

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. Ing. M. Panfilì	Dott. Arch. A. Strati
	Dott. Arch. P. Ghirelli	Archeol. M. G. Liseno
	Dott. Ing. D. Pelle	
	Dott. Ing. D. Carlacchini	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:



**SOTTOVIA
SOTTOPASSO FERROVIARIO
Relazione geologica**

CODICE PROGETTO			NOME FILE		REVISIONE	SCALA:
PROGETTO	LIV. PROG.	N. PROG.	T04ST07STRRE03A			
L0408Z	E	2101	CODICE ELAB. T04ST07STRRE03		A	-
A	Emissione		Giu 2021	M. Botta	F. Durastanti	N. Granieri
REV.	DESCRIZIONE		DATA	REDATTO	VERIFICATO	APPROVATO

INDICE

1	PREMESSA	2
2	INDAGINI ESEGUITE NELL'AREA IN ESAME	4
3	ATTIVITA' GEOLOGICHE PER IL PROGETTO ESECUTIVO	7
4	INQUADRAMENTO GEOLOGICO.....	9
5	CARATTERI GEOMORFOLOGICI	21
6	CARATTERI IDROGEOLOGICI DELL'AREA.....	22
7	SISMICITA' DELL'AREA	25
-	LA SISMICITÀ STORICA;.....	28
-	L'ANALISI DELLA SISMOGENESI;	28
-	L'ANALISI DEI MECCANISMI FOCALI E DEL MOMENTO SISMICO;	28
-	LE INFORMAZIONI RELATIVE ALLA GEOLOGIA STRUTTURALE.	28
8	ANALISI DELL'OPERA.....	39
9	BIBLIOGRAFIA	40

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 Chiaromonte' 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.

Nello specifico, il presente documento descrive i risultati dello studio per il tratto compreso tra le progressive 15+550 1 5+600 dell'asse sinistro (nel Comune di Lentini), dove è presente il sottopasso ferroviario (opera ST07) alla prg 15+553.8, previsto per consentire l'attraversamento della linea ferroviaria SR-CT (RFI).

Il presente lavoro si basa sui risultati degli studi eseguiti per i progetti definitivo ed esecutivo che hanno tenuto conto anche di tutte le osservazioni rimesse dai vari Enti a cui è stato presentato il Progetto. Si tenga conto che il lotto 4, in cui ricade l'opera in esame, costituisce l'accorpamento dei lotti denominati 7 e 8 nel progetto definitivo.

Lo studio eseguito 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;
- 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 della campagna di indagini geognostiche eseguite 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.;

Complessivamente per il progetto definitivo sono state effettuate le seguenti indagini su tutto il corridoio della Ragusa – Catania:

- -n. 202 sondaggi geognostici attrezzati con piezometri (118), tubi per prove Down-Hole (46) e inclinometri (20);
- -n. 703 prove penetrometriche standard SPT in foro di sondaggio;
- -n. 258 prelievi di campioni indisturbati in foro di sondaggio;
- -n. 198 prelievi di campioni lapidei da cassetta catalogatrice;
- -n. 348 prelievi di campioni rimaneggiati da cassetta catalogatrice;
- -n. 46 prove di permeabilità in foro;

Lotto 4 – SOTTOPASSO FERROVIARIO - RELAZIONE GEOLOGICA

- -n. 25 prove pressiometriche in foro;
- -n. 72 prelievi di campioni in alvei fluviali;
- -n. 185 pozzetti geognostici;
- -n. 69 prove di carico su piastra in pozzetto;
- -n. 247 prelievi di campioni rimaneggiati in pozzetto geognostico;
- -prove di laboratorio geotecnico e fisico su tutti i campioni indisturbati, rimaneggiati e litoidi -prelevati;
- -n. 166 stendimenti di sismica a rifrazione per un totale di 19.090 metri lineari;
- -n. 13 stendimenti integrativi di sismica a rifrazione per un totale di 1.472 metri lineari;
- -n. 97 indagini geofisiche tipo MASW.

In corrispondenza dell'attraversamento ferroviario in esame sono state eseguite le seguenti indagini utilizzate per la ricostruzione del modello geologico dell'area.

- Sondaggi geognostici S216, S217, S218;
- Pozzetti geognostici P274, P276, P277, P278;
- Stendimenti di sismica a rifrazione BS193, BS194;
- Prospezioni MASW 096.

2 INDAGINI ESEGUITE NELL'AREA IN ESAME

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 dell'area dell'attraversamento ferroviario del lotto 4 sono stati realizzati:

- n. 3 sondaggi geognostici S216, S217 ed S218;
- n. 12 prove penetrometriche standard SPT in foro di sondaggio;
- n. 1 prelievi di campioni indisturbati in foro di sondaggio;
- n. 1 prelievi di campioni lapidei da cassetta catalogatrice;
- n. 8 prelievi di campioni rimaneggiati da cassetta catalogatrice;
- n. 4 pozzetti geognostici (P274, P276, P277 e P278);
- n. 2 prove di carico su piastra in pozzetto;
- n. 5 prelievi di campioni rimaneggiati in pozzetto geognostici;
- prove di laboratorio geotecnico e fisico sui campioni indisturbati, rimaneggiati e litoidi prelevati;
- n. 2 stendimenti di sismica a rifrazione (denominati BS193 a BS194);
- n. 1 indagine geofisica tipo MASW (denominata M096).

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 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.

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 dall'opera in esame.

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, nell'area in esame, consiste in n. 2 piezometri per il controllo ed il monitoraggio della falda, n. 1 tubo 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. 12 prove penetrometriche standard). La caratterizzazione dei litotipi è stata approfondita, inoltre, prelevando nei sondaggi n. 1 campioni indisturbati, n. 8 campioni rimaneggiati e n. 1 campioni lapidei successivamente sottoposti a prove di laboratorio geotecnico.

L'assetto stratigrafico è stato approfondito con la realizzazione di n. 2 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. 1 prospezione Down-Hole in foro di sondaggio è stata integrata e approfondita con n. 1 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. 4 pozzetti geognostici eseguiti con escavatore meccanico. All'interno di due pozzetti, eseguiti in corrispondenza dei tratti di progetto in rilevato, sono state realizzate n. 2 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. 5) 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 in corrispondenza dell'attraversamento in esame 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).

Lotto 4 – SOTTOPASSO FERROVIARIO - RELAZIONE GEOLOGICA

Tabella 2-1 – 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
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
TOTALE	3	80		1	8	1	12

Tabella 2-2 – Elenco sintetico dei pozzetti eseguiti

Pozzetto	Lotto	Profondità (m)	Campioni rimaneggiati	Prove di carico su piastra
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	
TOT. 58 POZZETTI	TOT. 4 POZZETTI	9	5	2

Tabella 2-3 – Tabella riassuntiva delle MASW e delle 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'
M086	L4 ex L7 PD	357	C	C

IDENTIFICATIVO	Lotto	Vs30 (m/s)	Classe di Suolo NTC/08	Classe di Suolo 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica'
S218	L4 ex L8 PD	329	S2	S2 / C

IDENTIFICATIVO	LUNGHEZZA (m)	LOTTO
BS_193	115	L4 ex L8 PD
BS_194	115	L4 ex L8 PD
TOTALI	3450	30

Tabella 2-4 – Tabella riepilogativa delle basi sismiche eseguite

MANDATARIA:

MANDANTI:

3 ATTIVITA' GEOLOGICHE PER IL PROGETTO ESECUTIVO

Nell'ambito della progettazione geologica di tutto il corridoio di progetto sono state svolte le seguenti attività:

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

3.1 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.

L'insieme di studi e rilevamenti geologici eseguiti hanno consentito di redigere i seguenti elaborati tematici di cui si allegano le tavole relative all'attraversamento ferroviario

- Carta geologica di dettaglio a scala 1:2.000 T04GE01GEOCG15A
- Profili geologici longitudinali a scala 1:2.000/200 T04GE01GEOFG11A (asse DX) e T04GE01GEOFG25A (asse SX).

3.2 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:

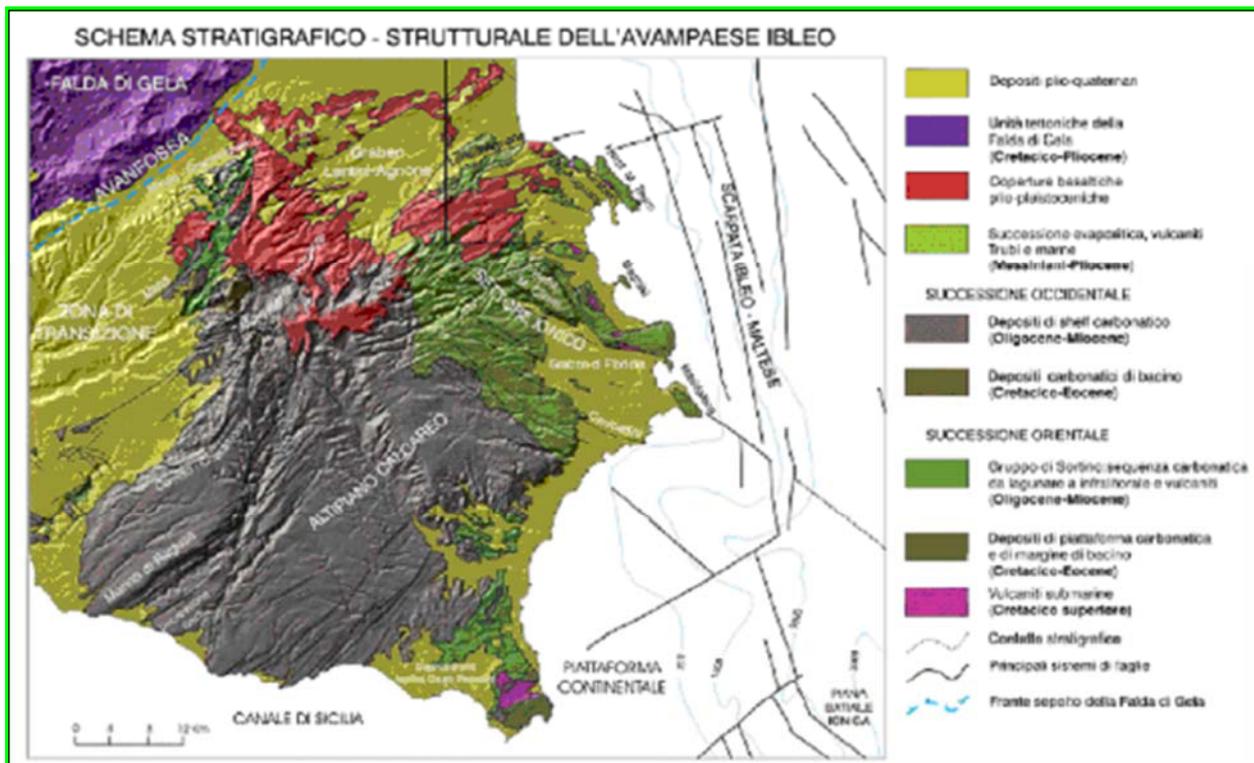
- fonte di provenienza del dato con eventuale riferimento di archivio;
- comune di riferimento;
- tipologia del punto d'acqua;
- tipologia di utilizzo;
- profondità dell'impianto;
- livello statico della piezometrica dal piano campagna;
- quota s.l.m. del boccaforo;
- quota assoluta del livello piezometrico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

4 INQUADRAMENTO GEOLOGICO

4.1 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 4-1).

Figura 4-1 – Schema stratigrafico-strutturale dell'Avampaese Ibleo



4.1.1 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 sub-marine 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 poggianti su evaporiti e breccie 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) marcano l'originaria linea di costa del Pliocene inferiore in questo settore.

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 breccie 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.

4.1.2 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.

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.

4.1.3 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 di cui si osservano lembi presso la zona di Francofonte.

4.1.4 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

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

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).

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 breccie sinsedimentarie associate a locali *hiatus* di ampiezza variabile (Pieri, 1969; Lentini *et alii*, 1987).

4.1.5 Tettonica Miocenica

Il quadro tettonico che caratterizza attualmente l'avampese 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.

4.1.6 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 4-2). 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),

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

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 4-2; Graben di Scordia-Lentini e Graben di Marina di Ragusa) e la zona di taglio destra orientata NNE-SSW (stereoplot f in Figura 4-2; 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 Floridia (Figura 4-2). 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 4-2).

Il Bacino di Floridia 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 4-2) (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-pleistocenica (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 4-3).

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Figura 4-2 - 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 stereoplott 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 Floridia; e) Sistemi a pieghe del margine sud-orientale; f) Linea di Scicli. Il rettangolo tratteggiato rappresenta l'ubicazione della Figura 4-3.

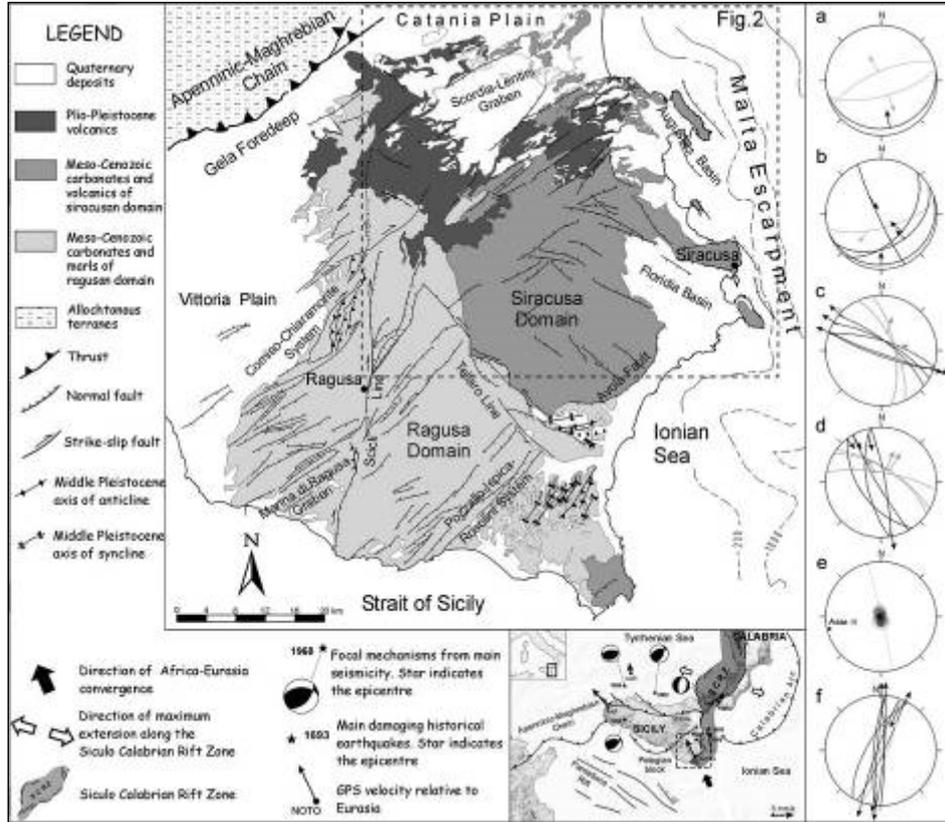
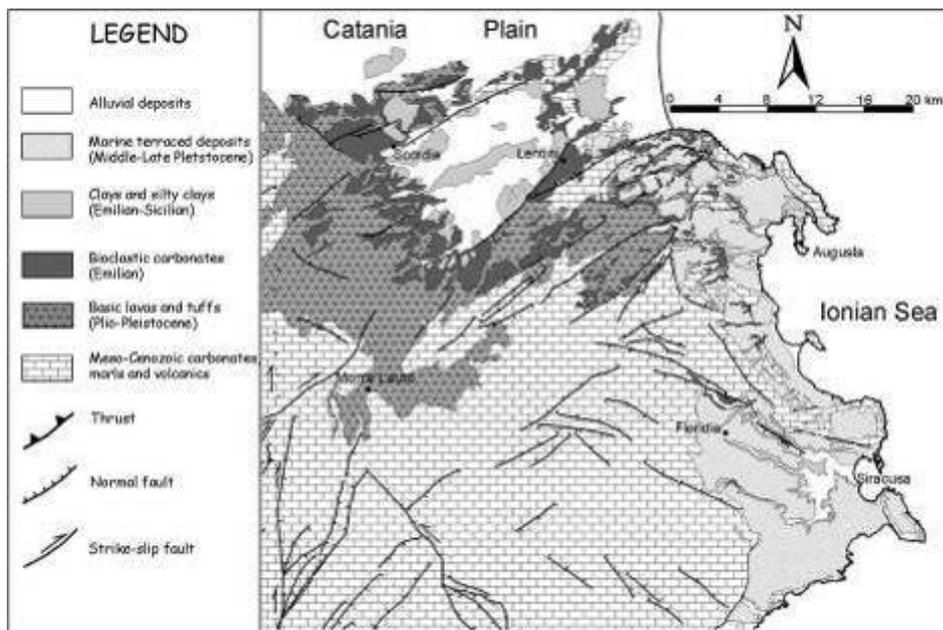


Figura 4-3 - Schema geologico-strutturale della porzione nord-orientale del Plateau Ibleo.



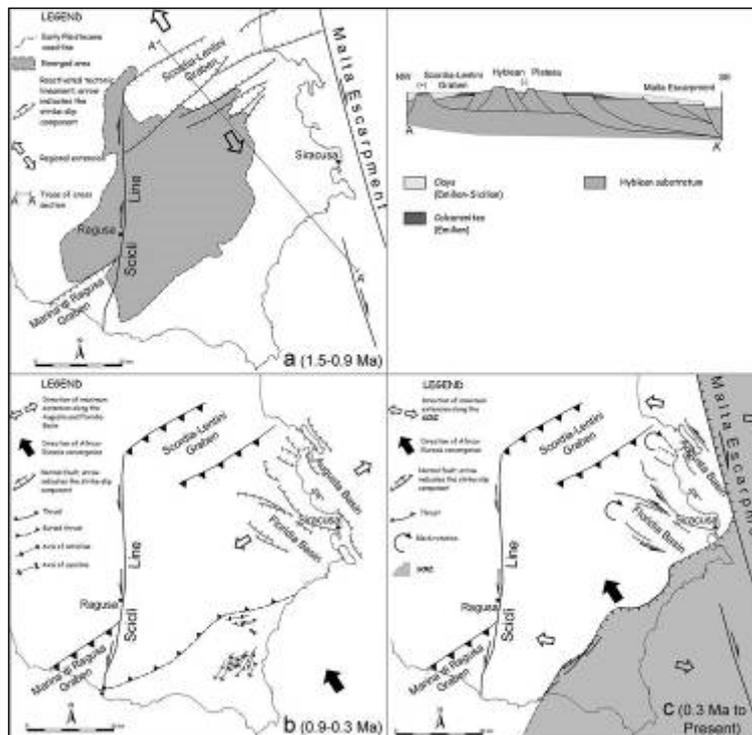
RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

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 Florida, 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 Florida. 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 Florida, poggiando sia sulle serie quadernarie presenti all'interno delle depressioni che sulle successioni mioceniche rialzate lungo i margini.

I nuovi dati strutturali sui principali lineamenti tettonici quadernari 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 quadernari 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 Florida. 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 4-4a) 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 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 4-4).

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Figura 4-4 - 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 4-4) 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 4-4c) 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.

4.2 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.

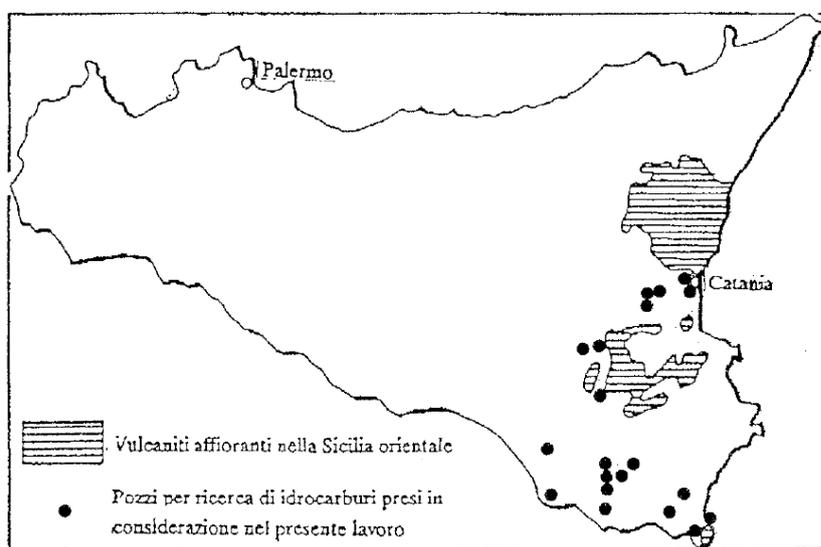
Come detto precedentemente, le successioni che affiorano nell'area di interesse sono caratterizzate da sequenze prevalentemente carbonatiche e sabbioso-arenacee cui si intercalano e/o si sovrappongono orizzonti di vulcaniti.

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 4-5) 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 4-5 – 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'assostamento 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, 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 dell'attraversamento in esame, dalla più recente alla più antica:

4.2.1 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 4.1) e di rilevati stradali e ferroviari.

Foto 4.1 – Cumuli di materiale di riporto antropico presso fine lotto.



4.2.2 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 4.2). 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.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 4.2 - Depositi eluvio-colluviali costituiti visibili presso l'abitato di Lentini.



4.2.3 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 4.3). 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 4.3 - Panoramica dei depositi alluvionali fluviali in corrispondenza del Fiume Barbaiani.



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

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

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

4.2.5 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 (Foto 4.4). 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. Talvolta sulle argille grigio azzurre poggiano dei conglomerati poligenici e sabbie fossilifere.

Lo spessore complessivo di tali sedimenti raggiunge i 100 metri.

Foto 4.4 - - 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)



4.2.6 Vulcaniti del Pliocene medio-superiore Pleistocene inferiore

Appartengono alla potente successione di vulcaniti basiche prevalentemente submarine nella porzione basale e subaeree procedendo verso l'alto. I prodotti subaerei sono costituiti da prevalenti colate di lave bollose e scoriacee e da subordinati prodotti piroclastici (Pvl -Foto 4.5). 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.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Foto 4.5 - Colate di lave bollose e scoriacee con subordinati prodotti piroclastici (Pvl).



5 CARATTERI GEOMORFOLOGICI

Il tracciato stradale in progetto si sviluppa nei settori nord-orientale e nord-occidentale dell'altipiano Ibleo (Sicilia orientale) ed attraversa il territorio del comune di Lentini.

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:

- a) Tipo "sub-dendritico" ed addirittura "piumato", caratteristico delle aree di affioramento dei terreni coesivi e plastici di natura argilloso-marnosa.
- b) Tipo "parallelo", tipico delle aree in cui sono presenti affioramenti di litotipi a diversa erodibilità.
- c) Tipo "angolare", caratteristico delle aree di affioramento dei terreni litoidi (calcari 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.

Nell'area dell'opera in esame non sono stati riconosciuti morfotipi particolari tranne che la presenza di forme antropiche costituite da

-riporti: materiale di risulta accumulatosi in seguito alle attività di estrazione di cava e/o di risulta degli scavi delle trincee esistenti.

Morfologicamente l'opera in esame ricade all'interno della piana alluvionale del fiume San Leonardo è più in particolare di una piccola incisione secondaria che confluisce nell'asta principale immediatamente a nord dell'attraversamento.

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.

Tutta la zona risulta soggetta ad alluvionamento da parte delle acque del Fiume San Leonardo.

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. Nell'area dell'opera in esame non sono stati identificati dissesti censiti.

Nell'ambito del progetto esecutivo di tutto il corridoio è stata eseguita una valutazione della 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. L'esito di questo lavoro ha evidenziato che l'area dell'attraversamento ferroviario non è interessata da questa tipologia di rischio.

6 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, in 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.

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.

6.1 DEFINIZIONE DEI COMPLESSI IDROGEOLOGICI

Ai fini dell'analisi delle successioni idrogeologiche evidenziate nell'area in esame sono stati definiti i complessi idrogeologici presenti nell'area i cui caratteri di permeabilità, 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 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.

6.2 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 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.

Nell'area in esame la falda è contenuta nel complesso alluvionale (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.

Nell'ambito dello studio 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.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

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.

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

Tabella 6-1 – 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-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							
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

7 SISMICITA' DELL'AREA

7.1 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 attuazione 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.

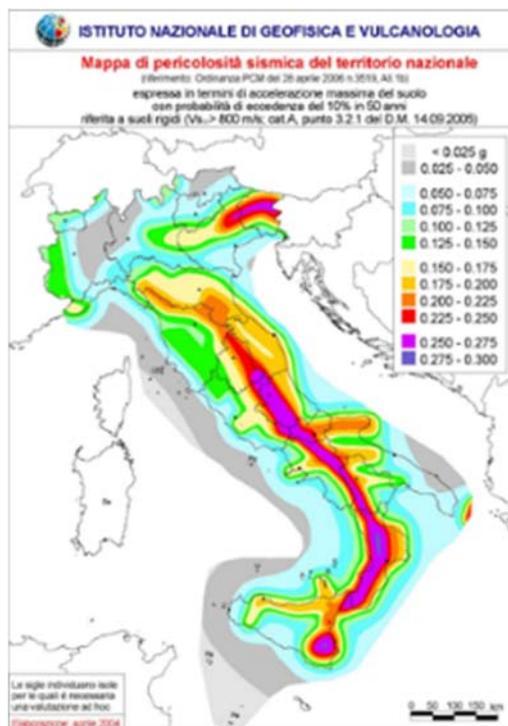


Figura 7-1 Mappa di pericolosità sismica del territorio nazionale (OPCM 3519/06).

- 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".

7.2 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.

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 7-2 Zonazione sismogenetica SZ4 (GN 1996), da http://emidius.mi.ingv.it/GNDT/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 delle piastra di avampaese. Sismicità connessa a questo stile geodinamico è presente nei territori del calatino e più in generale nella fascia meridionale del territorio provinciale. I

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

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 a_{max} 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 ripermimetrazione del territorio nazionale.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

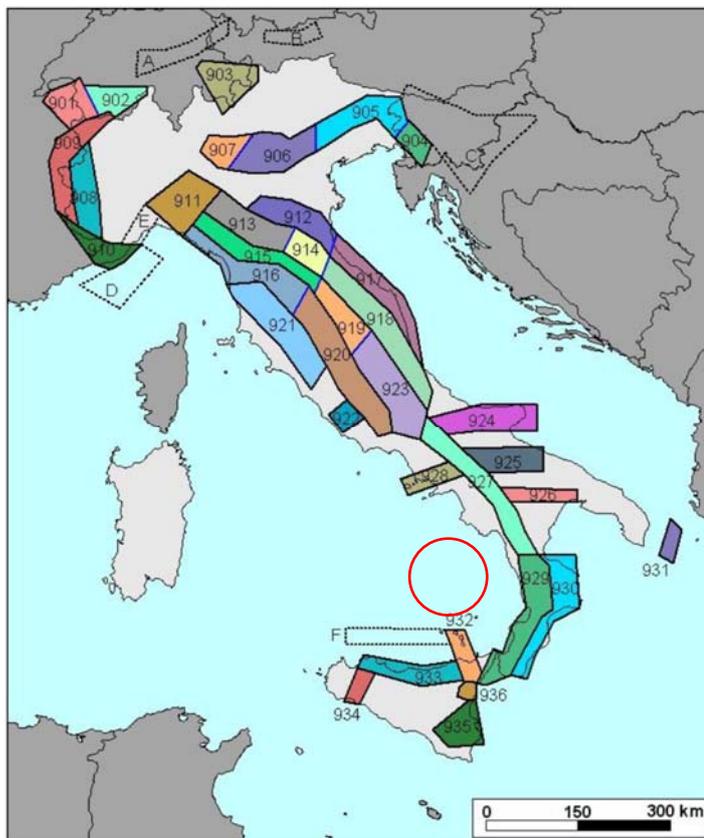


Figura 7-3 - Zonazione sismogenetica ZS9.

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

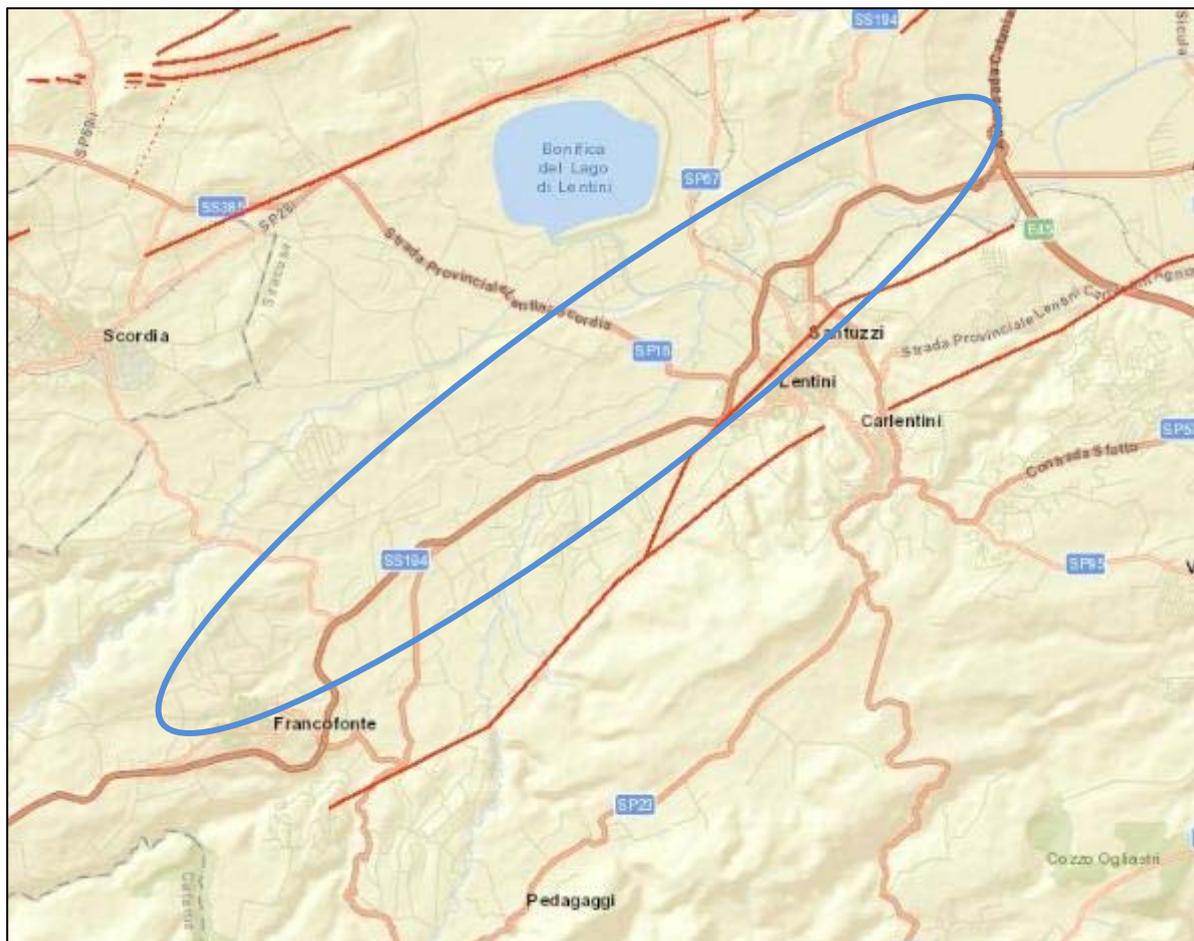


Figura 7-4 Faglie capaci attive da catalogo INGV

Nella tabella e nell'immagine che seguono sono riportati gli effetti risentiti nel comune di Lentini, estratti dal Catalogo Parametrico dei Terremoti Italiani (Gruppo di Lavoro CPTI) dell'INGV.

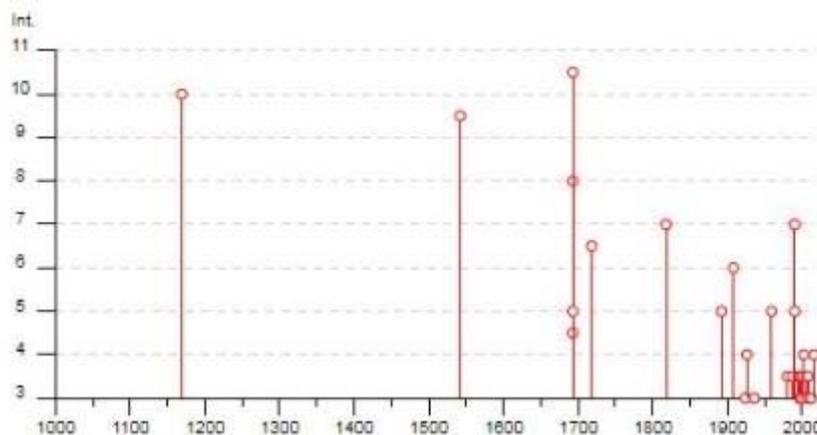


Figura 7-5 Distribuzione delle intensità risentite al sito (I_s) dei terremoti verificatisi nell'area di Lentini dal 1000 al 2007 con intensità risentita pari o superiore al IV grado MCS (Gruppo di lavoro CPT15- INGV).

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

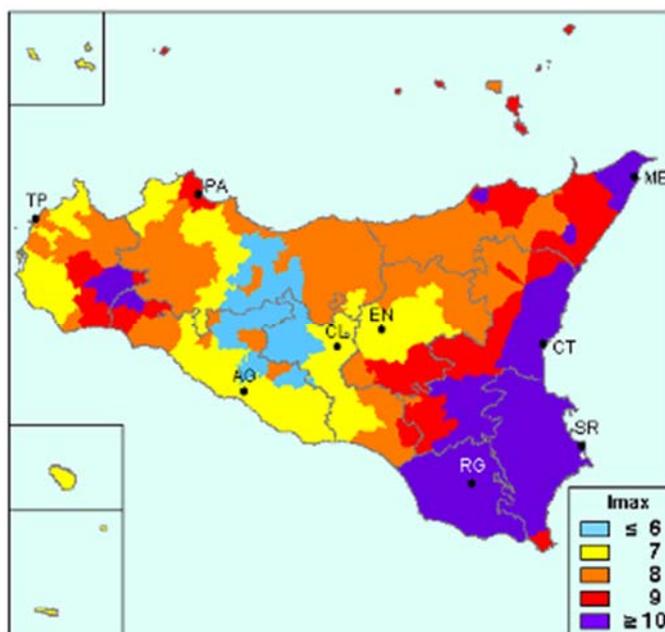
Tabella 7-1 – Catalogo sismico di sito dell'area di Lentini . Dati modificati a partire da Gruppo di Lavoro CPTI, 2015. (Io = intensità epicentrale; Mw = magnitudo; Int = intensità risentita al sito; NMDP = numero di osservazioni macrosismiche del terremoto).

Effetti		In occasione del terremoto del									
Int.	Anno	Me	Gs	Ho	Mi	Se	Area epicentrale	NMDP	Io	Mw	
10	1149	02	04	07			Sicilia sud-orientale	8	10	4.50	
9-10	1642	12	10	16	16		Sicilia sud-orientale	32	10	4.68	
8	1693	01	05	21			Sicilia sud-orientale	30	8-9	4.07	
4-5	1693	01	11	08			Sicilia sud-orientale	8			
10-11	1693	01	11	18	30		Sicilia sud-orientale	179	11	7.32	
8	1693	07	06	17	30		Sicilia sud-orientale	7	8	4.38	
6-7	1718	02	20				Sicilia orientale	7	6-7	5.25	
7	1818	08	01	02	45		Monti Iblei	24	7-8	5.57	
5	1882	01	22	23	47		Monti Iblei	26	5	4.41	
6	1908	12	28	04	23	27	Stretto di Messina	772	11	7.10	
5	1924	08	17	21	40		Monti Iblei	22	5	4.74	
4	1928	08	17	01	42		Isole Eolie	35	7-8	5.28	
3	1934	10	08	08	04		Patto	16	3-6	4.41	
3	1959	12	23	09	29		Piano di Catania	108	6-7	5.11	
2	1976	04	18	23	33	4	Golfo di Patto	330	9	4.03	
3-4	1980	01	23	21			Monti Iblei	122	3-6	4.39	
2	1980	11	28	18	34	32	Irpino-Basilicata	1394	10	6.81	
3-6	1987	02	02	16	08	0	Sicilia centro-orientale	23		4.44	
7	1990	12	18	00	24	2	Sicilia sud-orientale	304		5.61	
6	1990	12	16	18	30	2	Tonico meridionale	106		4.38	
3-4	1995	02	10	08	15	48	Etna - Versante occidentale	18	3	4.31	
3-4	1997	07	30	16	06	0	Monti Iblei	45	3	4.45	
3-4	1997	12	03	08	28	3	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	45	18	Etna - Versante sud-occidentale	44	6-7	3.96	
3	1999	02	14	11	45	5	Golfo di Patto	101		6.46	
3-4	2000	11	05	17	24	2	Etna - Versante meridionale	70	3-6	3.81	
NF	2001	01	09	02	31	3	Etna - Zafferana Etnea	104	6	3.73	
NF	2001	05	24	08	02	1	Tonico meridionale	35		4.44	
4	2002	09	06	01	21	2	Tirreno meridionale	132	6	5.92	
NF	2004	05	05	18	05	4	Isole Eolie	641		5.42	
3-6	2006	04	28	16	42	3	Siracusa	12	4	4.06	
3	2006	06	20	07	05	5	Etna - Versante sud-occidentale	27	6	3.31	
3-6	2006	12	15	02	30	1	Etna - Versante sud-occidentale	38	6	4.00	
NF	2011	05	06	18	12	3	Etna - Versante nord-occidentale	28	5-6	4.31	
3	2011	10	09	08	28	2	Monti Iblei	26	4	3.47	
3	2012	04	27	01	14	2	Monti Iblei	16	5	3.90	
4	2016	02	08	15	35	4	Monti Iblei	58	5-6	4.44	

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

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Figura 7 -6 – 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 al comune di Lentini, le massime intensità macrosismiche osservate sono $I_{max} \geq 10$ MCS.

Tabella 7-2 – Massime Intensità Macrosismiche osservate nel comune di Lentini.

Comune	Re	Pr	Com	Lat	Lon	I_{max}
LENTINI	19	89	11	37.28460	14.99854	≥ 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.

7.3 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.

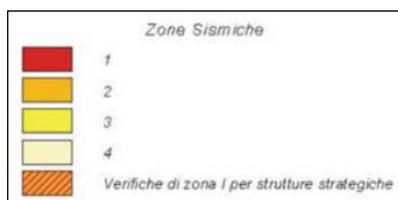
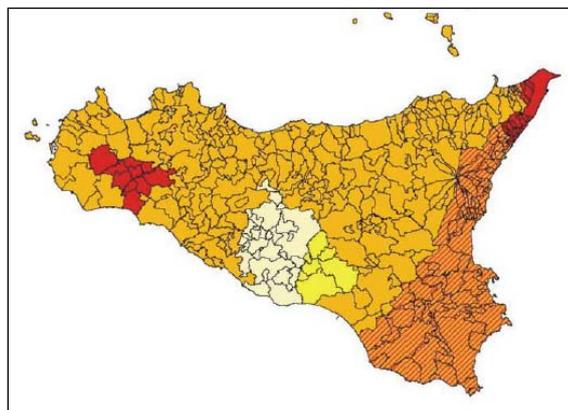
In base all'emanazione dei criteri di nuova classificazione sismica del territorio nazionale tramite l'OPCM 3274/03, in seguito aggiornata con l'OPCM 3519 del 28 aprile 2006 "Pericolosità sismica di riferimento per il territorio nazionale", si evidenzia che il comune di Lentini è stato inserito in zona 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 il comune in oggetto 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 7-3 – 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
Lentini	2	2	X

Figura 7-7 Classificazione sismica della Regione Sicilia secondo la Delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19/12/2003.



RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

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 pianeggianti, 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 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.

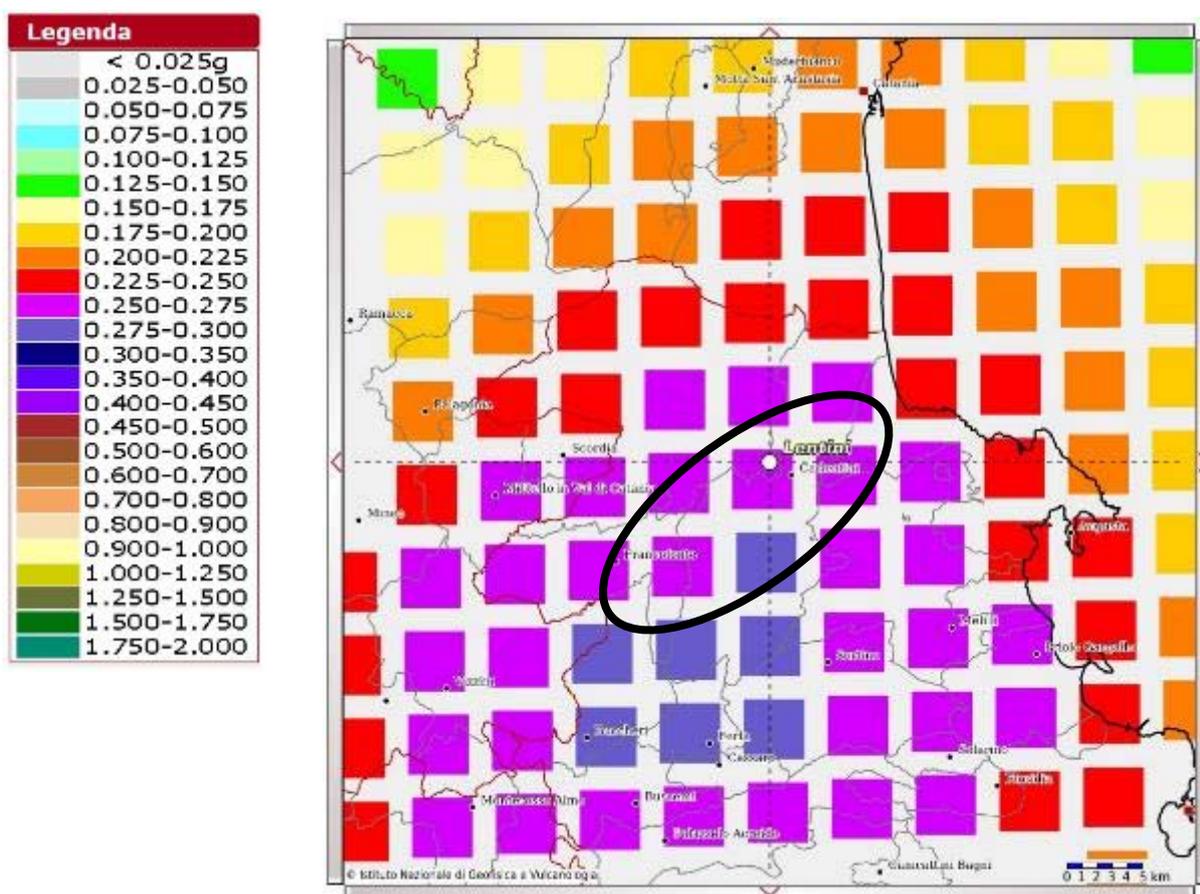


Figura 7-8 Carta della pericolosità sismica nell'area compresa fra i comuni di Francofonte, Lentini e Carlini. Il parametro rappresentato è la PGA (picco di accelerazione del suolo atteso con il 10% di probabilità in 50 anni ; INGV 2006.

Prendendo in considerazione la "Mappa interattiva della pericolosità sismica" del territorio nazionale, edita dall'INGV, si evince, per il territorio comunale di Lentini, 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.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

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:

Tabella 7-4 – 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 $15 < N_{SPT,30} < 50$ 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:

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

Tabella 7-5 – 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.

In corrispondenza dell'attraversamento 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

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

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 nella tabelle che seguono con alcune considerazioni legate all'opera:

Tabella 7-6 – Riepilogo dei risultati (V_{S30} e categoria di suolo in funzione delle NTC e di 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica') delle prospezioni sismiche di tipo MASW.

IDENTIFICATIVO	V_{S30} (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
M096	378	B	B

Tabella 7-7 – Riepilogo dei risultati (V_{S30} e categoria di suolo in funzione delle NTC e di 'Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica') delle prospezioni sismiche di tipo Down-Hole

IDENTIFICATIVO	V_{S30} (m/s)	Categoria di Suolo NTC/08	Categoria di Suolo Indirizzi e Criteri per la Microzonazione Sismica
S218	329	S2	S2 / C *(1)

Note: *(1) il rapporto V_{rig}/V_{soft} è inferiore a 2, ma $V_{rig} < 500$ m/s: si consiglia di verificare in funzione dell'opera.

7.4 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 $i < 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $> 15^\circ$
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 $> 30^\circ$

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.

Per il tratto in esame interessato dall'attraversamento ferroviario, si può assumere la categoria topografica T1 cui corrisponde un coefficiente di amplificazione $ST = 1.0$.

8 ANALISI DELL'OPERA

La descrizione che segue analizza le caratteristiche generali dei terreni intercettati dall'opera in esame nel tratto compreso fra le progressive 15+550 e 15+600, in riferimento alle progressive di progetto della carreggiata sinistra ed ai corrispondenti elaborati tematici geologici. 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).

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 inizialmente costante intorno ai 10 m per poi aumentare in maniera consistente, 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.

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+554 e 15+609 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 da variabili da circa 8-9 m a sud dell'attraversamento a circa 4-5 m. Le alluvioni, investigate con il sondaggio S218d, poggiano con omogeneità sulla sottostante formazione delle calcareniti con lenti conglomeratiche (Qca).	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.

9 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'Avampese 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.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

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.

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. 11., 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'Altopiano 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 formation 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.

RELAZIONE GEOLOGICA Lotto 4

MONACO C. & TORTORICI L. (2000) -Active faulting in the Calabrian arc and eastern Sicily. *J. Geodyn.*, 29, 407-424.

PEDLBY H.M. (1981) - Sedimentology and palaeoenvironment of the south-east Sicilian Tertiary platform carbonates. *Sedimentary Geology*, 28, 273-291.

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 (Chiaromonte Gulfi); 273/4/SE (Grammichele).