
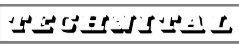


01	SETT 2012	CONFERIMENTO MATERIALI DI RISULTA ALLA CAVA TRUNCAFILA	FRESIA	FRESIA	FRESIA
00	MAR 2011	EMISSIONE	FRESIA	FRESIA	FRESIA
REV. N.	DATA	DESCRIZIONE	ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO
SOSTITUISCE L'ELABORATO N°			SOSTITUITO DALL'ELABORATO N°		
CONSORZIO PER LE AUTOSTRAD E SICILIANE					
AUTOSTRADA SIRACUSA – GELA					
2° TRONCO: ROSOLINI – RAGUSA					
LOTTO 9 : "SCICLI"					
PROGETTO ESECUTIVO					
RELAZIONE GEOLOGICA					
ELABORATO N.	A18-9-gl20		PROGETTAZIONE  FRESIA IL RESPONSABILE : DOTT. ING. A. SCOTTI		
DATA	LUGLIO 2004				
CODICE CAD-FILE	A18-9-gl20.doc				
<small>OPERA PROTETTA AI SENSI DELLA LEGGE 22 APRILE 1941 N. 633 TUTTI I DIRITTI RISERVATI QUALSIASI RIPRODUZIONE ED UTILIZZAZIONE NON AUTORIZZATE SARANNO PERSEGUITE A RIGORE DI LEGGE</small>					

 	Rev. 0	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 1
	Rev.			

INDICE

1- PREMESSA	2
2 – NORMATIVA DI RIFERIMENTO	7
2 - CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE	8
3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO	12
4 - CARATTERISTICHE TETTONICHE	15
5 - INDAGINI GEOGNOSTICHE	19
5.1 – Pozzetti esplorativi	19
5.2 - Sondaggi geognostici	20
5.3 - Indagini geofisiche	22
5.4 - Prove di permeabilità "Lugeon"	28
6 - CARATTERISTICHE LITOLOGICHE	31
6.1 - Copertura detritica e/o eluviale	31
6.2 - Depositi alluvionali	32
6.3 - Milonite	32
6.4 – Calcareniti pliopleistoceniche	33
6.5 Marne calcaree di colore bianco crema	33
6.6 Marne argillose ed argille marnose gialle	34
6.7 Marne argillose ed argille marnose grigio-azzurre	35
6.8 - Alternanza di calcari e calcareniti ben cementate della Formazione Ragusa.	36
6.9 – Descrizione del tracciato	37
7 - CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE	40
7.1 - Caratteristiche di permeabilità	40
7.1.1 - Terreni permeabili per porosità	41
7.1.2 - Terreni permeabili per fratturazione	41
7.1.3 - Terreni poco permeabili o impermeabili	42
7.2 - Circolazione idrica	42
7.2.1 - Acque di superficie	43
7.2.2 - Falde superficiali	43
7.2.3 - Falde profonde	43
7.3 - Descrizione degli acquiferi	44
7.3.1 - Falde idriche superficiali	44
7.3.2 - Falde idriche profonde	44
7.4 - Vulnerabilità degli acquiferi	45
8 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI	47
8.1 - Copertura detritica	47
8.2 - Depositi alluvionali attuali e recenti	48
8.3 - Terrazzi fluviali e marini	49
8.4 - Milonite	49
8.4 Calcarei marnosi (Trubi)	50
8.4 Marne argillose ed argille marnose (Formazione Tellaro)	51
8.4.1. Facies alterata	52
8.4.2. Facies integra	54
8.5 Calcarei e calcareniti	56
9 – SISMICITA' DELL'AREA	62
9.1 – Pericolosità sismica di base ed azioni sismiche	67
10 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA	72
11- IL TRACCIATO AUTOSTRADALE	74
11.1 – Tratti in trincea.	74
11.2 – Tratti in rilevato	77
11.3 – Scatolari e sottovia	79
11.4– Ponti e cavalcavia	81
11.5 – Galleria artificiale Scicli	82
11.6 – Viadotto Modica	83
11.7 – Svincolo di Scicli	85
12 – MOVIMENTI MATERIE	86
13 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE	90

 	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 2
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

1- PREMESSA

La presente relazione descrive la situazione geologico-stratigrafica e la condizione geomorfologica e strutturale del tratto autostradale ricadente nel Lotto 9 “Scicli” dell’*Autostrada Siracusa-Gela*.

Il lotto in argomento è in prosecuzione con l’attiguo lotto 8 che prevede, nella sua parte terminale, la realizzazione dello svincolo Autostradale di Modica.

Il lotto 9 inizia in corrispondenza della SS 194 Ragusana, oltre la quale si snoda progressivamente verso W attraversando, con una successione di tratti in trincea e rilevato, Contrada Fami Giurgia, S. Bartolomeo e Piano S. Agata. Da qui il tracciato piega leggermente verso NW sino a contrada Imbastita, ove è ubicata la galleria artificiale Scicli. Allo sbocco della galleria un breve tratto all’aperto immette nel viadotto Modica, il quale attraversa l’omonimo corso d’acqua, a valle dell’abitato di Scicli, senza interessare in alcun modo le aree urbanizzate del citato Comune. Superato il Torrente il tracciato prosegue interamente in trincea per concludersi in corrispondenza della S.P. 95.

Nei lavori del lotto 9 è compreso anche lo svincolo di Scicli che si sviluppa interamente lungo la sponda orografica destra del Torrente Modica e congiunge l’asse autostradale con la SP Scicli - Donnalucata.

Il tracciato stradale si estende per una lunghezza complessiva di 11+215,411 Km., oltre alla bretella di svincolo. Comprende ampi tratti in rilevato ed in trincea, un viadotto a grandi luci, una galleria artificiale, numerosi scatolari, ponti e cavalcavia che permettono di risolvere l’interferenza fra il corpo autostradale ed una diffusa rete viabile prevalentemente locale.

La Tav. 1 riporta una planimetria generale del lotto, in scala 1:10.000, con indicazione del tracciato e delle principali opere d’arte previste.

In osservanza al D.M. 11.03.1988 e successive modificazioni, in questo specifico tratto d’interesse progettuale, nel periodo settembre – ottobre 2003, sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche, geofisiche e geotecniche:

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 3
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- n° 30 pozzetti esplorativi a mezzo di escavatore spinti sino alla profondità massima di m 4,00 m dal p.c.;
- n° 34 sondaggi geognostici a carotaggio continuo ed in parte a distruzione di nucleo, spinti sino alla profondità massima di m 60,00 m dal p.c.;
- n° 37 prove di permeabilità “Lugeon” in fase di avanzamento nel corso dei sondaggi geognostici;
- n° 14 prove penetrometriche statiche con penetrometro dinamico;
- prelievo, nel corso dei sondaggi e dei pozzetti, di n° 67 campioni in parte a disturbo limitato ed in parte rimaneggiati;
- installazione di n° 3 piezometri in P.V.C., per il rilievo dei livelli idrici nel sottosuolo;
- n° 55 basi sismiche a rifrazione, con stendimento di lunghezza variabile da un massimo di 90 ad un minimo di 24 m;
- analisi geotecniche di laboratorio su tutti i campioni prelevati.
- ad integrazione di quanto sopra nell’agosto 2009 è stata condotta una campagna volta all’acquisizione delle Vs30, mediante tecnica MASW, per la definizione della categoria di suolo di fondazione ai sensi delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al Decreto 14.01.2008.

Lo studio delle condizioni geologiche presenti lungo il tracciato autostradale del lotto 9 è stato eseguito secondo i seguenti criteri:

- rilevamento geologico in scala 1:10.000, su base topografica ricavata da ingrandimento delle tavolette I.G.M.;

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 4
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- rilevamento di dettaglio, in scala 1:2.000, lungo la fascia impegnata dal tracciato autostradale, mediante una cartografia di progetto riportante l'esatta ubicazione del tracciato e delle opere;
- studio delle caratteristiche geomorfologiche, eseguito sia mediante ricognizioni sui luoghi sia mediante analisi stereoscopica delle foto aeree del 2003;
- studio delle falde idriche e della permeabilità dei terreni, condotto sulla scorta delle caratteristiche geologiche generali del territorio, dei rilievi e riscontri in sito e delle prove di permeabilità effettuate durante le indagini geognostiche;
- studio della sismicità effettuato in base ai dati litostratigrafici, bibliografici e dell'indagine sismica con tecnica MASW;
- caratterizzazione geotecnica dei terreni, condotta sulla scorta delle analisi e prove condotte in laboratorio su campioni prelevati nel corso dell'indagine geognostica ed in situ, nonché sulla base dei rilievi geomeccanici in parete;
- studio della pericolosità geologica, derivante dalla sintesi di tutti gli elementi analizzati.

I dati forniti dalle indagini hanno permesso sia la redazione della presente relazione geologica, sia la stesura degli elaborati grafici di seguito elencati ed a cui si fa riferimento per maggiori dettagli:

- 1) ubicazione del tracciato autostradale, in scala 1:25.000 (Tav. 1);
- 2) carta geomorfologica, in scala 1:10.000 (Tav. 2);
- 3) carta geologica d'inquadramento generale, in scala 1: 10.000 (Tav. 2);
- 4) carta idrogeologica e della vulnerabilità delle falde idriche, in scala 1:10.000 (Tav.4);
- 5) carte litologiche, in scala 1:2.000 (Tav. 5, 6, 7, 8, 9, 10 e 11);
- 6) carte con ubicazione delle indagini, in scala 1:4.000 (Tav. 12, 13 e 14);

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 5
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- 7) carte litotecniche, in scala 1:4.000 (Tav. 15, 16 e 17);
- 8) carte della pericolosità sismica locale, in scala 1:4.000 (Tav. 18, 19 e 20);
- 9) carta della pericolosità geologica, in scala 1:10.000 (Tav. 21);
- 10) profili litologici, in scala 1:2.000/1000 (Tav. 22, 23, 24, 25);
- 11) sezioni litologiche, in scala 1:500 (Tav. 26, 27 e 28).

Per l'inquadramento geologico-strutturale generale si è fatto riferimento alla recente letteratura geologica ed in particolare alla «*Carta Geologica della Sicilia Sud-Orientale*» - Istituto di Scienze della Terra - Università di Catania (**1984**) ed alla «*Carta Geologica del Settore Centro-Meridionale dell'Altopiano Ibleo (Provincia di Ragusa, Sicilia Sud-Orientale)*» - Università di Catania - Istituto di Geologia e Geofisica, **M. GRASSO (1997)**.

Per lo studio idrogeologico generale si è fatto riferimento alla «*Carta della Vulnerabilità delle falde idriche - Settore Sud-Orientale Ibleo (Sicilia S.E.)*» - Università di Catania - Istituto di Geologia e Geofisica, **A. AURELI (1990)**.

Per quanto attiene lo studio della sismicità dell'area in studio, inquadrata nel più ampio dominio della sismicità dell'Altopiano Ibleo, sono stati consultati il «*Catalogo dei Terremoti Italiani dall'anno 1000 al 1980*» (**C.N.R. - Progetto finalizzato di Geodinamica, 1985**) ed il lavoro di **CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G. & PATANE' G. (1982)**, oltre alla banca disponibile sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (www.ingv.it)

Nei paragrafi successivi verranno trattati i sottoelencati argomenti:

- normativa di riferimento;
- condizioni geomorfologiche;
- inquadramento geologico;
- caratteristiche tettoniche;
- indagini geognostiche;

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 6
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- caratteristiche litologiche;
- condizioni idrogeologiche;
- comportamento meccanico dei terreni;
- sismicità dell'area, pericolosità sismica di base ed azioni sismiche;
- pericolosità geologica;
- il tracciato autostradale;
- movimenti materie;
- conclusioni.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 7
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

2 – NORMATIVA DI RIFERIMENTO

La presente relazione è stata redatta in ottemperanza alla seguente normativa:

- DM 11.03.1988 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione.
- Circ. Min. LL.PP. 24.09.1988 n° 30483, istruzioni 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 ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione;
- O.P.C.M. 3274 del 20 marzo 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", e s.m.i.
- Decreto 14 gennaio 2008 del Ministero delle Infrastrutture; Approvazione delle nuove norme tecniche per le costruzioni;
- Circolare esplicativa n° 617 del 26 febbraio 2009, del Ministero delle Infrastrutture e Trasporti contenente: Istruzioni per l'applicazione delle "Nuove norme tecniche per le costruzioni" di cui al Decreto Ministeriale 14 Gennaio 2008;

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 8
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

2 - CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE

La geomorfologia del tratto di territorio in studio è evidenziata nella “*Carta morfologica*” allegata in Tav. 2, ove sono stati delimitati i principali elementi dedotti dai rilievi condotti in situ e dall’analisi stereoscopica delle foto aeree, a colori, del volo effettuato su incarico della progettista nel 2003.

I *lineamenti orografici* sono dominati dalla presenza di un altopiano caratterizzato da una pendenza quasi monoclinica verso Sud-Est, con quote lungo il tracciato variabili da un minimo di circa m 98 s.l.m. a S di Scicli, ad un massimo di m. 299 s.l.m. ad inizio lotto.

Il *reticolo idrografico* è mediamente evoluto, con incisioni più o meno marcate che si sviluppano generalmente con direzione circa N-S.

I suddetti impluvi sono spesso confinati entro profonde incisioni, con valli che disegnano pareti subverticali (“*forre*” o “*canyon*”); talvolta si evidenziano anche più o meno ampi meandri incassati nella roccia. I maggiori corsi d’acqua che si incontrano lungo l’asse autostradale, procedendo da est verso ovest, sono:

- *Cava Cugno*, che segna il limite orientale del lotto ed ha direzione N-S;
- *Cava S. Bartolomeo*, affluente in sinistra orografica del T. Modica, il cui alveo descrive una “U” poco a monte del tracciato, assumendo prima direzione NE-SW, poi NW-SE;
- *Torrente Modica*, ubicato nella parte occidentale del lotto, con direzione prevalente N-S e percorso a tratti meandriforme.

Nella fascia di territorio in studio sono stati rilevati alcuni lembi di terrazzi fluviali e marini a varie quote, con sedimenti di spessore estremamente ridotto la cui esistenza, sovente, è testimoniata solo dalla presenza di rari ciottoli subarrotondati o da semplici spianate.

I fenomeni di *erosione* che si esplicano nel tratto di territorio in studio sono di varia tipologia e possono sintetizzarsi in:

- *erosione diffusa*;

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 9
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- *erosione per scalzamento al piede;*
- *erosione chimica.*

L'*erosione diffusa* è quella che si esplica in tutti i versanti ad opera delle acque dilavanti. Tale fenomeno, pur se arealmente diffuso, risulta generalmente molto contenuto e visibile causa la natura prevalentemente lapidea dei terreni e le lavorazioni e sistemazioni stagionali su terreni oggetto di una discreta attività agricola. Locali condizioni di erosione diffusa sono visibili laddove affiorano termini argillo marnosi in assenza di copertura vegetale, o dove la stessa copertura vegetale è stata per qualche motivo asportata. Tale contesto è evidente in particolare nell'area di Monte Pelato, a sud dell'abitato di Scicli, in un tratto di territorio posto subito a monte della galleria artificiale Scicli.

L'*erosione per scalzamento al piede* viene prodotta dai corsi d'acqua incanalati (torrenti e valloni) al piede dei versanti; tale fenomeno, nelle valli in terreni carbonatici, risulta di intensità e velocità variabile in relazione alla *competenza* delle rocce. Può considerarsi molto lento e di entità trascurabile nei confronti dei calcari compatti e lapidei, mentre acquista maggiore intensità e velocità nell'ambito di intercalazioni marnose o di calcareniti poco cementate.

Infine l'*erosione chimica* si esplica nell'ambito delle formazioni carbonatiche, sia sotto forma di fenomeni *carsici* profondi, sia come modellamento della superficie. Fenomeni carsici profondi si riscontrano, localmente, in prossimità dell'abitato di Scicli (esternamente alle aree d'interesse progettuale) ove sussistono calcari ad elevato grado di purezza che evidentemente hanno permesso la formazione di alcune gallerie ed altre macroforme carsiche. Fenomeni carsici superficiali, indicatori di un carsismo poco evoluto (perché di recente formazione o, come nel caso specifico, imputabile alla presenza di calcari non puri) originano forme secondarie come campi carreggiati, vaschette, scoline ecc, visibili spesso lungo buona parte dell'altopiano Ibleo. Le indagini ed i rilievi effettuati non hanno messo in luce la presenza di fenomeni carsici profondi nell'area di specifico interesse progettuale. Oltre a modeste evidenze di un carsismo prettamente superficiale, il basso grado di evoluzione del carsismo è stato confermato nel corso dei sondaggi, durante i quali sono stati riscontrati, eccezionalmente, alcuni fenomeni di dissoluzione o limitati vuoti di dimensioni estremamente contenute (nell'ordine del decimetro cubo). Anche le prove Lugeon, in assenza di

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 10
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

assorbimenti significativi, comunque sempre compatibili con la presenza di un ammasso lapideo fratturato in assenza di cavità carsiche, confermano tale contesto. Le fratture, sulla base delle informazioni ricavate nel corso dei sondaggi, dei rilievi di campagna e dalle prove di permeabilità, si dimostrano spesso serrate o occluse da materiale di riempimento il quale, oltre a moderare la permeabilità della roccia, costituisce una barriera alla dissoluzione carsica del calcare.

Poiché, in definitiva, il complesso dei fenomeni erosivi e di degradazione meteorica regolano l'*evoluzione geomorfologica* del territorio, in ordine a quanto sopra esposto si possono formulare alcune valutazioni inerenti la *stabilità geomorfologica* dell'area in esame.

Con il termine di *evoluzione geomorfologica* s'intende il complesso di tutti quei fenomeni naturali che determinano il modellamento della superficie terrestre; quest'ultimo avviene mediante processi *degradazionali* e *gradazionali*, intendendosi con il primo termine l'erosione dei rilievi, che tendono quindi ad abbassarsi e ad appiattirsi, e con il secondo termine il colmamento delle depressioni e l'accumulo dei corpi sedimentari.

Definire l'evoluzione morfologica che si esplica nel territorio in esame è di fondamentale importanza nella valutazione della pericolosità ambientale, da cui deriva il concetto di pericolosità geomorfologica intesa come "*probabilità che un certo fenomeno di instabilità geomorfologica si verifichi in un certo qual territorio, in un determinato intervallo di tempo*" (**PANIZZA M., 1987**).

Per terreno geomorfologicamente instabile s'intende una morfologia che non ha raggiunto l'equilibrio con l'ambiente naturale, e che pertanto è in continua evoluzione tendendo essa all'equilibrio; particolare attenzione deve essere posta alle forme che si evolvono in *maniera perturbante nei confronti dell'ambiente antropico*.

Occorre comunque sottolineare che in geomorfologia non è corretto parlare di instabilità in senso assoluto, giacché una parte di territorio potrebbe risultare instabile nei confronti di alcuni processi evolutivi e stabile nei confronti di altre azioni degradanti; infine, particolare di primaria importanza, esistono diversi gradi di instabilità che possono essere giudicati più o meno accettabili anche e specialmente in relazione all'utilizzo sociale di una certa area.

Da quanto sopra si evince come una valutazione in senso assoluto dell'instabilità morfologica del territorio in esame sia oggettivamente difficile, dipendendo questa da molteplici fattori anche non di ordine prettamente geologico e tecnico, prima fra tutti la destinazione delle varie aree nella programmazione e pianificazione territoriale.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 11
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Tuttavia, sulla base dell'analisi dei fenomeni evolutivi che si esplicano nel territorio in studio, valutate le condizioni dell'ambiente antropico, il tratto di territorio in studio può definirsi a bassa pericolosità geomorfologica e, quindi, geomorfologicamente stabile.

Nel corso dei rilievi lungo tutta l'area di interesse progettuale, e nell'ambito di un intorno ritenuto significativo, non sono stati riscontrati fenomeni di dissesto reali o potenziali. Anche la documentazione IFFI consultata (Inventario dei Fenomeni Franosi dell'ISPRA, Istituto Superiore per la Protezione e Ricerca Ambientale) non segnala alcun possibile fenomeno di dissesto nell'area.

Nella "carta morfologica" di cui alla Tav. 2 sono cartografati i seguenti elementi:

- *alluvioni di fondovalle e piane alluvionali;*
- *conoidi, ubicate lungo i corsi d'acqua laddove tratti di alveo incassati si immettono in aree subpianeggianti;*
- *scarpate litologiche, poste generalmente in corrispondenza di testate di strato a consistenza lapidea;*
- *spartiacque ed impluvi dei principali corsi d'acqua cartografati;*
- *direzione di deflusso delle acque non incanalate;*
- *valli incassate e/o "forre";*
- *faglie e principali lineazioni tettoniche;*
- *cave, prevalentemente ubicate in depositi calcarei;*

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 12
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

3 - INQUADRAMENTO GEOLOGICO

La successione stratigrafica tipica dell'altipiano Ibleo è rappresentata da sequenze prevalentemente carbonatiche, di età Cretaceo-Quaternario, con vaste intercalazioni di vulcaniti basiche; tale tema è ricorrente a Nord della congiungente Augusta – Sortino – Buccheri – Grammichele.

Nel settore sud orientale ibleo, nel quale ricade il tratto di territorio in esame, domina una potente successione terziaria che può brevemente schematizzarsi nella sovrapposizione di due unità geologiche: la *Formazione Ragusa (RIGO & BARBIERI, 1959)*, inferiormente, e la *Formazione Tellaro (RIGO & BARBIERI, 1959)*, superiormente. Localmente si riscontrano anche tipi litologici più recenti poggianti sulla Formazione Tellaro e rappresentati da Trubi e Calcareniti.

In dettaglio nel tratto di territorio in studio la successione dei terreni può schematizzarsi, dal basso verso l'alto, come segue, dal basso verso l'alto:

- *Formazione Ragusa - Membro Leonardo*, databile all'Oligocene Superiore;
- *Formazione Ragusa – Membro Irminio*, del Burdigaliano – Langhiano ;
- *Formazione Tellaro*, del Serravalliano-Tortoniano Superiore;
- *Trubi* del Pliocene inferiore;
- *Calcareniti* , del Pleistocene inferiore;

Nel tratto di territorio in studio prevale in affioramento la Formazione Ragusa. Solo nella seconda metà del lotto, a S e SE di Scicli, una serie di faglie dirette, molte delle quali contrapposte, ribassano la successione permettendo l'affioramento della sovrastante Formazione Tellaro, altrove spesso mancante per erosione. Sono altresì frequenti locali lacune sedimentarie per effetto delle quali, in corrispondenza del rilievo della Galleria Scicli, sulla Formazione Ragusa poggiano direttamente i Trubi senza interposizione della Tellaro (Sondaggio S. 15), mentre lungo la S.P. 40, opera 37, le Calcareniti pleistoceniche poggiano sulla Ragusa in assenza dei Trubi, con o senza una sottilissima interposizione della stessa Tellaro (Sondaggio S. 9).

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 13
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Causa essenzialmente motivi tettonici sono presenti anche brusche eteropie di facies che affiancano, nel breve spazio di pochi metri, le marne della Tellaro (S. 11) con i calcari della Ragusa (S.12)

La distribuzione areale delle formazioni geologiche presenti lungo la fascia di territorio in studio è riportata nella carta geologica in scala 1:10.000 della Tav. 3, nella quale vengono distinti nel dettaglio i seguenti terreni:

- *Depositi alluvionali recenti ed attuali*, ubicati lungo l'alveo dei torrenti e costituiti da sabbie e ghiaie con ciottoli in matrice limoso-sabbiosa, a volte prevalente (Olocene);
- *Coni di detrito*, dati da ghiaie e ciottoli in scarsa matrice fina, ubicati nelle zone di transizione tra le strette valli scavate nelle formazioni calcaree e l'attigua zona pianeggiante;
- *Milonite*, posta in corrispondenza di un importante allineamento di faglie, nella parte orientale della galleria artificiale Scicli, e costituita da frammenti calcarei a spigoli smussati immersi in una incipiente matrice limoso argillosa di colore rosso sangue imputabile a fenomeni di ferrettizzazione.
- *Calcareniti* e sabbie di colore bruno, e calciruditi organogene massive o a stratificazione incrociata, con lenti e livelli conglomeratici alla base, databili al Pleistocene inferiore;
- *Trubi*, rappresentati da calcari marnosi a frattura concoide, marne e marne argillose dal caratteristico colore bianco crema, del Pliocene inferiore;
- *Formazione Tellaro*, data da marne ed argille marnose grigio-azzurre se integre, giallastre se alterate, con sporadici livelli calcareo-marnosi e di siltiti calcaree. Nella parte apicale compaiono anche marne calcaree giallastre. Nell'area di Scicli è visibile in affioramenti aventi forma allungata, generalmente delimitati da importanti sistemi di faglie inverse e/o trascorrenti (Serravalliano – Tortoniano Superiore);
- *Formazione Ragusa – Membro Irmínio*. E' possibile distinguerne una parte *inferiore*, con calcareniti e calciruditi bianco-grigiastre ben cementate suddivise in banchi irregolari e di spessore variabile, localmente separate da sottili intercalazioni marnose; un intervallo *mediano*, formato da un'alternanza irregolare di strati di calcareniti, calcari sabbiosi e calcari

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 14
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

marnosi, di spessore decimetrico, del Burdigaliano Superiore – Langhiano Inferiore; infine una parte *superiore* formata da un'alternanza irregolare di strati di marne bianche e strati calcareo-marnosi del Langhiano. Per graduale aumento dello spessore dei livelli marnosi si passa alla Formazione Tellaro;

- *Formazione Ragusa – Membro Leonardo*, (non cartografato) alternanza irregolare di calcisiltiti bianche in strati da 30 – 100 cm alternati a calcari marnosi biancastri di 5 – 20 cm di spessore, o calcari chiari a grana fine e frattura scheggiata, in livelli di 40 cm, alternati a marne calcaree grigio verdastro di spessore decimetrico. (Oligocene Superiore).

Sia la Formazione Tellaro che la Ragusa sono caratterizzate da una giacitura prevalentemente suborizzontale o debolmente immergente verso S (o SE, o SW).

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 15
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

4 - CARATTERISTICHE TETTONICHE

Per meglio evidenziare i rapporti di giacitura e lo stato di fratturazione dei vari termini affioranti nel tratto di territorio in studio vengono qui di seguito brevemente riassunti i fenomeni tettonici ed orogenici che hanno coinvolto questa parte della Sicilia.

Preliminarmente si ritiene tuttavia utile accennare alla struttura geotettonica della Sicilia Orientale, al fine di fornire un quadro generale più completo.

I caratteri geotettonici dell'isola, inquadrati nel più ampio dominio mediterraneo, sono stati sintetizzati alla luce delle ultime ipotesi geodinamiche da **LENTINI F., GRASSO M., CARBONE S. (1987)** nella «*Introduzione alla Geologia della Sicilia e guida all'escursione*».

L'area mediterranea, al centro della quale si trova la Sicilia, per la sua naturale connessione tra la *Catena Appenninica* e quella *Nord-Africana* è stata trasformata, durante una complessa storia deformativa, in un edificio a «*falde*», in cui è possibile distinguere essenzialmente due elementi principali: uno, indeformato, costituisce *l'Avampaese Africano* e l'altro, riconducibile ad un complesso di falde e scaglie tettoniche, rappresenta la *Catena Appenninico-Maghrebide*.

In Sicilia l'ultima propaggine dell'Avampaese è costituita dal «*Plateau Ibleo*» che, al di là della congiungente Gela - Catania, scompare sotto le coltri a falde.

l'Avampaese Ibleo costituisce il marginale settentrionale della placca africana che si estende verso Sud oltre il Canale di Sicilia per riemergere in corrispondenza delle coste della Libia. Esso rappresenta, quindi, il margine estremo, poco deformato, della placca africana, contiguo ad un'area più settentrionale di grandi deformazioni orogeniche. I tre elementi strutturali che costituiscono l'orogene siciliano sono quindi:

- a Nord la *Catena Settentrionale* o *Arco Calabro-Peloritano*, facente parte dell'orogene *Appenninico-Maghrebide*;
- nella porzione centrale l'*Avanfossa Gela-Catania*;
- a Sud l'*Avampaese Ibleo*.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 16
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

I ipotesi sulla struttura di questa parte della Sicilia sono state esposte da **CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G & PATANE' G. (1982)**, che delineano le basi del rapporto tra struttura tettonica, evoluzione dell'ambiente paleogeografico ed eventi sismici nell'intervallo Miocene Sup.-Quaternario.

L'altipiano Ibleo, unica porzione dell'Avampaese non sommersa, insieme alla *piattaforma maltese* delimita la piana abissale ionica dal Canale di Sicilia; i dati strutturali che emergono dagli studi delle zone costiere degli Iblei risultano di fondamentale importanza nella comprensione della struttura del bacino ionico, in cui si sono esplicitati i più importanti fenomeni tettonico-cinematici, durante il Terziario ed il Quaternario, imputabili alle intense deformazioni orogeniche lungo i margini fra le placche di Africa - Europa.

Nella Figura N° 5 è riportata la suddivisione dell'Altipiano Ibleo in base alle caratteristiche tettonico-strutturali (**CARBONE et Alii, 1982**), in cui:

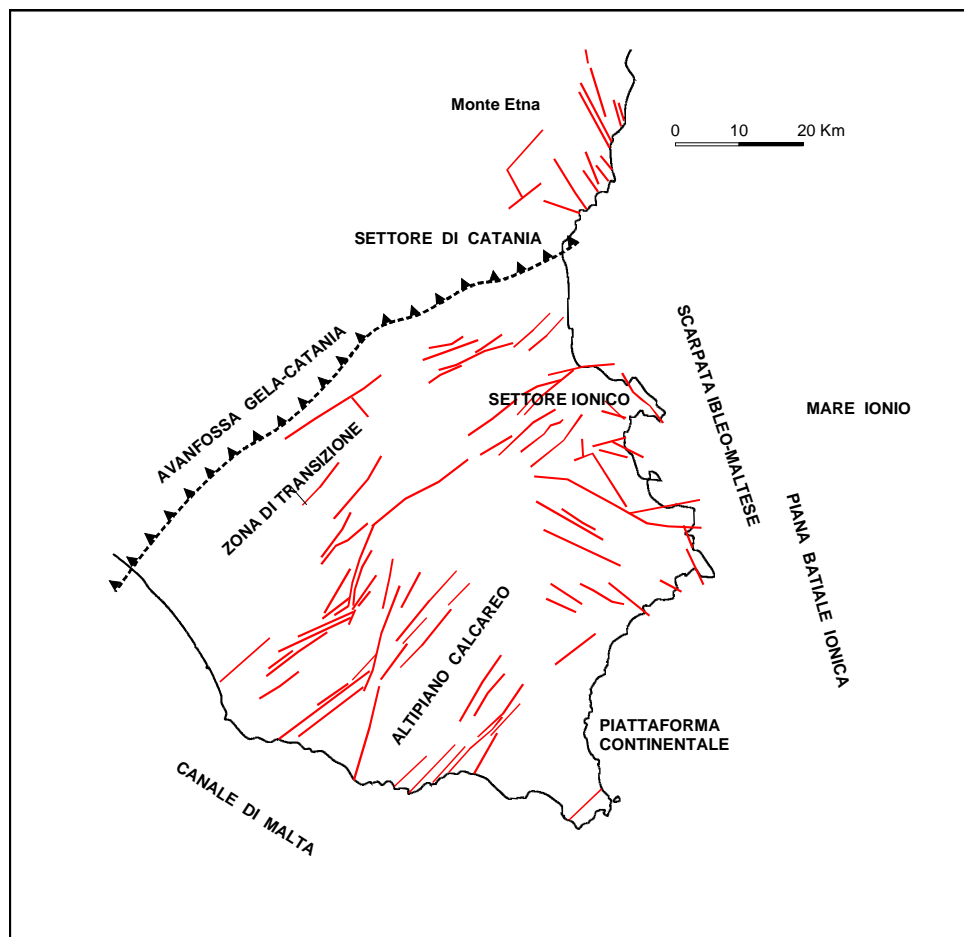
- l'*Altipiano calcareo* è costituito da un *horst* delimitato da un sistema di faglie con direzione NE-SW;
- la *Zona di Transizione* dell'Avanfossa Gela-Catania, riempita da evaporiti siciliane, la cui complessa evoluzione è legata alla contiguità con l'Avanfossa stessa;
- il *Settore Ionico*, che forma l'estremità orientale dell'Altipiano Ibleo, ed ha subito una evoluzione diversa, giacchè sono assenti i sedimenti pliocenici e quelli quaternari poggiano direttamente su una struttura complessa ad *horst* e *graben*;

Dalla sintesi del quadro tettonico e strutturale di questa parte della Sicilia si possono formulare alcune valutazioni qui di seguito riassunte:

- la presenza di *faglie dirette* nell'Altipiano Ibleo conferma la storia tensionale di questa parte della crosta terrestre, in cui l'inflessione in corrispondenza del margine ibleo ha prodotto *tensioni distensive* nella porzione più superficiale;
- alla profondità di alcuni chilometri si dovrebbe avere una *zona neutra*;

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 17
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- al di sotto una zona profonda con forti *tensioni di compressione*.



Carta dei principali elementi strutturali dell'area iblea (da **CARBONE et Alii 1982c**, ridisegnato)

Figura 1

Il margine Nord-Occidentale Ibleo rappresenta, quindi, un'area in cui si sviluppano fenomeni tensionali distensivi nell'ambito della parte superficiale, limitata ad alcuni Km, al di sotto della quale si esplica un profondo regime di tensioni di compressione, come schematizzato nella Figura N° 6.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 18
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

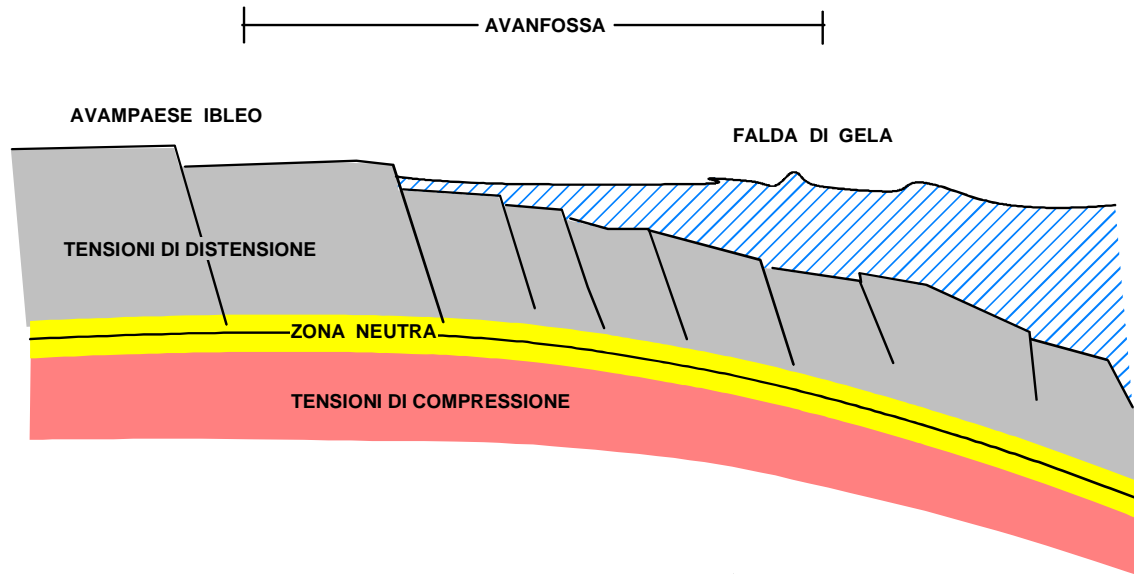


Figura 2

Limitatamente all'area in studio nella Carta Geologica di Tavola 2 vengono riportate le principali dislocazioni tettoniche, alcune delle quali molto importanti, che interessano essenzialmente le Formazioni Tellaro e Ragusa.

Nel complesso le faglie appartengono ad una direttrice principale con direzione *NE-SW* o *NNE-SSW*. Risultano attive dal Trias-Giura in poi con movimenti, lungo lo stesso piano ma in periodi diversi, sia di tipo diretto che inverso, e movimenti trascorrenti destri a cominciare dal Miocene superiore. Nel Pleistocene molte dislocazioni continuano ad essere attive con meccanismi riconducibili a faglie dirette.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 19
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

5 - INDAGINI GEOGNOSTICHE

Per lo studio di dettaglio dei mutui rapporti esistenti fra i diversi tipi litologici presenti lungo la fascia di territorio studiata è stata eseguita, nei mesi di settembre – ottobre 2003, una specifica campagna d'indagini geognostiche e geotecniche.

Nell'agosto 2009 è stata condotta un'integrazione al fine di acquisire, in maniera diretta, le velocità sismiche delle onde di taglio per l'attribuzione della categoria di suolo di fondazione così come prescritto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14.01.2008.

L'ubicazione delle indagini eseguite è riportata nella planimetria in scala 1:4.000 delle Tav. 12, 13 e 14.

La campagna del 2003 si è sviluppata attraverso l'esecuzione di sondaggi geognostici a carotaggio continuo con prove in sito e prelievo di campioni. Su detti campioni sono state effettuate prove di laboratorio atte ad una caratterizzazione fisica e meccanica di ogni litotipo attraversato. Successivamente, e generalmente in siti interposti fra sondaggi contigui, sono stati eseguiti pozzetti esplorativi spinti sino ad una profondità massima di 2,50 m. In ultima sede, al fine di estrapolare i dati sin qui ricavati con il minor margine d'incertezza possibile, è stata condotta una campagna esplorativa a mezzo di traverse sismiche a rifrazione.

Sulla base dei dati emergenti da questa fase sono stati eseguiti ulteriori sondaggi geognostici "integrativi", identificati nella numerazione progressiva con la sigla "bis" i quali hanno, di fatto, completato le fasi d'indagine in campagna.

Nel seguito si descrivono con maggiore dettaglio le singole tipologie d'indagine condotte.

5.1 – Pozzetti esplorativi

Complessivamente sono stati eseguiti n° 30 pozzetti esplorativi a mezzo di escavatore allo scopo di indagare tipo e caratteristiche dei terreni a debole profondità. In occasione dello scavo è stato riscontrato lo spessore della coltre vegetale che ammantava ora il substrato calcareo ora quello marnoso. In presenza di substrato calcareo (Formazione Ragusa) non è stato possibile proseguire con lo scavo causa l'elevata tenacità della roccia e la ridotta potenza del mezzo a disposizione. In presenza di substrato marnoso lo scavo è proseguito sino ad una profondità massima di circa 2,5 m. permanendo comunque all'interno della coltre di alterazione della Formazione Tellaro.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 20
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Nell'elaborato 7/3 "Indagini geognostiche" sono riportate le stratigrafie di ogni singolo pozzetto corredate da una foto dello scavo eseguito.

5.2 - Sondaggi geognostici

Le perforazioni sono state effettuate dalla *Ditta Lista Appalti s.r.l.*, con attrezzature oleodinamiche montate su cingoli ed automontate, a carotaggio continuo, impiegando utensili di perforazione del diametro minimo di mm 101 sino a fondo foro.

Per il sostegno delle pareti dei fori, nel corso della perforazione, sono stati impiegati, ove necessario, tubi di manovra provvisori con diametro a scalare \varnothing 130 - 116 mm.

Nel corso delle perforazioni sono stati posizionati n° 3 piezometri del tipo a tubo aperto, di cui n° 2 in corrispondenza della galleria artificiale Scicli e n° 1 in corrispondenza delle alluvioni del Fiume Modica.

Durante le perforazioni sono stati prelevati complessivamente n° 67 campioni, di cui la maggior parte lapidei a composizione calcarea o calcarenitica, e n° 16 campioni indisturbati entro le marne della Formazione Tellaro.

In Tabella N° 5 sono riassunti i dati significativi di tutti i sondaggi effettuati.

Numero sondaggio	Litotipo	Profondità	Litotipo	Profondità	Litotipo	Profondità
1	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
1bis	Formazione di Ragusa	0 - 30 m.				
1ter	Formazione di Ragusa	0 - 30 m.				
2	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
3	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
4	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
5	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
6	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
7	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
8	Formazione di Tellaro	0 - 20 m.	Formazione di Ragusa	20 - 25 m.		
9	Calcareniti recenti	0 - 8 m.	Formazione di Tellaro	8 - 9,40 m.	Formazione di Ragusa	9,40 - 25 m.
10	Calcareniti recenti	0 - 8,1 m.	Formazione di Tellaro	8,1 - 25 m.		
11	Formazione di Tellaro	0 - 25 m.				
12	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
13	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
14	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 21
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Numero sondaggio	Litotipo	Profondità	Litotipo	Profondità	Litotipo	Profondità
15	Trubi	0 - 22 m.	Formazione di Ragusa	22 - 35 m.		
15 bis	Milonite	0 - 20 m.				
16	Milonite	0 - 35 m.				
17	Formazione di Tellaro	0 - 30 m.				
18	Formazione di Tellaro	0 - 45 m.				
19	Formazione di Tellaro	0 - 35 m.				
20	Formazione di Tellaro	0 - 16,6 m.	Formazione di Ragusa	16,6 - 25 m.		
21	Formazione di Tellaro	0 - 5,8 m.	Formazione di Ragusa	5,8 - 25 m.		
22	Formazione di Tellaro	0 - 4,40 m.	Formazione di Ragusa	4,5 - 25 m.		
23	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
24a	Riporto	0 - 2 m.	Formazione di Ragusa	2 - 13 m.		
24b	Alluvioni	0 - 11 m.	Formazione di Ragusa	11 - 30 m.		
24c	Formazione di Ragusa	0 - 35 m.				
25	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
26	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
27	Alluvioni	0 - 8,4	Formazione di Ragusa	8,4 - 25 m.		
28	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				
29	Formazione di Ragusa	0 - 25 m.				

Tabella 1

Le stratigrafie particolareggiate dei sondaggi con indicate le quote di prelievo dei campioni, le fotografie delle cassette, i risultati delle prove in foro con le relative elaborazioni ed i risultati delle prove di laboratorio eseguite sui campioni sono contenute negli elaborati 7/3, "Indagini geognostiche", 7/4 "Documentazione fotografica sondaggi", e 7/5 "Prove geotecniche in situ".

Nei piezometri installati, conformemente alle previsioni progettuali, sono state effettuate misure periodiche del livello di falda che si prevede dovranno proseguire per un periodo di almeno 12 mesi dopo la conclusione delle indagini.

Le cassette sono stoccate in prossimità dell'abitato di Cassibile (Sr) restando così a disposizione per eventuali ulteriori accertamenti.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 22
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

5.3 - Indagini geofisiche

L'indagine geofisica eseguita lungo il tracciato autostradale nell'anno 2003 è consistita in n° 55 basi sismiche a rifrazione.

L'indagine è stata eseguita utilizzando un sismografo digitale Dolang JEA telemetry a 24 bit, 12 canali incrementali, gestito da un personal computer. L'energizzazione del terreno è stata effettuata mediante massa battente da 10 o 15 Kg con piattello di battuta.

Stante la scarsa propagazione del segnale tale metodo si è dimostrato comunque il più indicato. Infatti, pur utilizzando un "minibang" con cartucce a salve cal. 20 con 12 g di polvere, non si è riusciti a produrre un'onda elastica di forza tale da energizzare stendimenti di lunghezza superiore a quelli puntualmente eseguiti con massa battente.

La geometria di stendimento adottata è stata di volta in volta variata in relazione alle profondità dei singoli rifrattori, agli spazi disponibili in campagna ed alla reale e verificata propagazione del segnale. Sono state adottate configurazioni classiche con 10 o 12 geofoni intervallati generalmente di 2 – 2,5 m. o, più raramente, 9 m. La stesa geofonica è risultata generalmente compresa fra 90 e 25 m. ed il numero di scoppi per ogni stendimento pari a 5 o 6, di cui due per ciascuno degli estremi ed uno centrale (Figura N° 7).

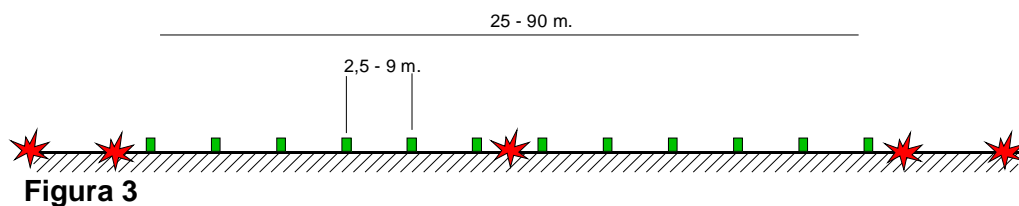


Figura 3

I dati ottenuti sono stati elaborati sotto forma di dromocrona per consentirne la risoluzione in termini di velocità di propagazione delle onde elastiche di compressione (onde P).

I risultati dell'elaborazione sono sintetizzati in forma grafica ed analitica in uno specifico elaborato allegato al progetto (allegato 7/6 "Indagini geofisiche"). Qui, oltre al diagramma delle dromocrone

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 23
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

tempi rifratti - distanza viene rappresentata una sezione che evidenzia la profondità dei singoli rifrattori con la relativa velocità delle onde sismiche.

L'interpretazione della velocità della copertura e dei terreni di substrato è stata eseguita comunque in modo interattivo utilizzando, ad integrazione di una prima elaborazione manuale, un software specifico che rielabora i risultati in termini di velocità e profondità dei livelli rifrattori. L'algoritmo di calcolo utilizzato fa riferimento ai tempi di intercetta e considera la media delle velocità dei singoli strati, supponendo questi omogenei lungo tutto il tracciato considerato. In relazione, tuttavia, alle caratteristiche geologiche e geomorfologiche dei luoghi, la procedura adottata ha fornito risultati che possono essere ritenuti significativi e descrittivi della configurazione litostratigrafica dei terreni in esame.

Generalmente le traverse eseguite presentano un andamento topografico regolare, con una differenza di quota tra i due estremi ritenuta trascurabile. L'ubicazione dei sondaggi su un supporto cartografico in scala di dettaglio consente una adeguata interpretazione anche in presenza di una morfologia più articolata.

Da un'interpretazione generale dei risultati dell'indagine sismica il tracciato del lotto in questione risulta caratterizzato da un substrato lapideo in affioramento o a piccole profondità, che localmente lascia spazio a marne e marne argillose che occupano superfici variamente estese e continue.

La copertura vegetale ha generalmente uno spessore modesto (10 – 30 cm), non sempre risolvibile dal punto di vista numerico in funzione delle distanze tegeofoniche adottate; la relativa velocità delle onde sismiche è nell'ordine di 100 – 200 m/sec.

Il calcare della Formazione Ragusa presenta una facies superficiale, alterata ed areata, con spessori mediamente variabili fra 1 – 3 m. e velocità comprese fra 400 – 800 m/sec; una facies fratturata con velocità comprese fra 1500 – 1800 m/sec, ed infine una facies integra con velocità superiori a 2200 e fino a 2700 m/sec.

La Formazione Tellaro mostra una facies superficiale, alterata ed allentata che assume spessori nell'ordine di 4 – 5 m. (tale spessore dalle indagini dirette sembra talvolta estendersi a maggiore profondità) e velocità comprese fra 200 – 400 m/sec, ed una sottostante facies integra con una velocità generalmente compresa fra 1000 – 1300 m/sec, con punte che possono anche arrivare a 1500 m/sec causa probabilmente la presenza di intercalazioni siltitiche.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 24
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Le calcareniti pleistoceniche, che nei sondaggi e pozzetti eseguiti si sono dimostrate ben cementate, nella parte superficiale hanno velocità nell'ordine di 400 m/sec, che salgono a 800 – 900, con punte sino a 1700 m/sec, in profondità.

Infine i depositi alluvionali hanno velocità nell'ordine di 300 – 600 m/sec che localmente, nella zona in prossimità del ponte sulla SP, possono arrivare a 900 m/sec forse per la presenza di grossi massi.

Come si evince dalla descrizione sopra riportata vi sono contesti in cui è possibile riscontrare una sovrapposizione nei valori di velocità dei singoli litotipi, nel senso che un dato valore può essere riferito a più di un litotipo senza possibilità di interpretazione univoca. Questo è accentuato dalla presenza di contesti geologicamente complessi ove, a distanze limitate, sono presenti terreni diversi con contatti laterali per faglia. In tali condizioni l'indagine sismica tende a mediare su volumi significativi, abbassando i valori di velocità più elevati ed alzando quelli più bassi. Ciononostante si è dimostrato un metodo che, abbinato al rilievo di superficie, ai sondaggi ed ai pozzetti, ha validamente contribuito ad una corretta e completa identificazione dei limiti fra i vari litotipi.

In Tabella N° 6 sono riportati i dati significativi di ciascuna traversa sismica con la relativa interpretazione in chiave geologica.

Traversa sismica	Velocità	Litotipo	Velocità	Litotipo
TS1; TS2; TS3	400/800	Calccare arenato	2600/2700	Calccare
TS4; TS6; TS10; TS11	300/800	Calccare arenato	1600/1700	Calccare poco fratturato
TS5; TS7; TS8; TS9	200 - 600	Calccare arenato	2100/2700	Calccare
TS12; TS12A; TS13; TS14; TS15	200/500	Calccare arenato	1600/1900	Calccare poco fratturato
TS 16	200	Marne alterate (?)	2300	Calccare
TS16A	200/300	Coltre vegetale	1790	Calccare poco fratturato
TS 16B	200/301	Marne alterate	1930	Calccare
TS 16C	170/300	Marne alterate	1006	Marne
TS16D; TS17C; TS17D	250/450	Calcareniti arenose	1100/1700	Calcareniti compatte
TS17A; TS17B	700/800	Calcareniti	2100/2500	Calccare
TS18	200	Marne alterate	1370	Marne
TS19; TS22; TS 23D	200 - 350	Calccare arenato	2150/2500	Calccare
TS23A; TS23B; TS23C; TS24	200/350	Marne alterate	1500/1800	Marne e calcari marnosi
TS25; TS26	150	Coltre vegetale	1000/1100	Milonite
TS 27; TS28; TS29	300/350	Marne alterate	1350/1550	Marne
TS31	300/340	Marne alterate	1200	Marne
TS 32;	250/350	Marne alterate	1400	Marne

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 25
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Traversa sismica	Velocità	Litotipo	Velocità	Litotipo
TS33;	350/450	Alluvioni	1450	Calcare fratturato
TS 34	300	Alluvioni	2300	Calcere
TS35; TS36	200/300	Calcere areato	1500/1600	Calcere poco fratturato
TS37; TS38B	300/450	Calcere areato	2300/2500	Calcere
TS38	250/300	Calcere areato	1800	Calcere poco fratturato
TS39	150/300	Coltre vegetale	600/940	Alluvioni
TS40	470/650	Alluvioni	1350	Calcarenite
TS41; TS42; TS43; TS44; TS45	300/900	Calcere areato	2000/2630	Calcere

Tabella 2

Va evidenziato inoltre come i valori di velocità delle onde sismiche misurati abbiano permesso di effettuare le seguenti valutazioni, seppur qualitative:

- nel caso della Formazione Ragusa valori di velocità molto elevati, con punte superiori a 2700 m/sec, testimoniano l'elevato grado di compattezza e consistenza del materiale che, anche nelle facies fratturate, mantiene buoni valori di velocità delle onde sismiche. Si può dedurre pertanto che il grado di fatturazione generale del calcare è generalmente modesto, e le intercalazioni arenitiche sono in ogni caso ben cementate;
- anche la Formazione Tellaro evidenzia valori relativamente elevati della velocità delle onde sismiche; in particolare lungo lo sviluppo della galleria artificiale Scicli. Non sono infrequenti velocità nell'ordine di 1400 – 1500 m/sec, a testimoniare la presenza di termini marnosi fortemente compatti e consistenti e, come le prove di laboratorio hanno poi confermato, fortemente sovraconsolidati. Inoltre è sempre presente un cappellaccio superficiale di materiale alterato ben evidenziato anche nel corso dei sondaggi.

L'integrazione geognostica condotta nell'agosto 2009 era specificamente finalizzata alla determinazione delle velocità medie delle onde di taglio nei primi 30 m di profondità (V_{s30}) ai fini della determinazione della categoria di suolo di fondazione (riferimento: tabella 3). A questo scopo sono stati eseguiti n° 9 allineamenti geofisici interpretati con tecnica MASW. E' stato utilizzato un sismografo PASI 12S12L abbinato ad un registratore multicanale LCM12. L'energizzazione è stata ottenuta con massa battente mentre per la ricezione del segnale si sono utilizzati 24 geofoni verticali a periodo corto (4,5 Hz).

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 26
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Le risultanze delle indagini condotte sono riportate in tabella 7, mentre la documentazione relativa all'indagine è contenuta nell'allegato 7/6 "Indagini geofisiche" .

AUTOSTRADA SIRACUSA GELA - LOTTO 9 DETERMINAZIONE DELLA CATEGORIA DI SUOLO DI FONDAZIONE IN BASE AGLI ESITI DELL'INDAGINE MEDIANTE MASW				
Da	a	Litotipo	Categoria suolo di fondazione	NOTE
Inizio lotto 9	sez. 181	Formazione Ragusa	A	E' presente una sottile coltre detritica o di materiale alterato. Si consideri categoria B solo per pianti di posa posti a profondità < 1 m da p.c. La Vs della Ragusa in posto è compresa fra 800 - 1.400 m/sec
sez. 181	sez. 208	Formazione Tellaro	B	E' presente una coltre superficiale detritica. La Vs delle Tellaro è compresa fra 500 - 1.000 m/sec. Ad esse soggiace la Formazione Ragusa
sez 208	sez 222	Formazione Ragusa	A	E' presente una sottile coltre detritica o di materiale alterato. Si consideri categoria B solo per pianti di posa posti a profondità < 1 m da p.c. La Vs della Ragusa in posto è compresa fra 800 - 1.400 m/sec
sez 222	sez 236	Calcareniti	B	E' presente una coltre superficiale detritica. La Vs delle Calcareniti è compresa fra 500 - 1.000 m/sec. Ad esse soggiace la Formazione Ragusa
sez 236	sez 242	Trubi	C	E' presente una coltre superficiale detritica
sez 242	sez 268	Formazione Tellaro	C	E' spesso presente una coltre superficiale detritica
sez 268	sez 307	Formazione Ragusa	A	E' presente una sottile coltre detritica o di materiale alterato. Si consideri categoria B per pianti di posa posti a profondità < 1 m da p.c. La Vs della Ragusa in posto è compresa fra 800 - 1.400 m/sec
sez 307	sez 396	Milonite + Formazione Tellaro	C	E' spesso presente una potente coltre superficiale con valori di Vscompresi fra 250 - 350 m/sec alle massime profondità indagate
sez 396	sez 410	Formazione Ragusa	A	La Vs della Ragusa, che affiora estesamente lungo il versante, è compresa fra 800 - 1.400 m/sec
Attraversamento Fiume Modica		Alluvioni e Formazione Ragusa	A - B	A per spalle e pila 2. La pila 1 ricade in alluvioni poggianti sulla Ragusa; lo strutturista valuterà la categoria più opportuna fra A e B.
Fiume Modica	Fine lotto 9	Formazione Ragusa	A	E' presente una sottile coltre detritica o di materiale alterato. Si consideri categoria B per pianti di posa posti a profondità < 1 m da p.c. La Vs della Ragusa in posto è compresa fra 800 - 1.400 m/sec
Bretella di svincolo		Formazione Ragusa e depositi detritico alluvionali	A e B	A dall'asse principale sino alla SP39. B a valle della SP 39 dove sono presenti depositi detritico alluvionali poggianti sulla Ragusa

Tabella 3

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 28
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

5.4 - Prove di permeabilità “Lugeon”

Durante l'esecuzione dei sondaggi che hanno interessato i termini calcarei della Formazione Ragusa sono state condotte prove di permeabilità tipo “Lugeon” i cui risultati, con le relative elaborazioni e grafici, sono riportati nell'allegato 7/5 “Prove geotecniche in situ”.

La metodologia “Lugeon” evidenzia risultati più che soddisfacenti in rocce sia fessurate che porose, in assenza di falda acquifera. Al pari della metodologia *Lefranc*, il metodo *Lugeon* consente di determinare il *coefficiente di permeabilità* del litotipo fornendo al tempo stesso, specie nelle rocce litoidi, utili indicazioni circa il grado di fratturazione dell'ammasso.

Il metodo *Lugeon* consiste nell'immissione in foro di acqua in pressione per tratti noti ed isolati al contorno mediante l'installazione di uno o due *packer*. La prova può essere eseguita sia in fase di perforazione (*prova Lugeon in discesa*) che a compimento dello scavo (*prova Lugeon in risalita*). L'acqua viene immessa nel foro con gradini di pressione progressivamente crescenti, dopo che per ogni intervallo si sia verificata la stabilizzazione degli assorbimenti (regime di equilibrio). La pressione di immissione viene misurata con un manometro disposto nei pressi del boccaforo.

L'interpretazione dei risultati avviene mettendo in relazione, tramite un diagramma, la pressione totale effettiva con i corrispondenti assorbimenti.

I risultati della prova sono espressi in termini di Unità Lugeon, intesa come la portata d'acqua in litri al minuto assorbita da un tratto di foro di lunghezza 1 m, alla pressione di 10 Kg/cmq. Talvolta i risultati possono essere espressi direttamente in termini di permeabilità, noto che tra l'U.L. ed il coefficiente di permeabilità *K* esiste la seguente correlazione (DROGUE & PUECH, 1968):

$$K = 6.10^{-8} \text{Log}(2z/d)UL$$

con:

z = lunghezza del tratto del foro interessato dalla prova (m);

d = diametro del tratto del foro interessato dalla prova (m).

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 29
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Nel caso in esame le prove Lugeon sono state eseguite in avanzamento, adottando quindi solo n.° 1 otturatore in modo da impedire un falsamento della prova conseguente alla perdita d'acqua attraverso il packer inferiore. Con questo sistema infatti un eventuale "aggiramento" o perdita attraverso l'otturatore poteva essere immediatamente identificato attraverso la risalita del livello d'acqua nel foro, elemento questo che comportava necessariamente la sospensione e l'invalidazione della prova.

I risultati ottenuti hanno permesso di effettuare le seguenti considerazioni qualitative:

- i grafici dimostrano un intasamento delle fessure a pressioni elevate, o uno svuotamento delle stesse;
- assorbimenti sempre piuttosto esigui portano a supporre l'esistenza di fessure che, pur presenti (e rilevate chiaramente nel corso dei sondaggi) si dimostrano generalmente rade e scarsamente continue, o occluse da materiale di riempimento;
- pur ammettendo che la Formazione Ragusa a livello regionale possa essere considerata un ammasso permeabile per fatturazione, sede di un acquifero anche importante, a livello locale, o comunque a piccola scala, la roccia si è dimostrata scarsamente permeabile. I valori di permeabilità ottenuti dalle prove in sito sono generalmente nell'ordine di 10^{-6} cm/sec, con rarissimi valori pari a 10^{-4} o, più spesso, di 10^{-7} cm/sec. Ne consegue che l'ammasso può considerarsi a bassa o molto bassa permeabilità e, solo puntualmente, moderatamente permeabile.

Conductivity, m/s.		10^{-1}	10^{-2}	10^{-3}	10^{-4}	10^{-5}	10^{-6}	10^{-7}	10^{-8}	10^{-9}
Degree of Conductivity	V. High	High		Moderate			Low		V. Low	
Soil Type	Gravel	Sands		V. Fine Sands, Silts, Glacial Till, Stratified Clays			Homogeneous Clays			
Rock Type	— Fractured — Sandstone — Shale — — Soln. Cavities — Limestone + Dolomite — Unfractured — — Cavernous / Fractured — Basalt — Dense — — Fractured / Weathered — Volcanics excl. Basalt — — Weathered — Metamorphics — — Weathered — Granitic Rocks — — Bedded Salt —									

Tabella 4

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 31
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

6 - CARATTERISTICHE LITOLOGICHE

Sulla scorta delle indagini effettuate è possibile formulare una dettagliata valutazione sui termini geolitologici presenti lungo il tracciato in studio.

Dai sondaggi geognostici a carotaggio continuo e dai rilievi di dettaglio in superficie sono distinti i seguenti litotipi:

- Copertura detritica ed eluviale;
- Depositi alluvionali attuali ed antichi;
- Milonite: frammenti calcarei in matrice limo argillosa di colore rossastro;
- Calcareniti plioplesitoceniche: Calcareniti e biocalcareniti fossilifere.
- Trubi: marne calcaree di colore bianco crema;
- Formazione Tellaro in facies alterata: marne argillose ed argille marnose gialle;
- Formazione Tellaro in facies integra: marne argillose ed argille marnose grigio-azzurre;
- Formazione Ragusa: alternanza di calcari, calcareniti e calcari marnosi;

Vengono di seguito sintetizzate le caratteristiche di ogni termine litologico sopra citato.

6.1 - Copertura detritica e/o eluviale

Deriva dal disfacimento e dall'alterazione delle formazioni sottostanti; presenta spessore generalmente modesto e risulta costituita prevalentemente da sabbie fini e/o limi argillosi di colore bruno inglobanti elementi eterometrici a spigoli vivi di natura calcarenitica..

Gli spessori variano da pochi decimetri in presenza di substrato calcareo a qualche metro in presenza di substrato marnoso.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 32
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Dato il modesto spessore questo termine non è stato cartografato nella Carta geologica in scala 1:10.000 di Tavola 3, mentre viene rappresentato nelle Tavole 5 – 11 della Carta litologica in scala 1:2.000.

6.2 - Depositi alluvionali

I depositi alluvionali attuali e recenti si rinvengono nell'alveo dei principali corsi d'acqua, ove risultano costituiti da ciottoli e blocchi calcarei e calcarenitici, a spigoli subarrotondati, in matrice sabbioso-limosa di colore bruno. Lo spessore è generalmente molto esiguo. Solo nell'alveo del Torrente Modica si raggiunge una potenza pari a 11,00 m.

Trattandosi di depositi fortemente porosi e permeabili, poggianti su substrato poco permeabile, possono essere sede di una falda idrica avente decorso dipendente dal periodo stagionale e dall'andamento delle precipitazioni.

6.3 - Milonite

Si rinviene sulla verticale della prima parte della galleria artificiale Scicli, in corrispondenza dei sondaggi S. 15b ed S. 16.

Litologicamente è rappresentata da argille marnose ben consistenti e plastiche, a tratti debolmente sabbiose, inglobanti frammenti arenitici sub arrotondati, alterati e spesso decementati. Assume un caratteristico colore rosso sangue imputabile a fenomeni di ferrettizzazione. La genesi di tale litotipo è da porsi in relazione con una famiglia di faglie cui si associa, verosimilmente, la messa in posto di un ricoprimento tettonico. La milonite trae in questo caso origine da termini appartenenti alla Tellaro ed alla Ragusa intimamente mescolati e tettonizzati.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 33
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

6.4 – Calcareniti pliopleistoceniche

Gli affioramenti di calcareniti formano generalmente rilievi isolati e arealmente non molto estesi, spesso accompagnati ai Trubi e/o alla Tellaro, e la cui messa in posto è imputabile alla presenza di motivi tettonici che hanno ribassato la successione preservandoli dall'erosione.

In asse al tracciato sono presenti essenzialmente in corrispondenza dell'opera 37, sondaggio S. 9, mentre procedendo verso W affiorano estesamente a monte dell'imbocco della galleria Scicli, in C.da Imbastita, ove un tempo erano oggetto di attività di cava.

Da questi materiali si estrae un prodotto, usato anche in edilizia, noto con il termine commerciale (ed improprio) di "tufo".

Litologicamente sono calcareniti a grana media, compatte e ben cementate, di colore grigio biancastro. Simili alle calcareniti della Ragusa possono da queste essere agevolmente distinte causa la presenza di interstrati o livelli di calcareniti e biocalcareniti di colore bruno rossastro, localmente molto ricche in fossili, (specialmente gusci di bivalvi), le cui superfici esposte talora assumono colori e tonalità più scure sino quasi al marrone.

Le calcareniti Pleistoceniche presentano un discreto grado di fatturazione e, nelle facies biocalcarenitiche, un peso di volume (a livello di ammasso) ridotto causa la presenza di fessure e piccoli vuoti nella roccia. Tale contesto si evidenzia essenzialmente con minori valori di velocità delle onde sismiche (rispetto alle calcareniti della Ragusa) e con un valore di RQD normalmente inferiore al 20%.

6.5 Marne calcaree di colore bianco crema

Rappresentano i termini della formazione dei Trubi, costituiti da calcari marnosi e marne calcaree di colore bianco crema a consistenza litoide e frattura concoide. Quando la Formazione è molto fratturata o alterata e degradata essa si presenta più frequentemente sotto forma di argille marnose o marne argillose a consistenza terrosa, di colore variabile dal bianco al giallastro.

Nell'area in studio rappresentano un deposito poco diffuso e cartografato, riscontrato nel corso delle indagini geognostiche solo nei sondaggi S15 ed S10.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 34
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Alcuni affioramenti sono stati riscontrati in prossimità del sondaggio 10 e nella parte orientale della galleria Scicli.

Stratigraficamente, in una successione normale, i Trubi sono interposti fra la Formazione Tellaro, al letto, e le Calcareniti pliopleistoceniche al tetto. Spesso però mancano completamente per effetto di un'importante lacuna stratigrafica. Tale contesto è visibile chiaramente nel sondaggio S. 9 ove le calcareniti poggiano, salvo una sottilissima interposizione della Tellaro, direttamente sulla Formazione Ragusa.

Nel sondaggio S. 10 i Trubi passano in maniera graduale, ed in apparente continuità stratigrafica, alla Formazione Tellaro.

Le lacune stratigrafiche possono interessare anche altre Formazioni, ed infatti nel sondaggio S. 15 i Trubi passano verso il basso direttamente alla Formazione Ragusa, con una lacuna stratigrafica che interessa l'intera Formazione Tellaro.

I rilievi di campagna dimostrano che Trubi, nell'area in studio, sono sempre ubicati in prossimità di importanti sistemi dislocativi. Ne consegue che tutti gli affioramenti riscontrati evidenziano la presenza di un materiale avente caratteristiche variabili da roccia fratturata sino a disarticolata, sino a consistenza terrosa.

Nel sondaggio S.15 tutto il tratto entro i Trubi (22 m.) evidenzia un materiale ridotto a scaglie decimetriche con anche segni di striature e stilloliti, per un volume roccioso unitario nell'ordine del centimetro cubo, e comunque non superiore al decimetro cubo. Chiaramente in tale contesto il valore dell'RQD è zero. Nel sondaggio S.10 il materiale è carotato sotto forma di marne argillose o argille marnose a consistenza terrosa e discreta plasticità.

6.6 Marne argillose ed argille marnose gialle

Rappresentano la fascia superficiale, alterata e degradata, della Formazione Tellaro, estesa normalmente in profondità sino ad una profondità media di circa 3 – 4 m., sino ad un massimo di 8 – 9 m. Il grado di alterazione del litotipo è piuttosto variabile. Talora si riduce solo al cambiamento di colore imputabile a fenomeni di ossidazione, ed in tal caso il litotipo conserva le caratteristiche della formazione integra; più spesso invece l'alterazione è molto spinta ed il litotipo si presenta più plastico e meno consistente rispetto alla facies integra della Formazione.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 35
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Litologicamente questa facies è costituita da argille marnose e marne argillose di colore tabacco o bruno giallastro ben consistenti. Granulometricamente sono dei limi argillosi debolmente sabbiosi. Localmente possono essere presenti intercalazioni decimetriche di calcari marnosi e/o calcareniti dello stesso colore.

Il passaggio alla sottostante formazione integra, che si caratterizza macroscopicamente per il colore grigio-azzurro, avviene in maniera progressiva e graduale. Oltre alla variazione cromatica il passaggio si accompagna ad un incremento della consistenza reso evidente sia dalle risultanze delle prove SPT sia dalla velocità delle onde sismiche. L'incremento di velocità delle onde di compressione (Vp) è talmente marcato da permettere di individuare chiaramente un rifratore a separazione fra le due litofacies.

6.7 Marne argillose ed argille marnose grigio-azzurre

Rappresentano la facies integra della Formazione Tellaro, un'alternanza irregolare di argille marnose, marne argillose e talora siltiti marnose di colore grigio tendente all'azzurro. Localmente possono essere presenti intercalazioni decimetriche di siltiti, calcareniti e/o calcari marnosi bianchi.

Dopo la Formazione Ragusa è il termine più rappresentativo di tutta l'area studiata. Forma limitati affioramenti, delimitati da faglie con strutture tipo graben (blocchi ribassati) sia in località Piano S. Agata (S. 8, opera 35), sia in un tratto compreso fra le opere 37 e 42 (S. 10 ed 11). L'affioramento più esteso è comunque quello che interessa la quasi totalità della galleria artificiale Scicli ed i sondaggi compresi fra l'S. 17 e l'S. 22.

Le marne della Tellaro sono molto consistenti (SPT >40/50 colpi, pocket penetrometer e torvaine rigorosamente fuori scala) e ben sovraconsolidate. All'interno della Formazione spesso si riscontrano partimenti sabbiosi e resti di piccoli molluschi bivalvi con ancora tracce di madreperla.

Lo spessore della Formazione, che localmente può mancare per lacuna, è molto variabile; da pochissimi metri (sondaggio S. 9 e sondaggio S. 22) sino a spessori superiori a quelli raggiunti con l'indagine geognostica (45 m. del sondaggio 18). In ogni caso la Formazione Tellaro ha il massimo spessore proprio in corrispondenza della parte centrale della galleria artificiale Scicli, e da qui si riduce progressivamente verso W sino ad annullarsi in corrispondenza dell'imbocco lato Gela.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 36
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Laddove lo spessore della Formazione Tellaro è molto ridotto si rinviene solo la facies alterata.

6.8 - Alternanza di calcari e calcareniti ben cementate della Formazione Ragusa.

La Formazione Ragusa è il termine che, arealmente, occupa la maggior parte della superficie attraversata dal tracciato autostradale. Litologicamente è rappresentata da calcareniti a grana medio fina, compatte e fortemente cementate, di colore bianco o bianco giallastro o grigio chiaro, suddivise in strati o banchi di spessore da decimetrico a metrico, con frequenti intercalazioni di calcari. Sono altresì presenti locali intercalazioni di calcareniti grossolane da poco a mediamente cementate, ed arenarie di colore giallastro in straterelli di spessore decimetrico. Nella parte inferiore della Formazione, in prossimità del Torrente Modica, si riscontrano anche intercalazioni di calcari marnosi (% di calcare nell'ordine del 80%) di colore grigio scuro.

I calcari della Ragusa riscontrati sia nel corso della campagna di sondaggi che in sede di rilievi di superficie sono generalmente poco fratturati. Le velocità delle onde sismiche sono infatti da elevate (>2500 m/sec) a relativamente elevate (1700 m/sec); i valori di RQD più frequenti sono compresi fra il 40 – 50%, con punte sino al 60 – 80%. Localmente si riscontrano fasce a maggior grado di fratturazione (RQD 15 – 25%) generalmente a scarsa continuità. Solo in prossimità delle principali lineazioni tettoniche si riscontrano zone fratturate molto estese.

La giacitura generale degli strati è suborizzontale o debolmente inclinata.

Le fratture rilevate si presentano sempre verticali o subverticali, disposte secondo sistemi spesso paralleli alle principali famiglie di discontinuità. Le superfici sono ondulate, moderatamente scabre. Spesso è presente una patina di alterazione di colore rossastro, ed un debole riempimento limoso di colore ruggine. In alcuni casi nelle fessure si riscontrano fenomeni di cristallizzazione secondaria di calcite.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 37
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

6.9 – Descrizione del tracciato

La distribuzione areale dei litotipi sopra descritti è riportata a grande scala nella carta geologica di Tavola 3 e nelle carte litologiche delle Tav. 5, 6, 7, 8, 9, 10, 11 su base planimetrica in scala 1:2.000.

I dati di tutte le indagini sono stati correlati e riportati sia nei profili geologici longitudinali in scala 1:2.000/1.000 delle Tavole 22, 23, 24 e 25, sia nelle sezioni trasversali in scala 1:500 della Tavole 26, 27 e 28.

Dall'esame dei suddetti elaborati si possono trarre alcune considerazioni ed osservazioni, qui di seguito sintetizzate:

- da inizio lotto sino alla sezione 183 si riscontra la presenza, al di sotto di una copertura di terreno vegetale sottile e molto discontinua, o una coltre detritica di spessore pellicolare, dell'alternanza calcareo calcarenitica della Formazione Ragusa in strati o banchi suborizzontali in assenza di dislocazioni tettoniche importanti. Solo in un breve tratto il tracciato autostradale si dispone parallelamente alla faglia localizzata nel Torrente Cava S. Bartolomeo, per effetto della quale localmente potrà essere riscontrato materiale avente stato di fratturazione relativamente maggiore. Nella parte iniziale del lotto sono compresi anche i lavori per la realizzazione del collegamento fra la stazione autostradale di Modica (lotto 8) e la SS 194. Anche qui è presente la Formazione Ragusa direttamente in affioramento o al di sotto di una modesta copertura di terreno vegetale;
- fra le sezioni 183 e 210 due faglie fra loro parallele, con direzione NE-SW, generano una struttura ribassata tipo "graben", che determina la brusca comparsa delle marne della Formazione Tellaro, cui soggiace la Formazione Ragusa riscontrata ad una profondità di 20,00 m. nel corso del sondaggio S8;
- fra le sezioni 210 e 221, al di sotto di una discontinua copertura di terreno vegetale o di una coltre detritica di spessore pellicolare, si rinviene ancora l'alternanza calcareo calcarenitica della Formazione Ragusa;
- fra le sezioni 222 e 236 si riscontrano, al di sotto di una coltre vegetale e/o detritica di spessore nell'ordine di 1,00 m., le calcareniti pliopleistoceniche costituite da calcareniti,

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 38
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

biocalcareni fossilifere e calcari marnosi. Tali termini, scarsamente osservabili in affioramento, poggiano su un esiguo spessore di Tellaro posta indicativamente fra 8 – 9,4 m. da p.c.. A partire dalla profondità di 9,4 m. riprende la successione calcareo calcarenitica della Formazione Ragusa;

- in corrispondenza della 236 (circa) un brusco passaggio laterale, probabilmente per faglia, porta in affioramento, sotto una modesta copertura detritica, i Trubi, che si estendono sino alla sezione 242. Al di sotto dei Trubi, ad una profondità media di circa 8,00 m. vi è la Formazione Tellaro sino a profondità superiori a quelle raggiunte dall'indagine (25 m.);
- alla sezione 242 i Trubi, per contatto stratigrafico ed al di sotto di una coltre di terreno vegetale o detritico di spessore decimetrico, lasciano il posto alla Formazione Tellaro che si estende sino alla sezione 265 circa;
- fra le sezioni 265 e 307 circa due faglie fra loro divergenti, la prima con direzione NE-SW e la seconda NNE-SSW, riportano in superficie i calcari della Formazione Ragusa, ricoperti solo localmente da una sottile e discontinua coltre di terreno vegetale;
- fra le sezioni 307 e 320 (imbocco galleria artificiale Scicli) l'area compresa entro una vallecchia allungata in senso circa NE-SW, e delimitata da due faglie circa parallele, è occupata dalle marne della Formazione Tellaro. In quest'area, nella quale sono presenti anche blocchi e massi calcarei franati dagli adiacenti piani di faglia, la Formazione Ragusa si trova a profondità variabili ma generalmente comprese nell'arco di pochi metri;
- fra le sezioni 320 e 323 un'area posta all'interno di un contesto ricco di importanti dislocazioni tettoniche evidenzia nuovamente la presenza dei Trubi che qui, nel sondaggio S15, hanno uno spessore complessivo di circa 22 m. ed un elevatissimo grado di fratturazione. Al di sotto dei Trubi, nell'area indagata dal sondaggio, manca la Formazione Tellaro e si riscontrano pertanto direttamente i calcari della Ragusa;
- fra le sezioni 323 e 328 circa, sono presenti almeno due importanti faglie (o sistemi di faglie) che determinano la presenza di una potente coltre di materiale milonitico. Più genericamente va detto che l'intero tratto compreso fra le sezioni 320 e 328 costituisce l'area di maggior complessità geologico strutturale del lotto, correlata con la presenza di importantissime

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 39
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

dislocazioni tettoniche a scala regionale che determinano la presenza e la successione, in brevi spazi, di diversi termini litologici. Tutti i materiali rilevati mostrano qui un elevato stato di fratturazione e disgiunzione. Il deposito milonitico riscontrato nel corso dei sondaggi è riconducibile alla disgregazione e intimo rimescolamento, in chiave tettonica, delle marne della Tellaro e dei calcari della Ragusa. Le ricostruzioni condotte, evidenziate negli allegati profili, mettono chiaramente in luce la notevole complessità e variabilità dell'area in questione;

- fra le sezioni 328 e 397 vi è la più ampia estensione di marne della Formazione Tellaro di tutto il lotto. Tale litotipo, che si estende quindi sino a poco oltre il termine della galleria artificiale, ha nella prima parte spessori significativi che vanno oltre le profondità raggiunte nel corso dell'indagine geognostica (30 m. nel sondaggio S.17, 45 m. nel sondaggio S18 e 35 m. nel sondaggio S19). Procedendo da E verso W lo spessore della Formazione Tellaro diminuisce progressivamente passando dai 16,6 m. del sondaggio S.20, ai 5,8 m. del sondaggio S.21 ed ai 4,5 m. del sondaggio S.22. Alla base della Tellaro vi sono sempre i calcari della Formazione Ragusa. Tutti i sondaggi hanno messo in luce la presenza di una coltre detritica o di terreno vegetale di spessore compreso fra 0,7 – 2,3 m.;
- fra la sezione 397 e fine lotto, sezione 458, sono presenti, al di sotto di una copertura di terreno vegetale o una coltre detritica di spessore pellicolare, i termini calcareo calcarenitici della Formazione Ragusa, in strati suborizzontali o più spesso debolmente immergenti verso SW, in assenza di dislocazioni tettoniche importanti. All'interno di questa tratta, limitatamente all'area attraversata dal Torrente Modica, l'area golenale del corso d'acqua è occupata da depositi alluvionali recenti ed attuali in presenza di falda. Lo scavalco del corso d'acqua tramite un viadotto a grandi luci ha permesso l'ubicazione delle sole pile 1 entro l'alveo. Le indagini eseguite, tramite il sondaggio S24b hanno evidenziato la presenza di 11 m. di alluvioni poggianti sui calcari della Formazione Ragusa. Le pile 2 dell'opera, poste al limite esterno della gola, salvo un modestissimo spessore di materiale alluvionale e/o di riporto, poggiano direttamente sui calcari così come evidenziato nel sondaggio 24a.
- nell'ambito dei lavori è compreso anche lo svincolo di Scicli con relativo piazzale casello. Esso si snoda interamente lungo la sponda orografica destra del Torrente Modica, e congiunge l'asse autostradale con la S.P. 39 Scicli – Donnalucata. Tutta la bretella di

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 40
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

svincolo è ubicata entro i calcari della Formazione Ragusa localmente ricoperti da un debole spessore di terreno vegetale. Solo la parte terminale dell'arteria, a valle della citata S.P., interessa termini alluvionali poggianti sempre sui calcari.

7 - CONDIZIONI IDROGEOLOGICHE

Lo studio idrogeologico è stato avviato con i dati desumibili dalla letteratura, con particolare riferimento alla *“Carta della Vulnerabilità delle falde idriche - Settore Sud-Orientale Ibleo (Sicilia S.E.)”* - Università di Catania - Istituto di Geologia e Geofisica, **A. AURELI (1990)**, nonché le informazioni ricavate dall'esame degli elaborati relativi al *Piano Territoriale Provinciale della provincia di Ragusa*. Tutte le informazioni raccolte sono state successivamente integrate e verificate mediante dati raccolti durante i sopralluoghi in sito ed in sede di campagna d'indagine.

7.1 - Caratteristiche di permeabilità

Sulla scorta degli studi geologici e litologici può essere formulata una verosimile identificazione delle caratteristiche idrogeologiche del territorio in studio.

Poichè la circolazione delle falde acquifere è condizionata dalla distribuzione areale e dalla sovrapposizione di terreni a differenti caratteristiche di permeabilità, e quindi dalla trasmissività delle varie formazioni presenti, vengono anzitutto qui di seguito brevemente accennate le caratteristiche di permeabilità di ciascun terreno.

Per maggiore comodità esplicativa viene effettuata una distinzione in ordine sia al tipo di permeabilità che alle classi di terreni che presentano analoghe caratteristiche in tal senso.

Si possono così distinguere:

- terreni permeabili per porosità;
- terreni permeabili per fratturazione;
- terreni poco permeabili o impermeabili.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 41
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

7.1.1 - Terreni permeabili per porosità

Possono considerarsi molto permeabili tutti i terreni incoerenti a matrice essenzialmente granulare ed i depositi alluvionali in genere, caratterizzati da una permeabilità per porosità (permeabilità primaria), che può essere valutata come segue:

- a) Depositi alluvionali attuali e antichi $K = 10^{-3}$ cm/sec
- b) Terrazzi fluviali $K = 10^{-3} - 10^{-5}$ cm/sec

7.1.2 - Terreni permeabili per fratturazione

Si tratta di terreni lapidei e semilapidei (calcareniti pleistoceniche, calcari sabbiosi e calcareniti della Formazione Ragusa) in cui la permeabilità per fratturazione (permeabilità secondaria) è funzione della dislocazione spaziale dei sistemi di discontinuità (fratture), del tipo di discontinuità (fratture combacianti, beanti), dalla frequenza e spaziatura delle fratture, ecc...; inoltre i livelli calcarenitici meno competenti e più grossolani possono essere localmente dotati di permeabilità primaria (o per porosità).

Negli stessi termini si possono avere, in sintesi, caratteristiche di permeabilità molto variabili, con coefficiente di permeabilità elevato in corrispondenza delle porzioni dell'ammasso roccioso molto fratturato con fratture parzialmente beanti, o con coefficiente di permeabilità basso laddove l'ammasso roccioso è poco fratturato o con fratture di tipo chiuso.

Inoltre nei termini calcarei si possono avere anche fenomeni carsici che determinano vie di deflusso preferenziali per la circolazione idrica sotterranea.

I riscontri effettuati in sede d'indagine hanno escluso la presenza, almeno nell'area in studio, di una circolazione carsica in seno ai calcari della Ragusa.

Dall'esame dei dati ricavati da un approfondito studio idrogeologico si evince come la Formazione Ragusa sia considerata, a tutto diritto, l'acquifero più importante di questa parte dell'isola.

Le prove di permeabilità effettuate durante la campagna d'indagine hanno comunque evidenziato valori di permeabilità sempre modesti. Questa apparente contraddizione si spiega con il fatto che la

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 42
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

prova Lugeon va ad interessare volumi piuttosto contenuti di terreno, che non sempre esprimono caratteristiche e comportamento estrapolabili a scala regionale. E' altresì vero che i rilievi eseguiti hanno dimostrato come proprio il tratto studiato sia caratterizzato, in particolare, da uno stato di fatturazione generalmente modesto.

In sintesi, sulla base di quanto esposto, e considerando sia le prove effettuate che un adeguato fattore di scala, nell'area in studio relativamente ai termini calcarei e calcarenitici si ritiene di poter adottare per il coefficiente di permeabilità il seguente range di valori:

$$K = 10^{-4} - 10^{-6} \text{ cm/sec}$$

7.1.3 - Terreni poco permeabili o impermeabili

Possono considerarsi poco permeabili o impermeabili i termini appartenenti alla Formazione Tellaro ed ai Trubi, con le relative coperture detritiche da essi originate, ed il cui coefficiente di permeabilità, sempre molto modesto, può essere stimato entro il seguente range di valori:

$$K = 10^{-6} - 10^{-9} \text{ cm/sec}$$

7.2 - Circolazione idrica

In siffatte condizioni la circolazione idrica superficiale, subsuperficiale (intendendo con tale termine le acque che si rinvencono a breve profondità dal piano campagna) e profonda si esplica laddove la permeabilità delle rocce è tale da consentirne l'accumulo e/o il deflusso.

Vengono qui di seguito descritti sia il comportamento delle acque di deflusso di superficie, sia le situazioni riscontrabili nel territorio in esame in cui sussistono le condizioni per la formazione di falde idriche superficiali e profonde.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 43
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

7.2.1 - Acque di superficie

Le acque ricadenti sui terreni argillosi o argilloso-marnosi (Formazione Tellaro - Trubi) defluiscono quasi tutte in superficie, drenate dal reticolo idrografico ivi presente. Causa la natura del substrato tendono a creare, nel loro moto, fenomeni erosivi sia diffusi che concentrati (calanchi) qualora sia assente una adeguata copertura vegetale erbacea ed arborea.

La possibilità d'infiltrazione delle acque di precipitazione meteorica nel sottosuolo dipende sia dalla permeabilità del terreno sia dalla acclività dei versanti.

Sui terreni permeabili, quali i depositi alluvionali e l'alternanza calcareo-calcarenitica della Formazione Ragusa, parte delle acque ha la possibilità di infiltrarsi nel sottosuolo ove contribuisce ad alimentare le falde acquifere.

Nel territorio esaminato il drenaggio superficiale è quello naturale delle incisioni, che in genere è discretamente sviluppato e consente un deflusso delle acque abbastanza rapido.

7.2.2 - Falde superficiali

Sono quelle che permeano all'interno dei terreni permeabili (essenzialmente depositi alluvionali) e, raggiunto il substrato meno permeabile, defluiscono verso valle. Una falda superficiale si riscontra in seno ai depositi del torrente Modica, con caratteristiche di subalvea ed oscillazioni molto importanti con decorso essenzialmente stagionale. In tale ambito è stato posizionato un piezometro a tubo aperto nel sondaggio S24b., ubicato in asse con le pile 1 del viadotto.

7.2.3 - Falde profonde

Formano le falde acquifere vere e proprie, la cui circolazione è essenzialmente relegata nell'ambito delle formazioni carbonatiche fratturate (Formazione di Ragusa); le suddette falde sono prevalentemente di tipo libero; solo laddove esse soggiacciono ai livelli impermeabili argilloso-marnosi della Formazione Tellaro si hanno falde di tipo confinato che, in ogni caso, non assumono mai caratteristiche di risalienza.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 44
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

7.3 - Descrizione degli acquiferi

L'abbondanza di pozzi idrici perforati in tutto il territorio esaminato ed in cui si sviluppa il tracciato autostradale in studio ha permesso una corretta identificazione dell'andamento delle falde idriche, sia superficiali che profonde.

I risultati dello studio idrogeologico sono evidenziati nella «Carta idrogeologica e della vulnerabilità dell'acquifero» della Tav. 4, elaborata su base topografica in scala 1:10.000, ricavata per ingrandimento di parte delle Tavole dell'I.G.M.

Nella suddetta carta sono riportati i seguenti dati:

- a) distribuzione areale di massima delle formazioni geologiche, distinte in relazione alle caratteristiche di permeabilità;
- a) linee isopiezometriche e relativa quota assoluta della falda libera profonda;
- b) direzione di deflusso della falda profonda;
- c) direzione di deflusso delle acque superficiali.

7.3.1 - Falde idriche superficiali

Una falda superficiale si rinviene entro i depositi alluvionali del Torrente Modica ove ha decorso estremamente variabile in relazione al periodo stagionale ed all'andamento delle precipitazioni. La relativa variabilità varia dal contatto alluvioni/substrato sino a piano campagna. Nell'ambito dell'area d'interesse progettuale è l'unica falda che può interferire con le opere. Cautelativamente ai fini progettuali il livello idrico di tale falda, sottoposto a monitoraggio annuale a mezzo di un piezometro a tubo aperto, deve essere considerato coincidente con il p.c.

7.3.2 - Falde idriche profonde

Le falde idriche profonde sono prevalentemente di tipo libero. L'acquifero è rappresentato dalla successione carbonatica della Formazione di Ragusa (membro Irminio).

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 45
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Nella maggior parte del territorio interessato dal tracciato autostradale, come confermato anche da informazioni raccolte sul posto e misurazioni su pozzi, la falda idrica si rinviene a profondità variabile e generalmente compresa fra 160 e 50 m dal p.c. La direzione di deflusso è mediamente verso sud, quindi verso mare. Tale falda, fortemente sfruttata per scopi irrigui a vantaggio, in particolare, di colture in serra, mostra negli ultimi anni un deciso impoverimento accompagnato da un incremento del tasso di salinità.

Data l'elevata profondità non ha comunque in alcun modo alcuna interferenza con le opere. Nessun sondaggio eseguito in corso d'opera (fatta eccezione per il sondaggio S24b nell'alveo del torrente Modica) ha mostrato la presenza di livelli idrici.

Per maggior sicurezza, in ogni caso, in corrispondenza della galleria Scicli, l'opera che prevede i maggiori scavi nell'ambito del lotto, sono stati posizionati n° 2 piezometri a tubo aperto. Il primo nella tratta a maggiore copertura nel sondaggio S15, ed il secondo nella parte terminale dell'opera, verso Gela, in corrispondenza del sondaggio S22. In ambo i casi non è mai stato ravvisato alcun livello idrico.

7.4 - Vulnerabilità degli acquiferi

La carta di vulnerabilità degli acquiferi all'inquinamento costituisce un prezioso strumento di previsione e gestione delle risorse, nonché di salvaguardia e di previsione delle catastrofi da inquinamento, in termini di protezione ambientale e civile.

Poichè la suscettività del suolo e del sottosuolo ad ingerire un inquinante idroportato, anche derivante dall'uso e dalle trasformazioni del territorio che possono produrre agenti inquinanti, dipende in primo luogo dalla permeabilità del terreno, le falde idriche risultano tanto più vulnerabili quanto più permeabile è il terreno che le contiene e quanto più prossima alla superficie è la superficie freatica. Nel caso in esame la falda idrica profonda risulta, nella maggior parte del lotto, di tipo libero, non confinato, contenuta all'interno di termini aventi (in base alle risultanze delle prove in sito) modesta permeabilità.

Ad accentuare la vulnerabilità idrogeologica del territorio è l'importanza dell'acquifero contenuto nella Formazione Ragusa.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 46
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Nella carta di Tavola 4 il grado di vulnerabilità è stato dedotto sulla base del tipo di acquifero, delle caratteristiche di permeabilità dei terreni e della profondità della superficie freatica dal p.c. Nella classificazione del grado di vulnerabilità si è fatto riferimento alla legenda unificata proposta nel Programma Speciale VAZAR (Vulnerabilità degli Acquiferi in Zone di Alto Rischio) - C.N.R. - Gruppo Nazionale per la Difesa dalle Catastrofi Idrogeologiche.

In tale contesto nella carta idrogeologica di cui alla tavola 4 si è considerato cautelativamente, in ossequio alle informazioni bibliografiche, e ritenendo possibile la presenza di zone preferenziali di assorbimento (a maggiore permeabilità) in corrispondenza di sistemi di fratture e o faglie, una Elevata Vulnerabilità Idrogeologica in seno alla Formazione Ragusa. Condizioni di bassa vulnerabilità sono riconducibili alle aree di affioramento dei termini marnosi quali Trubi e Tellaro. Alta vulnerabilità lungo l'attraversamento del Modica.

La presenza di condizioni di elevata vulnerabilità ha imposto, in fase progettuale, la previsione di una sistemazione idraulica di superficie che mantenga sempre la divisione tra le acque esterne alla sede stradale, captate ed immesse nei corsi d'acqua, e quelle ricadenti sulla piattaforma stradale. Quest'ultime, potenzialmente ricche di olii, grassi, residui di gomma ed altre sostanze, confluiscono preventivamente in apposite "*vasche di decantazione e disoleazione delle acque di prima pioggia*" atte a contenere anche, in caso d'incidente, eventuali sversamenti accidentali.

Localmente ed in aree caratterizzate da una cronica scarsità di drenaggio naturale, sono stati previsti anche alcuni bacini di accumulo aventi lo scopo di raccogliere le acque provenienti dalle piogge ed in uscita dalle sopraccitate vasche. Scopo di tali bacini è quello di costituire anche delle vere e proprie vasche di laminazione atte a restituire le acque alla rete idrica, mediante un troppo pieno, in maniera da evitare esondazioni a carico dei corsi d'acqua posti a valle. Se ben inseriti nell'ambiente circostante rappresentano inoltre delle potenziali oasi naturali. E' inoltre ragionevole pensare ad un loro utilizzo anche nell'ambito della lotta agli incendi .

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 47
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

8 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

La caratterizzazione dei terreni interessati dai lavori è stata definita mediante prove in sito ed analisi geotecniche di laboratorio su campioni rimaneggiati ed a disturbo limitato prelevati nel corso dei sondaggi.

Utili e maggiori informazioni sono state ricavate dalla progettista sulla base dell'esperienza, sia progettuale sia esecutiva, maturata sui lotti 3, 4, 5, 6, 7 ed 8 della stessa costruenda autostrada, ove sono presenti i medesimi tipi litologici qui rilevati.

Nei paragrafi successivi verranno riportate le caratteristiche geotecniche dei seguenti litotipi, visualizzate graficamente nella carta Litotecnica di Tav. 15, 16 e 17:

- copertura detritica;
- depositi alluvionali attuali e recenti;
- terrazzi fluviali;
- milonite;
- marne argillose ed argille marnose;
- trubi;
- calcari e calcareniti.

Una più ampia trattazione dell'argomento, con ampi riferimenti alle correlazioni citate ed alle metodologie impiegate, è contenuta nella relazione geotecnica allegata al progetto (All.7/8).

8.1 - Copertura detritica

Risulta praticamente assente o con spessori molto esigui. Solo localmente, ove il substrato è rappresentato dai termini della Formazione Tellaro, è presente una modesta copertura avente caratteristiche confrontabili con quelle della facies alterata della Tellaro stessa.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 48
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Cautelativamente per i termini in oggetto possono considerarsi rappresentativi del comportamento meccanico d'insieme del litotipo in questione i seguenti parametri:

- peso di volume $\gamma = 1,9 \text{ ton/m}^3$
- coesione (sforzi efficaci) $C' = 0,05 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo di attrito (sforzi efficaci) $\varphi' = 28^\circ$

8.2 - Depositi alluvionali attuali e recenti

I suddetti litotipi prevalentemente granulari, intercettati con i sondaggi 24b e 27, non sono risultati efficacemente campionabili in maniera indisturbata. In tale contesto si è ritenuto di poterli caratterizzare mediante le prove SPT i cui risultati sono riportati in Tabella 9.

Sondaggio	Profondità	Numero colpi	Colpi utili
24	3,4	6;3;3	6
	6,9	9;6;6	12
	10	9;10;13	23
27	3,5	15;30;40	70
	7,5	14;27;35	62

Tabella 5

Considerando l'influenza determinata dalla profondità di prova e dalla granulometria dei sedimenti, valutando i parametri di taglio in termini di sforzi efficaci mediante le correlazioni proposte da **YUKITAKE SHIOI E JIRO FUKUNI (1982)**, valutando il grado di addensamento mediante la relazione proposta da **MEYERHOF (1957)**, ed il modulo di compressibilità (**E**) mediante la correlazione proposta da **DENVER (1982)**, si ritiene di poter adottare i seguenti parametri geotecnici:

- peso di volume $\gamma = 1,85 \text{ ton/m}^3$
- coesione (sforzi efficaci) $C' = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 49
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- angolo di attrito (sforzi efficaci) $\varphi' = 30^\circ$
- modulo edometrico $E_{ed} = 124 \text{ Kg/cm}^2$
- modulo di Young drenato $E = 200 \text{ Kg/cm}^2$

8.3 - Terrazzi fluviali e marini

Questi litotipi hanno comportamento analogo ai depositi alluvionali recenti ed attuali e si ritengono caratterizzati dai seguenti parametri:

- peso di volume $\gamma = 1,9 \text{ ton/m}^3$
- coesione (sforzi efficaci) $C' = 0,0 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo di attrito (sforzi efficaci) $\varphi' = 30^\circ \div 32^\circ$

8.4 - Milonite

Questi materiali possono essere caratterizzati sia mediante le prove S.P.T. della Tabella N° 6, sia sulla scorta delle analisi geotecniche di laboratorio effettuate su n° 4 campioni rimaneggiati e N° 1 campione indisturbato prelevati nei sondaggi S. 15b ed S. 16 (cfr. Tabella N° 10)

Le prove S.P.T. evidenziano che si tratta di terreni consistenti, così come peraltro risulta dalla prova scissometrica eseguita in foro, che ha comportato il bloccaggio dello strumento e la deformazione delle aste.

Sondaggio	Profondità	Numero colpi	Colpi utili
15 b	3,3	16-20-22	42
	5,3	21-20-24	44
	12	23-25-30	55
16	3	18-18-24	42
	6,5	20-28-25	53
	9,5	27-26-26	52

Tabella 6

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 50
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Sulla scorta dei dati sopra riportati, e tenendo presente che nelle prove Standard Penetration Test la resistenza all'infissione è da imputare anche alla coesione del litotipo, i terreni in esame possono essere caratterizzati mediante i seguenti parametri geotecnici:

- peso di volume $\gamma = 2,0 \text{ ton/m}^3$
- coesione (sforzi efficaci) $C' = 0,10 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo di attrito interno $\varphi' = 25^\circ$
- coesione non drenata $C_u = 0,7 \text{ Kg/cm}^2$
- modulo edometrico $E_{ed} = 100 \text{ Kg/cm}^2$

MILONITE																				
DATI DEL CAMPIONE					Caratteristiche fisiche			Prove sulle terre												
								Limiti di Atterberg		Caratteristiche granulometriche				Taglio CD		Prova ELL	Prova edometrica			
Sondaggio	Denominazione Campione	da metri	a metri	I R Rimaneggiato	Umidità naturale	Peso di volume	Peso specifico	Limite liquido	Limite plastico	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Coesione	Angolo di attrito	Coesione non drenata	Modulo edometrico	Coefficiente di Compressibilità	Coefficiente di Consolidazione	Coefficiente di Permeabilità
					%	g/cm^3	g/cm^3	%	%	%	%	%	%	Kg/cm^2	°	Kg/cm^2	Kg/cm^2	Kg/cm^2	cm^2/s	cm/s
S.15b	1	7,40	7,60	R			2,706	43,715	22,928	8,00	36,00	34,00	22,00							
S.15b	2	15,30	15,50	R			2,711	42,831	23,002	6,00	38,00	35,00	21,00							
S.16	1	11,00	11,50	I	26,204	2,019	2,764	55,388	31,227	0,00	35,00	37,00	28,00	0,010	22,00	2,671	98			1,40E-06

Tabella 7

8.4 Calcarei marnosi (Trubi)

In fase d'indagine i termini riferibili ai Trubi sono stati riscontrati unicamente nel corso dei sondaggi S10 ed S15. In quest'ultimo, in particolare, i Trubi erano rappresentati dai tipici calcari marnosi di colore bianco a frattura concoide. In fase di sondaggio la natura prevalentemente lapidea del materiale ha impedito l'esecuzione di prove SPT. Al tempo stesso l'ammasso, rappresentato da scaglie ed elementi di forma allungata a reciproco contatto, con superfici lucide di fessura compatibili con la presenza nelle immediate vicinanze di una superficie di faglia, si è dimostrato non campionabile. I campioni estratti, infatti, all'apertura si presentavano molto alterati e fortemente disturbati, tanto che si è ritenuto di non sottoporli a prove di caratterizzazione geotecnica.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 51
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Per quanto esposto, constatato che si tratta di termini presenti con spessori e su superfici piuttosto limitate, per la caratterizzazione geotecnica si fa riferimento alle prove di laboratorio ed ai dati sperimentali e di cantiere ricavati negli attigui lotti autostradali dai quali risultano i seguenti valori medi:

- peso di volume	$\gamma = 1,95 \text{ ton/m}^3$
- coesione (sforzi efficaci)	$C' = 0,6 - 0,7 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo di attrito (sforzi efficaci)	$\varphi' = 26^\circ - 28^\circ$
- coesione non drenata (sforzi totali)	$C_u = 1,8 - 2,0 \text{ Kg/cm}^2$
- modulo edometrico	$E_{ed} = 250 \text{ Kg/cm}^2$

8.4 Marne argillose ed argille marnose (Formazione Tellaro)

Per la definizione del comportamento meccanico della suddetta formazione si sono analizzati i risultati delle seguenti indagini geognostiche e geotecniche riferibili al medesimo tipo litologico:

- campagna di indagini del 2003 nel lotto 9;
- campagna di indagini del 1998 e del 2002 sui lotti 6, 7 ed 8;
- indagini di fase costruttiva nei lotti in corso di esecuzione (Lotti 4° e 5°)

Si dispone quindi, complessivamente, di un numero sufficiente di informazioni per poterne valutare il grado di omogeneità e/o di dispersione dei dati.

Poiché il numero di dati, soprattutto inerenti ai valori di coesione non drenata (C_u), è ≥ 30 , viene elaborata la curva della distribuzione di **GAUSS** secondo la relazione:

$$f(x) = \sqrt{\frac{e^{-t}}{2\pi S}}$$

in cui:

$$t = \frac{|x_i - \bar{x}|}{S}$$

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 52
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

dove:

\bar{x} = media aritmetica dei valori;

S = scarto quadratico medio, dato dalla seguente espressione:

$$S = \frac{\sqrt{\sum_{i=1}^{i=n} (x_i - \bar{x})^2}}{n - 1}$$

La definizione dei “*frattili*” superiore ed inferiore, viene eseguita con i valori caratteristici:

$$x_k = \bar{x} \pm K \cdot S$$

in cui il valore **K** dipende sia dal numero delle prove che dalla percentuale di probabilità che il valore medio sia rappresentativo del comportamento meccanico d'insieme del litotipo ; per un numero pari a 40 prove si assume **K = 1,50** e per un numero di prove pari a 15 si assume **K = 2,14**, in modo da avere la probabilità del 90% che i valori ricadenti nell'intervallo delimitato dai “*valori caratteristici*” siano rappresentativi.

I dati stratigrafici di tutte le indagini geognostiche permettono di distinguere sempre due facies: una alterata più superficiale che normalmente si spinge sino alla profondità massima di m 8-10 dal p.c., ed una integra più profonda.

8.4.1. Facies alterata

Nell'ambito della fascia alterata sono stati analizzati, relativamente al lotto in argomento, N° 8 campioni indisturbati (cfr. Tabella N° 12) integrati da n° 9 prove Standard Penetration Test i cui risultati sono sintetizzati nella Tabella N° 13¹.

Adottando la correlazione proposta da **SHIOI-FUKUNI (1982)** per i valori di SPT si ottiene una coesione non drenata media **C_u = 1,5 Kg/cm²**; tale valore risulta sostanzialmente in linea con i valori di C_u ricavati dalla resistenza a compressione semplice secondo la C_u = 1/2Q_u.

¹ In scuro i valori relativi alla facies alterata, ed in chiaro quelli della facies integra.

FORMAZIONE TELLARO																		
DATI DEL CAMPIONE					Caratteristiche fisiche			Prove sulle terre										
								Limiti di Atterberg		Caratteristiche granulometriche				Taglio CD		Prova ELL	Prova edometrica	
Sondaggio	Denominazione Campione	da metri	a metri	I R Indisturbato Rimameggiato	Umidità naturale	Peso di volume	Peso specifico	Limite liquido	Limite plastico	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Coesione	Angolo di attrito	Coesione non drenata	Modulo edometrico	Coefficiente di Permeabilità
					%	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	%	%	%	Kg/cm ²	°	Kg/cm ²	Kg/cm ²
S.8	1	3,00	3,50	I	21,869	2,057	2,772	58,608	32,365	0,00	21,00	43,00	36,00	0,050	21,00	3,222		
S.11	1	5,00	5,50	I	26,944	1,861	2,718	57,850	28,138	0,00	38,00	33,00	29,00	0,050	28,00	0,536		
S.11	2	11,00	11,50	I	35,569	2,017	2,712	52,855	29,340	0,00	30,00	37,00	33,00	0,080	23,00	0,397	146,67	1,55E-05
S.17	1	2,00	2,50	I	29,532	1,974	2,710	58,623	30,388	0,00	24,00	40,00	36,00	0,110	26,00	1,874		
S.17	2	7,50	7,90	I	25,919	2,005	2,733	57,959	30,821	0,00	23,00	42,00	35,00	0,080	17,00	0,976	146,67	1,61E-06
S.18	1	3,00	3,40	I	23,865	1,989	2,767	52,630	27,612	0,00	30,00	42,00	28,00	0,030	22,00	3,197	147,80	1,74E-06
S.18	2	5,50	5,90	I	23,571	2,087	2,718	52,124	28,730	0,00	25,00	45,00	30,00			1,424		
S.19	1	2,30	2,70	I	20,147	2,070	2,726	52,247	27,433	0,00	25,00	41,00	34,00	0,020	20,00	2,592		

Tabella 8

Sondaggio	Profondità	Numero colpi	Colpi utili	Sondaggio	Profondità	Numero colpi	Colpi utili
11	3	9-15-19	34	19	4,1	rifiuto	/
	6	9-13-17	30		5,7	rifiuto	/
	9	10-13-16	29		10,8	24-32-54	86
	12	12-17-2	19		18,3	rifiuto	/
	15	16-20-23	43	20	4,6	6:10:12	22
	18	18-24-27	51		8	22-24-41	65
17	4	6:9:14	23	21	11,3	rifiuto	/
	7,9	10-14-20	34		rifiuto	/	
18	3,5	12-18-24	42	22	rifiuto	/	
	4,7	14-23-28	51		rifiuto	/	
	9	27-34-39	73		rifiuto	/	
	18	rifiuto	/		rifiuto	/	

Tabella 9

Considerando infine la variabilità dei fenomeni di alterazione, talora molto spinti, si ritiene giustamente cautelativo affidare alla fascia alterata e degradata i seguenti valori dei parametri geotecnici:

- peso di volume

$$\gamma = 2,0 \text{ ton/m}^3$$

- coesione (sforzi efficaci)

$$C' = 0,1 \text{ Kg/cm}^2$$

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 54
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- angolo di attrito (sforzi efficaci) $\varphi' = 22^\circ$
- coesione non drenata (sforzi totali) $C_u = 0,8 \div 1,0 \text{ Kg/cm}^2$
- modulo edometrico² $E_{ed} \simeq 150,0 \text{ Kg/cm}^2$

Sulla base delle prove pressiometriche effettuate in passato su questo litotipo nei medesimi terreni, nonché sulla base della correlazione di **Stroud – Butler (1975)** mediante i valori di SPT, si ricava un modulo edometrico³ **$E_{ed} = 150,0 \text{ Kg/cm}^2$** . Tale valore risulta identico al modulo ricavato dalla prove edometriche eseguite su campioni, a dimostrazione della validità dei metodi e delle correlazioni utilizzate.

8.4.2. Facies integra

Per la definizione del comportamento meccanico dei suddetti terreni si prendono in considerazione sia i risultati delle prove di laboratorio effettuate su n° 9 campioni analizzati (cfr. Tabella N° 10), sia i dati relativi ai parametri geotecnici adottati nei medesimi terreni per i lotti 4,5,6,7 ed 8.

Per valutare la dispersione dei valori della coesione non drenata (C_u) è stata elaborata la curva di GAUSS della Figura N° 8.

Sulla base dei dati della Tabella 13, adottando la correlazione proposta da **SHIOI-FUKUNI (1982)**, si ottiene una coesione non drenata media **$C_u = 1,80 \text{ Kg/cm}^2$** ; tale valore risulta sostanzialmente in linea con i valori di C_u ricavati dalla resistenza a compressione semplice secondo la $C_u = 1/2Q_u$, nonché con i valori di Fig. 8.

² nell'intervallo di carico 1-2 Kg/cm^2

³ nell'intervallo di carico 1-2 Kg/cm^2

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 55
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Utilizzando la correlazione di **Stroud – Butler (1975)** ed i valori di SPT si ricava un modulo edometrico⁴ **Eed = 200,0 Kg/cm²**. Tale valore risulta in linea con il modulo ricavato dalla prove edometriche eseguite su campioni, a dimostrazione della validità dei metodi e delle correlazioni utilizzate.

FORMAZIONE TELLARO																							
DATI DEL CAMPIONE					Caratteristiche fisiche			Prove sulle terre															
								Limiti di Atterberg		Caratteristiche granulometriche				Taglio CD		Prova ELL	Prova Triassiale CID			Prova edometrica			
Sondaggio	Denominazione Campione	da metri	a metri	I R Indisturbato Rimaneggiato	Umidità naturale	Peso di volume	Peso specifico	Limite liquido	Limite plastico	Ghiaia	Sabbia	Limo	Argilla	Coesione	Angolo di attrito	Coesione non drenata	Coesione non drenata	Angolo di attrito	Modulo edometrico	Coefficiente di Compressibilità	Coefficiente di Consolidazione	Coefficiente di Permeabilità	
					%	g/cm ³	g/cm ³	%	%	%	%	%	%	%	%	%	Kg/cm ²	°	Kg/cm ²	Kg/cm ²	(°)	Kg/cm ²	Kg/cm ²
S.8	4	12,00	12,50	I	21,138	2,047	2,667	55,974	30,801	0,00	28,00	35,00	37,00			3,238							
S.9	1	8,00	8,50	I	15,691	2,171	2,732	51,696	28,430	0,00	22,00	38,00	40,00	0,000	45,00	0,742			343,00				5,23E-06
S.10	3	10,00	10,50	I	22,551	1,929	2,710	48,604	26,270	0,00	31,00	37,00	32,00						111,36				8,15E-06
S.10	5	19,60	20,10	I	18,677	2,120	2,752	46,202	24,538	0,00	30,00	37,00	33,00	0,100	24,00	4,375							
S.11	3	15,00	15,50	I	22,075	2,139	2,757	45,594	23,617	0,00	36,00	34,00	30,00			2,060	0,040	24,00					
S.18	3	8,50	9,00	I	26,446	1,983	2,730	50,532	27,579	0,00	33,00	35,00	32,00			2,408							
S.18	4	14,30	14,60	I	17,882	2,223	2,718	48,311	24,819	0,00	33,00	34,00	33,00	0,020	32,00	1,785			320,73				2,43E-06
S.19	2	5,40	5,70	I	12,484	2,099	2,626	55,690	31,364	0,00	22,00	36,00	42,00	0,020	38,00	2,391							2,99E-05
S.19	3	14,00	14,60	I	10,153	2,347	2,669	57,317	31,131	0,00	20,00	42,00	38,00	2,930	34,00	14,929			97,52				9,46E-06

Tabella 10

Sulla scorta dei dati sopra riportati si ritiene di poter affidare alla facies in argomento i seguenti valori dei parametri geotecnici:

- peso di volume $\gamma = 2,0 \text{ ton/m}^3$
- coesione (sforzi efficaci) $C' = 0,6 \text{ Kg/cm}^2$
- angolo di attrito (sforzi efficaci) $\varphi' = 26^\circ$
- coesione non drenata (sforzi totali) $C_u = 1,5 - 1,7 \text{ Kg/cm}^2$
- modulo edometrico⁵ $E_{ed} \simeq 200,0 \text{ Kg/cm}^2$

⁴ nell'intervallo di carico 1-2 Kg/cm²

⁵ nell'intervallo di carico 1-2 Kg/cm²

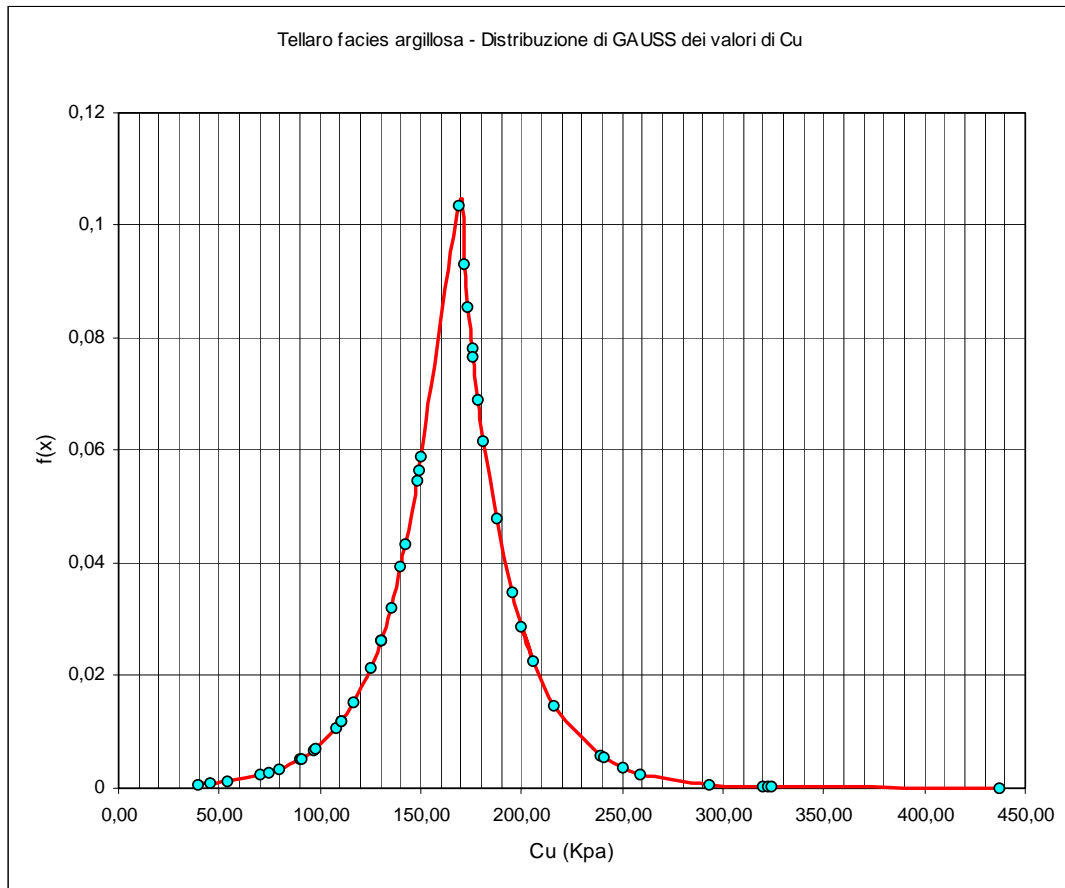


Figura 4

8.5 Calcari e calcareniti

Per la definizione del comportamento meccanico dei terreni lapidei che costituiscono le calcareniti Pleistoceniche nonché le varie facies della Formazione Ragusa, date da calcari, calcareniti e calcari marnosi, è necessario fare riferimento ai criteri che governano la meccanica delle rocce.

Nell'ammasso lapideo fessurato il comportamento meccanico è condizionato dalle discontinuità presenti, variamente orientate, che si rinvengono con interdistanza variabile.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 57
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

La “massa rocciosa” va quindi intesa come un insieme di elementi “roccia” definiti, giustapposti e combacianti, di forma grossolanamente prismatica, parallelepipedica o appiattita, le cui proprietà meccaniche risultano decisamente inferiori a quelle del singolo elemento e dipendono da fattori essenzialmente legati alla dislocazione spaziale dei sistemi di discontinuità.

Tanto più l'ammasso è fratturato maggiori sono le differenze riscontrabili fra i valori misurati su singolo campione e quelli ritenuti rappresentativi dell'ammasso roccioso.

Per lo studio delle caratteristiche dei terreni in argomento è stato effettuato un rilievo geostrutturale in corrispondenza di n° 5 siti equamente distribuiti lungo l'asse autostradale. Si tratta sempre di affioramenti arealmente estesi, spesso relativi a scarpate in corrispondenza di strade o scavi di sbancamento ove il rilievo poteva svilupparsi lungo almeno due diverse direzioni.

In tutti i casi è stata riscontrata la presenza di un ridotto numero di famiglie di fessure, generalmente subverticali, sostanzialmente allineate con le principali direttrici tettoniche. Tali discontinuità sono generalmente lisce o poco ondulate, accostate o serrate, prive di riempimento. In alcuni casi è stato riscontrato un riempimento limoso argilloso di colore rossastro, oppure un riempimento secondario di calcite.

Il valore di RQD misurato nel corso dei sondaggi si è dimostrato sempre da elevato a mediamente elevato, generalmente compreso fra il 50 – 60%.

In corrispondenza delle pareti dei giunti sono stati rilevati i valori della resistenza alla compressione mediante l'impiego del *martello di Schmidt*. Il profilo di ciascun giunto è stato annotato sulla scorta della schematizzazione proposta da **BARTON (1973)**.

Il criterio adottato per la determinazione della resistenza al taglio lungo i suddetti piani di discontinuità (considerati superfici potenziali di minore resistenza) è quello proposto dallo stesso **BARTON (1973)** con la seguente espressione:

$$\tau = \sigma_n \tan (\varphi^\circ + i)$$

dove:

τ è la resistenza al taglio mobilitata,

σ_n è la tensione normale;

φ° è l'angolo di attrito di base;

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 58
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

i è l'angolo di inclinazione delle asperità.

Poichè il criterio di rottura di **BARTON** così espresso è del tutto analogo a quello proposto da **MOHR-COULOMB** per i terreni, si ritiene di poter assumere un valore:

$$\varphi = \varphi^{\circ} + i$$

L'angolo di attrito di base " φ° " è quello corrispondente allo scorrimento tra superfici lisce dello stesso materiale. Ad esso, sulla base di numerose prove sperimentali, condotte da vari AA., viene assegnato un valore compreso tra 25° e 35°, in assenza di alterazioni delle pareti dei giunti; se le pareti dei giunti sono alterate il suddetto valore può scendere sino a 15° - 20°.

Per la definizione delle caratteristiche meccaniche della roccia sono state effettuate prove di taglio diretto su campioni di carote prelevate nel corso dei sondaggi. Alcuni di questi campioni sono stati tagliati meccanicamente, consentendo in tal modo la determinazione dell'angolo di attrito di base. In corrispondenza di altri campioni la prova è stata effettuata in corrispondenza di giunti riscontrati sulle carote che, proprio per questa particolarità, sono state specificatamente selezionate. I risultati di dette prove sono riassunti nella Tabella N° 15.

Sondaggio	Campione	Peso di volume (g/cmc)	Coesione (Kg/cmq)	Angolo di attrito	Valore di:
1	1	2,38	0,803	43	Base
4	1	1,94	0,807	51	picco
	2	2,02	0,189	18,5	base
	4	1,92	1,85	19	picco
6	1	1,89	0,257	38	base
22	2	2,63	0,631	33	base
	3	2,19	0,097	45	picco
	4	2,2	0,194	35	base
24b	1	2,23	0,194	35	base
	2	1,98	0,024	35	base
24c	1	2,48	0,291	42	base
	4	2,34	0,146	34	base
26	2	2,27	2,3	30	base
	3	2,13	0,24	46	base
27	2	2,63	0,55	34	base
29	2	2,46	0,37	36	base

Tabella 11

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 59
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Nel caso in esame si ritiene di assumere, cautelativamente:

$$\varphi^{\circ} = 32^{\circ}$$

L'angolo di inclinazione delle asperità "i" è definito dalla seguente espressione:

$$i = JRC \log (JCS/\sigma_n)$$

in cui:

JRC (*JOINT ROUGHNESS COEFFICIENT*), esprime l'entità delle irregolarità delle pareti del giunto;

JCS (*JOINT WALL COMPRESSIVE STRENGTH*), rappresenta la resistenza del materiale che costituisce le pareti del giunto e viene misurata con il *martello di SHMIDT*; convenzionalmente viene anche espressa come la resistenza *monoassiale* a compressione;

σ_n tensione normale agente sul piano di discontinuità, in Kg/cm².

L'angolo di attrito effettivo lungo le discontinuità diventa, quindi, funzione della rugosità (JRC), della resistenza a compressione (JCS) e della tensione normale al piano di taglio (σ_n). In particolare l'angolo di attrito decresce all'aumentare della tensione normale, giacchè per tensioni normali molto alte si verifica la rottura delle asperità dei giunti, sino al caso limite in cui si ha la totale rottura delle asperità e l'angolo di attrito tende a raggiungere il valore dell'attrito di base (φ°).

Per quanto attiene il valore di JCS, sui campioni litoidi prelevati nel corso dei sondaggi sono state effettuate prove di schiacciamento i cui risultati, concordi con i valori misurati mediante martello di Schmidt in affioramento, sono esposti nella Tabella N° 16.

Poichè la rugosità lungo le discontinuità sono tali da poter assumere **JCR = 10**, con riferimento ai valori di resistenza a compressione, ai parametri di resistenza ricavati da prove di laboratorio sia lungo superfici preesistenti che create artificialmente, considerando cautelativamente nulla la

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 60
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

coesione (parametro correlato con il grado di cementazione), per i termini in argomento si ricavano i seguenti parametri:

- peso di volume $\gamma = 2,3 \text{ ton/m}^3$

→ angolo di attrito $\varphi \geq 45^\circ$

→ coesione $C \rightarrow 0 \text{ Kg/cm}^2$

Sondaggio	Campione	Peso di volume (g/cmc)	Resistenza a compressione (Kg/cmq)	Sondaggio	Campione	Peso di volume (g/cmc)	Resistenza a compressione (Kg/cmq)
1	1	2,38	564	24A	1	2,22	47
	2	2,3	393		2	2,06	95
2	1	2,14	317		3	2,39	274
3	2	2,42	357	24B	2	1,98	83
4	1	1,94		S24C	1	2,47	258
	2	2,02	859		2	2,2	
	3	2,03			3	2,17	
	4	1,91	859		4	2,38	39
5	1	2,08	378	26	1	2,41	232
	2	2,2	335		2	2,27	504
	3	2,19			3	2,16	97
		4	2,09		27	1	2,6
6	1	1,89		29	1	2,35	217
10	1	2,18			2	2,46	217
	2	2,05	239	Valori medi		2,22	305
22	1	2,63	112				
	2	2,18	349				
	3	2,2	213				

Tabella 12

Tale caratterizzazione può ritenersi ampiamente cautelativa in quanto non considera il fattore coesione derivante dalla presenza di "ponti di roccia".

Per quanto attiene il modulo di elasticità (Young), dalle prove di resistenza alla compressione eseguite in laboratorio su provini cilindrici di roccia si ricavano valori compresi nel seguente range:

$$3.750 \leq E \leq 67.274 \text{ Kg/cm}^2$$

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 61
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

ove i valori più bassi si riferiscono agli strati marnosi, mentre quelli più alti a quelli calcarei. Considerando inoltre che l'ammasso risulta costituito da un'alternanza irregolare di strati suborizzontali con diverse facies litologiche (calcareniti, calcari sabbiosi, calcari marnosi, marne calcaree, ecc...) si ritiene di poter indicare come rappresentativo di tutta la formazione il seguente valore medio:

$$E = 25.000 \text{ Kg/cm}^2$$

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 62
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

9 – SISMICITA' DELL'AREA

Le ricerche sulla sismicità della Sicilia orientale (**BARBANO et Al., 1978; 1980; 1981; 1984**) ed altri studi sui maggiori terremoti degli ultimi mille anni (**BARBANO & COSENTINO, 1981; LOMBARDO, 1984**) hanno dimostrato come più del 48% del territorio siciliano abbia subito, almeno una volta, una scossa sismica di intensità superiore al 9° M.S.K 64.

La distribuzione degli epicentri e l'attività sismica (**RIZNICHENKO, 1964**) individuano, oltre alla Calabria, la fascia orientale della Sicilia tra le aree ad elevata pericolosità sismica, con rischio sismico molto più alto nelle zone densamente popolate.

BARBANO, CARROZZO, COSENTINO et Al. (1984) in accordo con (**RIZNICHENKO, 1964**) sottolineano come le aree di Messina-Reggio e del Monte Etna siano ad alto rischio sismico, con attività sismica:

$$A^{\circ} > 1$$

Per fornire un quadro generale della sismicità dell'area in esame sono stati raccolti i dati disponibili relativi ad eventi sismici avvenuti nell'Avampese ibleo ed elencati nel *Catalogo dei terremoti italiani dall'anno 1000 al 1980* (**C.N.R. – Progetto Finalizzato di Geodinamica, 1985**) (cfr. Tabella N° 1)

Anno	I _(M.S.K.) – 64
1624	5,6
1693	7,1
1892	3
1893	3
1894	4
1897	3
1904	3
1905	5
1907	3
1908	6
1909	3
1934	5
1949	3
1957	5
1978	5
1990	5

Tabella 13

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 63
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Più nello specifico, impostando una ricerca per mezzo della banca dati dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia si sono ottenute, con particolare riferimento all'abitato di Scicli, le osservazioni sismiche di Tabella 2:

Data					Effetti	In occasione del terremoto di		
Ye	Mo	Da	Ho	Mi	Is (MCS)	Area epicentrale	Ix	Ms
1693	1	11			100	SICILIA ORIENTALE	110	70
1959	12	23	9	29	55	PIANA DI CATANIA	65	47
1980	1	23	21		50	MODICA	55	40
1924	8	17	21	40	45	MONTI IBLEI	55	47
1848	1	11			40	AUGUSTA	85	55
1727	1	7			35	NOTO	75	52
1896	7	2	0	30	35	CANALE DI SICILIA	50	42
1898	11	2	10	24	35	CALTAGIRONE	60	42
1894	11	16	17	52	30	BAGNARA CALABRA	90	59
1908	12	10	6	20	20	NOVARA DI SICILIA	70	50

Tabella 14

Sulla scorta dei dati disponibili **CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G & PATANE' G. (1982)** riportano la *curva di Benioff*, che lega il rilascio di energia (**E**) con i tempi di accumulo della stessa (Figura N° 1); essa consente, quindi, di ottenere un'indicazione sugli intervalli di tempo fra i maggiori eventi di carattere regionale.

Il calcolo dell'energia viene effettuato mediante la relazione elaborata da **RAUTIAN in CAROZZO et Alii (1975)**:

$$\log E = 11 + 1,8M$$

in cui **M** rappresenta la magnitudo.

Per «*magnitudo*» si intende la misura quantitativa della dimensione di un terremoto; **COSENTINO & LOMBARDO (1980)** legano la magnitudo macroscopica (**M**) alla intensità di un terremoto mediante la relazione:

$$M = 0,52 I_{(M.S.K.)} + 1,35$$

in cui l'intensità sismica **I** (M.S.K.) è legata all'intensità della scala Mercalli Modificata (**I_{mm}**) dalla relazione:

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 64
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

$$I_{(M.S.K.)} = 0,94 \text{ Imm} + 0,08$$

A titolo di esempio si riporta la correlazione tra le varie scale per il terremoto di Messina del 1908:

<i>Scala Mercalli Modificata</i>	$I_{(M.S.K.)}$	<i>Magnitudo</i>
12	11	7,1

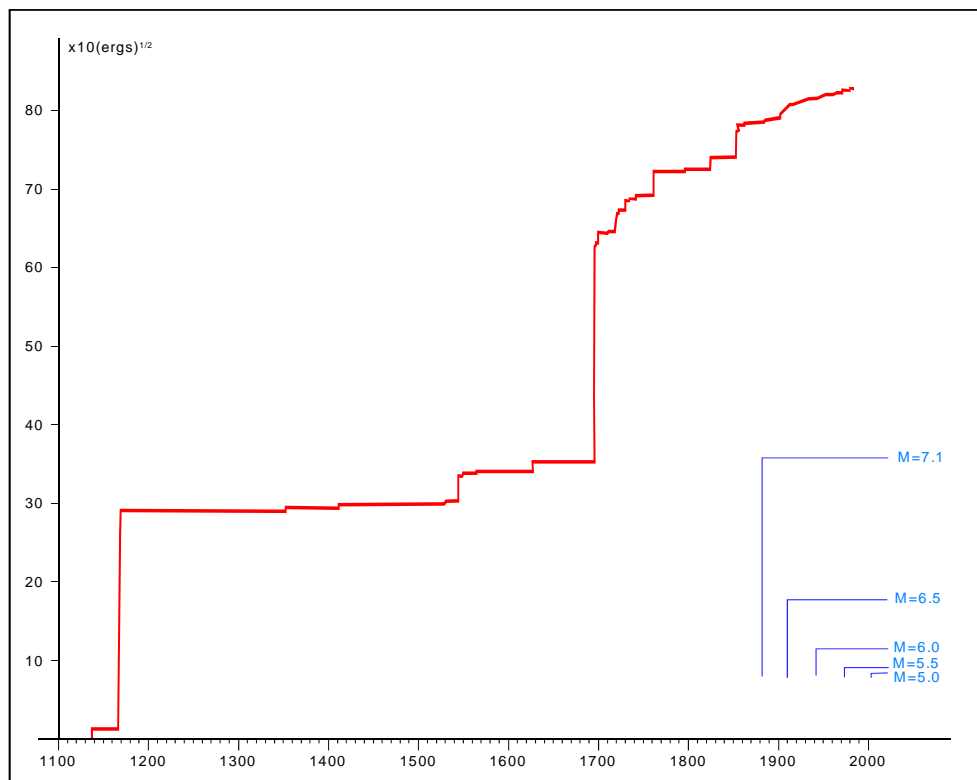


Figura 5

L'andamento della curva della Fig. 1 è caratterizzato da due importanti rilasci di energia relativi ai terremoti del 1169 e del 1693; dopo quest'ultimo terremoto l'andamento della curva assume maggiore dettaglio (per la presenza di una maggior mole di informazioni) mettendo in luce un discreto numero di eventi a minore energia.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 65
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Si può quindi considerare l'Altipiano Ibleo, nel suo insieme, come una zona interessata da importanti eventi sismici, con significativi rilasci di energia, intervallati da periodi caratterizzati da una attività sismica di medio- bassa intensità.

CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G & PATANE' G. (1982) sulla scorta di tutti i dati disponibili, e considerando gli eventi sismici con magnitudo $M \geq 3$., hanno elaborato la *Carta dei principali elementi strutturali dell'area iblea con ubicazione degli epicentri*, riportata in Figura N° 2. E' possibile osservare come la distribuzione degli epicentri evidenzi un addensamento dell'attività sismica lungo il margine Nord-Occidentale del Plateau Ibleo, con numerosi terremoti di bassa magnitudo ($M_{max} = 5,6$ nel 1624), mentre nella parte orientale si registra un ridotto numero di eventi ad elevata magnitudo, cui si riconducono i terremoti più catastrofici della regione ($M_{max} = 7,1$ nel 1169 e nel 1693).

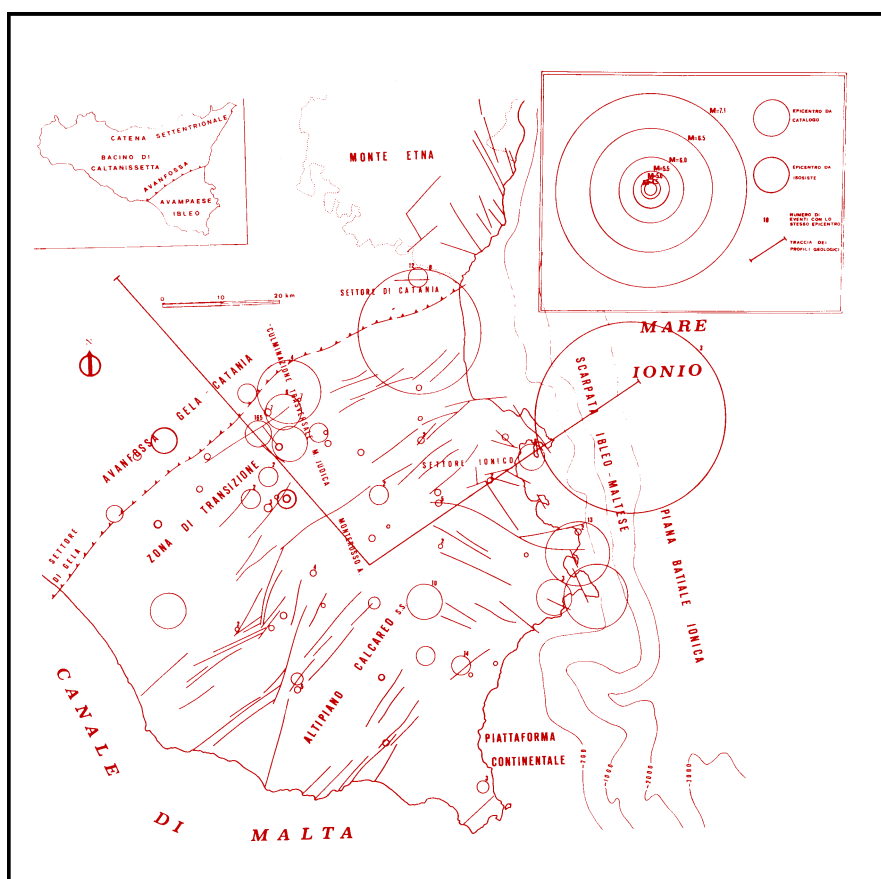


Figura 6

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 66
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

L'altopiano Ibleo presenta una configurazione strutturale e tettonica tale da determinare un regime sismico caratterizzato da rilasci di energia molto importanti, specie se comparati con i brevi tempi di accumulo (**CARBONE et alii 1982**) per gli eventi più significativi, (1169 – 1693) che avrebbero avuto epicentro al largo delle coste di Augusta e Catania (**BARBARANO et alii 1978; CARBONE et alii 1982**). Questi eventi principali permettono di inserire l'area in studio fra quelle a più alto rischio sismico in ambito nazionale, anche in considerazione dell'elevato grado di urbanizzazione, della particolare ubicazione dei principali centri abitati e delle relative caratteristiche costruttive degli edifici. Tali condizioni generali furono chiaramente evidenziate anche in sede di Studio d'Impatto Ambientale e costituiscono elemento di attenzione in sede di progettazione.

Nell'ambito dell'area in studio particolare importanza assumono le principali lineazioni che attraversano il tracciato con direzione, generalmente, N – S. Fra queste vale la pena rammentare l'importante allineamento, avente direzione NNE-SSW, *Scicli – Ragusa – Giarratana - Monte Lauro*, riconoscibile più da elementi morfologici e sismologici che da elementi strutturali. Tale sistema sembra essere responsabile di alcuni eventi sismici recenti a modesta magnitudo ($M < 4,5$), fra cui l'evento del 23 gennaio 1980, che ha mostrato l'andamento delle isosiste riportato nell'allegata Figura 3.

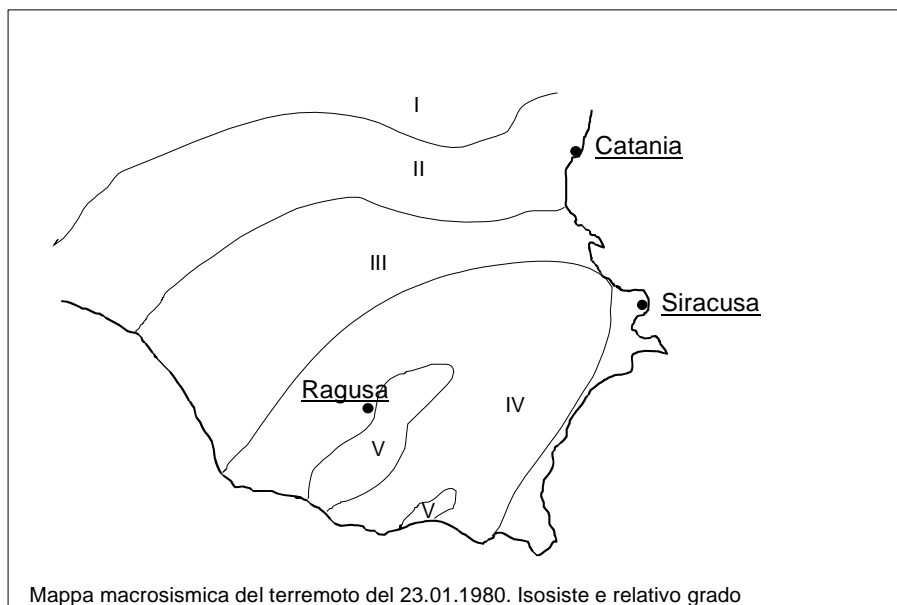


Figura 7

 	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 67
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

In ogni caso l'Ordinanza del Presidente del Consiglio n° 3274 del 20 marzo 2003, che classifica tutto il territorio nazionale in zone a diverso grado di pericolosità, prende atto della sismicità (diretta o indiretta) del territorio classificando il territorio di Scicli (così come l'intera provincia di Ragusa) in zona 2. Secondo le precedenti normative la stessa area era in seconda categoria.

Secondo le più recenti Norme Tecniche per le Costruzioni (NTC) di cui al Decreto del 14/1/2008, pubblicate sulla Gazzetta Ufficiale n° 29 del 04/02/2008, le azioni sismiche debbono essere determinate in relazione al periodo di riferimento VR, che si ricava moltiplicando la vita nominale VN per il coefficiente d'uso CU, a sua volta funzione della classe d'uso come da tabella 2.4.11 delle N.T.

Nel caso in argomento si è considerata una vita nominale "VN", ai sensi del par. 2.4.1 delle sopraccitate NTC, pari a 100 anni. La classe d'uso, ai sensi del par. 2.4.2, è la IV.

Si ha quindi:

$$V_R = V_N * C_U = 100 * 2,0 = 200 \text{ anni}$$

9.1 – Pericolosità sismica di base ed azioni sismiche

Come si evince dal cap. 3.2. delle NTC 2008 le azioni sismiche di progetto, in base alle quali valutare il rispetto dei diversi stati limite, si definiscono a partire dalla "pericolosità sismica di base del sito", valutata in termini di accelerazione massima attesa a_g in condizioni di campo libero su sito di riferimento rigido con superficie topografica orizzontale (di categoria A), nonché di ordinate dello spettro di risposta elastico in accelerazione ad essa corrispondente SC(T) con riferimento a prefissate probabilità di eccedenza PVr come definite nel periodo di riferimento VR.

Ai fini della normativa le forme spettrali sono definite per ciascuna probabilità di superamento nel periodo di riferimento PVr a partire dai seguenti parametri, su sito di riferimento rigido orizzontale:

a_g accelerazione orizzontale massima

Fo valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale

 INGEGNERIA	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 68
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

T^*_c periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.

I valori dei parametri di cui sopra sono allegati in calce alle NTC per diversi periodi di ritorno (TR), e distinti in base ad un codice di identificazione (ID) nonché delle relative coordinate geografiche (latitudine e longitudine). Possono pertanto essere determinati o sulla base del Comune in cui ricadono i lavori, o in base alle esatte coordinate geografiche in cui ricadono le singole opere.

La categoria di suolo di fondazione, di cui al capitolo 3.2.2 delle N.T.C., viene determinata attraverso il parametro Vs30 come riportato nella tab. 3.2.II (tabella 3 seguente):

A	Formazioni litoidi o suoli omogenei molto rigidi caratterizzati da valori di VS30 superiori a 800 m/s, comprendenti eventuali strati di alterazione superficiale di spessore massimo pari a 5 m.
B	Depositi di sabbie o ghiaie molto addensate o argille molto consistenti, con spessori di diverse decine di metri, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di VS30 compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero resistenza penetrometrica NSPT > 50 o coesione non drenata $c_u > 250$ kPa).
C	Depositi di sabbie e ghiaie mediamente addensate, o di argille di media consistenza, con spessori variabili da diverse decine fino a centinaia di metri, caratterizzati da valori di VS30 compresi tra 180 m/s e 360 m/s ($15 < NSPT < 50$, $70 \text{ kPa} < c_u < 250 \text{ kPa}$)
D	Depositi di terreni granulari da sciolti a poco addensati oppure coesivi da poco a mediamente consistenti, caratterizzati da valori di VS30 minori di 180m/s ($NSPT < 15$, $c_u < 70 \text{ kPa}$).
E	Profili di terreno costituiti da strati superficiali alluvionali, con valori di VS30 simili a quelli dei tipi C o D e spessore compreso tra 5 e 20 m, giacenti su di un substrato di materiale più rigido con VS30 superiore ad 800 m/s.
S1	Depositi costituiti da, o che includono, uno strato spesso almeno 10 m di argille/limi di bassa consistenza, con elevato indice di plasticità ($PI > 40$) e contenuto d'acqua, caratterizzati da valori di VS30 minori di 100 m/s e $10 \text{ kPa} < c_u < 20 \text{ kPa}$.
S2	Depositi di terreni soggetti a liquefazione, di argille sensitive, o qualsiasi altra categoria di terreno non classificabile nei tipi precedenti.

Tabella 15. Categoria di suolo di fondazione

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 69
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Per la valutazione del parametro Vs30 sono state effettuate specifiche indagini in sito con tecnica MASW, misurando la velocità delle onde di taglio in corrispondenza di n° 9 siti ubicati lungo il tracciato. Le prove, contenute nella documentazione sulle indagini geognostiche cui si rimanda per maggiori dettagli, portano all'attribuzione di una categoria di suolo di fondazione tipo:

- **A:** in presenza della Formazione Ragusa affiorante o sub affiorante, passante a B laddove lo spessore di eventuali materiali di copertura è significativo;
- **B:** in presenza delle Calcareniti, o della Formazione Tellaro cui soggiace a modesta profondità la Ragusa;
- **B:** in presenza dei Trubi, della Formazione Tellaro, depositi alluvionali per spessori importanti e, ancora per la milonite.

Per quanto attiene le condizioni topografiche, con riferimento alle tabelle 3.2.IV e 3.2.VI delle N.T.C., considerando un territorio sostanzialmente pianeggiante o sub-pianeggiante si considera una **categoria T1**.

Per la valutazione dell'azione sismica sono state individuate, in seno all'area in studio, le coordinate geografiche di n° 37 punti distribuiti lungo il tracciato.

Successivamente è stato possibile ottenere i valori dei parametri spettrali a_g , F_o , T^*_c , propri di ciascun punto mediante le relative coordinate geografiche utilizzando il programma "Spettri di risposta" del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici (ver. 1.0.3), così come rappresentato in figura 8. Tali valori sono ottenuti per un periodo di ritorno T_r , per lo Stato di Salvaguardia della Vita (SLV), pari a 1898 anni ($P_{vr} = 10\%$).

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 70
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	



Figura 8. Identificazione del sito all'interno della maglia di appartenenza nel reticolo di riferimento (programma: spettri di risposta del Consiglio Superiore dei Lavori Pubblici, ver. 1.0.3)

Sempre mediante il suddetto programma si ottengono i valori di riferimento di a_g riportati in tabella 16.

L'accelerazione massima attesa in superficie deriva dalla:

$$a_{\max} = S \times a_g = S_s \times S_T \times a_g$$

S = coefficiente che comprende l'effetto dell'amplificazione stratigrafica S_s e quella topografica S_T

a_g = accelerazione orizzontale massima sul sito di riferimento rigido.

Sulla base delle formule riportate in tabella 3.2.V delle NTC il coefficiente di amplificazione stratigrafica S_s assume valore variabile fra 1 ed 1,33, mentre quello topografico S_t vale 1,00 o 1,20. Considerando i diversi valori di a_g si ottengono i corrispettivi di a_{\max} come risulta dalla tabella 16.

Nella carta della pericolosità sismica locale, di cui alle Tavole 18 – 19 - 20 sono ubicati i n° 37 siti di calcolo di cui alla tabella 16, le ubicazioni delle indagini MASW e le attribuzioni della categoria di suolo di fondazione.

SITON°			ag	Sottosuolo tipo	Categoria topografica	St	Ss	amax (ag*St°Ss)
1	Lat.	36,788420	0,297	A	T1	1	1	0,297
	Long.	14,779866						
2	Lat.	36,786203	0,296	A	T1	1	1	0,296
	Long.	14,776637						
3	Lat.	36,782640	0,295	A	T1	1	1	0,295
	Long.	14,769072						
4	Lat.	36,782139	0,295	A	T1	1	1	0,295
	Long.	14,763891						
5	Lat.	36,778878	0,294	A	T1	1	1	0,294
	Long.	14,765333						
6	Lat.	36,777937	0,293	A	T1	1	1	0,293
	Long.	14,761586						
7	Lat.	36,777135	0,293	A	T1	1	1	0,293
	Long.	14,760714						
8	Lat.	36,770031	0,265	A	T1	1	1	0,265
	Long.	14,739064						
9	Lat.	36,770895	0,261	A	T1	1	1	0,261
	Long.	14,727304						
10	Lat.	36,768250	0,264	A	T1	1	1	0,264
	Long.	14,732942						
11	Lat.	36,770169	0,258	B	T1	1	1,14	0,295
	Long.	14,723084						
12	Lat.	36,767894	0,254	B	T1	1	1,15	0,292
	Long.	14,713778						
13	Lat.	36,767549	0,253	B	T1	1	1,15	0,291
	Long.	14,711240						
14	Lat.	36,768956	0,252	C	T1	1	1,33	0,335
	Long.	14,705038						
15	Lat.	36,769538	0,251	A	T1	1	1	0,251
	Long.	14,703529						
16	Lat.	36,772053	0,252	A	T1	1	1	0,252
	Long.	14,701497						
17	Lat.	36,772563	0,252	A	T1	1	1	0,252
	Long.	14,700459						
18	Lat.	36,772935	0,251	C	T1	1	1,33	0,334
	Long.	14,699255						
19	Lat.	36,773452	0,251	C	T1	1	1,33	0,334
	Long.	14,698231						
20	Lat.	36,774176	0,251	C	T1	1	1,33	0,334
	Long.	14,696905						
21	Lat.	36,774899	0,252	C	T1	1	1,33	0,335
	Long.	14,696165						
22	Lat.	36,775569	0,251	C	T1	1	1,33	0,334
	Long.	14,693807						
23	Lat.	36,775460	0,251	C	T1	1	1,33	0,334
	Long.	14,691481						
24	Lat.	36,776596	0,252	C	T1	1	1,33	0,335
	Long.	14,687626						
25	Lat.	36,776894	0,262	C	T1	1	1,31	0,344
	Long.	14,685677						
26	Lat.	36,777084	0,262	C	T1	1	1,31	0,343
	Long.	14,684391						
27	Lat.	36,777981	0,271	A	T2	1,2	1	0,325
	Long.	14,681743						
28	Lat.	36,778515	0,270	B	T1	1	1,13	0,305
	Long.	14,680902						
29	Lat.	36,778674	0,270	A	T2	1,2	1	0,324
	Long.	14,680404						
30	Lat.	36,778819	0,269	A	T1	1	1	0,269
	Long.	14,679353						
31	Lat.	36,779773	0,267	A	T1	1	1	0,267
	Long.	14,676929						
32	Lat.	36,778998	0,271	A	T2	1,2	1	0,325
	Long.	14,681435						
33	Lat.	36,770221	0,252	A	T1	1	1	0,252
	Long.	14,676627						
34	Lat.	36,768196	0,251	A	T1	1	1	0,251
	Long.	14,675990						
35	Lat.	36,767307	0,251	B	T1	1	1,15	0,288
	Long.	14,675189						
36	Lat.	36,766199	0,250	B	T1	1	1,15	0,288
	Long.	14,673290						
37	Lat.	36,776094	0,254	B	T1	1	1,15	0,293
	Long.	14,675886						

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 72
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Tabella 16. Determinazione dei parametri di accelerazione sismica

10 - PERICOLOSITA' GEOLOGICA

Sulla scorta degli studi effettuati lungo il tracciato del lotto in esame, e nell'ambito di un intorno ritenuto significativo, è stata redatta la carta della pericolosità geologica su base cartografica in scala 1:10.000 (Tav. 21).

Prima di commentare i risultati dello studio si ritiene utile formulare alcune considerazioni sul concetto di «pericolosità geologica», che sovente viene impropriamente adoperato.

E' bene sottolineare che non è possibile valutare un territorio affetto da pericolosità geologica in senso assoluto, giacchè essa deve essere sempre commisurata all'eventuale danno o rischio prodotto nei confronti dell'ambiente antropico.

Per pericolosità geologica deve intendersi, quindi, il complesso di quei fenomeni geologici, siano essi morfologici, tettonici, idrogeologici, sismici ecc., la cui evoluzione induce un rischio o danno per l'ambiente antropico.

Ne deriva che, a parità di fenomeno che induce il rischio, la pericolosità è anche funzione dell'ambiente in cui essa si sviluppa: in aree fortemente antropizzate il rischio assume valori massimi, mentre in aree non antropizzate lo stesso fenomeno acquista pericolosità bassa o, addirittura, nulla.

La pericolosità geologica può incidere sul territorio con dei rischi diretti come, ad esempio, nel caso di fenomeni franosi in aree antropizzate, o con rischi indiretti quali quelli provocati dall'inquinamento di falde idriche, che costituisce un pericolo per la salute pubblica.

Nella carta tematica della pericolosità geologica, elaborata nella Tav. 21, si è cercato quindi di riportare tutti i fattori che possono costituire un rischio oggettivo per l'ambiente antropico, distinguendo le aree con varie campiture e perimetrazioni in relazione al «tema» del rischio; sono state inoltre riportate, per grandi linee, le aree a differente rischio sismico locale limitatamente alla fascia a cavallo del tracciato autostradale.

Sulla base di quanto sopra esposto sono state distinte:

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 73
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- a) *Aree non soggette a fenomeni di pericolosità geologica:* sono ubicate in zone al di fuori dell'area di influenza del tracciato autostradale, lontane da dislocazioni tettoniche;
- b) *Aree ad elevato rischio di vulnerabilità delle falde idriche superficiali:* sono ubicate nelle parti pianeggianti del tratto di territorio in studio, ove sono presenti terreni permeabili, di tipo prevalentemente alluvionale (depositi fluviali attuali e recenti, conoidi), con una falda idrica subsuperficiale, sovente di tipo stagionale e soggetta a possibili fenomeni di inquinamento;
- c) *Aree ad alto rischio di vulnerabilità delle falde idriche profonde:* si rinvencono laddove affiorano le successioni carbonatiche permeabili (Formazione di Ragusa), in assenza della copertura impermeabile argilloso-marnosa della Formazione Tellaro;
- d) *Aree con rischio di dissesti localizzati per crolli:* sono ubicate lungo le pareti rocciose subverticali delle scarpate tettoniche e lungo i versanti delle *forre*, in cui scorrono i principali corsi d'acqua. Per fenomeni di erosione o in concomitanza di eventi sismici si possono verificare distacchi di blocchi e/o di porzioni di ammassi rocciosi particolarmente fratturati;
- e) *Aree potenzialmente soggette a piena fluviale:* costituiscono l'alveo di magra e di piena dei principali corsi d'acqua, che potrebbero essere invasi dalle acque in occasione di eventi meteorici eccezionali;
- f) *Aree ad alta o molto alta pericolosità sismica locale:* sono piuttosto diffuse e derivano dalla determinazione dei valori di accelerazione al suolo in relazione anche alle condizioni morfologiche ed alla categoria di suolo di fondazione. Sono da attenzionare in particolare le aree poste a cavallo delle faglie.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 74
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

11- IL TRACCIATO AUTOSTRADALE

Nel proseguo della presente relazione verranno illustrati brevemente i vari tratti e le principali opere previste lungo l'intero sviluppo del lotto 9 così come sono riportati nei profili geologici di Tav 22- 23 – 24 - 25.

11.1 – Tratti in trincea.

I tratti in cui il tracciato autostradale si sviluppa in trincea interessano prevalentemente la Formazione Ragusa e, in subordine, le Calcareniti recenti, la Formazione Tellaro ed i Trubi.

In particolare, procedendo con direzione Siracusa – Gela, lungo la prima parte del tracciato la livelletta si mantiene prossima al piano campagna determinando una successione di tratti in scavo e rilevato piuttosto modesti sia come estensione che come altezza massima.

In particolare.

- *Tratto tra inizio lotto e la sez 15:* l'altezza massima della trincea è di circa 5 m. Lo scavo, indagato con il sondaggio S1 interessa, oltre alla coltre vegetale avente uno spessore inferiore a 20 – 30 cm, e/o un sottilissimo strato di materiale detritico derivante dallo sfasciume della sottostante formazione calcarea, essenzialmente i termini calcareo – calcarenitici della Formazione Ragusa.
- *Tratto tra le sez. 35 – 44:* in quest'ambito lo scavo è molto modesto e, al di sotto della copertura vegetale dello spessore medio di 30 cm (pozzetto 2), andrà ad intaccare la sommità dei banconi calcarei della Formazione Ragusa.
- *Tratto tra le sez. 64 – 73:* rappresenta un ulteriore scavo di modestissima entità ove, al di sotto di una coltre di terreno vegetale dello spessore medio di 80 cm (pozzetto P5), si riscontrano i banconi calcarei della Formazione Ragusa.
- *Tratto tra le sez. 117 – 122:* è il punto di raccordo fra due tratte attigue in rilevato e dove lo scavo resta sempre molto modesto. Al di sotto di una sottile copertura vegetale (circa 20 cm.) sono immediatamente visibili i banconi calcarei della Formazione Ragusa.

Oltre la sezione 122 ha inizio un ampio tratto in rilevato che si estende sino alla sezione 215, superato il quale la livelletta si mantiene al di sotto del piano campagna sino a fine lotto.

 	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 75
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

In particolare:

- Tratto tra le sez. 215 - 318:* rappresenta un lungo tratto in trincea con un'altezza massima di circa 10 m. e nel quale possono essere osservati, in successione, tutti i litotipi presenti nel lotto 9. Infatti dopo un tratto iniziale in calcari della Formazione Ragusa (sez. 215 – 222) e Calcareniti recenti (sez. 222 – 238) viene attraversato un piccolo rilievo rappresentato dai Trubi, identificati nel sondaggio S10 e posti fra le sez. 238 – 243. Subito dopo, per effetto di un brusco contatto laterale (forse per faglia) affiorano le marne della Formazione Tellaro identificate nel sondaggio S11 e confinate fra le sez. 243 – 268. Fra le sez. 268 – 306 lo scavo si svilupperà nuovamente nelle calcareniti della Formazione Ragusa riscontrate nei sondaggi S 12, 13 e 14. Infine fra la sez. 306 e l'imbocco della galleria Scicli gli scavi saranno ancora nelle marne della Formazione Tellaro.

Come si evince dalla descrizione fornita questa tratta è caratterizzata da una spiccata variabilità laterale che porta ad affiancare, in spazi anche brevi, diversi tipi litologici. Questo è imputabile alla presenza di alcuni sistemi di faglie dirette, aventi direzione circa ortogonale al tracciato, che disegnano una serie di strutture ribassate (“*Graben*”) al nucleo delle quali si rinvengono i termini più recenti (F.ne Tellaro e Trubi) poggianti sulla Ragusa e preservati dall'erosione. I contatti laterali fra marne e calcari, imputabili a motivi tettonici, sono netti e repentini, accompagnati da una fascia di materiale cataclasico, essenzialmente coesivo, di colore rossastro e di spessore da metrico a decametrico.

Oltrepassata la Galleria artificiale Scicli, descritta a seguito in maniera specifica, il tracciato resta costantemente in trincea sino a fine lotto. Possono essere identificate le seguenti tratte:

- Tratta compresa fra la Galleria Scicli e la spalla lato Siracusa del Viadotto Modica (sez. 387 – 401):* l'indagine effettuata tramite il sondaggio S23 ha riscontrato, sotto ad una coltre vegetale di spessore 30 – 40 cm., i banchi calcarei della Formazione Ragusa che affiorano con continuità anche lungo ambo le sponde del Torrente Modica.
- Tratta compresa fra la spalla lato Gela del Viadotto Modica e fine lotto (sez. 418 – 458):* è interessata unicamente dai calcari della Formazione Ragusa affioranti a p.c. o ricoperti da una coltre vegetale che ha spessore massimo di 30 – 50 cm. In questa tratta, caratterizzata attraverso i sondaggi S 28 e 29, sono ubicate le trincee più alte, circa 12 m., di tutto il lotto.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 76
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- *Bretella di svincolo*: indagata tramite i sondaggi S 25, 26 è caratterizzata unicamente dai calcari della Formazione Ragusa posti al di sotto di una modesta copertura vegetale o detritica derivante dallo smantellamento dei sottostanti calcari.

Come evidenziato dalle descrizioni fornite la maggior parte degli scavi previsti interessano la Formazione Ragusa. Trattandosi di calcari e calcareniti si ritiene che il materiale di risulta potrà essere reimpiegato per la realizzazione dei rilevati autostradali, vespai e drenaggi. Le uniche difficoltà in tal senso derivano dalla necessità di ridurlo ad idonea pezzatura, secondo le prescrizioni di capitolato, constatato che l'ammasso presenta volume roccioso unitario piuttosto elevato da cui deriveranno frequenti elementi a pezzatura grossolana.

Per quanto attiene la scavabilità dei termini della Formazione Ragusa, pur ammettendo una certa eterogeneità del materiale è possibile ammettere che la buona resistenza a compressione della roccia⁶, l'elevata velocità delle onde sismiche⁷, il modesto stato di fatturazione dell'ammasso riscontrato in sito, nonché gli elevati valori di RQD ricavati dai sondaggi⁸, la stratificazione in banchi di spessore metrico a giacitura suborizzontale, sono elementi che fanno prevedere una elevata tenacità e resistenza del materiale allo scavo. I riscontri compiuti in sito evidenziano in ogni caso come i calcari della Ragusa siano generalmente aggredibili con mezzi meccanici (essenzialmente martelli demolitori) di adeguata potenza, a patto che gli stessi abbiano possibilità di muoversi ed agire in modo da ottenere i migliori angoli d'attacco in funzione della disposizione spaziale delle discontinuità della roccia. Nel contesto descritto, pur ammettendo che lo scavo con mezzi meccanici è teoricamente possibile, si deve però ammettere che non sempre esso potrà essere economicamente conveniente rispetto ad uno scavo realizzato mediante esplosivo. La valutazione sul tipo e sulla metodologia più idonea dovrà essere fatta dall'appaltatore in relazione alle attrezzature disponibili ed a propri criteri di convenienza tecnica ed economica. In ogni caso in fase di stima si è tenuto conto della elevata durezza della roccia assimilando una certa percentuale dei termini calcarei della Formazione Ragusa a roccia da mina.

⁶ Valore medio 305 Kg/cm² con punte superiori a 800 Kg/cm².

⁷ Mediamente nell'ordine di 2.000 m/sec con punte anche superiori a 2.600 m/sec.

⁸ Valori di RQD generalmente nell'ordine del 50 – 60% sino ad oltre il 70%.

 	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 77
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Maggiormente aggredibili, ed ugualmente valide per la costituzione dei rilevati, sono le calcareniti recenti, la cui presenza è in ogni caso confinata ad un ambito piuttosto ristretto.

I Trubi, rappresentati da calcari marnosi a globigerine, o marne calcaree di colore biancastro, sono materiali facilmente aggredibili dai mezzi meccanici e spesso scavabili mediante semplice uso di benna. Non risultano idonei per essere riutilizzati a rilevato essendo generalmente classificabili come A4 o A6 della classifica CNR UNI 10006.

Infine le marne (argillose) della Formazione Tellaro, distinte in una facies superficiale alterata ed una integra più profonda, sono materiali anch'essi relativamente teneri e scavabili mediante benna. Trattandosi di materiali coesivi ad elevata plasticità, classificabili come A6 o A7 della classifica CNR UNI 10006, non è ammissibile un loro reimpiego nei lavori autostradali fatta eccezione per quelli posti esternamente alla sede stradale o, più in generale, per lavori ove è ammissibile l'utilizzo di materiale coesivo (riempimenti, impermeabilizzazione, sponde o barriere pararumore ecc).

11.2 – Tratti in rilevato

I tratti in cui il tracciato autostradale si sviluppa in rilevato interessano prevalentemente la Formazione Ragusa e, in subordine, la Formazione Tellaro ed alcuni lembi di materiale alluvionale.

In particolare, procedendo con direzione Siracusa – Gela, lungo la prima parte del tracciato la livelletta si mantiene prossima al piano campagna determinando una successione di tratti in rilevato e trincea piuttosto modesti sia come estensione che come altezza massima. Solo nella parte centrale del lotto si ha lo sviluppo di un ampio tratto in rilevato con altezza massima nell'ordine di 9,00 m.

Vengono qui di seguito descritti i vari tratti in relazione alla natura dei terreni di fondazione.

- *Tratto tra le sez. 15 - 35:* il tracciato stradale si sviluppa essenzialmente a mezza costa con scavo a monte e rilevato, di altezza massima circa 5 m., a valle. Il substrato di fondazione, indagato mediante il sondaggio S2, risulta costituito dall'alternanza calcarenitico-calcareo della Formazione Ragusa, localmente ricoperta da una coltre vegetale di spessore decimetrico;

 	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 78
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- *Tratto tra le sez. 44 ÷ 64:* l'altezza del rilevato si mantiene costante e nell'ordine di circa 3 m; il substrato di fondazione, indagato mediante il sondaggio S3, risulta costituito dall'alternanza calcarenitico-calcareo della Formazione Ragusa, localmente ricoperta da una coltre vegetale di spessore decimetrico;
- *Tratto tra le sez. 73 – 117;* l'altezza massima del rilevato è di circa 7 m; il substrato di fondazione, indagato mediante il sondaggio S4, risulta costituito dall'alternanza calcarenitico-calcareo della Formazione Ragusa, localmente ricoperta da una coltre vegetale di spessore decimetrico;
- *Tratto tra le sez. 122 - 215:* rappresenta il tratto in rilevato di maggiore estensione nell'ambito del lotto studiato. In quest'area il rilevato ha altezza massima superiore ad 8 m. ed interessa, oltre alla sempre presente Formazione Ragusa, anche le marne della Formazione Tellaro ribassate per faglia e confinate fra le sez. 183 – 210. I calcari sono stati individuati attraverso i sondaggi S 5, 6, 7, mentre le marne grazie al sondaggio S 8 ed al pozzetto 13.
- *Tratto lungo la pista di svincolo, a valle della S.P. 39 Scicli Donnalucata.* In quest'area il sondaggio S 27 e le traverse sismiche T39 e 40 hanno messo in luce la presenza di materiale alluvionale del vicino Torrente Modica, prevalentemente granulare e ricoperto da una coltre di terreno vegetale di spessore superiore al metro.

Dalla descrizione fornita si evince come nella maggior parte dei casi i piani di posa dei rilevati saranno rappresentati dai calcari e calcareniti della Formazione Ragusa. Non sono quindi ipotizzabili cedimenti o deformazioni dei piani di posa che presentano elevata rigidità. Unica accortezza sarà quella di provvedere ad asportare interamente la coltre di terreno vegetale che ammantava e ricopriva i calcari. Anche se essi sono sovente subaffioranti, non mancano aree che, soggette da tempo ad uso agricolo, hanno spessori di terreno vegetale variabili fra 10 – 40 cm, così come evidenziato nel corso dei sondaggi e dei pozzetti.

Per quanto attiene i rilevati poggiati sulle marne della Tellaro, le prove di laboratorio eseguite hanno evidenziato che si tratta di materiali argillosi fortemente sovraconsolidati, nei quali non è ipotizzabile l'instaurarsi di cedimenti ritenuti significativi. In ogni caso in queste tratte, fra corpo del rilevato e piano di posa, dovrà essere posato un pacchetto di materiale drenante, con funzione anticapillare, protetto da tessuto non tessuto.

 	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 79
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Infine nel tratto di rilevato posto in prossimità dell'innesto dello svincolo sulla SP 39 la presenza di materiale granulare, e gli elevati valori di SPT misurati nel corso del sondaggio S 27, permettono di escludere l'instaurarsi di cedimenti significativi al di sotto del piano di posa del rilevato. Tali cedimenti in ogni caso si esauriranno durante la costruzione dell'opera. Particolare cura dovrà essere posta invece nella totale asportazione della coltre di terreno vegetale che qui assume uno spessore non trascurabile.

11.3 – Scatolari e sottovia

Lungo il tracciato del lotto autostradale sono previsti diversi scatolari e sottovia, sia stradali che idraulici, di seguito descritti in relazione alle caratteristiche dei litotipi presenti.

- *Opere N° 1 – 4 – 11 – 12 - 22 - 25 – 28 – 30 (scatolari 4x4,5 – 4x5 – 6x5,5 – 9x5,5):* ricadono nell'ambito dell'alternanza calcarenitico-calcareo della Formazione Ragusa, generalmente subaffiorante o ricoperta da una sottile coltre di terreno vegetale e/o una coltre detritico-eluviale derivante dallo smantellamento dei termini sottostanti;
- *Opera N° 35 (scatolare 9x6):* ricade interamente nell'ambito della Formazione Tellaro, in facies superficiale alterata ed allentata, ricoperta da una coltre di terreno vegetale di spessore superiore al metro;
- *Opera N° 44 (scatolare 4x4,5)* ricade interamente nell'ambito della Formazione Tellaro, in facies superficiale, alterata ed allentata per i primi 6 – 8 m., ed integra più in profondità. Il tutto è ricoperto da una modesta coltre di terreno vegetale;
- *Opera N° 54 (scatolare idraulico 3x3):* ricade interamente nell'ambito della Formazione Tellaro, in facies superficiale alterata ed allentata, cui soggiacciono a modesta profondità i calcari della Formazione Ragusa;
- *Opera N° 83 (scatolare 9x6):* ricade totalmente nell'ambito dell'alternanza calcarenitico-calcareo della Formazione Ragusa, localmente ricoperta da un sottile livello di terreno vegetale;
- *Opera N° 88 (scatolare 6.00x4.50):* l'opera è ubicata in seno ai depositi alluvionali del Torrente Modica che in questa tratta hanno uno spessore di circa 10,00 m. Tali depositi, che soggiacciono ad una coltre vegetale di spessore compreso fra 1 – 2 m., sono distinti in una unità

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 80
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

superiore, prevalentemente granulare, ed una inferiore coesiva. In essi è possibile riscontrare la presenza di una falda il cui livello massimo è funzione del periodo stagionale.

Come si evince dalle descrizioni sopra fornite la maggior parte degli sciolari sono previsti in seno ai termini calcareo-calcarenitici della Formazione Ragusa. Tali materiali, suddivisi in banchi di grosso spessore, suborizzontali, dotati di media – elevata resistenza a compressione e ridotto stato di fatturazione, saranno scavabili, seppur con difficoltà, mediante l'utilizzo di mezzi meccanici. Questo sia per l'elevata resistenza e tenacità del materiale sia per le ovvie difficoltà connesse con la ridotta manovrabilità e la bassa resa di un mezzo meccanico (martello demolitore ad elevata potenza) che operi in uno scavo a sezione obbligata. Per tale motivo, pur lasciando all'appaltatore la scelta sulla metodologia di scavo più idonea, in fase di stima quota parte degli scavi in detti materiali, valutata sulla base dei riscontri puntuali effettuati in sede d'indagine, è stata ritenuta assimilabile a roccia dura da mina.

Il calcare o le calcareniti rappresentano un ottimo terreno sedime per l'opera, per la quale non sono previste problematiche di alcun genere.

Un limitato numero di sciolari ricade nella Formazione Tellaro la cui porzione alterata, così come i Trubi, risulta facilmente aggredibile mediante benna. La facies integra della Tellaro può essere scavata agevolmente con una benna a ridotta sezione, o al limite mediante martello demolitore di bassa potenza, e pertanto può essere considerata alla stregua di una roccia tenera.

Tecnicamente gli sciolari che ricadono in questi terreni hanno fondazioni ampiamente compensate dagli scavi condotti (si vedano a tal proposito i profili longitudinali), per cui non sono prevedibili problemi tecnici o esecutivi particolari.

Lo sciolare di opera 88 è in materiali granulari sciolti dotati di buona caratteristiche di portanza facilmente scavabili con benna.

Un cenno deve essere fatto in questa sede alla realizzazione di scavi a sezione particolarmente ridotta e superficialmente piuttosto estesi, quali ad esempio quelli previsti per le varie canalette ed opere idrauliche in genere. La quota parte di essi posta in corrispondenza della Formazione Ragusa, constatato che i calcari si trovano spesso a profondità minime dal p.c. quando addirittura non sono subaffioranti, richiederà notevole impegno nello scavo. Prevedendo significative difficoltà

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 81
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

ad eseguire lo scavo con l'ausilio di mezzi meccanici tradizionali si consiglia in questa sede l'impiego di sistemi meccanizzati.

11.4– Ponti e cavalcavia

Lungo il tracciato sono previsti alcuni ponti e cavalcavia di seguito descritti in relazione alle caratteristiche dei litotipi presenti.

- *Opere N° 16 e 19 (Cavalcavia sulle Strade Provinciali 41 e 122):* la successione stratigrafica in corrispondenza dell'asse autostradale prevede la presenza dell'alternanza calcarenitico-calcarea della Formazione Ragusa direttamente da p.c.
- *Opera N° 37 (Cavalcavia Strada Provinciale 40):* la successione stratigrafica in corrispondenza dell'asse autostradale è la seguente:
 - m 0,0 – 0,9 terreno vegetale;
 - m 0,9 – 8,0 calcareniti recenti;
 - m 8,0 – 9,4 marne;
 - > m 9,4 alternanza calcarenitico-calcarea della Formazione Ragusa.
- *Opera N° 42 (Cavalcavia Strada Provinciale 56):* la successione stratigrafica, in asse all'opera in oggetto è la seguente:
 - Spalla lato valle marne della Formazione Tellaro;
 - Spalla lato monte alternanza calcarenitico-calcarea della Formazione Ragusa;
 - Pila centrale alternanza calcarenitico-calcarea della Formazione Ragusa in zona di faglia.
- *Opera N° 49 (Cavalcavia Strada Vicinale):* la successione stratigrafica in corrispondenza dell'asse autostradale prevede la presenza dell'alternanza calcarenitico-calcarea della Formazione Ragusa al di sotto di una modestissima coltre di terreno vegetale.

 	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 82
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

- *Opera N° 79 (Cavalcavia pista di svincolo):* la successione stratigrafica in corrispondenza di tutto l'asse di svincolo prevede la presenza dell'alternanza calcarenitico-calcareo della Formazione Ragusa al di sotto di una modestissima coltre di terreno vegetale.
- *Opera N° 84 (Viadotto su Strada Provinciale 39):* la successione stratigrafica, in corrispondenza dell'asse dell'opera in oggetto è la seguente:
 - Spalla di monte, pila 1 e 2: alternanza calcarenitico-calcareo della Formazione Ragusa sottostante ad una coltre detritica di spessore medio 1,5 m.;
 - Pile 3, 4 e spalla di valle: alluvioni del torrente Modica aventi una potenza variabile da 10 – 11,50 m., poggianti sulla Formazione Ragusa. In seno ai termini alluvionali può essere presente, in relazione al periodo stagionale, una falda idrica.

11.5 – Galleria artificiale Scicli

La galleria artificiale Scicli si sviluppa in massima parte nell'ambito della Formazione Tellaro all'incirca fra le sezioni 316 – 338 (Km 8.650 - 9.920).

Procedendo nella descrizione da E verso W, in corrispondenza dell'imbocco lato Siracusa è presente la Formazione di Tellaro ricoperta generalmente da una coltre detritica che sfuma gradatamente nella porzione superficiale, alterata, della Formazione stessa. A monte dell'imbocco una serie di faglie molto importanti determinano la comparsa di Trubi, estremamente fratturati e disarticolati, evidenziati anche nel sondaggio S15.

Oltre la strada posta in sommità al rilievo la presenza di un secondo sistema di faglie comporta la presenza di una milonite (argille marnose di colore rosso mattone causa fenomeni di ferrettizzazione), con frammenti lapidei eterometrici. Tale deposito, evidenziato e circoscritto mediante i sondaggi S 15 bis ed S16, non è mai osservabile in superficie in quanto ricoperto da una spessa coltre detritica.

Scendendo verso l'opposto versante diversi affioramenti mostrano la presenza della Formazione Tellaro, distinta in una facies alterata superficiale che si estende sino alla profondità media di 5 – 8 m., ed una integra ad essa sottostante. La Formazione Tellaro interessa buona parte della galleria

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 83
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

estendendosi sino all'imbocco lato Gela dell'opera, così come evidenziato nei sondaggi compresi fra l'S17 e l'S22. Proseguendo da E verso W lo spessore della Formazione Tellaro diminuisce progressivamente evidenziando una costante risalita, (sondaggi S 20, 21 e 22) dei sottostanti calcari della Formazione Ragusa che, in prossimità dell'imbocco lato Gela, si trovano già a pochissimi metri da p.c.

In corrispondenza della galleria artificiale "Scicli" per il sostegno degli scavi, talora importanti si è fatto ricorso a:

- scarpate adeguatamente abbattute in presenza di scavi di modesta entità;
- paratie di micropali tipo berlinese, tirantate su più ordini, laddove nella parte inferiore della sezione sono previsti i calcari;
- paratie di pali di grosso diametro tirantate su più ordini laddove gli scavi interessano unicamente i depositi marnoso argillosi della Tellaro o la milonite.

Le tipologie di opere, le pendenze delle scarpate e la conformazione provvisoria e definitiva del terreno sono state definite sulla base delle caratteristiche dei terreni puntualmente presenti in sito. Nell'ottica del maggior riutilizzo possibile di materiali provenienti dagli scavi si prevede di utilizzare, per la copertura della galleria artificiale, termini coesivi derivanti dalla Formazione Tellaro (classificati come A6 o A7 della CNR UNI 1006) e provenienti dagli scavi eseguiti proprio in corrispondenza della galleria stessa.

11.6 – Viadotto Modica

E' ubicato nella parte terminale del lotto, poco prima dello svincolo di Scicli.

Il viadotto Modica ha un impalcato a conci coniugati, prefabbricati e varati in opera, con n° 3 campate e luci da 95,00 m. Attraversa la vallata dell'omonimo torrente disposta con direzione N-S e caratterizzata da sponde ripide e scoscese sulle quali sono ubicate le spalle.

Nella golena di fondovalle, tendenzialmente pianeggiante ed impostata in depositi alluvionali recenti ed attuali, con falda idrica ad elevata escursione stagionale, sono ubicate le due pile.

Il thalwg del corso d'acqua ha un percorso chiaramente meandriforme causa la debole pendenza dell'alveo e, nella zona di attraversamento autostradale, si presenta fortemente asimmetrico essendo spostato sul margine orografico sinistro della golena, a ridosso del rilievo.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 84
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

Lungo ambo le sponde del corso d'acqua affiora con continuità la tipica successione di calcari e calcareniti della Formazione Ragusa, suddivisa in strati o banchi di spessore variabile da decimetrico a metrico, a ridotto stato di fatturazione. Particolarmente evidenti sono i fenomeni di erosione differenziale fra termini a diverso grado di durezza, che sottolineano i passaggi fra interstrati arenitici e calcarei. In tale contesto si ubicano ambo le spalle dell'opera, impostate nella parte sommitale delle sponde in seno ai calcari che, localmente, mostrano debole immersione verso sud.

Sulla base delle indagini eseguite si dimostra come la pila 1 sia posizionata nella zona a maggior spessore del materasso alluvionale, (potenza valutata in circa 11,00 m. nel sondaggio 24b) poggiante sulle alternanze calcaree e calcarenitiche della Ragusa caratterizzate, proprio in questo punto, da evidenti intercalazioni di un calcare marnoso di colore grigio scuro. L'escursione della falda idrica risulta molto importante ed essenzialmente variabile dal punto di contatto roccia/alluvioni sino a p.c. a seconda del periodo stagionale e delle precipitazioni meteoriche. In tale contesto per la pila in oggetto viene prevista una fondazione a pozzo, da realizzarsi previa messa in opera di una coronella di micropali di contenimento a presidio degli scavi, consigliata anche in virtù della possibilità che esista un punto di maggior approfondimento del subalveo non riscontrato nella campagna d'indagine ed eccentrico rispetto alla golena del corso d'acqua.

La pila 2 per contro, pur ubicata al limite esterno della golena, è posta in corrispondenza del piazzale di lavoro di un impianto di calcestruzzi. Il sondaggio S 24a ha evidenziato un ridottissimo spessore di materiale alluvionale misto a materiale di riporto cui seguono immediatamente le tipiche successioni della Ragusa in facies analoga a quelle riscontrata nella pila 1. In tale contesto viene prevista una fondazione di tipo diretto.

Alla data dei rilievi, fra la pila 2 e la spalla lato Gela il sondaggio S 24c ha riscontrato un discreto accumulo di materiale di riporto collegato con l'attività del vicino impianto. Tale materiale dovrà essere rimosso prima dell'inizio dei lavori anche perché interessato parzialmente, al piede, dagli scavi di sbancamento necessari per la realizzazione delle fondazione della pila stessa.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 85
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

11.7 – Svincolo di Scicli

Lo svincolo di Scicli ricade in un'area a blando declivio verso Sud in cui affiora la Formazione Ragusa, localmente ricoperta da terreno vegetale e/o depositi detritico-eluviali, di spessore generalmente decimetrico.

Poiché l'alternanza calcarenitico-calcareo è caratterizzata da buone caratteristiche meccaniche non sussistono problemi geotecnici particolari inerenti le fondazioni dei manufatti (cavalcavia, muri e sottovia) che raggiungeranno sempre la formazione calcarenitico-calcareo più o meno integra.

I muri di sostegno e di sottoscarpa avranno fondazioni di tipo diretto, poggianti sull'alternanza calcareo-marnosa della Formazione Ragusa asportando, ove presente, il sottile strato di terreno vegetale e/o copertura detritico-eluviale.

Le opere poste a valle della SP 39 Scicli – Donnalucata sono impostate entro materiali alluvionali, essenzialmente granulari, legati agli apporti del vicino Torrente Modica. Trattasi di materiali ben addensati e costipati aventi buone caratteristiche fisico meccaniche.

In quest'ambito il ponte di opera 84, ubicato parte in calcari della Formazione Ragusa e parte in alluvioni, ha le fondazioni in calcare di tipo diretto e quelle in alluvioni su pali di grande diametro.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 86
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

12 – MOVIMENTI MATERIE

Dai profili geologici di Tavola 22 – 23 – 24 - 25 si evince che:

- la prima parte del tracciato (Tav 22 da pk 0,00 a pk 2.600) è costituita da una successione di trincee e rilevati di altezza modesta (pochi metri) interamente impostati nei calcari/calcareniti della Formazione Ragusa;
- la seconda parte del tracciato (Tav 23 da pk 2.600 a pk 5.600) è posta prevalentemente su rilevati di altezza media 3-4 m, con punte di circa 7 m. Il terreno di sedime sono ancora i calcari/ calcareniti della Formazione Ragusa;
- la terza parte del tracciato (Tav 24 da pk 5.600 a pk 9.140) si sviluppa in trincea o in galleria artificiale. Causa la presenza di una serie di faglie, e fatta eccezione per un tratto relativamente modesto nelle calcareniti pleistoceniche o nella Formazione Ragusa, permane all'interno di termini marnosi o marnoso argillosi della Formazione Tellaro, assai più limitatamente dei Trubi;
- la quarta parte del tracciato (Tav 25 da pk 9.140 a pk 11.215) resta in galleria artificiale ed all'interno della Formazione Tellaro (con sottostanti calcari della Ragusa) sino al torrente Modica. Superato il corso d'acqua permane su trincee aventi altezze anche importanti (13 m) interamente comprese nei calcari/calcareniti della Formazione Ragusa.
- lo svincolo di Scicli è in scavo all'interno della Formazione Ragusa, così come la prima metà della bretella di svincolo. La seconda metà della stessa bretella è invece su rilevato poggiante sulla Formazione Ragusa o, verso l'innesto con la viabilità ordinaria, su depositi fluviali terrazzati.

Pertanto gli scavi previsti nell'ambito del presente lavoro interessano fondamentalmente due litotipi: ovvero la Formazione Ragusa e la Formazione Tellaro; più marginalmente le calcareniti pleistoceniche ed i Trubi.

Le analisi e prove di laboratorio effettuate, i rilievi tecnici ed i riscontri sul terreno dimostrano le buone/ottime caratteristiche della Formazione Ragusa che, ai sensi della classifica CNR UNI 10006, viene ascritta alle classi A1 (prevalentemente) ed A2-4; A2-5, il cui giudizio per il reimpiego a

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 87
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

rilevato è da eccellente a buono. Analogamente possono essere classificate le calcareniti pleistoceniche.

La Formazione Tellaro, costituita da marne, marne argillose e marne calcaree è prevalentemente ascrivibile alle classi A6 – A7, il cui giudizio è scadente. Caratteristiche analoghe, solo localmente leggermente migliori (A4, giudizio mediocre) possono essere attribuite ai Trubi.

Da questa suddivisione risulta che un importante quantitativo dei materiali scavati è potenzialmente riutilizzabile a rilevato. Volumi significativi, provenienti dalla zona della galleria artificiale, e riferibili alla Formazione Tellaro (più limitatamente Trubi) possono essere reimpiegati solo per ritombamenti, dune e più in generale per elementi non strutturali.

In tale contesto si è cercato di ottimizzare il bilancio terre al fine di ridurre al massimo il ricorso a cave o discariche.

I materiali qualitativamente migliori (provenienti dalla Ragusa e dalle calcareniti pleistoceniche) verranno impiegati per la realizzazione dei rilevati in asse stradale, per drenaggi, per il riempimento dello scotico ed eventuale bonifica in corrispondenza dei piani di posa, per rivestimenti in pietrame.

I materiali qualitativamente più scadenti (provenienti dalla Tellaro e dai Trubi) verranno impiegati per i riempimenti al di sopra della galleria artificiale Scicli.

Il bilancio terre, la cui sintesi è riportata nella seguente figura 17 (dove i volumi indicati non comprendono il pacchetto di pavimentazione stradale ed il fabbisogno di inerti per calcestruzzi).

	Rev. 1	Data Marzo 2011	EI. A18-9-gl20	Pag. n. 88
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

DESCRIZIONE	QUANTITA' (mc)	TOTALE (mc)
Scavi		
A) Scavi di sbancamento ed a sezione ristretta	4.671.814,243	
B) Scavi di fondazione	83.808,597	
C) Totale scavi = (A+B)		4.755.622,840
Rilevati e reimpieghi		
D) Rilevati con compattazione	2.003.381,200	
E) Rilevati senza compattazione	633.245,504	
F) Terreno vegetale da depositi di cantiere	201.532,369	
G) Drenaggi	42.321,206	
H) Rivestimenti con pietrame	2.725,463	
I) Muratura di pietrame a secco e legata con malta	39.168,690	
L) Riempimenti (scotico, cavi residui scavi fondazione)	120.694,456	
M) Riempimento gabbioni e materassi	3.695,458	
N) Totale rilevati e reimpieghi = (D+E+F+G+H+I+L+M)		3.046.764,346
O) Differenza materiali residui da abbancare in cava Truncafila = (C-N)		1.708.858,494
Cave e discariche		
P) Materasso drenante (proveniente da cava di prestito)		21.096,000
Q) Materiale da conferire a discarica (demolizioni di murature, c.a., fabbricati)		5.180,000
R) Fresatura pavimentazione		5.277,800

Tabella 17. Riepilogo generale movimenti materie

Nel complesso i lavori del lotto 9 prevedono scavi per complessivi **4.755.622,840 mc** in banco. I rilevati (comprensivi di drenaggi, rivestimenti, murature, riempimenti, terreno vegetale) sommano a complessivi **3.046.764,346 mc**. La differenza dei due volumi, pari a **1.708.858,494 mc**, viene interamente utilizzata per la riqualificazione della cava Truncafila.

E' prevista la voce relativa al conferimento e trasporto a discarica unicamente per i volumi provenienti dalle demolizioni dei fabbricati esistenti, per complessivi 5.180 mc.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 89
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

La cava di prestito è prevista per la fornitura dei materassi drenanti posti alla base dei rilevati, che sommano a 21.096 mc. di materiale lavato e vagliato avente un fuso granulometrico ben definito. A cava di prestito si dovrà ricorrere, inoltre, per l'approvvigionamento degli inerti da utilizzare per le pavimentazioni stradali e per il confezionamento dei conglomerati cementizi.

Per maggiori dettagli sull'argomento si rimanda alla relazione su cave e discariche e alle relazioni riguardanti il progetto di sistemazione della Cava Truncafila.

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 90
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

13 - CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Nel presente lavoro sono esposti i risultati degli studi geologici, geomorfologici, idrogeologici, sismici e litotecnici visualizzati nelle relative carte tematiche allegate. La sintesi di tutti i suddetti studi, nonché l'elaborazione delle relative cartografie tematiche, ha portato alla redazione della carta della pericolosità geologica.

Da quanto esposto nei paragrafi precedenti è possibile formulare alcune valutazioni ed osservazioni di ordine generale che vengono qui di seguito sintetizzate:

- a) le caratteristiche geologiche del tratto di territorio in studio sono dominate da una formazione calcareo-calcarenitica (*Formazione Ragusa*), avente buone/ottime caratteristiche di resistenza e deformabilità, ricoperta in modo discontinuo dalle marne della Formazione Tellaro o da calcareniti Pleistoceniche spesso dislocate per faglia. In siffatte condizioni litologiche il tracciato si sviluppa longitudinalmente parte in rilevato o trincea, parte in galleria artificiale e parte in viadotto;
- b) i lineamenti geomorfologici sono determinati essenzialmente da una morfologia di tipo *conseguente*, dipendente dalle principali strutture tettoniche, nonché dal sistema di fratturazione del litotipo calcareo; la configurazione tettonica a *zolle e scalini*, determinata dalle faglie degradanti verso SE concorda, inoltre, con l'andamento morfologico monoclinale nella stessa direzione. L'area è da ritenersi geomorfologicamente stabile e priva di particolari condizioni di pericolosità geomorfologica;
- c) le caratteristiche tettoniche locali sono individuabili nella presenza di un *trend* di faglie aventi genericamente orientazione N-S, cui appartengono tutte le dislocazioni e che determinano una struttura a *scalini*;
- d) la sismicità del tratto di territorio in studio assume valori non trascurabili e localmente variabili in funzione delle litologie presenti e della morfologia del territorio. Spesso vi è la coincidenza fra i litotipi più scadenti (categoria di suolo di fondazione B e C) con le condizioni morfologiche peggiori (classe T2);
- e) lo studio idrogeologico e di vulnerabilità delle falde idriche ha consentito di individuare due tipi di falde idriche. La prima è superficiale, di limitata entità, a carattere sovente

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 91
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

stagionale, localizzata nell'ambito dei depositi incoerenti alluvionali (alluvioni recenti ed attuali) del Torrente Modica. L'altra, profonda, contenuta nell'acquifero carbonatico, si trova a profondità decametrica o pluridecamentrica, comunque sempre molto superiore alle profondità raggiunte con le opere. Si rileva comunque una spiccata e potenziale vulnerabilità funzione dell'importanza dell'acquifero. In tali condizioni si ritiene che la realizzazione del lotto autostradale in questione non incida significativamente sulla salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo, giacchè non si hanno interferenze fra opere e falda, la permeabilità della roccia (rilevata da prove in sito) è spesso modesta o molto modesta, e la falda si trova a buona profondità da piano campagna. Ciononostante l'importanza dell'acquifero ha consigliato l'adozione di opere atte a minimizzare il rischio di inquinamenti anche in presenza di eventi accidentali (vasche di prima pioggia). Nel corso dei lavori si dovrà inoltre avere particolare cura nell'evitare sversamenti sul terreno gestendo le attività di cantiere in modo tale da minimizzare in tutte le fasi il rischio idrogeologico;

- f) il comportamento meccanico dei terreni è sintetizzato nelle carte litotecniche, che consentono di visualizzare, lungo il tracciato del lotto autostradale in studio, i terreni ad analogo comportamento meccanico in accordo con quanto esposto nei precedenti studi geologici e geotecnici. In breve lungo la maggior parte del lotto sono presenti termini in facies lapidea (calcari) aventi buone caratteristiche fisico-meccaniche;
- g) lo studio della pericolosità sismica locale, è stato condotto sulla base dei concetti espressi nelle Norme tecniche per le Costruzioni del 14.01.2008. In particolare sono state distinte graficamente, con colori diversi, le diverse aree in funzione della tipologia di suolo di fondazione. La distinzione è stata fatta sulla base di specifiche misurazioni dirette delle onde sismiche di taglio attraverso una campagna di prove MASW condotte nell'estate del 2009. Nella stessa carta sono rappresentate le ubicazioni delle prove MASW nonchè i valori di accelerazione al suolo calcolati in corrispondenza di una serie di punti distribuiti lungo il tracciato. Nel complesso si segnalano condizioni di alta pericolosità sismica che ben si raccordano con la storia sismica del territorio.
- h) infine la valutazione della pericolosità geologica condensa, in un contesto territoriale più ampio, i risultati dei precedenti studi, integrandoli con valutazioni afferenti ad ulteriori temi

	Rev. 1	Data Marzo 2011	El. A18-9-gl20	Pag. n. 92
	Rev. 2	Settembre 2012	Conferimento materiali di risulta alla cava Truncafila	

di rischio; il tracciato autostradale si sviluppa prevalentemente in zona pianeggiante, laddove non si esplicano fenomeni significativi di evoluzione geomorfologica. Sono evidenti generali e diffuse condizioni di vulnerabilità idrogeologica, connesse essenzialmente all'importanza dell'acquifero contenuto nella Formazione Ragusa, e di alta pericolosità sismica connessa con i sensibili valori di accelerazione al suolo puntualmente calcolati.