


A	DICEMBRE 2011	EMISSIONE				P. LO CASCIO	L. BELLONI	F.BUSOLA													
REV.	DATA	DESCRIZIONE				ELABORATO	VERIFICATO	APPROVATO													
SOSTITUISCE L'ELABORATO N~						SOSTITUITO DALL'ELABORATO N~															
CONSORZIO PER LE AUTOSTRADE SICILIANE AUTOSTRADA SIRACUSA – GELA 2° TRONCO: ROSOLINI – RAGUSA LOTTO 10/11 PROGETTO ESECUTIVO																					
IDENTIFICAZIONE ELABORATO																					
E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A
PROG.	STRADA	LOTTO	MACRO OPERA	OPERA		PARTE DI OPERA		TIPOLOGIA ELABORATO	N. ELABORATO	REV.											
LOTTO 10 "IRMINIO" RELAZIONE GEOLOGICA																					
DATA	DICEMBRE 2011					PROGETTAZIONE															
CODICE CAD-FILE	EA1810T00GG00GEORE001A.doc					IL RESPONSABILE : DOTT. ING. F. BUSOLA															
<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>																					

 GENERALI	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 1
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						


AUTOSTRADA SIRACUSA-GELA

2° TRONCO ROSOLINI - RAGUSA

PROGETTO ESECUTIVO


LOTTO 10 "IRMINIO"

RELAZIONE GEOLOGICA

 PROGETTA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 2
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

INDICE

1.	INTRODUZIONE	4
2.	INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO	7
3.	GEOMORFOLOGIA	10
4.	GEOLOGIA	12
	4.1. Litostratigrafia	12
	4.2. Tettonica	14
5.	IDROGEOLOGIA	18
	5.1. Permeabilità	18
	5.1.1. Terreni permeabili per porosità	18
	5.1.2. Terreni permeabili per fratturazione	19
	5.1.3. Terreni impermeabili	20
	5.2. Circolazione idrica	20
	5.2.1. Acque di superficie	20
	5.2.2. Falde superficiali	21
	5.2.3. Falde profonde	21
	5.3. Caratteristiche degli acquiferi e loro vulnerabilità	21
6.	INDAGINI GEOGNOSTICHE	24
	6.1. Pozzetti esplorativi	24
	6.2. Sondaggi geognostici	25
	6.3. Prove di permeabilità "Lugeon"	27
	6.4. Indagini geofisiche	28
7.	CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI	30
	7.1. Copertura detritica coesiva	30
	7.2. Depositi alluvionali attuali e recenti	31
	7.3. Formazione Tellaro	31
	7.4. Formazione Ragusa	31
8.	CONCLUSIONI	33
9.	APPENDICE	35


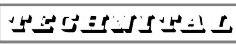
	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 3
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

INDICE DELLE FIGURE

Fig. 1 - Inquadramento cartografico dell'area di progetto	8
Fig. 2 - Ortofotopiano con individuazione dell'area di progetto	9
Fig. 3 - Carta elementi strutturali area iblea	16
Fig. 4 - Distribuzione delle tensioni in prossimità dell'area iblea	16

INDICE DELLE TABELLE

Tab. 1 - Stratigrafie sintetizzate dei pozzetti	25
Tab. 2 - Stratigrafie sintetizzate dei sondaggi geognostici	25
Tab. 2.1 - Stratigrafie sintetizzate dei sondaggi geognostici	26
Tab. 3 - Traverso sismiche a rifrazione	29

 	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 4
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

1. INTRODUZIONE

La presente relazione descrive la situazione geologico-strutturale e quella geomorfologica, idrogeologica e sismica del tratto di territorio lungo il quale si snoda il Lotto autostradale 10 “Irminio” dell’Autostrada Siracusa-Gela.


Il lotto in argomento è in prosecuzione dell’attiguo Lotto 9 “Scicli” che prevede, nella sua parte terminale, la realizzazione dello svincolo autostradale di Scicli e il suo collegamento alla S.P. Donnalucata-Scicli.

Il tracciato del Lotto 10 attraversa i territori comunali di Scicli e Ragusa e più precisamente si snoda quasi interamente nel territorio del Comune di Scicli, interessando quello di Ragusa solo nel tratto terminale. Il lotto inizia nel settore posto a sud-ovest del centro abitato di Scicli e termina nell’area sita in sponda destra del Fiume Irminio, il cui impluvio marca la linea di confine tra i due territori comunali sopra indicati.

Percorrendo il tracciato in direzione Gela esso inizia a ridosso della S.P. 95 ad una quota prossima ai 125m s.l.m., prosegue poi in direzione nord-nord/ovest sino alla Contrada Truncafila, per poi curvare in direzione nord-ovest giungendo in Contrada Maggio. Quest’ultima è ubicata in sponda destra del Fiume Irminio, ad una quota di circa 110m s.l.m.

Il primo tratto autostradale, che va dall’inizio del lotto sino alla zona prossima alla S.P. 119 Lincino-Spinazza, avrà uno sviluppo lineare di circa 2.450m e sarà realizzato in trincea. Il tracciato proseguirà poi con un breve tratto in rilevato e a seguire un tratto in galleria naturale (denominata Cozzo Truncafila) della lunghezza di circa 858m. Alla galleria Cozzo Truncafila seguirà un breve tratto in scavo e quindi un tratto in rilevato della lunghezza di circa 617m (rilevato Cottonari). Il tratto finale del lotto vedrà invece la realizzazione della galleria artificiale Cottonari della lunghezza di circa 395m e del Viadotto Irminio, lungo all’incirca 280m, che permetterà di superare la valle dell’omonimo fiume.

Il tracciato autostradale si svilupperà per una lunghezza complessiva di circa 5.080m, oltre ai tratti stradali di modifica e rifacimento della viabilità locale.


 PROGETTA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 5
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

In osservanza al D.M. 11.03.1988 e successive modifiche in questo specifico tratto d'interesse progettuale nel periodo compreso tra il mese di gennaio 2003 e quello di giugno 2004 sono state eseguite le seguenti indagini geognostiche:

- n. 11 pozzetti esplorativi a mezzo di escavatore spinti sino alla profondità massima di circa -1,80m dal p.c.;
- n. 18 sondaggi geognostici a carotaggio continuo spinti mediamente ad una profondità di 25÷30m dal p.c. con un massimo di circa 50m;
- n. 15 prove di permeabilità “Lugeon” nel corso dell'esecuzione dei sondaggi geognostici;
- n. 17 prove penetrometriche dinamiche (S.P.T.) in fase di avanzamento dei sondaggi geognostici;
- prelievo, durante i sondaggi, di n. 66 campioni in parte a disturbo limitato ed in parte rimaneggiati;
- installazione di n. 3 piezometri in P.V.C. a tubo aperto per il rilievo dei livelli piezometrici;
- n. 21 basi sismiche a rifrazione con stendimenti di lunghezza pari a 48ml;
- n. 1 base sismica a rifrazione con stendimento di lunghezza pari a 60ml interpretata con la tecnica tomografica;
- n. 4 masw per la caratterizzazione sismica dei suoli;
- analisi geotecniche di laboratorio eseguiti su n. 51 campioni dei 66 prelevati;
- n. 7 stazioni di rilievo geomeccanico.

Lo studio geologico dell'area lungo la quale si snoda il tracciato autostradale è stato svolto secondo le seguenti fasi:

- rilevamento geologico;
- studio delle caratteristiche geomorfologiche e idrogeologiche eseguito mediante ricognizioni sui luoghi;
- studio della permeabilità dei terreni condotto sulla scorta delle notizie bibliografiche, caratteristiche geologiche generali del territorio, dei riscontri in sito nonché dalle prove di permeabilità effettuate;
- descrizione litotecnica dei terreni condotta sulla scorta delle prove e dei rilievi geomeccanici in sito e delle analisi eseguite in laboratorio sui campioni prelevati nel corso dell'indagine geognostica.

 REGIONE SICILIANA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 6
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev							


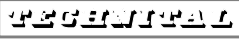
I dati forniti dalle indagini e dai rilievi di superficie hanno permesso la stesura della presente relazione geologica e la redazione degli elaborati grafici di seguito elencati:

- Planimetria con ubicazione indagini in sito tav. 1 di 2 da km 0+000 a km 2+500
- Planimetria con ubicazione indagini in sito tav. 2 di 2 da km 2+500 a km 5+080
- Planimetria geologica - tav. 1
- Planimetria geologica - tav. 2
- Carta geologica tav. 1 di 2 da km 0+000 a km 2+500
- Carta geologica tav. 2 di 2 da km 2+500 a km 5+080
- Carta geomorfologica tav. 1 di 2 da km 0+000 a km 2+500
- Carta geomorfologica tav. 2 di 2 da km 2+500 a km 5+080
- Carta idrogeologica e delle vulnerabilità degli acquiferi tav. 1 di 2 da km 0+000 a km 2+500
- Carta idrogeologica e delle vulnerabilità degli acquiferi tav. 2 di 2 da km 2+500 a km 5+080
- Profilo geologico asse principale tav. 1 di 2
- Profilo geologico asse principale tav. 2 di 2.

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*» ed il lavoro di CARBONE S., COSENTINO M., GRASSO M., LENTINI F., LOMBARDO G. & PATANE' G. (1982) ed altri.

 	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 7
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

2. INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO

Il tracciato del Lotto 10 “Irmio” interessa, come detto nell’introduzione, i territori comunali di Scicli e Ragusa il cui limite amministrativo coincide con l’attuale impluvio del Fiume Irmio.

L’andamento del tracciato si sviluppa prevalentemente in direzione nord-ovest con tratti in trincea, galleria, rilevato e viadotto. Procedendo da Siracusa verso Gela le opere edili più importanti sono: Galleria naturale Cozzo Truncafila, Galleria artificiale Cottonari e Viadotto Irmio.

In riferimento alla cartografia ufficiale edita dall’Istituto Geografico Militare l’area in questione è rappresentata nel Foglio N. 276 Quadrante II Orientamento N.O. e nel Foglio N. 276 Quadrante III Orientamento N.E. (Fig. 1).

Lo stesso tracciato autostradale è riportato, sottoforma di retino colorato, nell’ortofotopiano della Figura 2. In tale figura oltre ad aver evidenziato il tratto di territorio che sarà interessato dal tracciato si è avuta cura di indicare le opere più importanti previste in progetto, le strade principali e con esse le località più vicine al tracciato.

Da uno sguardo d’insieme delle due figure si evince che il lotto in esame non interessa tratti densamente abitati, fatta eccezione per il tratto centrale, prossimo alla Galleria Cozzo Tuncafila, dove l’autostrada si porta in prossimità di alcuni fabbricati rurali e di civile abitazione. Si nota, viceversa, una diffusa presenza di strade provinciali, comunali e rurali che interferiranno, soprattutto in riferimento alla parte iniziale del tracciato, con i lavori di costruzione dell’autostrada. Tali interferenze saranno risolte mediante la realizzazione di alcuni cavalcavia e manufatti scatolari.

Le figure evidenziano, inoltre, che l’area lungo la quale si snoda il tracciato è abbastanza pianeggiante; infatti le uniche zone accidentate corrispondono alle incisioni fluviali più importanti rappresentate dal Torrente Modica e dal Fiume Irmio.

Il primo sarà intercettato dal tracciato autostradale verso la fine del Lotto 9 e verrà attraversato mediante un viadotto e grandi luci, mentre il Fiume Irmio verrà intercettato verso la fine del Lotto 10 e sarà anch’esso attraversato con un viadotto a grandi luci.



FIG. 1 - INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO DELL'AREA DI PROGETTO



 TECFESTAL	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 9
	Pr	Strada	Lotto				Macro opera				Opera				Parte di opera			Tipo elab			N. Elab.		



FIG. 2 - ORTOFOTOPIANO CON INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO

 PROGETTAZIONE	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 10
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev						

3. GEOMORFOLOGIA

Le caratteristiche geomorfologiche del tratto di territorio in studio sono riportate nelle Tavole 1 e 2 dell'elaborato Carta Geomorfologica in scala 1:5.000.

I lineamenti orografici sono caratterizzati dalla presenza dell'altopiano Ibleo contraddistinto da strati calcarei orizzontali oppure leggermente immergenti. Le quote di livellamento lungo il tracciato variano da un minimo di circa 110÷130m s.l.m. sino ad un massimo di circa 200m s.l.m. in prossimità della Contrada Falomo. Nel primo tratto, compreso tra l'inizio lotto e la Contrada Bommachia, la morfologia è abbastanza pianeggiante, con pendenze che si aggirano attorno al 4÷5%; superata tale zona la presenza di litotipi litoidi e meno litoidi rende la morfologia più ondulata. La parte terminale del lotto, infatti, è caratterizzata da un'alternarsi di vallecole ad U che si raccordano con zone di alti strutturali.


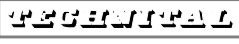
Il reticolo idrografico, che è praticamente assente nel primo tratto del lotto fatta eccezione per la presenza del Torrente Modica e dei suoi affluenti, è mediamente evoluto nella parte rimanente, con incisioni poco o mediamente marcate che si sviluppano sia con direzione all'incirca est-ovest e sia con direzione sud-nord.

Soltanto il tratto finale del lotto è caratterizzato da un corso d'acqua importante, il Fiume Irminio, che scorre con direzione nord/est-sud/ovest. Il suddetto fiume è spesso confinato entro profonde incisioni con valli a pareti subverticali ("forre" o "canyon") ma non mancano tratti meandriiformi più o meno ampi e incassati nella roccia come quelli compresi tra Case Schinina e Case Scrofani.

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

- *erosione diffusa;*
- *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 esteso, risulta generalmente molto contenuto ed è reso visibile dalla natura prevalentemente lapidea dei terreni oppure dalle lavorazioni e sistemazioni stagionali sui terreni interessati da attività agricola. Locali condizioni di erosione diffusa sono visibili laddove affiorano i termini argillo-marnosi della Formazione Tellaro in assenza di copertura vegetale, o dove la stessa copertura vegetale è stata per qualche motivo asportata.

 	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 11
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

Tale situazione si riscontra, per esempio, nell'area di Cozzo Pelato (a sud dell'abitato di Scicli) e in prossimità di Case Vanasia (zona della Galleria Cozzo Truncafila).


L'erosione per scalzamento al piede dei versanti viene prodotta dai corsi d'acqua ed il fenomeno risulta più o meno intenso in relazione alla competenza delle rocce. Sinteticamente si può dire che l'erosione lineare interessa prevalentemente le calcareniti e i calcari della Formazione Ragusa, ma si esplica con maggiore intensità in presenza di intercalazioni marnose o di calcareniti poco cementate. Lungo il Lotto 10 il fenomeno interessa soprattutto le sponde del Fiume Irminio il cui impluvio, nei tratti prossimi al tracciato, è incassato all'interno di pareti calcaree subverticali.

Infine si cita l'erosione chimica che si esplica nell'ambito delle formazioni carbonatiche sia sotto forma di fenomeni carsici profondi e sia come modellamento della superficie. Fenomeni carsici profondi si riscontrano, localmente, in prossimità dell'abitato di Scicli ove insistono calcari ad elevato grado di purezza che permettono la formazione di alcune gallerie ed altre forme carsiche. Fenomeni carsici superficiali, indicatori di un carsismo poco evoluto, sono spesso visibili lungo buona parte dell'altopiano Ibleo e originano forme carsiche secondarie come campi carreggiati, vaschette ecc...

Le indagini e i rilievi effettuati non hanno messo in luce la presenza di fenomeni carsici profondi nell'area d'interesse progettuale. Oltre a modeste evidenze di un carsismo prettamente superficiale il basso grado di evoluzione è stato confermato anche nel corso dei sondaggi, durante i quali sono stati riscontrati, eccezionalmente (sondaggi S. 30 e S 39), alcuni fenomeni di dissoluzione o alcuni vuoti di dimensioni estremamente contenute (nell'ordine del decimetro cubo).

Poiché, in definitiva, il complesso dei fenomeni erosivi e di degradazione meteorica regolano l'evoluzione geomorfologica del territorio, in ordine a quanto sopra esposto il tratto di territorio in studio può definirsi a bassa pericolosità geomorfologica ovvero geomorfologicamente stabile.

Tale giudizio è comprovato dalla cartografia contenuta nel P.A.I. del 2005 (Area territoriale tra il T. di Modica e Capo Passero - 084 - e Bacini idrografici del F. Irminio e del T. di Modica ed area intermedia - 082-083 -) che non individua dissesti significativi nel tratto immediatamente prossimo al tracciato autostradale fatta eccezione per un fenomeno di crollo (sigla 082-7RA-063) in sponda destra del Fiume Irminio.

 PROGETTA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 12
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

4. GEOLOGIA

4.1. Litostratigrafia

La successione stratigrafica tipica dell'altipiano Ibleo è costituita da sequenze prevalentemente carbonatiche di età compresa fra il Cretaceo e il Quaternario, con numerose intercalazioni di vulcaniti basiche; tale tema è ricorrente soprattutto a nord della congiungente Augusta-Sortino-Buccheri-Grammichele.


Nel settore sud-orientale ibleo, nel quale ricade il tratto di territorio in esame, domina invece 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* o sulla *Ragusa* rappresentati dai Trubi e dalle Calcareniti recenti.

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

- *Formazione Ragusa*, databile come Oligo-Miocene;
- *Formazione Tellaro*, databile come Miocene medio-superiore;
- *Trubi*, databili come Pliocene inferiore;
- *Calcareniti*, databili come Pleistocene inferiore-medio;
- *Alluvioni recenti e terrazzate*, databili come Pleistocene medio-Olocene;
- *Coperture detritiche*, databili come Olocene.


Nel tratto di territorio studiato prevale in affioramento la *Formazione Ragusa*. Solo nella seconda metà del lotto un sistema di faglie orientato in direzione all'incirca nord/est-sud/ovest ribassa la successione carbonatica con conseguente affioramento della sovrastante *Formazione Tellaro* generalmente mancante per erosione. Sono altresì frequenti locali lacune sedimentarie, come per esempio in corrispondenza della Contrada Falomo, per effetto delle quali sulla *Formazione Ragusa* poggiano direttamente i Trubi senza l'interposizione della *Tellaro*.

La distribuzione areale delle formazioni geologiche presenti lungo la fascia di territorio in studio è riportata nelle apposite planimetrie e carte geologiche, nelle quali, procedendo dall'alto verso il basso, sono distinti i seguenti litotipi:

 SOCIETÀ GEOLOGICA ITALIANA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 13
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev							

- *Coperture detritiche*, coprono a tratti le formazioni sottostanti e si rinvencono soprattutto ai piedi dei rilievi carbonatici (detrito con prevalenti blocchi fram-misti a una matrice limo-argillosa) e nelle zone di basso morfologico nell’ambito della Formazione Tellaro (copertura detritica costituita da limi e argille con inclusi litoidi eterometrici) (Olocene);
- *Depositi alluvionali recenti ed attuali*, ubicati lungo l’alveo dei torrenti e fiumi è costituiti da sabbie e ghiaie con ciottoli in matrice limo-sabbiosa, a volte prevalente (Olocene);
- *Coni di detrito*, sono ubicati nelle zone di transizione tra le valli strette delle formazioni calcaree e le zone pianeggianti e risultano formati da ghiaie e ciottoli in scarsa matrice fine (Pleistocene medio-superiore);
- *Calcareniti e sabbie* di colore giallastro a stratificazione poco evidente e con scarsi resti di molluschi ed alghe calcaree (Pleistocene inferiore-medio);
- *Trubi*, rappresentati da marne, marne argillose e calcari marnosi di colore bianco crema a frattura concoide (Pliocene inferiore);
- *Formazione Tellaro*, costituita da marne, marne argillose e calcari marnosi di colore variabile dal giallastro, se alterate, al grigio-azzurro, se integre. In affioramento è visibile nell’area prossima alle Case Vanasia ed è particolarmente bene esposta nella Cava Truncafila ubicata nei pressi di Contrada Falomo (Miocene medio-superiore);
- *Formazione Ragusa*, costituita da calcareniti, calciruditi e calcari di colore variabile dal biancastro al grigio, suddivisi in banchi con spessori variabili ma generalmente decimetrici. Localmente vi si trovano intercalati livelli calcareo-sabbiosi e calcareo marnosi con spessori che vanno da pochi centimetri sino a diversi decimetri. In alcuni tratti le calcareniti si trovano in alternanza con livelli marnosi e marno-calcarei (Oligo-Miocene).

Sia la Formazione Tellaro che quella di Ragusa sono caratterizzate da una giacitura prevalentemente suborizzontale o debolmente pendente. L'immersione generale è verso sud o sud-est, nel tratto finale si riscontra qualche giacitura con immersione verso nord.

 REGIONE SICILIANA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 14
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

4.2. Tettonica

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

Preliminarmente si ritiene 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, che costituisce *l'Avampaese Africano* e l'altro, riconducibile ad un complesso di falde e scaglie tettoniche, rappresentato dalla *Catena Appenninico-Maghrebide*.

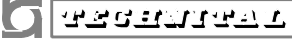
In Sicilia l'ultima propaggine dell'Avampaese è costituita dal «*Plateau Ibleo*» che, al di là della congiungente Gela-Catania, scompare sotto le coltri a falde.

L'Avampaese Ibleo costituisce il margine 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*.

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 superiore-Quaternario.

	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 15
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

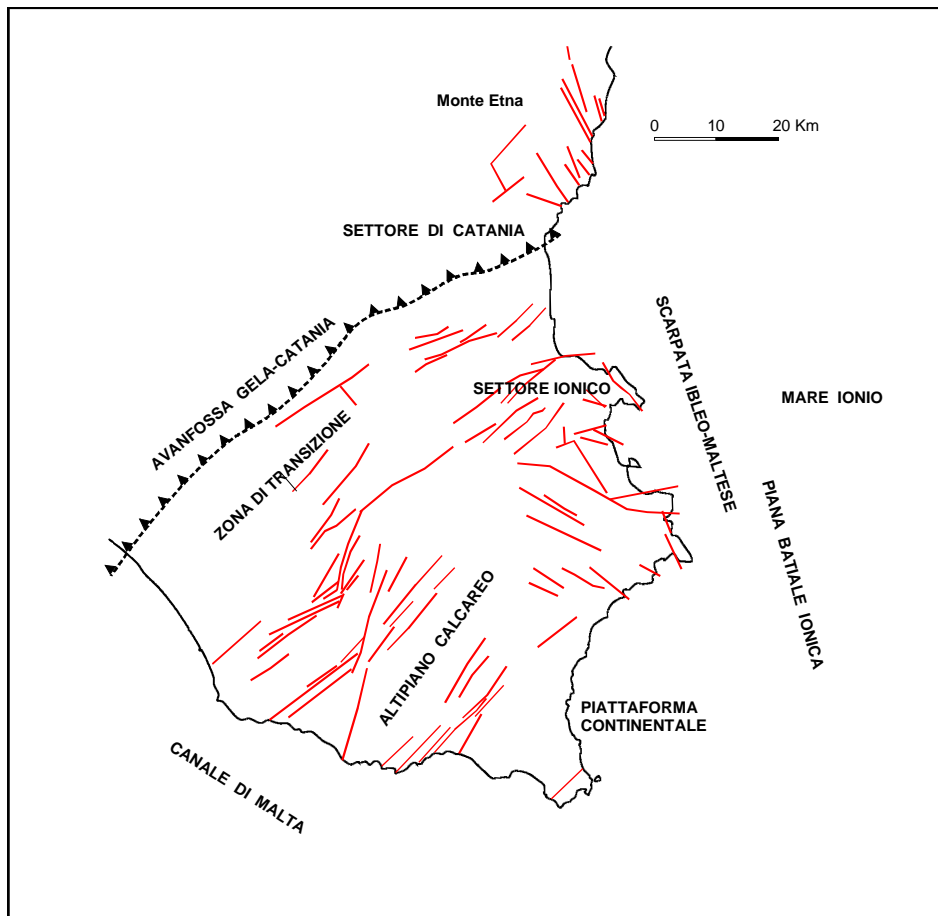
L'*altipiano Ibleo*, unica porzione dell'Avampaese non sommersa, insieme alla *piattaforma maltese* delimita la piana abissale ionica dal Canale di Sicilia; i dati strutturali che emergono dagli studi delle zone costiere degli Iblei risultano di fondamentale importanza nella comprensione della struttura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

Nella sottostante Figura 3 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 nord/est-sud/ovest;
- la *Zona di Transizione* dell'Avanfossa Gela-Catania è riempita da evaporiti siciliane e la sua complessa evoluzione è legata alla contiguità con l'Avanfossa stessa;
- il *Settore Ionico*, che forma l'estremità orientale dell'Altipiano Ibleo, ha subito una evoluzione diversa giacché sono assenti i sedimenti pliocenici per cui 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 che di seguito vengono riassunte e che sono state schematizzate nella Figura 4:

- 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 trovare una *zona neutra*;
- sotto la zona neutra si dovrebbe trovare una fascia con forti *tensioni di compressione*.



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

FIG. 3 - CARTA ELEMENTI STRUTTURALI AREA IBLEA

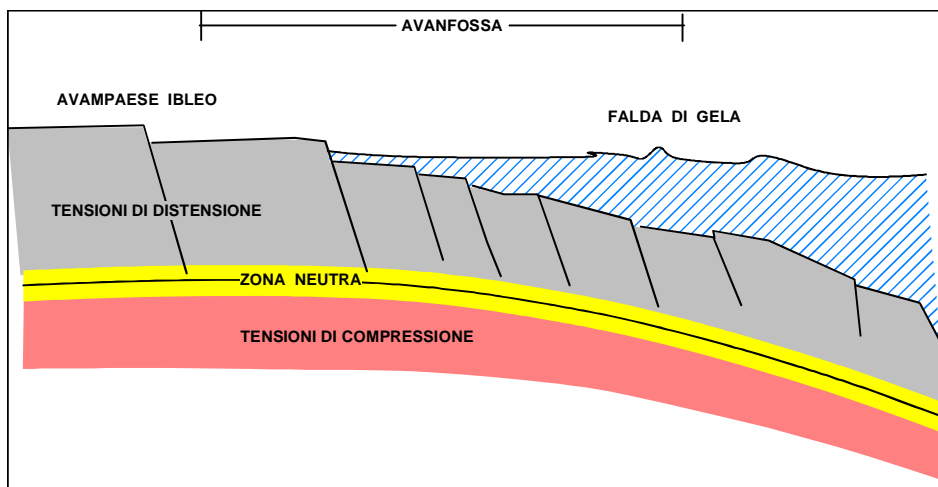



FIG. 4 - DISTRIBUZIONE DELLE TENSIONI IN PROSSIMITÀ DELL'AREA IBLEA


 PROGETTA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 17
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

Limitatamente all'area in studio rappresentata nella carta geologica si evidenzia che le principali dislocazioni tettoniche, alcune delle quali importanti, interessano essenzialmente le Formazioni Tellaro e Ragusa.

Nel complesso le faglie appartengono ad una direttrice principale con direzione nord/est-sud/ovest a cui si affianca un sistema con orientamento nord-nord/ovest÷sud-sud/est.

Le faglie in questione si sono attivate ad iniziare dal periodo Trias-Giura con movimenti lungo lo stesso piano (ma in epoche diverse) sia di tipo diretto che inverso. Tali movimenti sono stati complicati da quelli trascorrenti di tipo destro a cominciare dal Miocene superiore.

Nel Pleistocene molte dislocazioni hanno continuato ad essere attive con meccanismi riconducibili a faglie dirette.

 PROVINCIA DI RAGUSA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 18
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

5. IDROGEOLOGIA

Lo studio idrogeologico è stato intrapreso con i dati desunti dalla letteratura ed in particolare dall'osservazione della “*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 mediante 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 attraverso i dati raccolti durante i sopralluoghi lungo il tracciato e in sede di campagna d'indagine.

5.1. Permeabilità

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

Poiché la circolazione delle falde acquifere è condizionata dalla distribuzione areale e dalla sovrapposizione di terreni con differenti caratteristiche di permeabilità, e quindi dalla trasmissività delle varie formazioni presenti, vengono anzitutto riportate, seppur brevemente, le caratteristiche di permeabilità di ciascun terreno.

Per 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.


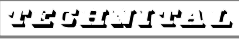
Si possono così distinguere:

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

5.1.1. Terreni permeabili per porosità

Possono considerarsi molto permeabili tutti i terreni incoerenti ad elementi sabbigiosi ovvero i depositi alluvionali in genere che sono 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 $K = 10^{-3} \div 10^{-5}$ cm/sec.

 	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 19
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

5.1.2. Terreni permeabili per fratturazione

Si tratta di terreni lapidei e semilapidei (calcareniti Pleistoceniche, calcari, 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 ovvero per porosità.


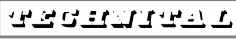
Negli stessi termini si rileva, inoltre, la presenza di livelli marnosi abbastanza spessi e continui che finiscono per costituire, localmente, delle zone poco permeabili.

In sintesi si può quindi dire che le caratteristiche di permeabilità dei litotipi afferenti alla Formazione Ragusa sono molto variabili, con coefficiente di permeabilità elevato in corrispondenza delle porzioni dell'ammasso roccioso molto fratturato e con fratture parzialmente beanti e coefficiente di permeabilità basso laddove l'ammasso roccioso è poco fratturato o interessato dalla presenza di livelli marnosi. Inoltre nei termini calcarei si possono avere anche fenomeni carsici che determinano vie di deflusso preferenziali per la circolazione idrica sotterranea.

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 prova Lugeon va ad interessare dei volumi piuttosto contenuti di terreno, che non sempre esprimono caratteristiche e comportamenti 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 fratturazione generalmente basso.

Sulla base di quanto esposto 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:

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

 	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 20
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

5.1.3. Terreni impermeabili

Possono considerarsi poco permeabili o impermeabili i termini appartenenti alla Formazione Tellaro e ai Trubi così come le coperture detritiche da essi originate. Infatti il loro coefficiente di permeabilità, sempre molto modesto, può essere stimato entro il seguente range di valori:

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

5.2. Circolazione idrica

In siffatte condizioni la circolazione idrica superficiale, subsuperficiale (intendendo con tale termine le acque che si rinvencono a piccola 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.

5.2.1. Acque di superficie

Le acque ricadenti sui terreni argillosi o argillo-marnosi (Formazione Tellaro) 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 di 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.

 REGIONE SICILIANA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 21
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

5.2.2. 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 importante si riscontra in seno ai depositi del Fiume Irminio con caratteristiche di subalvea ed oscillazioni importanti con decorso essenzialmente stagionale. In tale ambito sono stati installati n. 2 piezometri a tubo aperto in corrispondenza dei sondaggi S. 40bis e S. 41 che hanno fatto registrare un livello piezometrico variabile tra -5,0m e -6,0m dal piano campagna nel periodo marzo-giugno 2004.

5.2.3. 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 risalianza.


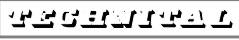
I riscontri effettuati in sede d'indagine hanno escluso la presenza, almeno nell'area in studio e a scarsa profondità dal piano campagna, di una circolazione idrica significativa in seno ai calcari della Ragusa. Dall'esame dei dati acquisiti dalla letteratura scientifica attualmente disponibile e da quelli ricavati dalle indagini in sito si evince come la Formazione Ragusa, nelle sue diverse facies, possa considerarsi l'acquifero più importante di questa parte dell'isola il cui livello piezometrico si attesta a profondità maggiore di circa -120m dal p.c.

5.3. Caratteristiche degli acquiferi e loro vulnerabilità

I risultati dello studio idrogeologico sono rappresentati nelle tavole 1 e 2 dell'elaborato Carta idrogeologica e della vulnerabilità degli acquiferi.

Nella suddetta carta sono riportati i seguenti dati:

- distribuzione areale delle formazioni geologiche distinte in relazione alle caratteristiche di permeabilità;
- grado di vulnerabilità degli acquiferi.

 	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 22
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

Il grado di vulnerabilità è stato dedotto sulla base del tipo di acquifero, delle caratteristiche di permeabilità dei terreni e profondità della superficie freatica rispetto al 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.

Per quanto riguarda le falde superficiali si rinviene solamente quella entro il deposito alluvionale del Fiume Irminio. Si tratta di un acquifero ad elevato grado di vulnerabilità la cui oscillazione piezometrica risente fundamentalmente dalle precipitazioni atmosferiche assumendo, quindi, un andamento variabile in funzione della stagione. La vulnerabilità del corpo idrico dipende, invece, dal fatto di essere localizzato all'interno di un deposito ghiaio-sabbioso privo di qualsiasi protezione litologica.


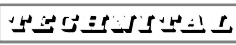
Nell'ambito dell'area d'interesse progettuale è l'unica falda superficiale che può interferire con le opere e della quale si deve assicurare la protezione in termine ambientale e civile. Per quanto riguarda gli aspetti strettamente progettuale si suggerisce, cautelativamente, di considerare il livello idrico di tale falda coincidente con il p.c.

Si evidenzia, fra l'altro, che la stessa falda poco a monte del tracciato autostradale viene captata con una galleria drenante e tramite una diffusa rete di canali viene distribuita per scopi irrigui.

Considerato che nell'ambito del progetto del lotto in questione è stata prevista la realizzazione di n. 2 pozzi di captazione idrica in prossimità dell'alveo del Fiume Irminio si ritiene opportuno precisare quanto segue:

1. i pozzi saranno spinti ad una profondità tale da intercettare l'acquifero profondo contenuto nelle calcareniti della Formazione Ragusa;
2. il tratto iniziale dei pozzi sino ad una profondità di almeno 20÷30m rispetto al p.c. sarà condizionato con un tubo cieco;
3. l'intercapedine tra il tubo cieco e il foro sarà opportunamente cementato.

Adottando tali accorgimenti si eviterà che il pompaggio dei pozzi possa interferire con la falda libera contenuta nel materasso alluvionale dello stesso Fiume Irminio.

 	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 23
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

La falda idrica profonda è prevalentemente di tipo libero. L'acquifero è contenuto in seno alla successione carbonatica della Formazione di Ragusa e come constatato con le indagini e confermato dalle informazioni raccolte sul posto, la falda idrica si rinviene a profondità variabile e generalmente maggiore di -120m dal p.c. Tale falda costituisce uno degli acquiferi più importanti della Sicilia ed essendo fortemente sfruttata per scopi irrigui mostra negli ultimi anni un deciso impoverimento accompagnato da un incremento del tasso di salinità.

Data l'elevata profondità la falda in questione non interferisce in alcun modo con le opere autostradali previste in progetto.

Poiché 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 si trova la superficie freatica.

Nel caso in esame la falda superficiale presente nelle alluvioni del Fiume Irminio e quella profonda contenuta nelle calcareniti della Formazione Ragusa possono considerarsi come acquiferi ad elevato o alto grado di vulnerabilità.

A seguito di ciò in fase di progettazione è stata prevista di realizzare 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, al fine di salvaguardare l'integrità degli acquiferi. Infatti, le acque ricadenti in sede autostradale, potenzialmente ricche di olii, grassi, residui di gomma ed altre sostanze, confluiranno preventivamente in apposite "*vasche di decantazione e disoleazione delle acque di prima pioggia*" prima di essere immesse nei recettori finali. Tali vasche, in caso d'incidente stradale, saranno in grado di contenere anche eventuali sversamenti accidentali.

6. INDAGINI GEOGNOSTICHE

Nel periodo compreso tra il mese di gennaio 2003 e quello di giugno 2004 sono state eseguite delle indagini geognostiche al fine di dettagliare i rapporti esistenti fra i diversi tipi litologici affioranti lungo il tracciato autostradale e conoscerne le caratteristiche geotecniche. Le indagini, la cui ubicazione è riportata nelle Planimetrie con ubicazione delle indagini in sito Tavole 1 e 2, sono consistite nell'esecuzione di pozzetti esplorativi, sondaggi geognostici, traverse sismiche a rifrazione, stendimenti sismici interpretati con la tecnica masw e rilievi geomeccanici. L'acquisizione dei dati è stata completata mediante le analisi di laboratorio fatte eseguire sui campioni prelevati nel corso delle indagini in sito. Sulla base dei dati emersi sono stati successivamente eseguiti ulteriori sondaggi geognostici "integrativi", identificati con le sigle "b" (bis) e "t" (ter), i quali hanno permesso di completare il quadro delle conoscenze.

6.1. Pozzetti esplorativi

Complessivamente sono stati eseguiti n. 11 pozzetti esplorativi a mezzo di escavatore allo scopo di indagare il tipo e le caratteristiche dei terreni di copertura. In occasione dello scavo è stato riscontrato lo spessore della coltre vegetale che ammantava ora il substrato calcareo ora quello marnoso. In presenza del substrato calcareo (Formazione Ragusa) non è stato possibile proseguire con lo scavo a causa dell'elevata tenacità della roccia e della ridotta potenza del mezzo a disposizione. In presenza del substrato marnoso lo scavo è stato proseguito sino a raggiungere una profondità massima di circa -1,80m dal p.c., rimanendo comunque all'interno della coltre di alterazione della Formazione Tellaro. I risultati sono contenuti nell'elaborato Indagini dirette (sondaggi e pozzetti), mentre in tabella 1 sono riassunti i dati più significativi.

Pozzetto	da	a	Spessore	Litologia
n.	m	m	m	
30	0	0,4	0,4	T.V.
	0,4	---	---	Calcare
32	0	0,4	0,4	T.V.
	0,4	1	0,6	Calcare
33	0	0,3	0,3	T.V.
	0,3	---	---	Calcare
34	0	0,4	0,4	T.V.
	0,4	---	---	Calcare
35	0	0,5	0,5	T.V.
	0,5	---	---	Calcare

36	0	0,3	0,3	T.V.
	0,3	1	0,7	marne alt.
36bis	1	1,5	0,5	argilla
	0	0,3	0,3	T.V.
37	0,3	1,2	1,1	argilla
	0	0,3	0,3	T.V.
	0,3	1	0,7	arg. alt.
38	1	1,5	0,5	argilla
	0	0,5	0,5	T.V.
39	0,5	---	---	Calccare
	0	0,8	0,8	T.V.
40	0,8	2	1,2	argilla
	0	1,3	1,3	T.V.
	1,3	1,5	0,5	alluvioni

TAB. 1 - STRATIGRAFIE SINTETIZZATE DEI POZZETTI

6.2. Sondaggi geognostici

Le perforazioni sono state effettuate dalla Ditta: *Lista Appalti s.r.l.*, con attrezzature o-leodinamiche montate sui cingoli ed impiegando utensili di perforazione del diametro minimo di 101mm. Per il sostegno delle pareti dei fori sono stati impiegati, ove necessario, tubi di manovra provvisori con diametro a scalare $\varnothing 130\div 116\text{mm}$. Nel corso delle perforazioni sono stati posizionati n. 3 piezometri a tubo aperto, di cui uno in corrispondenza degli imbocchi lato Siracusa della Galleria naturale Cozzo Truncafila (S. 33Pz) e due in corrispondenza dell'alveo del Fiume Irminio (S. 40b Pz e s. 41 Pz).

Durante le perforazioni sono stati prelevati complessivamente n. 66 campioni di cui la maggior parte lapidei e a composizione calcarea o calcarenitica, e la parte rimanente entro le marne della Formazione Tellaro e nei terreni di copertura.


I risultati relativi ai sondaggi sono contenuti nell'elaborato Indagini dirette (sondaggi e pozzetti), mentre nelle Tabelle 2 e 2.1 sono riassunti i dati più significativi dei sondaggi eseguiti.

Sondaggio	da	a	Spessore	Litologia	Formazione
n.	m	m	m		
29	0	0,5	0,5	T.V.	T.V.
	0,5	25	24,5	calcari	Ragusa
30	0	0,8	0,8	T.V.	T.V.
	0,8	25	24,2	calcari	Ragusa
31	0	1	1	T.V.	T.V.
	1	25	24	calcari	Ragusa

TAB. 2 - STRATIGRAFIE SINTETIZZATE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

Sondaggio	da	a	Spessore	Litologia	Formazione
n.	m	m	m		
31bis	0	0,4	0,4	T.V.	T.V.
	0,4	8	7,6	marne alt.	Tellaro
	8	35	27	marne	Tellaro
32	0	0,7	0,7	T.V.	T.V.
	0,7	5	4,3	argille	dep. lacustri
	5	9	4	marne alt.	Tellaro
	9	25	16	marne	Tellaro
33 Pz	0	0,5	0,5	T.V.	T.V.
	0,5	10	9,5	marne alt.	Tellaro
	10	30,3	20,3	marne	Tellaro
34	0	0,5	0,5	T.V.	T.V.
	0,5	3,3	2,8	calc. marnosi	Tellaro
	3,3	10	6,7	marne alt.	Tellaro
	10	14,3	4,3	marne	Tellaro
	15	50	35	calcari	Ragusa
35	0	0,5	0,5	T.V.	T.V.
	0,5	1,8	1,3	calcarenite	calcareniti
	1,8	50	48,2	calcarenite	Ragusa
36	0	30	30	calcari	Ragusa
37	0	25	25	calcari	Ragusa
38	0	1,2	1,2	T.V.	T.V.
	1,2	5,2	4	marne alt.	Tellaro
	5,2	25	19,8	calcari	Ragusa
39	0	0,2	0,2	calcarenite	Ragusa
	0,2	25	24,8	calcari	Ragusa
40	0	1,3	0,2	calcarenite	Ragusa
	1,3	25	23,7	calcari	Ragusa
40bis Pz	0	0,4	0,4	T.V.	T.V.
	0,4	9,3	8,9	ciottoli e sabbie	alluvioni
	9,3	25	15,7	calcari	Ragusa
40ter Pz	0	0,8	0,8	T.V.	T.V.
	0,8	12,9	12,1	ciottoli e sabbie	alluvioni
	12,9	25	12,1	calcari	Ragusa
41 Pz	0	0,7	0,7	T.V.	T.V.
	0,7	10,5	9,8	ciottoli e sabbie	alluvioni
	10,5	25	14,5	calcari	Ragusa
42	0	25,3	25,3	calcari	Ragusa
44	0	0,8	0,8	T.V.	T.V.
	0,8	5	4,2	ciottoli e sabbie	alluvioni
	5	25	20	calcari	Ragusa

TAB. 2.1 - STRATIGRAFIE SINTETIZZATE DEI SONDAGGI GEOGNOSTICI

 INGEGNERIA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 27
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev							

6.3. Prove di permeabilità "Lugeon"

Durante l'esecuzione dei sondaggi che hanno interessato i termini calcarei della Formazione Ragusa sono state condotte n. 15 prove di permeabilità tipo "Lugeon".

Tale metodologia permette di ottenere buoni risultati soprattutto in presenza di rocce più o meno fratturate, consentendo di determinare il *coefficiente di permeabilità* del litotipo e quindi 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 Unità Lugeon, intesa come la portata d'acqua in litri al minuto assorbita da un tratto di foro della lunghezza di 1,0m alla pressione di 10Kg/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):

$$K = 6 \times 10^{-8} \text{Log}(2z/d)UL$$

con:


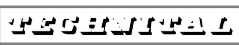
z = lunghezza del tratto del foro interessato dalla prova (m);

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

Nel caso in esame le prove Lugeon sono state eseguite in avanzamento, introducendo nel foro solo l'otturatore superiore e limitando quindi l'eventuale invalidazione della prova conseguente alla perdita d'acqua attraverso il packer inferiore.

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

- assorbimenti sempre piuttosto esigui portano a supporre l'esistenza di fessure che, se pur presenti (e rilevate anche nel corso dei sondaggi) si dimostrano generalmente rare e scarsamente continue o occluse da materiale di riempimento;

 	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 28
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

- pur ammettendo che la Formazione Ragusa a livello regionale possa essere considerata un ammasso permeabile per fratturazione, sede di un acquifero importante, a livello locale, o comunque a piccola scala, la roccia si è dimostrata scarsamente permeabile. I valori di permeabilità riscontrati sono generalmente nell'ordine di 10^{-7} cm/sec con pochi valori prossimi a 10^{-6} cm/sec. Ne consegue che l'ammasso può considerarsi poco o per nulla iniettabile.

6.4. Indagini geofisiche

L'indagine geofisica eseguita lungo il tracciato autostradale è consistita in n. 21 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 10Kg o da 15Kg con piattello di battuta. Nonostante la scarsa propagazione del segnale tale metodo si è dimostrato comunque il più indicato.

Infatti pur utilizzando un "minibang" con cartucce a salve caricate con 12g 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 dello stendimento adottata è stata qualche 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 2,00m. La stesa geofonica è risultata generalmente di circa 48m ed il numero di scoppi per ogni stendimento è stato pari a 5, di cui due per ciascuno degli estremi e uno centrale. I dati ottenuti sono stati elaborati sotto forma di dromocroni per consentirne la risoluzione in termini di velocità di propagazione delle onde elastiche di compressione (onde P).

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 (20÷30cm), non sempre risolvibile dal punto di vista numerico in funzione delle distanze intergeofoniche adottate; la relativa velocità delle onde sismiche è nell'ordine di 100÷250m/sec.

Il calcare della Formazione Ragusa presenta una facies superficiale, alterata e fratturata, con spessori mediamente variabili fra 1,0÷4,0m e velocità comprese fra 400÷800m/sec; una facies fratturata con velocità comprese fra 1.200÷1.600m/sec, ed infine una facies integra con velocità superiori ai 1.900m/sec e che può raggiungere un valore massimo di circa 2.800m/sec.

La Formazione Tellaro mostra una facies superficiale, alterata ed allentata, che assume spessori nell'ordine di 3,0÷4,0m e velocità prossime ai 300m/sec, ed una sottostante, integra, con velocità generalmente compresa fra 1.000÷1.300m/sec con punte che possono anche arrivare a 1.500m/sec.


Infine i depositi alluvionali hanno velocità nell'ordine di 300÷600m/sec e localmente possono arrivare a 900m/sec forse a causa della presenza di massi.

I dati relativi alle indagini sismiche sono contenute nell'elaborato Indagini indirette (traverse sismiche e masw), mentre nella Tabella 3 sono riportati i dati più significativi di ciascuna traversa sismica con la relativa interpretazione in chiave geologica.

Traversa sismica sigla	Velocità m/sec	Litotipo 1° strato	Spessore m	Velocità m/sec	Litotipo Substrato
T.S. 44, 45, 46, 47, 50, 51 e 52	100÷300	Copertura detritica	0,5÷2,0	1.000÷2.400	Calcareniti
T.S. 48, 49, 55 e 56	300÷800	Calcare fratturato	4,0÷5,0	1.500÷2.200	Calcareniti poco fratturate
T.S. 53 e 54	250÷350	Marne alterate	4,0÷5,0	1.400÷1.700	Marne integre
T.S. 57, 58, 58a -b-c- d-e e 58f	300÷600	Alluvioni recenti	4,0÷7,0	2.000÷2.800	Calcare poco fratturato

TAB. 3 - TRAVERSE SISMICHE A RIFRAZIONE

Al fine di dettagliare ulteriormente il modello geologico di riferimento e caratterizzare la risposta sismica dei suoli in osservanza al D.M. del 14 gennaio 2008 è stata eseguita, nel mese di novembre 2011, un'altra prospezione sismica che è consistita nell'esecuzione di una traversa sismica a rifrazione interpretata con il metodo tomografico e n. 4 stendimenti masw. La traversa sismica (T4) è stata eseguita in prossimità dell'attuale ponte che collega le due sponde del Fiume Irminio al fine di stimare lo spessore delle alluvioni nel caso in cui si ritenesse necessario realizzare un nuovo attraversamento ai fini cantieristici; mentre i masw sono serviti per classificare i suoli dal punto di vista sismico in osservanza alle norme tecniche vigenti. I risultati di tali indagini integrative sono contenuti nel suddetto elaborato delle Indagini indirette.

 PROGETTA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 30
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

7. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI TERRENI

Nel periodo compreso tra il mese di gennaio 2003 e giugno 2004 sono state eseguite le indagini geognostiche necessarie per dettagliare i rapporti esistenti fra i diversi tipi litologici affioranti lungo il tracciato autostradale. Sulla scorta delle indagini e dei rilievi di superficie è stato possibile mappare i diversi litotipi e valutarne le caratteristiche geotecniche.

I dati acquisiti sono rappresentati nelle allegate carte delle indagini, carte geologiche e profili litologici longitudinali. I risultati delle analisi di laboratorio sono contenuti, invece, nell'elaborato Analisi geotecniche di laboratorio.

L'insieme della cartografia geologica mette in risalto la natura dei terreni che si incontreranno lungo il tracciato autostradale, la loro giacitura e la livelletta di progetto; inoltre evidenzia i rapporti stratigrafici degli stessi terreni e permette una visione più ampia del modello geologico e strutturale dell'area.

Sulla scorta degli elaborati grafici prima citati sono stati individuati i litotipi che saranno interessati dalla costruzione delle opere autostradali.


I terreni in questione sono:

- Copertura detritica a prevalente componente coesiva;
- Depositi alluvionali attuali e recenti;
- Formazione Tellaro - marne e marne argillose;
- Formazione Ragusa - alternanza di calcareniti, calcari e calcari marnosi.

Si riporta di seguito la descrizione di ogni singolo terreno rimandando all'apposita relazione geotecnica per quanto riguarda la parametrizzazione geotecnica degli stessi terreni.

7.1. Copertura detritica coesiva

Deriva generalmente dal disfacimento e dall'alterazione della Formazione Tellaro; presenta spessore generalmente modesto e risulta costituita prevalentemente da sabbie fini limose oppure da limi-argillosi di colore bruno con inglobati elementi eterometrici a spigoli vivi di natura calcarenitica. Gli spessori variano da pochi decimetri in presenza di substrato marnoso-calcareo sino a raggiungere i 4,00÷5,00m in presenza di substrato marnoso o argillo-marnoso. Lungo il tracciato autostradale tale copertura è pressappoco assente fatta eccezione per la zona compresa tra la galleria naturale Cozzo Truncafila e la galleria artificiale Cottonari.

 INGEGNERIA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 31
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

7.2. Depositi alluvionali attuali e recenti

I depositi alluvionali attuali e recenti si rinvencono nell'alveo dei principali corsi d'acqua ove risultano costituiti da ciottoli e blocchi calcarei e calcarenitici a spigoli subarrotondati in matrice sabbio-ghiaiosa o sabbio-limosa di colore bruno. Lo spessore è generalmente esiguo; solo in corrispondenza dell'alveo del Fiume Irminio si raggiungono i circa 13,00m di potenza.

Trattandosi di depositi fortemente porosi e permeabili, poggiati su substrato poco o per nulla permeabile, sono sede di una falda idrica avente decorso dipendente dal periodo stagionale e dall'andamento delle precipitazioni. In ogni caso non è infrequente avere condizioni, seppur transitorie, di falda a piano campagna.

7.3. Formazione Tellaro

Litologicamente questa formazione è costituita da argille marnose e marne argillose di colore tabacco o bruno giallastro. Granulometricamente sono dei limi-argillosi debolmente sabbiosi con locali intercalazioni decimetriche di calcari marnosi e/o calcareniti dello stesso colore.

Il passaggio alla sottostante formazione integra, di colore grigio-azzurro, avviene con un progressivo e graduale cambio di colore che si accompagna ad un incremento della consistenza messo in luce dalle prove S.P.T. eseguite.

Trattandosi di rocce deboli per eseguire la caratterizzazione geotecnica di tali terreni oltre alle prove di laboratorio si è ritenuto opportuno eseguire un rilievo geomeccanico in parete. Tale rilievo è stato eseguito in corrispondenza della Cava Truncafila e i risultati sono esposti nelle apposite schede contenute nell'elaborato "Rilievi geomeccanici". La caratterizzazione geomeccanica della formazione in questione si è basata, quindi, sui risultati delle prove di laboratorio e sul rilievo geomeccanico prima citato.

7.4. Formazione Ragusa

La Formazione Ragusa è il termine che, arealmente, occupa la maggior parte della superficie attraversata dal tracciato autostradale. Litologicamente è rappresentata da una prevalenza di calcareniti a grana medio-fine compatte e ben cementate, con colorazione variabile dal biancastro al grigio-chiaro e suddivise in strati o banchi di spessore da decimetrico a metrico. Sono altresì presenti locali intercalazioni di calcari marnosi di colore grigio-scuro.

	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 32
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

I calcari della Ragusa riscontrati sia nel corso della campagna di sondaggi che in sede di rilievi di geomeccanici sono generalmente poco o mediamente fratturati. Le velocità delle onde sismiche sono mediamente elevate, mentre i valori di RQD più frequenti sono compresi fra il 40÷50%, con punte che arrivano 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 più estese.


Considerata la natura del litotipo per la definizione del comportamento meccanico della Formazione Ragusa è necessario fare riferimento ai criteri che governano la meccanica delle rocce.

Nell'ammasso lapideo e fessurato il comportamento meccanico è condizionato, infatti, dalle discontinuità presenti, dalla loro orientazione, spaziatura e persistenza.

L'ammasso va quindi inteso come un insieme di elementi "roccia" 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 disposizione spaziale dei sistemi di discontinuità.

Per determinare le caratteristiche geomeccaniche dell'ammasso sono stati effettuati specifici rilievi geostrutturali, il cui contenuto è riportato nell'elaborato "Rilievi geomeccanici". Nel corso dei rilievi si è potuto riscontrare la presenza di un ridotto numero di famiglie di fessure generalmente subverticali e sostanzialmente allineate con le principali direttrici tettoniche. Tali discontinuità sono generalmente lisce o poco ondulate, accostate o serrate. Spesso sono prive di riempimento ma è presente una patina di alterazione di colore rossastro, in alcuni casi si rileva un debole riempimento limoso di colore ruggine. Pochissime sono le evidenze della presenza di cristallizzazione secondaria di calcite.

Rimandando per la parametrizzazione degli ammassi rocciosi ai rilievi geomeccanici e all'apposita relazione geotecnica si evidenzia in questa sede che per i terreni in questione il valore RMR di base (calcolato con il metodo Bieniawski 1989) risulta compreso tra 47 e 58.


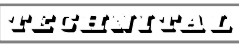
 REGIONE SICILIANA	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 33
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							

8. CONCLUSIONI

Nel presente lavoro sono stati esposti i risultati dello studio geologico relativi ai terreni che affiorano lungo il Lotto 10 “Irminio” dell’Autostrada Siracusa-Gela. I diversi aspetti sono stati messi in evidenza mediante la produzione di alcune carte tematiche che sono allegare alla presente relazione e di cui costituiscono parte integrante.

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

- a) il tracciato del lotto attraversa i territori comunali di Scicli e Ragusa ed ha una lunghezza complessiva di circa 5.080m dei quali gran parte saranno in trincea e in galleria e la parte restante in rilevato e viadotto. Esso si snoda in aree non densamente abitate ma interferirà comunque con alcuni edifici rurali e soprattutto con una rete viabile abbastanza ramificata. Si è riscontrata, inoltre, la presenza di alcuni punti di presa e alcune stazioni di pompaggio dell’ESA la cui rete di distribuzione interferirà, a tratti, con la prevista realizzazione dell’autostrada.
- b) Le caratteristiche geologiche del tratto di territorio in studio sono dominate da una formazione calcareo-calcarenitica (*Formazione Ragusa*) ricoperta in modo discontinuo dalle marne della Formazione Tellaro. Entrambe le formazioni sono a loro volta coperte, a tratti, da terreni più recenti. La successione geologica è complicata dalla presenza di faglie, prevalentemente orientate con direzione nord/est-sud/ovest, che rendono più tormentata la morfologia. L’area è comunque da ritenersi geomorfologicamente stabile.
- c) Lo studio idrogeologico dell’area ha consentito di individuare due tipi di falde idriche: una superficiale, che si rinviene nell’ambito dei depositi incoerenti alluvionali del Fiume Irminio, e l’altra profonda, contenuta nell’acquifero carbonatico a profondità maggiore di -120m dal p.c. Gli acquiferi in questione hanno un alto grado di vulnerabilità pertanto in fase di progettazione si è deciso di mantenere separate le acque di piattaforma da quelle di competenza autostradale in modo da far subire, a queste ultime, una parziale depurazione prima di essere immesse nei corpi recettori. In tali condizioni si ritiene che la realizzazione del

 	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 34
	Pr	Strada		Lotto		Macro opera		Opera		Parte di opera		Tipo elab		N. Elab.		Rev							


lotto autostradale in questione non incida significativamente sulla salvaguardia del patrimonio idrico sotterraneo.

- d) La sismicità del tratto di territorio in studio, che ai sensi della Legge n. 64 del 1974 è catalogata come appartenente alle aree di 2^a categoria, si può definire ad *alto rischio sismico*, ed infatti la recente Ordinanza n. 3274 del 20 Marzo 2003 include i territori dei Comuni di Scicli e Ragusa nella Zona 2, a cui si associa un valore di accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico (a_g/g) pari a 0,25. L'esecuzione di apposite prospezioni geofisiche ha permesso di eseguire la classificazione sismica dei suoli in osservanza alle norme tecniche enunciate nel D.M. del 14 gennaio 2008 e valutare l'accelerazione massima attesa al sito. I risultati di tale studio sono riportati nell'apposita relazione sismica.
- e) Le caratteristiche litotecniche dei terreni affioranti lungo il tracciato sono state dedotte in base ai rilievi di superficie e alle indagini geognostiche effettuate lungo tutto il lotto. Rimandando alla relazione geotecnica per ciò che concerne la parametrizzazione geomeccanica dei terreni si può comunque affermare che gran parte del tracciato interesserà terreni lapidei (calcareniti) con buone caratteristiche geomeccaniche, solamente nella zona centrale e finale del lotto si interatteranno, rispettivamente, coperture o litotipi con prevalente componente argillosa e argillo-marnosa e depositi alluvionali con composizione prevalentemente granulare.

Al fine di meglio comprendere gli aspetti geologici trattati nell'ambito della presente relazione si raccomanda la consultazione delle apposite tavole geologiche e della documentazione fotografica, allegata in appendice alla presente nota, relativa all'area in studio.

IL GEOLOGO

(Dott. Paolo Lo Cascio)


 GENERAL	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A	Pag. n. 35
	Pr	Strada			Lotto		Macro opera		Opera			Parte di opera		Tipo elab	N. Elab.		Rev						

9. APPENDICE

- Planimetria con ubicazione foto;
- Documentazione fotografica.



FIG. 1 - INQUADRAMENTO CARTOGRAFICO DELL'AREA DI PROGETTO

 TECENITAL	E	A	1	8	1	0	T	0	0	G	G	0	0	G	E	O	R	E	0	0	1	A
	Pr	Strada	Lotto	Macro opera	Opera	Parte di opera	Tipo elab	N. Elab.	Rev													

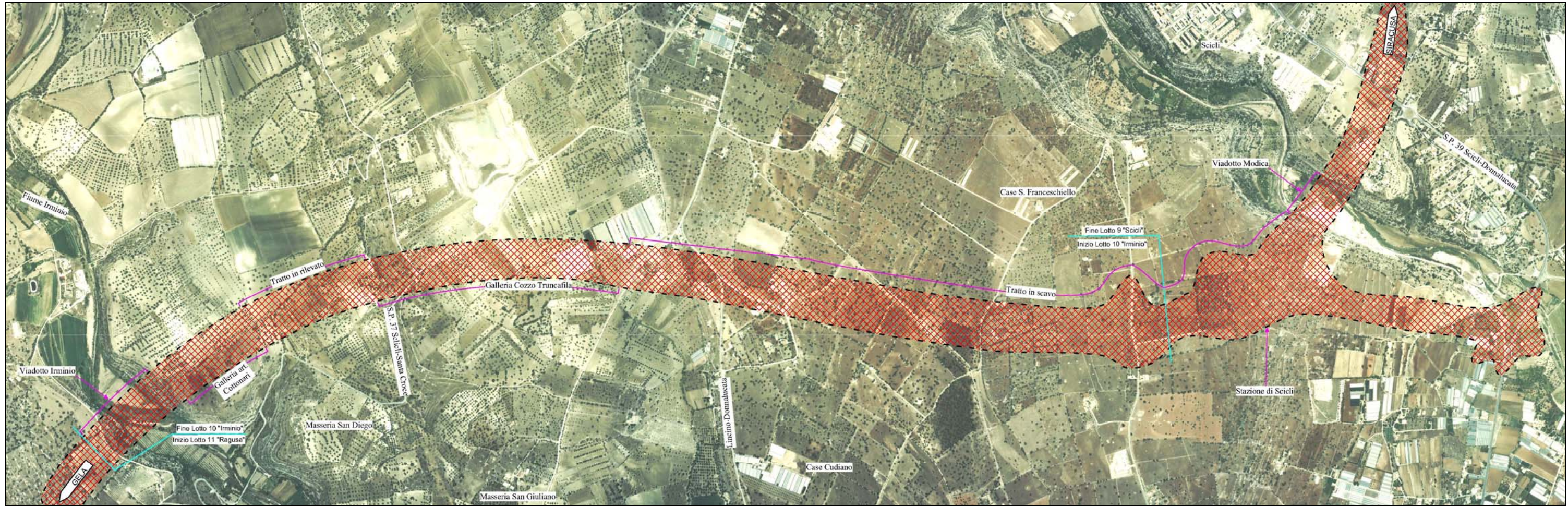


FIG. 2 - ORTOFOTOPIANO CON INDIVIDUAZIONE DELL'AREA DI PROGETTO