



PROVINCIA REGIONALE DI RAGUSA
denominata
Libero Consorzio Comunale

POTENZIAMENTO DEI COLLEGAMENTI STRADALI FRA LA
S.S. N.115 TRATTO COMISO-VITTORIA, IL NUOVO AEROPORTO DI
COMISO E LA S.S. N.514 RAGUSA-CATANIA

PROGETTO ESECUTIVO
1° stralcio funzionale

10° Settore Geologia e Tutela Ambientale

Gruppo di lavoro:

- Geol. G. Alessandro
- Geol. G. Biondi
- Geol. A. Frasca
- Geol. E.P. Quaranta
- Geol. G. Scaglione

Supporto tecnico:

- Geom. G. Gurrieri
- Geom. B. Tummino



Il Dirigente
Geol. S. Buonmestieri

UFFICIO DEL RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO:

RESPONSABILE DEL PROCEDIMENTO
Dott. Ing. Vincenzo Corallo

ASSISTENTE
Dott. Ing. Salvatore Dipasquale

**RELAZIONE GEOLOGICA
GEOMORFOLOGICA E IDROGEOLOGICA**

COD. ELABORATO: PE GE02 GEO RE01 B

SCALA

DATA

Giugno 2014

Rev.	Nome file	Data	Redatto	Visto	Approvato
A	relazione_geologica.doc	Gennaio 2014	Settore Geologia e Tutela Ambientale	Biondi	Buonmestieri
B	relazione_geologica_rev_B.doc	Giugno 2014	Settore Geologia e Tutela Ambientale	Biondi	Buonmestieri

PREMESSA

Nell'ambito degli interventi di competenza di questa Amministrazione, con Determina Presidenziale 3155 del Registro Generale del 01 giugno 2006, prot. 32447, questo Settore fu incaricato di redigere lo studio geologico per le fasi di base, preliminare, definitiva ed esecutiva, a corredo della progettazione dell'intervento di "Potenziamento dei collegamenti stradali fra la S.S. 115 nel tratto Comiso-Vittoria, il nuovo aeroporto di Comiso e la S.S. 514 Ragusa-Catania".

Lo studio relativo agli aspetti geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici a corredo del progetto esecutivo – 1° stralcio funzionale, trasmesso con nota prot. n.0003451 del 31/01/2014, si è quindi articolato in:

- Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica (elaborato: PE-GE02-GEO-RE01-A);
- Carta geologica-geomorfologica in scala 1:2.000 (tavole: PE-GE02-GEO-CG01-A, PE-GE02-GEO-CG02-A, PE-GE02-GEO-CG03-A);
- Carta idrogeologica in scala 1:5.000 (tavole: PE-GE02-GEO-CG04-A);
- Profilo geologico del tracciato in scala 1:2.000 / 1:200 (tavole: PE-GE02-GEO-FG01-A, PE-GE02-GEO-FG02-A, PE-GE02-GEO-FG03-A, PE-GE02-GEO-FG04-A);
- Risultanze geognostiche in sito (PE-GE01-GEO-RE2-A);
- Risultanze geosismiche (PE-GE01-GEO-RE3-A).

In aggiunta alla mole di dati e di indagini relativa alle precedenti fasi progettuali, questo Settore condusse ulteriori indagini geognostiche e geosismiche in sito, con attrezzature in dotazione:

- n.1 prova penetrometrica dinamica continua SCPT, tipo super pesante DPSH, denominata PP-PE-01 e spinta fino a rifiuto, a 5,40 metri di profondità dal piano campagna;
- n.1 serie di misure sismiche di superficie, attive e passive, acquisite con tecnica tipo MASW 1D (Multichannel Analysis Surface Waves, metodo V. Roma) lungo una base sismica costituita dall'allineamento di 24 geofoni verticali da 4,5 Hz.

A titolo sperimentale, nei pressi della perforazione S-PE-01 fu altresì effettuata una prova sismica passiva per la valutazione della risposta sismica di sito, mediante l'acquisizione di microtremore sismico, caratterizzata da una registrazione in continuo della durata di 60 minuti con geofono 3D-lite Lennartz da 1,0 Hz collegato ad una stazione sismometrica Lennartz Mars-Lite 24 bit. L'elaborazione dei dati con tecniche spettrali FFT sulle tre componenti del moto del suolo, nonché la restituzione del rapporto H/V per la valutazione della frequenza del sito e di eventuali effetti di amplificazione sismica locale furono effettuate con software Geopsy.org (Mark Wathelet, ISTerre, Grenoble, SESAME European Project, 2005).

Ad esse andarono ad aggiungersi altre indagini in sito e prove di laboratorio, di cui si occupò direttamente il gruppo di progettazione, tramite imprese di sua fiducia, essenzialmente consistite, per quanto concerne gli aspetti di attinenza geologica, in:

PROVE IN SITO

- n.2 sondaggi meccanici a rotazione a carotaggio continuo, denominati S-PE-01 e S-PE-02, spinti fino a profondità di 30 m e di 6 m dal piano campagna, rispettivamente; il sondaggio S-PE-01 è stato altresì attrezzato a piezometro;
- n.8 pozzetti geognostici, denominati da PZ-PE-01 a PZ-PE-08, della profondità di 3 m cadauno, ad eccezione del pozzetto PZ-PE-04, della profondità di 2 m;
- n.2 prove di carico su piastra $\phi 300$ mm, in corrispondenza di trincee spinte alla profondità di 1,50 m dal p.c., a ridosso dei pozzetti PZ-PE-05 E PZ-PE-07;

PROVE DI LABORATORIO

- n.8 determinazioni del contenuto naturale d'acqua su terra;
- n.8 determinazioni del peso di volume su terra;
- n.8 determinazioni del peso specifico;
- n.5 analisi granulometriche per setacciatura;
- n.3 analisi granulometriche per setacciatura e sedimentazione;
- n.1 determinazione dei limiti liquido e plastico, congiuntamente;
- n.8 analisi calcimetriche;
- n.8 determinazioni del contenuto in sostanza organica.

Per quanto attiene a tutte le verifiche previste dal D.M. 28/01/2008 (NTC 2008) e dalla successiva circolare esplicativa n. 617 del 02/02/2009, nonché a tutte le verifiche e considerazioni prettamente geotecniche, si rinviava ai relativi elaborati, direttamente redatti dai tecnici del gruppo di progettazione, costituitosi in A.T.I..

* * *

Con successiva nota prot. n.0019900 del 09/06/2014, il Dirigente del 9° Settore – Pianificazione del territorio e infrastrutture trasmetteva i rilievi avanzati dalla ITALSOCOTEC S.p.A, incaricata dell'ispezione sulla progettazione delle opere, e riportati nel rapporto di ispezione intermedio C306-PE2-SP-0003-0 del 28/05/2014, scheda ispezione progetto n.1 – Geologia e Geognostica:

P.1 Nei documenti è riportato una soluzione del tracciato con relativa numerazione delle sezioni che non risulta aggiornata alla scelta definitiva progettuale oggetto di verifica. Si richiede di aggiornare pertanto gli elaborati di progetto.

L'incongruenza è da riferire all'utilizzo della cartografia allora resa disponibile e relativa a una soluzione progettuale più ampia, ma di fatto superata.

Per questo motivi, si è pertanto proceduto alla rielaborazione degli elaborati cartografici sotto elencati, che sostituiscono quelli in precedenza trasmessi, nonché all'aggiornamento della presente relazione, per quanto concerne, in particolare, i riferimenti geologici alle sezioni di progetto e alle progressive chilometriche:

- Relazione geologica, geomorfologica e idrogeologica (elaborato: PE-GE02-GEO-RE01-B);
- Carta geologica-geomorfologica in scala 1:2.000 (tavole: PE-GE02-GEO-CG01-B, PE-GE02-GEO-CG02-B, PE-GE02-GEO-CG03-B);
- Carta idrogeologica in scala 1:5.000 (tavole: PE-GE02-GEO-CG04-B);
- Profilo geologico del tracciato in scala 1:2.000 / 1:200 (tavole: PE-GE02-GEO-FG01-B, PE-GE02-GEO-FG02-B, PE-GE02-GEO-FG03-B).

LINEAMENTI MORFOLOGICI

Il tracciato stradale che collega l'aeroporto di Comiso con la S.S. 514 e la S.S. 115 ricade nel settore occidentale del territorio della Provincia di Ragusa ed è indicativamente compreso nel triangolo Chiaramonte Gulfi – Comiso – Vittoria.

Il 1° stralcio funzionale, oggetto di questa fase progettuale esecutiva, ricade per intero all'estremità meridionale della tavoletta "Chiaramonte Gulfi", III S.E., foglio 273 della Carta d'Italia. Rientra, inoltre, nella tavola 644160 della carta tecnica regionale in scala 1:10.000.

L'asse viario principale si sviluppa, per circa 2.951 m e tra le quote 220÷225 e 260÷265 m s.l.m., tra la prevista rotatoria di raccordo con la S.P. n.5 Cannamellito-Pantaleo, all'estremità OSO (progressiva chilometrica 8.076,31), e quella di C/da Librandello – C/da Serravalle, all'estremità ENE (progressiva chilometrica 11.027,39).

Ad esso si aggiungono le opere a servizio della viabilità secondaria che, partendo dai pressi della sezione L1_53 (progressiva 8.906 circa), si sviluppano fino alla terminazione ENE di C/da Serravalle, nei pressi della sezione L1_179 (progressiva 11.027 circa), articolandosi sostanzialmente nel cavalcavia al km 8+906,38 e correlato "tronco 27", nell'asse viario "tronco 28", adiacente all'asse principale, e nel "tronco 29", in località Serra Ricotta.

Morfologicamente, l'area interessata dalle opere di progetto ricade nella zona distale sub-pianeggiante, di altipiano s.s., dominio di sedimenti perlopiù continentali di facies limnica e di transizione, o marini, di prevalente età pleistocenica. In corrispondenza degli affioramenti quaternari del complesso di sedimenti in prevalenza continentali di facies limnica (travertinosi, calcarenitico-marnosi, argilloso-siltoso-sabbiosi) e marini di facies litorale, l'area si presenta tabulare, sub-pianeggiante e caratterizzata da incisioni che tendono ad incassarsi sempre più, procedendo verso SO.

I fattori di erosione attuale dipendono principalmente dall'azione chimica e meccanica delle acque di dilavamento e dei corsi d'acqua, dall'azione termica e dall'azione della forza di gravità.

LINEAMENTI GEOLOGICI, STRUTTURALI E LITOSTRATIGRAFICI

Lineamenti Geologici

L'area in esame ricade nel settore occidentale degli Iblei, ai piedi della Scarpata di Comiso, lungo il bordo occidentale dell'Altipiano calcareo s.s., formato da crosta continentale spessa tra 20 e 30 km e caratterizzato da anomalie gravimetriche e magnetiche positive (AGIP 1978, 1982).

La crosta è costituita da una successione sedimentaria potente 6.000 metri circa, con prevalenza di rocce carbonatiche, caratterizzate da intercalazioni di livelli vulcanici, i cui orizzonti più profondi e più antichi, conosciuti attraverso perforazioni petrolifere, risalgono al Trias medio (Bianchi et al., 1989). In particolare, gli affioramenti relativi all'Altipiano calcareo s.s. (substrato) constano di formazioni marine terziarie, appartenenti ad un unico ciclo sedimentario oligo-miocenico, afferenti alla successione calcareo-calcarenitico-marnosa della Formazione Ragusa (Membro Leonardo e Membro Irminio) ed alla successione marnosa della Formazione Tellaro.

Nella zona pedemontana dell'Altipiano e nella piana di Vittoria, la copertura del substrato è formata da un complesso di sedimenti plio-quadernari di ambienti di deposizione da marino a continentale (Calcarei marnosi Trubacei, Calcareniti organogene, Calcarei e marne, sabbie, silts, argille lacustri, conglomerati e ghiaie alluvionali e brecce detritiche, limi neri palustri).

Lineamenti Strutturali

A livello di geologia regionale, nella struttura della Sicilia si possono distinguere tre principali elementi: la Catena settentrionale Appennino-Maghrebide, l'Avanfossa Gela-Catania e l'Avampaese Ibleo (Lentini & Vezzani, 1978). Secondo questo schema, l'area in esame ricade sull'Avampaese Ibleo, che rappresenta l'attuale margine emerso della placca africana, dove si distinguono una zona centro-orientale, l'Altopiano calcareo, ed una zona occidentale, detta Zona di Transizione o di Avanfossa esterna.

In questo contesto, a grandi linee, l'Altopiano calcareo ha la struttura elevata di un Horst, allungato in senso NE-SO, i cui margini orientale ed occidentale sono delimitati ad Est dal sistema di faglie Pozzallo - Ispica - Rosolini e ad Ovest dal sistema di faglie Comiso-Chiaramonte.

Limitatamente al bordo occidentale dell'Altipiano calcareo ibleo, i sistemi predominanti di faglie hanno direzione NE-SO e, subordinatamente, N-S. Questi sistemi di faglie producono un motivo strutturale a gradinata con il quale, da un lato, l'altipiano ragusano si raccorda alla pianura vittoriese e, dall'altro, le formazioni carbonatiche iblee che lo costituiscono sprofondano progressivamente verso Ovest, al di sotto dei sedimenti plio-quadernari della pianura stessa, che nell'area gelesse raggiungono spessori di alcune migliaia di metri.

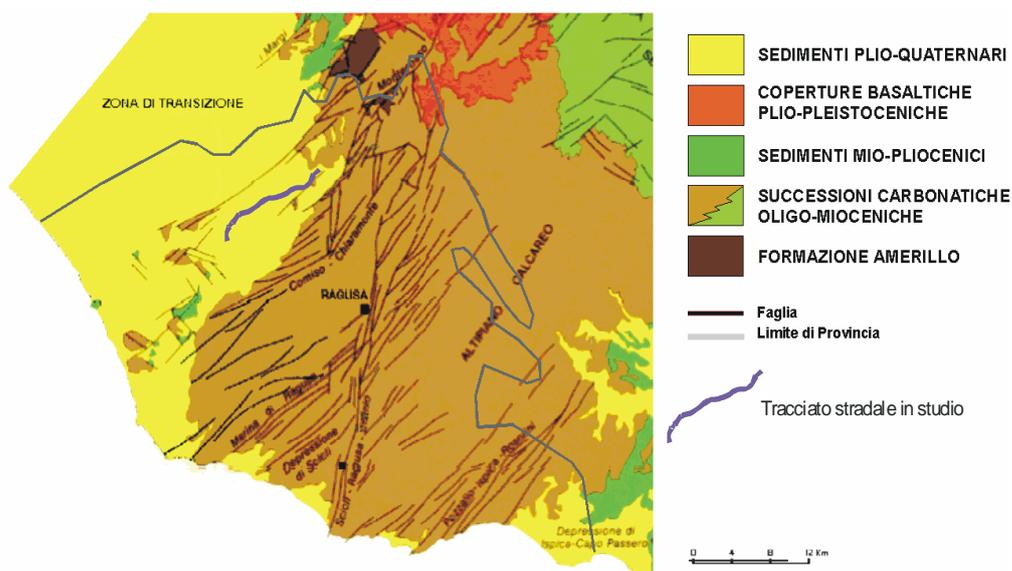


Fig. 1. Schema geologico-strutturale degli Iblei

Il tracciato di progetto ricade proprio in questo tratto di raccordo tra altopiano ragusano e piana di Vittoria, in un'area che si configura come depressione strutturale allungata da NE verso SO.

Lineamenti Litostratigrafici

Questo 1° stralcio funzionale si sviluppa sostanzialmente su propaggini delle conoidi di deiezione pedemontane di ambiente continentale, con soluzione di continuità per erosione fluviale in C/da Mostrazzi Piccola, ove affiorano direttamente le sottostanti sabbie giallo-rossastre.

Di seguito, si riportano i principali lineamenti litostratigrafici dell'area di stretto interesse, così come desunti sia dalle evidenze dirette in corrispondenza degli affioramenti di superficie, sia dalle successioni stratigrafiche riscontrate nel corso delle perforazioni dei sondaggi geognostici.

Procedendo da OSO verso ENE, dopo un primo tratto della lunghezza di circa 100 m caratterizzato dalla presenza di lembi di limi, marne sabbiose e marne calcaree di colore da biancastro ad avana chiaro, il tracciato ricade, per circa 750 m, sul complesso sabbioso-arenaceo di colore giallo-rossastro, dello spessore mediamente compreso tra 5 e 8 metri, con punte eccedenti i 10 metri, localmente ricoperto da terre nere. Limitatamente al tratto all'incirca compreso tra le progressive chilometriche 8.610 e 8.650, si sviluppa su materiale di riporto.

Il rimanente tratto, della lunghezza di circa 2.100 m, ricade nuovamente sui sovrastanti limi, marne sabbiose e marne calcaree di colore da biancastro ad avana chiaro, con intercalazioni calcarenitico-calcisiltitiche ed inglobanti sabbie e ghiaie, dello spessore medio di 4÷5 m, con punte di circa 15 m, nella zona di C/da Librandello - C/da Serravalle. In ampi tratti, comunque, il substrato è, anche in questo caso, mascherato da lembi di terre nere rappresentate, in zona, da limi sabbiosi e sabbie limose con livelli arenacei di colore brunastro.

DEPOSITI QUATERNARI

Terreni di riporto

Sono costituiti da materiali e sfridi eterogenei, di chiara origine antropica, accumulati per qualche metro di spessore. Lungo il tracciato in esame si ritrovano sovrastanti livelli di terre nere, solamente all'incirca tra le sezioni L1_35 e L1_39 (progressive 8.610 e 8.650 circa).

Terre nere (Limi bruni)

Le terre nere sono rappresentate, in zona, da lembi di Limi bruni ossia di limi sabbiosi e sabbie limose con livelli arenacei di colore brunastro, deposti in ambiente (palustre) probabilmente di facies retro litorale in una fase climatica fredda. Formano una sottile copertura superficiale, metrica, che si riscontra tra le sezioni L1_23 e L1_50 (progressive 8.430 e 8.860 circa), L1_56 e L1_82 (progressive 8.945 e 9.375 circa), L1_91 e L1_138 (progressive 9.540 e 10.330 circa).



Terre nere - Limi Bruni

Limi biancastri e marne sabbioso-travertinose biancastre

Consistono di limi, calcareniti-calcisiltiti, biancastri, talora inglobanti in superficie sabbie e ghiaie, marne sabbiose e marne calcareo-travertinose di colore da biancastro ad avana chiaro, con intercalazioni calcarenitiche. In pareti di scavo mostrano strutture di canalizzazione fluvio-lacustri incise sulle Sabbie gialle con livelli arenacei. Questo insieme di sedimenti fluvio - lacustri affiora estesamente tra le sezioni L1_1 e L1_7 (progressive 8.076,31 e 8.165 circa), L1_82 e L1_91 circa (progressive 9.375 e 9.540 circa), L1_138 e L1_179 (progressive 10.330 e 11.027,39 circa).



Limi biancastri con strutture di canalizzazione fluvio-lacustri



Ghiaie e sabbie carbonatiche bianco giallastre

Sabbie giallo-rossastre con livelli arenacei

Le sabbie gialle, localmente arrossate, si presentano talora laminate e contenenti livelli arenacei a pupattole. Affiorano e subaffiorano estesamente in tutto il tratto iniziale del tracciato stradale in esame, tra le sezioni L1_7 e L1_24 (progressive 8.165 e 8.430 circa), L1_50 e L1_56 (progressive 8.860 e 8.945).



Sabbie gialle con livelli arenacei

Calcari marnosi con livelli sabbioso-limosi

Sono rappresentati da calcareniti biancastre debolmente marnose, con intercalati livelli sabbioso-limosi di color nocciola, passanti in profondità ad argille marnose di colore grigiastro con intercalazioni arenacee ed a calcareniti organogene di color grigio scuro. Sono Depositi limnici che nel tratto in esame, non affiorano direttamente, ma sono stati riscontrati nel corso dei sondaggi geognostici, per uno spessore massimo di 15÷20 metri.

Marne calcareo-sabbiose e sabbie bianco-giallastre

Sono rappresentate da marne calcareo-sabbiose di colore biancastro, alternate a sabbie e calcareniti bianco-giallastre. Sono sedimenti di ambiente marino riferibili al Pleistocene inferiore, riscontrati solo in profondità nelle perforazioni geognostiche, ma che affiorano immediatamente a Nord e Nord-Est dell'abitato di Vittoria, con spessori di diverse decine di metri.



Calcari marnosi limnici (fuori area)



Calcareniti bianco-giallastre (fuori area)

SUBSTRATO CARBONATICO OLIGO-MIOCENICO

Alternanza calcareo-calcarenitico-marnosa (Formazione Ragusa)

Deposta in ambiente marino, rappresenta la parte inferiore e quella superiore della Formazione Ragusa. Quella inferiore (Membro Leonardo), di età Oligocene superiore, è formata da alternanze di calcilutiti e marne; quella superiore (Membro Irminio), di età Miocene inferiore, da alternanze di calcareniti e marne. Nel tratto in esame, gli unici lembi affioranti dell'alternanza calcarenitico-marnosa, riferibile al Membro Irminio, sono stati cartografati in prossimità della rotatoria di C/da Librandello – C/da Serravalle, alla terminazione ENE dello stralcio funzionale in progetto.



aspetto brecciato della Formazione Ragusa ad Est di C/da Coffa

CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE DI DETTAGLIO

Il tracciato dell'intervento parte dalla rotatoria di raccordo con la S.P. n.5 Cannamellito-Pantaleo, all'altezza del km 7+200 circa di quest'ultima, prevista in C/da Mostrazzi Piccola. Per un tratto di circa 100 m, fino alla sezione L1_7 (progressiva 8.165 circa), il substrato della sede stradale è costituito da terreni pleistocenici di ambiente continentale, incrostante e di transizione, costituiti da croste carbonatiche, limi, marne sabbiose e marne calcaree di colore da biancastro ad avana, con intercalazioni calcarenitico-calcisiltitiche ed inclusioni sabbiose e ghiaiose.

Tra le sezioni L1_10 e L1_12 (progressive 8.200 e 8.240 circa), il tracciato incrocia l'alveo del torrente Fontana Volpe. L'erosione fluvio-torrentizia ha messo a nudo, in questo caso, terreni quaternari di natura sabbiosa con livelli arenacei, sovrastanti a livelli argilloso-marnosi grigiastri e a calcareniti organogene di facies limnica, da biancastre a grigio scuro.



impluvio idrografico del torrente Fontana Volpe

Lungo C/da Piano di Mola, proseguendo fino a C/da Serravalle, ampi lembi di terre nere, di spessore variabile da qualche decimetro al metro, ricoprono, in maniera discontinua, i terreni del substrato, interessando gran parte del tratto mediano del tracciato di progetto.



Terre nere (limi bruni) palustri su sabbie giallastre

All'estremità ENE, l'intervento di progetto termina con la rotatoria prevista nei pressi del Km 5+200 della S.P. 82 "Mortilla-Serravalle", tra le contrade Serra Ricotta, Serravalle e Librandello, a quota 262 m. s.l.m. circa (sez. L1_179) e, a partire dalla sezione L1_137 (progressiva 10.330 circa), ha nuovamente per substrato i terreni pleistocenici di ambiente continentale, incrostante e di transizione, costituiti da croste carbonatiche, limi, marne sabbiose e marne calcaree di colore da biancastro ad avana, con intercalazioni calcarenitico-calcsiltitiche ed inclusioni sabbiose e ghiaiose.



C/da Librandello-Serravalle, quota 262 m. s.l.m.

LINEAMENTI IDROGEOLOGICI

Lo schema idrogeologico dell'area in esame è rappresentato nell'allegata carta idrogeologica in scala 1:5.000 (tavola PE-GEO2-GEO-CGO4-B).

Si è ritenuto opportuno utilizzare questo livello di rappresentazione cartografica (scala 1: 5.000), in quanto l'utilizzo di una scala maggiore, ad esempio scala 1 : 2.000, avrebbe avuto ben poco senso: si sarebbe persa, infatti, la visione di insieme della tematica idrogeologica. Ferma restando che particolari condizioni idrogeologiche, presenza di sorgenti o di fonti idropotabili, necessitano eventualmente di uno studio più dettagliato. Nell'area in esame non insistono condizioni di tal tipo: la sorgente captata per uso idropotabile più prossima (sorgente Cifali) dista oltre 2 km e ad una quota più elevata rispetto al tracciato. Non si ritiene, quindi, necessario eseguire un ulteriore approfondimento.

Le litologie affioranti in zona sono state rappresentate per mezzo di variazioni cromatiche e quindi riclassificate, sotto il profilo idrogeologico, in complessi, ossia "un insieme di termini litologici simili aventi una comprovata unità spaziale e giaciturale, un tipo di permeabilità prevalente comune ed un grado di permeabilità relativa che si mantiene in un campo di variazione piuttosto ristretto" (Civita, 1973).

Sulla base del grado di permeabilità, desunto da dati di letteratura, i vari complessi idrogeologici sono stati distinti in "mediamente permeabili" (k compreso tra 10^{-4} e 10^{-6} cm/s) e "scarsamente permeabili" (k compreso tra 10^{-6} e 10^{-7} cm/s), come proposto da Civita (1975).

In particolare, questa classificazione prevede altri due gradi di permeabilità (rocce praticamente impermeabili e rocce altamente permeabili) che non coinvolgono i terreni rilevati nell'area in esame.

Successione delle serie e dei complessi idrogeologici

Tutti i complessi idrogeologici considerati sono stati quindi classificati in due serie idrogeologiche: la serie oligo-miocenica costituita dai calcari della F.ne Ragusa e la serie pleistocene costituita dai terreni di copertura di origine marina, continentale e di transizione.

Serie oligo-miocenica

Questa serie è caratterizzata dalla presenza di un solo acquifero di grosse proporzioni costituito dalle successioni calcaree della F.ne Ragusa e della sottostante F.ne Amerillo, non affiorante, con alla base le argille della F.ne Hybla (perizia "Casmèz 30/3007", indagini eseguite dall'"Aquatec", consulente prof. R. Coltro).

L'acquifero presenta un notevole spessore verticale ed una grande estensione areale in quanto comprende tutti gli affioramenti calcarei dell'altopiano ibleo.

Nella successione litologica prima descritta si possono individuare alcuni orizzonti argilloso-marnosi e precisamente:

- un orizzonte argilloso-marnoso localizzato nella parte alta del Membro Leonardo della F.ne Ragusa;
- un orizzonte argilloso-marnoso localizzato alla base del Membro Leonardo;
- un orizzonte argilloso-marnoso localizzato nella parte mediana dei calcari bianchi selciferi della F.ne Amerillo.

Ai fini del nostro studio ed in base alle profondità dei livelli piezometrici che alimentano i punti d'acqua censiti, possiamo considerare l'orizzonte argilloso-marnoso localizzato alla base del Membro Leonardo come livello impermeabile e limitare tale serie idrogeologica solo alla sua parte superiore.

La serie idrogeologica in cui ha sede l'acquifero in esame non è da considerarsi un'entità omogenea in quanto presenta forti variazioni litologiche e stratigrafiche.

La circolazione idrica, che spesso risulta essere confinata per la presenza degli orizzonti argilloso-marnosi anzidetti, avviene prevalentemente in corrispondenza del reticolo di fratturazione e delle discontinuità costituite dai piani di stratificazione. Il reticolo di fratturazione comprende, in particolare, un sistema principale costituito dalle discontinuità strutturali ad estensione regionale ed un sistema di litoclasti secondarie comprendenti diaclasi e leptoclasti. La genesi di queste ultime strutture può essere collegata (Ruel, 1973) prevalentemente a fenomeni tettonici e subordinatamente al comportamento anisotropo delle rocce rispetto alle variazioni termiche e ai fenomeni fisico-chimici che le interessano.

Va tuttavia precisato che l'entità della circolazione idrica sotterranea, lungo le discontinuità principali, può essere influenzata dalla presenza di depositi cataclastici che, in particolari condizioni, possono svolgere una funzione parzialmente tamponante, a seguito di una permeabilità significativamente inferiore rispetto alla permeabilità secondaria dei livelli rocciosi dovuta a fenomeni carso-fessurativi.

Questa serie idrogeologica presenta un grado di permeabilità estremamente variabile e compreso tra 10 e 10^{-4} cm/s. Essa costituisce il substrato dell'area in esame e si ritrova in affioramento tra C/da Serravalle e C/da Librandello.

Serie pleisto-olocenica

La serie pleisto-olocenica ricopre i calcari della serie oligo-micenica ed è costituita da depositi di ambiente sia marino (sabbie gialle con livelli arenacei), che continentale (depositi palustri e fluvio-lacustri). È presente in tutta l'area in esame e comprende l'acquifero superficiale, localizzato prevalentemente nelle sabbie gialle con livelli arenacei. L'acquifero risulta essere poco produttivo a causa dell'eccessivo sfruttamento cui è stato sottoposto negli anni passati.

Le caratteristiche di permeabilità dei vari complessi sono di seguito indicate, secondo dati di letteratura (Carta della Vulnerabilità delle Falde Idriche – Settore Occidentale Ibleo):

- Terreni di riporto, alluvioni: dal punto di vista idrogeologico, i terreni di riporto sono assimilabili alle alluvioni ed ai coni di detrito, sono permeabili con un grado di permeabilità compreso tra 10^{-2} e 10^{-4} cm/s. I terreni di riporto sono presenti a nord est dell'aeroporto mentre i depositi alluvionali affiorano in C/da Librandello, al di fuori del tracciato in esame.
- Sabbie e limi bruni (depositi palustri), limi fluvio-lacustri: sono depositi scarsamente permeabili con un grado di permeabilità compreso tra 10^{-4} e 10^{-5} cm/s. Sono presenti lungo il tracciato nel settore centrale e orientale.
- Sabbie gialle con livelli arenacei: poggiano sulle calcareniti bianco giallastre o sui sedimenti in facies limnica (calcari marnosi, silt biancastri, travertini). Questo deposito veniva ampiamente sfruttato circa trenta anni fa attraverso pozzi scavati a mano ed utilizzati a scopi prevalentemente domestici. Col passare degli anni, sono state realizzate molte perforazioni profonde ad uso irriguo che, pur pescando nella falda profonda, drenano la falda superficiale per mancanza di adeguato isolamento. Sono depositi mediamente permeabili con un grado di permeabilità compreso tra 10^{-2} e 10^{-3} cm/s. Affiorano estesamente lungo tutta l'area in esame e lungo il tracciato sono presenti nel settore occidentale.
- Calcari marnosi, silt biancastri, travertini: sono scarsamente permeabili, con un grado di permeabilità compreso tra 10^{-4} e 10^{-5} cm/s. Costituiscono il substrato poco permeabile delle sabbie gialle con livelli arenacei e, nel passato, svolgevano altresì un'azione tamponante tra l'acquifero superficiale e quello profondo, oggi messi in continuità idraulica dalle succitate perforazioni profonde. In zona non sono presenti in affioramento, ma solo in profondità.
- Calcareniti bianco-giallastre: in continuità idraulica per i motivi suesposti con le sabbie gialle con livelli arenacei, si presentano mediamente permeabili con un grado di permeabilità compreso tra 10^{-2} e 10^{-3} cm/s. In zona sono presenti in affioramento ma solo in profondità.

Da prove puntuali di permeabilità, in passato eseguite, sono emersi valori mediamente congrui con quelli sopra riportati, sebbene con alcune differenze, legate a locali eterogeneità dei terreni.

Analisi della morfologia piezometrica e considerazioni idro-strutturali

In un contesto strutturale più ampio di quello riportato sulle cartografie allegate, si evince che tutta l'area ricade all'interno di un graben orientato NE-SO e delimitato a SE dal sistema principale di faglie Comiso-Chiaramonte, orientato NE-SO, di tipo *en echelon* (a gradinata) che ribassa la serie oligo-miocenica al di sotto dei sedimenti della serie pleisto-olocenica; a NO, esso è invece delimitato dall'allineamento strutturale Serra Beretta – Serra San Bartolo, avente medesima direzione. Tale struttura determina un flusso idrico sotterraneo che si imposta lungo la stessa direzione, secondo uno schema idro-strutturale tipico dell'altopiano ibleo.

Dall'esame del contesto tettonico regionale si è evidenziato come il substrato oligo-miocenico della zona è soggetto ad un forte controllo strutturale, con conseguente influenza sulla morfologia piezometrica.

La morfologia piezometrica è stata ricostruita sulla base di un rilievo idrogeologico di dettaglio attraverso un censimento dei punti d'acqua con relativa scelta di quelli più significativi. Su quest'ultimi si è proceduto alla determinazione della quota assoluta e del livello statico.

All'interno e all'esterno dell'area in esame sono stati censiti trenta pozzi. L'interpolazione delle quote dei livelli di falda dei vari punti d'acqua, ha permesso di elaborare le curve isopiezometriche e di ricostruire la morfologia piezometrica della zona. Inoltre, la carta idrogeologica è stata ulteriormente arricchita dai dati piezometrici rilevati in corrispondenza di alcune perforazioni attrezzate a piezometro, eseguite nelle varie fasi progettuali. Tali dati, insieme ad alcuni pozzi rilevati *ex novo*, hanno consentito un ulteriore dettaglio nell'elaborazione delle linee isopiezometriche.



Immagini bocca pozzo in C/da Serra Ricotta (a sinistra) e C/da Librandello (a destra). Foto gennaio 2014

Per buona parte dei pozzi presenti all'interno dell'area in esame, nella terza decade di gennaio 2014, si è proceduto ad un'ulteriore misura del livello statico. Nel corso di queste nuove misurazioni non sono state notate apprezzabili variazioni di livello statico rispetto ai valori misurati in precedenza negli stessi pozzi. Si fa notare che per alcune perforazioni precedentemente eseguite (S-PD-09 e S-PD-06), essendo state realizzate in terreni agricoli, non è stato possibile procedere alla riverifica del livello statico in quanto le tracce dei sondaggi in superficie risultavano obliterate. In tali casi sono stati considerati i dati rilevati precedentemente.

Come detto, i dati piezometrici rilevati ex novo ed in corrispondenza dei sondaggi effettuati dalla GLOBALGEO e dalla Provincia Regionale di Ragusa hanno permesso di modificare leggermente la morfologia piezometrica elaborata in occasione degli studi di base, preliminare e definitivo. Tali modifiche hanno comunque ulteriormente confermato le considerazioni idrogeologiche succitate e già espresse in occasione degli studi precedenti.

Nella carta idrogeologica (tavola PE-GEO2-GEO-CGO4-B) le isopiezometriche, con equidistanza 25 m, vanno da una quota di 275 m s.l.m. ad una di 175 m s.l.m., con una spaziatura crescente dalle quote più alte a quelle più basse.

L'insieme delle curve isopiezometriche descrive una morfologia assimilabile ad un acquifero a falda radiale convergente con profilo di tipo iperbolico e deflusso sotterraneo che si sviluppa nel complesso da nord-est verso sud-ovest. Il profilo assunto dalla superficie piezometrica è da imputare a variazioni della trasmissività e/o della portata unitaria della falda.

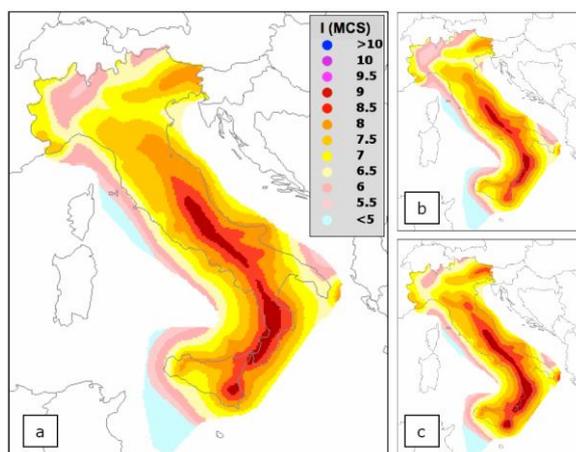
Si osserva, inoltre, che in tutte le idroisoipse, nella loro parte centrale, mostrano una linea di spartiacque sotterraneo con asse NE-SO; quest'ultimo risulta essere comunque di scarsa rilevanza rispetto all'andamento generale della falda.

Lungo il tracciato stradale, il livello della falda idrica si attesta generalmente a profondità non di interesse geotecnico e comunque a quote generalmente superiori ai 15÷20 metri dal piano campagna ad eccezione del piezometro montato nel sondaggio PD9 (nei pressi dell'incrocio di C/da Serravalle in corrispondenza della sezione terminale del tratto stradale in esame) che registra una profondità di livello statico di 8,6 metri.

In definitiva, rispetto al piano campagna, a partire dall'incrocio di C/da Serravalle fino alla località Mostrazzi Piccola (nei pressi dell'aeroporto), il livello di falda ha una profondità che dai circa dieci metri va ad aumentare fino ad oltre i trenta metri, in corrispondenza di inizio tracciato.

CARATTERISTICHE SISMICHE DEL PLATEAU IBLEO

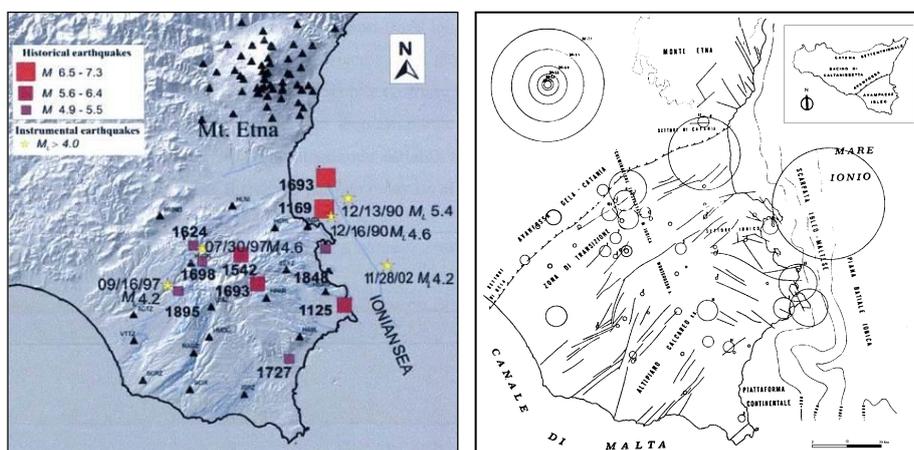
L'analisi e l'elaborazione statistica dei dati sismici desunti dai terremoti di massima intensità, avvenuti in Italia negli ultimi mille anni, hanno avuto come risultato la pubblicazione, nel corso di due decenni, da parte di ENEL, CNR, GNDT, INGV, di una serie di mappe di zonazione del rischio sismico nazionale, ai fini della protezione civile e dei criteri di progettazione tecnica in zona sismica, che vedono la Sicilia come una delle regioni d'Italia in cui si ha la maggiore probabilità di terremoti di elevata intensità macrosismica e magnitudo, specialmente per periodi di ritorno maggiori di 100 anni.



Mappe di pericolosità sismica in termini di intensità macrosismica (I_{max}), con probabilità di superamento del 10% ($PR=475$ anni) in 50 anni, per l'Italia continentale e Sicilia. a) mediana; b) 16mo percentile; c) 84mo percentile. (D7, INGV, 2007)

In particolare, è il settore ibleo quello dove sono state stimate le massime intensità macrosismiche, per i terremoti del 1169, 1693, 1818, tra il IX e l'XI grado MCS.

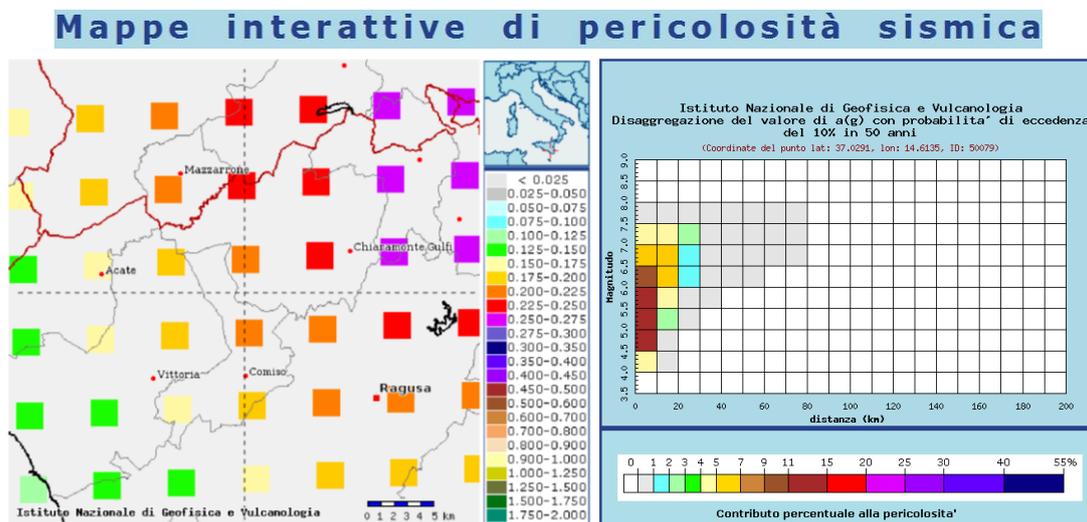
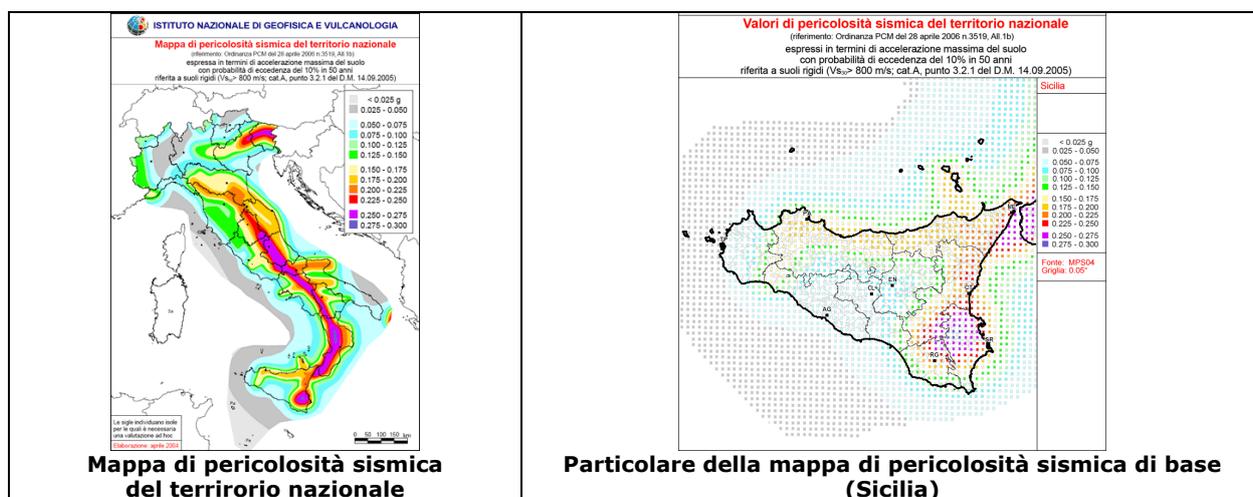
La causa della sismicità degli Iblei è da ricercare nel suo assetto geologico-strutturale, configurandosi l'altopiano come area di Avampaese, in cui la distribuzione degli epicentri dei terremoti ricade lungo i principali sistemi di faglie che lo interessano, quindi lungo la Scarpata Ibleo-Maltese nel margine ionico, la Linea di Scicli e le strutture tettoniche della Zona di Transizione e dell'Avanfossa Gela-Catania nel margine settentrionale e nord occidentale ibleo.



Nel dettaglio, la distribuzione degli epicentri dei terremoti a magnitudo $M_{max} = 4,9 \div 5,5$ è più addensata verso il margine occidentale del plateau ibleo ed è contrapposta a quella degli epicentri dei terremoti di massima intensità che ricadono nel settore ionico tra Catania ed Augusta, dove la magnitudo stimata è $M_{max} = 6,5 \div 7,3$ (1169, 1693, 1818).

CARATTERISTICHE SISMICHE DEL SITO

Allo stato attuale, la pericolosità sismica di base su reticolo di riferimento nell'intervallo di riferimento (PR = 475 anni) è fornita dai dati pubblicati sul sito <http://esse1.mi.ingv.it/>.



Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.910	9.310	0.561

Per il sito in esame, dai dati di disaggregazione sopra riportati, si evince che la magnitudo di progetto attesa ha un valore medio pari a $M = 5,91$ e distanza epicentrale pari a $9,31$ km.

Dalle campagne di misure sismiche dirette in foro, eseguite con tecnica tipo Down Hole, nonché dalle misure sismiche di superficie attive-passive effettuate con tecnica tipo Masw 1D, si è pervenuti ai seguenti valori di velocità delle onde di taglio entro i primi 30 m di profondità $V_{s,30}$:

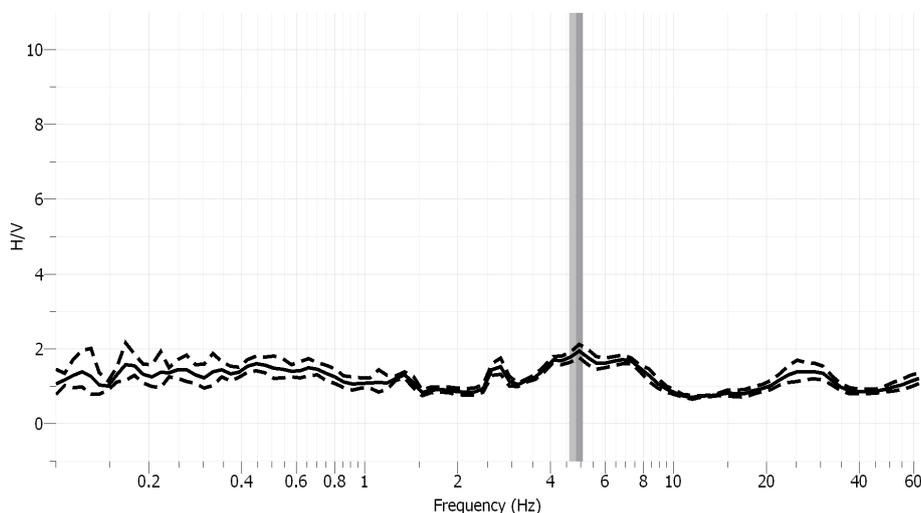
Sondaggio	$V_{s,30}$ (m/sec)
S-PD-7	428
S-PD-8	466
MW-PE-01	509

che sarà cura della società di progettazione utilizzare opportunamente ai fini della corretta determinazione delle categorie di sottosuolo ai sensi delle NTC 2008.



I risultati di analisi ed elaborazione delle misure di microtremore sismico a stazione singola 3D, registrato e campionato in superficie, nei pressi della perforazione S-PE-01, con le procedure HVSR (tecnica di Nakamura o dei Rapporti spettrali H/V tra le componenti orizzontali H e verticale V del segnale sismico) è sintetizzato dalla funzione di amplificazione H/V (contenuto spettrale del rapporto spettrale mediato risultante H/V) ricavata al piano campagna.

In sintesi, nel range $0,01 \div 62,5$ Hz, l'analisi del contenuto spettrale del rapporto H/V relativa alle misure di microtremore sismico effettuate in sito evidenzia una Funzione di Amplificazione quasi piatta. Difatti, i valori massimi del rapporto spettrale H/V non superano il valore 2 ($H/V < 2$) in tutto l'intervallo di frequenze considerato. In particolare, il contenuto spettrale di picco mostra valori HVSR ≈ 2 nell'intervallo di frequenze intorno ai 5,0 Hz circa (intervallo 3,0 Hz \div 9,0 Hz).



CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

In base alle considerazioni fatte precedentemente si rileva quanto segue:

- Il tracciato stradale di progetto si sviluppa su elementi geomorfologici di ambiente deposizionale in prevalenza continentale e, in minima parte, marino, che costituiscono forme inattive del Pleistocene a debole pendenza o tabulari.
- Su questi elementi non sono stati rilevati fenomeni di dissesto in atto. L'area nel suo complesso può essere, di conseguenza, considerata geomorfologicamente stabile.
- Dal punto di vista geologico-strutturale, le opere in progetto non appaiono interessate da fenomeni di natura tettonica.
- Dal punto di vista idrogeologico, nel sottosuolo è presente una falda idrica i cui livelli piezometrici risultano a profondità tale da non influenzare i manufatti in progetto.
- Nella progettazione e nel dimensionamento delle opere, saranno in ogni caso da prevedere idonee opere idrauliche, atte ad una corretta regimentazione, canalizzazione e smaltimento delle acque di dilavamento superficiale. Inoltre, è opportuno che i terreni di copertura più superficiale, in particolare le Terre nere, non costituiscano il substrato fondazionale.
- Per tutte le verifiche di cui alle NTC 2008 e per tutte le valutazioni e considerazioni di natura sismica e geotecnica, si rinvia ai relativi elaborati, direttamente redatti dai tecnici del gruppo di progettazione, costituitosi in A.T.I..

Ragusa, giugno 2014

I Geologi
(Dott. G. Alessandro)
(Dott. G. Biondi)
(Dott. A. Frasca)
(Dott. E. P. Quaranta)
(Dott. G. Scaglione)



Il Dirigente 10° Settore
(Dott. Geol. S. Buonmestieri)

A handwritten signature in black ink, appearing to be 'S. Buonmestieri', written over a horizontal line.