., CARBONE S., CATALANO S., GRASSO M.. (1996) - Elementi per la ricostruzione del quadro strutturale della Sicilia orientale. Mem. Soc. Geol. It., 1996, Volume 51, Fascicolo 1, pp. 179 - 195.
- LENTINI F., GRASSO M. & CARBONE S. (1987) - Introduzione alla geologia della Sicilia e guida all'escursione. In «Convegno Soc. Geol. It.», Naxos-Pergusa, Aprile 1987.
- MONACO C. & TORTORICI L. (2000) -Active faulting in the Calabrian arc and eastern Sicily. J. Geodyn., 29, 407-424.
- PEDLEY H.M. (1981) - Sedimentology and palaeoenvironment of the south-east Sicilian Tertiary platform carbonates. Sedimentary Geology, 28, 273-291.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

PEDLEY H.M. & BENNET S.M. (1985) - Phosphorites, hardgrounds and syndepositional subsidence structures: a palaeoenvironmental model from the Miocene of the Maltese Islands. *Sedimentary Geology*, 45, 1-34.

PEDLEY H.M., GRASSO M., MANISCALCO R., BEHNCKE B., DI STEFANO A., GIUFFRIDA S., STURIALE G. (2001). The sedimentology and palaeoenvironment of Quaternary temperate carbonates and their distribution around the northern Hyblean Mountains (SE Sicily). *Boll. Soc. Geol. It.*, 2001, Volume 120, Fascicolo 2-3, pp. 233 - 255.

PEDLEY H.M., GRASSO M., MANISCALCO R., BENCKE B., DI STEFANO A., GIUFFRIDA S. & STURIALE G. (2001) -The sedimentology and Palaeoenvironment of Quaternary temperate carbonates and their distribution around the northern Hyblean Mountains (SE Sicily). *Boll. Soc. Geol. It.*, 121, 233-255.

PIERI M. (1967) - Caratteristiche sedimentologiche del limite Cretacico-Terziario nella zona di Monterosso Almo (Monti Iblei, Sicilia sud-orientale). *Riv. It. Paleont.*, 73, 1259-1294.

REGIONE SICILIANA - ASSESSORATO DEL TERRITORIO E DELL'AMBIENTE - DIPARTIMENTO DELL'AMBIENTE - SERVIZIO III - Assetto del territorio e difesa del suolo - Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico; <http://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/index.htm>

REUTHER CD. (1987) - Extensional tectonics within the Central Mediterranean segment of the Afro-European zone of convergence. *Mem. Soc. Geol. It.*, 38 (1987).

ROMEO M. & SCIUTO F. (1987) - Stratigrafia micropaleontologica delle successioni mioceniche dell'alta valle del Fiume Tellaro (Sicilia sud-orientale). *Mem. Soc. Geol. It.*, 38 (1987).

SERVIZIO GEOLOGICO D'ITALIA (1954-57) – Tavole: 272/2/SE (Ponte Dirillo); 274/4/NO (Lentini); 273/1/SE (Francofonte); 273/1/SO (Stazioni di Vizzini-Licodia); 273/3/NE (Licodia Eubea); 273/3/SE (Chiaramonte Gulfi); 273/4/SE (Grammichele).