



REGIONE SICILIA

## REGIONE SICILIA

**COMUNE DI ROSOLINI**  
*Libero Consorzio Comunale di Siracusa*

**LAVORI DI "MITIGAZIONE DEL RISCHIO IDROGEOLOGICO NELL'AREA  
DEL CENTRO URBANO CON RACCOLTA DELLE ACQUE BIANCHE SUL  
PROLUNGAMENTO DI VIA GONZAGA DA VIA G. PASCOLI A VIA C.  
BATTISTI"**

CUP: J24H18000290001

### PROGETTO ESECUTIVO

PROGETTISTI  
Ing. Calogero PALUMBO PICCIONELLO

IL GEOLOGO  
Geol. Giovanni BONANNO CONTI

COORDINATORE PER LA SICUREZZA IN FASE DI PROG/ESECUZ.  
Ing. Calogero PALUMBO PICCIONELLO

IL RESP. DEL PROCEDIMENTO  
Geom. Salvatore SPERANZA

TITOLO ELABORATO:

**INDAGINI E STUDI PRELIMINARI**  
**Studio geologico**

ELABORATO N° :

**4.1**

SCALA:

-

REV.	DESCRIZIONE	DATA
A		
B		
C		



## I N D I C E

1.0	PREMESSE	PAG. 2
2.0	LINEAMENTI GEOLOGICI E CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE	PAG. 5
3.0	INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGIA	PAG. 8
4.0	ASPETTI CLIMATOLOGICI, IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA	PAG. 11
5.0	INDAGINI E CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO	PAG. 17
6.0	PROSPEZIONE GEORADAR	PAG. 20
7.0	CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA	PAG. 22
8.0	PROVA MASW E CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SUBSTRATO	PAG. 26
9.0	CONCLUSIONI	PAG. 32

## A L L E G A T I

- *COROGRAFIA*
- *STRALCIO P.A.I.*
- *CARTA GEOLOGICA*
- *PLANIMETRIA*
- *INDAGINI GEOGNOSTICHE*

## **1.0 PREMESSE**

Su incarico conferito dal *Responsabile del 4° Settore "Lavori Pubblici e Manutenzione"* del *Comune di Rosolini* con *Determina del n. 116 del 21/12/2021* è stato redatto il presente studio geologico a corredo dei lavori di «*Mitigazione del rischio idrogeologico nell'area del centro urbano con raccolta delle acque bianche sul prolungamento di via Gonzaga dalla via G. Pascoli alla via C. Battisti*».

Nello specifico, l'intervento prevede la realizzazione di collettore per la raccolta delle acque bianche su via Gonzaga nel tratto più alto tra via Pascoli e via Battisti da convogliare su quello già esistente sempre sulla stessa via.



Il lavoro di che trattasi, effettuato allo scopo di valutare le caratteristiche idrogeologiche e geomorfologiche locali e di accertare la natura geolitologica dei terreni affioranti nella via

interessata dall'intervento nonché di definire le principali proprietà geofisiche ed i più importanti parametri geotecnici del substrato, è stato condotto mediante:

- ✓ l'analisi della documentazione geologica esistente e dei precedenti studi geologici con relative indagini realizzati nella stessa area ed interessanti le medesime litologie;
- ✓ un rilevamento geologico di superficie supportato dalla visione dei terreni affioranti in prossimità di spaccati naturali e/o sbancamenti artificiali presenti nelle vicinanze;
- ✓ l'esecuzione di indagini geognostiche consistenti in:
  - prospezione georadar mediante strisciate sia longitudinali che trasversali per l'individuazione dei sottoservizi presenti lungo tutta la via Giulia;
  - prova sismica M.A.S.W. per la determinazione della velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{s,eq}$  e della categoria sismica di suolo;
  - perforazione a carotaggio continuo per definire la successione litostratigrafica locale e prelevare dei campioni;
  - analisi e prove di laboratorio per la determinazione delle caratteristiche fisiche e dei parametri geotecnici del terreno che costituisce il substrato.

Dall'elaborazione dei dati acquisiti, è stato possibile fornire, per quanto di specifica competenza, le seguenti informazioni:

- individuazione e mappatura dei sottoservizi presenti nel substrato di via Giulia al fine di fornire al progettista i dati utili per la scelta progettuale più idonea;
- inquadramento dell'area in un preciso contesto geologico-strutturale e definizione delle caratteristiche litostratigrafiche, dello stato di affioramento e del grado di alterazione della formazione affiorante;
- descrizione degli aspetti geomorfologici locali con identificazione dei dislivelli e di quant'altro caratterizzante l'assetto superficiale;
- illustrazione del regime idrologico dell'area, delle caratteristiche idrogeologiche dei

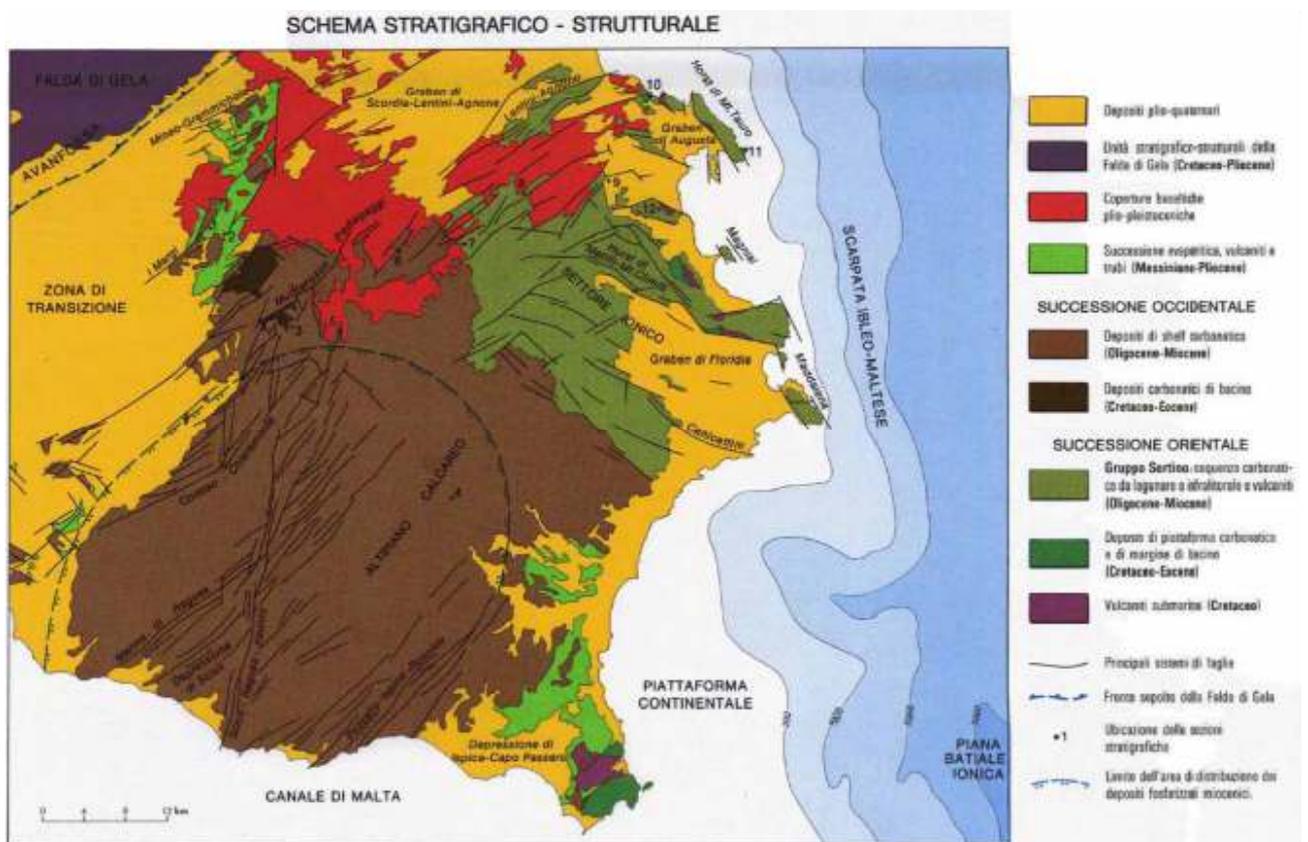
terreni affioranti e descrizione dello schema di circolazione idrica superficiale del contesto territoriale;

- definizione delle principali caratteristiche fisiche e dei più importanti parametri geofisici e geotecnici del substrato.

Lo studio in esame è stato eseguito in ottemperanza alla legislazione di cui al D.M. LL.PP. 11/03/88 *“Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l’esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”* nonché alla vigente normativa sismica ed alle nuove Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2018, approvate con D.M. del 17/01/2018.

## 2.0 LINEAMENTI GEOLOGICI E CARATTERISTICHE LITOSTRATIGRAFICHE

La località di studio è ubicata nella Sicilia sud-orientale, nel settore centro-meridionale dell'area iblea e, dal punto di vista strutturale, appartiene al *Blocco Pelagiano* che si estende dalla *Scarpata Ibleo-Maltese* fino alla Tunisia ed emerge nella zona sud-orientale dell'isola formando quello che in letteratura geologica viene definito "*Plateau Ibleo*", costituito da terreni prevalentemente carbonatici la cui sedimentazione viene interrotta a più riprese da fasi vulcaniche sia di tipo esplosivo che effusivo.



La regione iblea rappresenta, quindi, il margine settentrionale della placca nord-africana, ed è costituita da un'area stabile, scarsamente deformata dall'orogenesi alpina, formata da un complesso edificio a falde sottorcorso alla catena appennino-maghrebide.

L'Avampese Ibleo si presenta come un horst calcareo allungato in direzione NE-SW e delimitato ad ovest dalla *Avanfossa Gela-Catania* e ad est dalla *scarpata ibleo-maltese*, che marca il bacino ionico con trend di faglie orientate NNW-SSE.

I lineamenti strutturali del territorio possono essere inquadrati nel più vasto contesto della tettonica regionale degli Iblei, dove prevalgono i movimenti a carattere di tipo distensivo che danno origine a faglie appartenenti a due sistemi con orientamento NE-SW e NW-SE.

Nell'area iblea possono essere distinti, a partire dal *Trias superiore* - *Lias medio*, due diversi domini paleogeografici appartenenti ai settori:

- *orientale*: caratterizzato da una sequenza di ambiente marino poco profondo, condizionato dallo sviluppo di prodotti vulcanici;
- *occidentale*: che affiora nell'area in studio, costituito da sedimenti carbonatici di mare aperto, che includono cospicui risedimenti provenienti dalle aree orientali;

che persistono fino al *Messiniano* quando la tettonica sinsedimentaria ribassa l'alto siracusano e la sedimentazione tende ad omogeneizzarsi in tutta l'area.

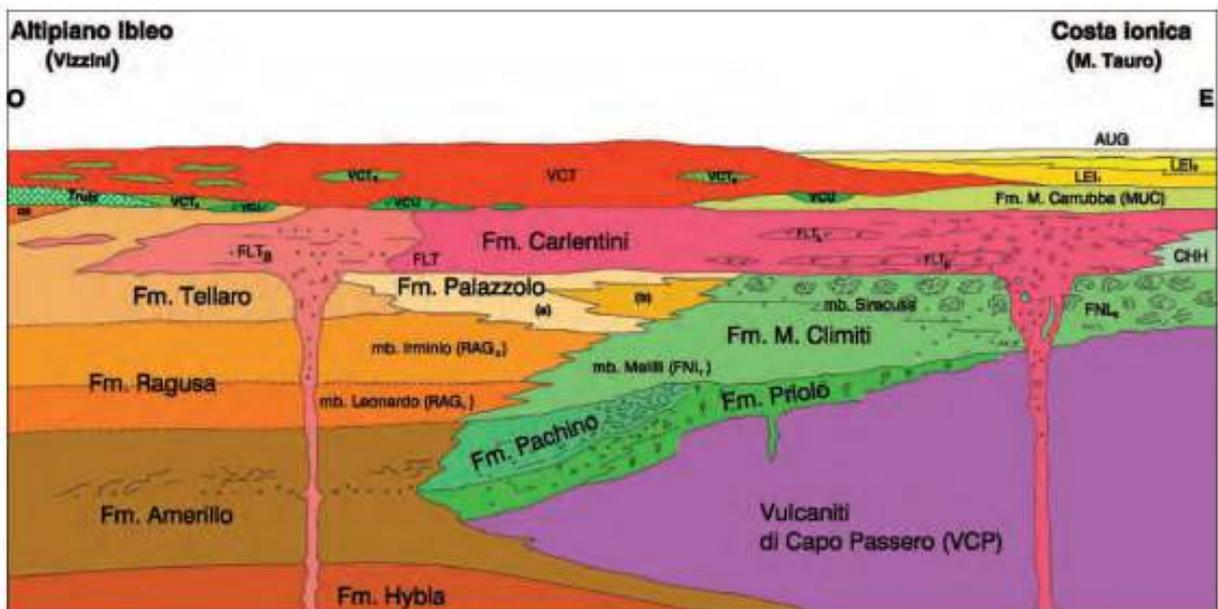
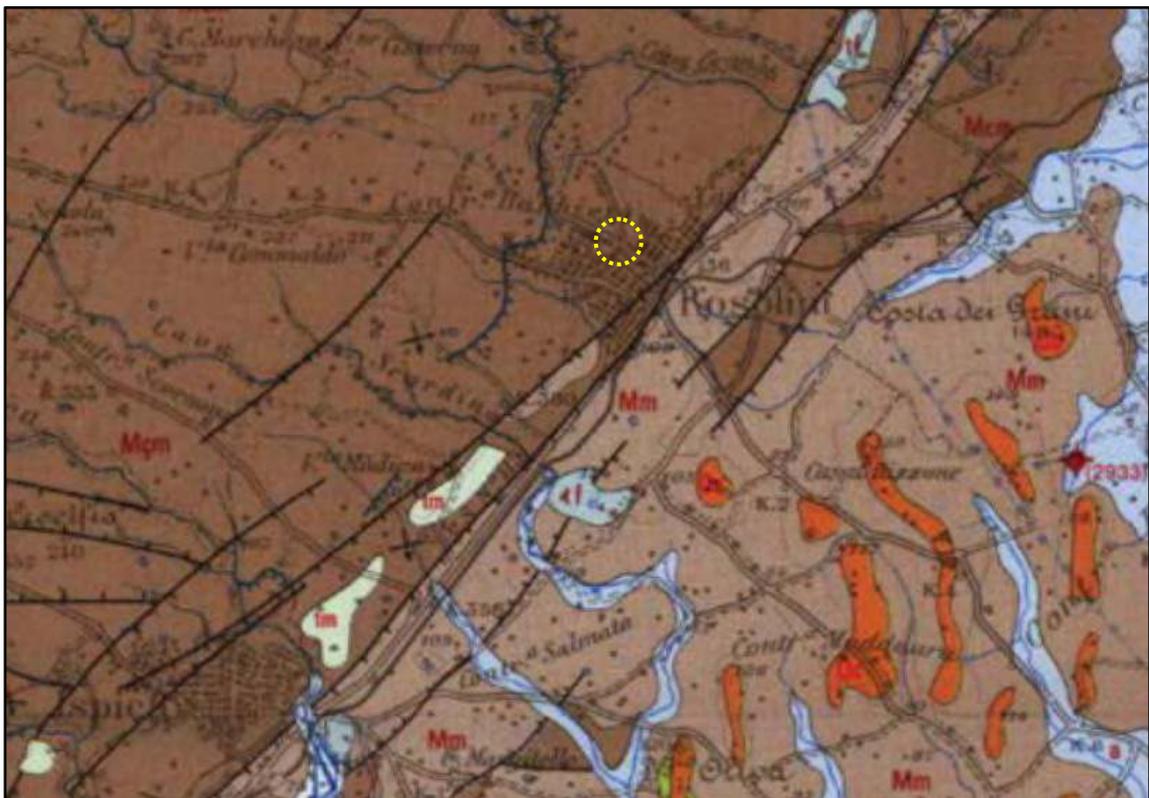


Fig. 20 – Schema della distribuzione delle facies cretaceo-quadernarie attraverso il *Plateau* Ibleo dal Settore ionico all'Altopiano calcareo *et.* (da CARBONE *et alii*, 1986, modificato da CARBONE, 2011). Sigle delle formazioni: CHH - calcari a echinodermi e molluschi (Tortoniano); FLT - fm. Carlentini (vulcaniti con intercalazioni biohermali - FLT<sub>1</sub>, e vulcaniti sottomarine - FLT<sub>2</sub>, Tortoniano); GS - Gruppo della Gessoso-Solfifera (Messiniano sup.); gruppo di Palagonia: VCU - breccie e sabbie di Valle Cupa (Pliocene inf. e medio); VCT - fm. Militello in Val di Catania (vulcaniti con intercalazioni di sabbie e breccie - VCT<sub>2</sub> e calcilutiti oolitiche - VCT<sub>1</sub>; Pliocene medio-sup); LEI - fm. Lentini (conglomerati, calcareniti e sabbie - LEI<sub>1</sub> e argille LEI<sub>2</sub>, Pleistocene inf-medio); AUG - fm. Augusta;

Nel dominio occidentale, in cui ricade il Comune di Rosolini, sulla *Formazione Amerillo* del Cretaceo superiore, che presenta carattere di *open shelf*, cioè di deposizione in area di mare aperto di modesta profondità e risulta costituita da calcilutiti bianche con noduli e liste di selce nerastra separati da sottilissimi giunti argillosi, rinveniamo la *Formazione Ragusa* cui

segue la *Formazione Tellaro* formata da un'alternanza di calcari marnosi grigiastri e di marne grigio-biancastre (indicative della persistenza di un ambiente marino profondo).

In quasi tutto il centro abitato di Rosolini affiora la predetta *Formazione Ragusa* di età *Aquitaniense - Langhiano inf.* che può essere distinta in un livello inferiore detto *Membro Leonardo*, rappresentato da un'alternanza di calcisiltiti e marne ed in un orizzonte superiore denominato *Membro Irminio*.

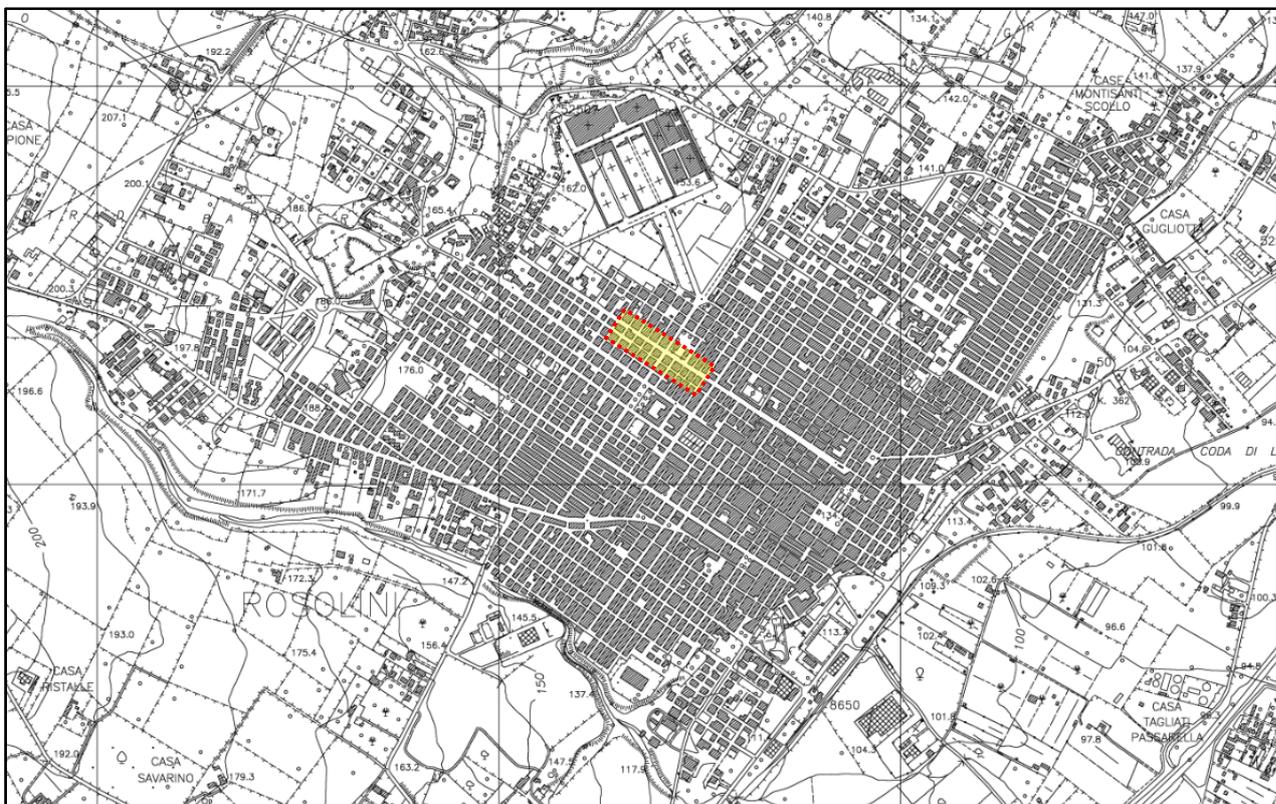
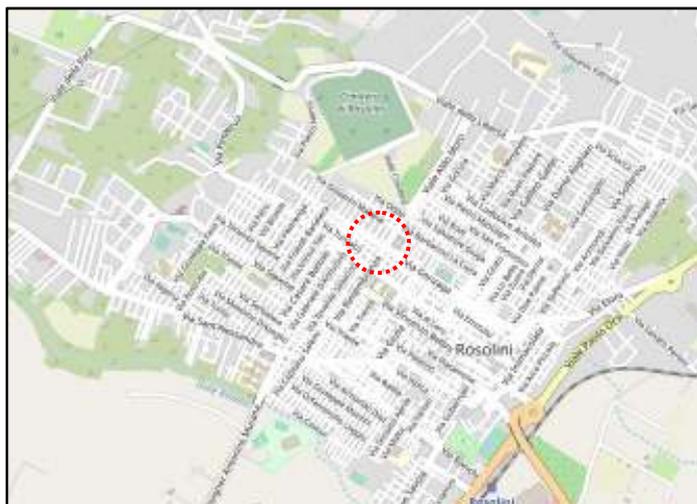


Il *Membro Irminio*, che costituisce il substrato riscontrato nell'area di progetto, è costituito da un'alternanza di biocalcareni ben cementate a macroforaminiferi di colore bianco-grigio in strati di spessore irregolare, variabile da qualche decimetro ad oltre il metro, a tratti fratturati ed alterati, e di calcareniti marnose giallastre, scarsamente cementate.

Tale litofacies, per graduale aumento della componente marnosa, passa verso l'alto alla *Formazione Tellaro* che, invece, è riscontrabile a sud del nucleo urbano, nell'area PIP, e risulta costituita da marne calcaree grigio-azzurre a frattura subconcoide con marne calcaree giallastre e calcari marnosi grigio-biancastri in strati decimetrici.

### 3.0 INQUADRAMENTO GEOGRAFICO E GEOMORFOLOGIA

L'area oggetto del presente studio è ubicata nella via Gonzaga del Comune di Rosolini, all'interno del centro urbano che, dal punto di vista cartografico rientra nel *Foglio 276 – Quadrante II – Orientamento N.E. (Ispica)* della Carta IGM a 1:25.000 ovvero nella *Sezione 648160 (Rosolini)* della CTR a 1:10.000 e nella *Sezione 6481612* della C.T.N. a scala 1:2.000.



La predetta via, nel tratto interessato dall'intervento, si sviluppa per circa 200 m da una

quota di circa 155 m s.l.m. in prossimità dell'intersezione con via C. Battisti ad una quota di circa 145 m s.l.m. in corrispondenza dell'incrocio con via G. Pascoli e presenta un andamento leggermente degradante in direzione NW-SE.

Il sito di progetto ricade in un'area periferica ma urbanizzata e si inserisce in un contesto territoriale i cui caratteri morfologici riflettono l'assetto geologico-strutturale locale, la natura litologica dei terreni affioranti, il loro grado di resistenza ai processi erosivi e l'intensità di questi ultimi e danno luogo ad ampi tavolati solcati da incisioni torrentizie a sponde ripide dette "cave": lunghe e profonde gole, delimitate da scarpate e rupi di calcare biancastro.

Dal punto di vista geomorfologico, nel sito di progetto e nella maggior parte dell'abitato, non sono presenti fenomeni erosivi e/o dissesti su grande scala e nella *Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico* allegata al *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)* della Regione Siciliana non risultano pericolosità e/o rischi.



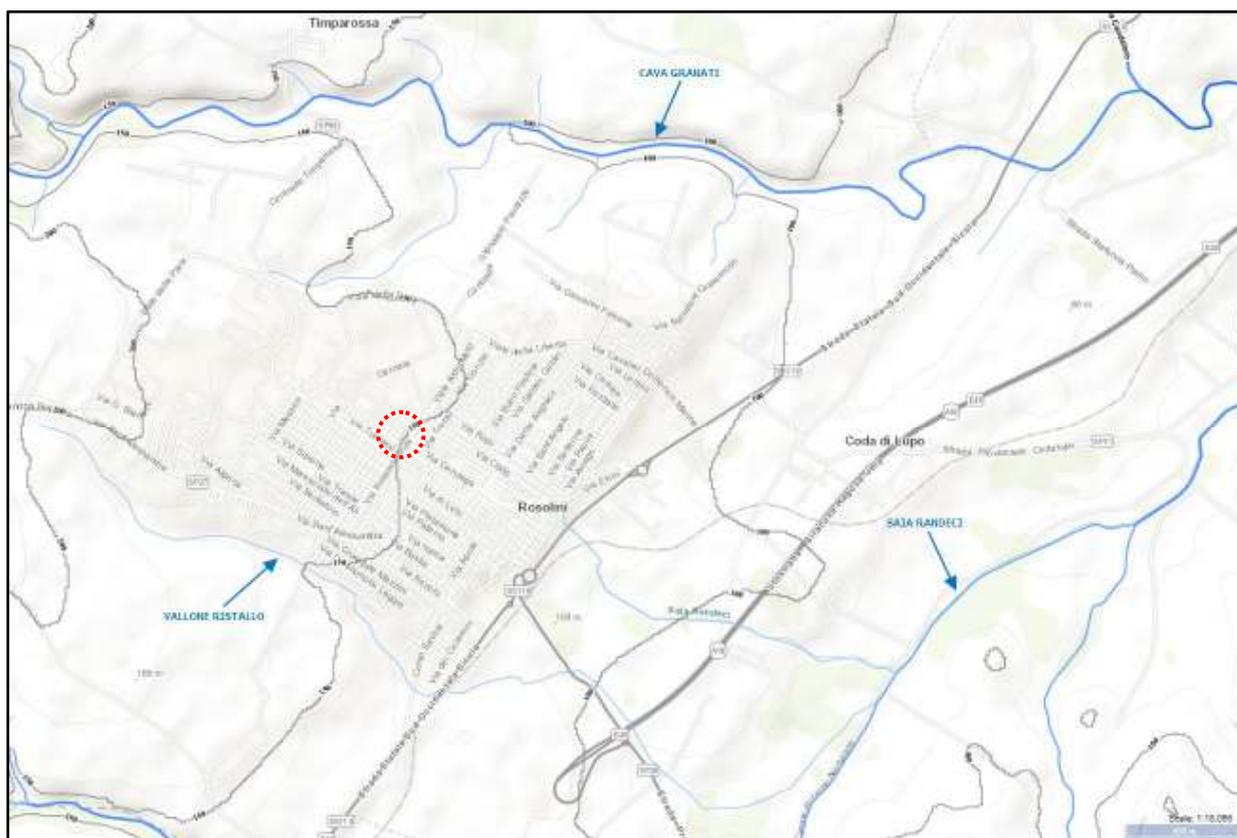
Difatti, le forme di dissesto più rilevanti cartografate nel P.A.I. sono localizzate ai bordi



#### **4.0 ASPETTI CLIMATOLOGICI, IDROGRAFIA E IDROGEOLOGIA**

L'area di progetto ricade nella zona nord-occidentale dell'abitato di Rosolini che si estende su un vasto pianoro delimitato a nord dal corso d'acqua denominato Cava Granati, che scorre in con asse W-E prima di confluire nel Vallone Stafenna, ed a sud dal Vallone Ristallo che, invece, ha origine nella zona ad est dell'abitato, ad una quota di circa 200 m s.l.m. e scorre con direzione NW-SE fino a confluire nella Saia Randeci, oltre l'area P.I.P. del comune.

Si tratta, comunque, di corsi d'acqua di scarsa rilevanza idrologica e regime spiccatamente torrentizio in quanto alimentati solo in coincidenza di eventi piovosi particolarmente intensi, che si verificano soprattutto in autunno ed inverno, e quasi sempre asciutti durante il periodo primaverile-estivo.



I predetti corsi d'acqua sono affluenti in destra idraulica del Fiume Tellaro che ha origine da Poggio del Lupo e M. Loi nel territorio del Comune di Palazzolo Acreide e si sviluppa per circa 49 Km sino a sfociare nel mar Ionio con un bacino idrografico di circa 384 Km<sup>2</sup> che si

estende nel territorio delle provincie di Ragusa e Siracusa.

I terreni affioranti nel settore destro del suddetto bacino sono costituiti prevalentemente da termini calcarenitici compatti e, pertanto, le linee di impluvio si presentano piuttosto incassate in quanto incidono dei “*canyon*” (localmente detti “*cave*”) nelle formazioni calcaree che attraversano lungo il loro corso.

Nello specifico l’area oggetto del presente risulta essere molto urbanizzata e quindi il deflusso delle acque di precipitazione meteorica avviene quasi esclusivamente su superfici pavimentate coincidenti con le vie urbane che solo in alcuni tratti presentano un sistema di raccolta, canalizzazione e smaltimento sottotraccia che accompagna le acque bianche fino alle linee d’impluvio presenti all’esterno dell’abitato.

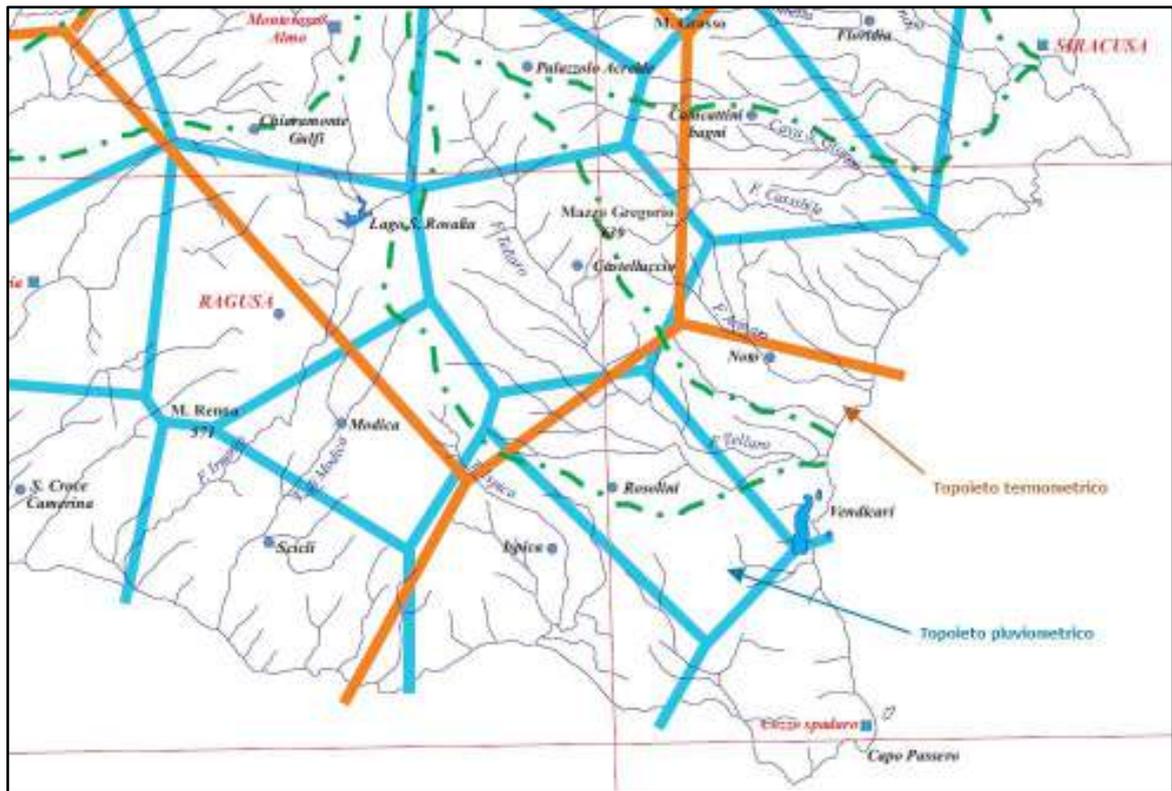
Dal punto di vista idrogeologico i terreni affioranti, essendo di natura prevalentemente calcarea, sono caratterizzati da permeabilità medio-alta per porosità secondaria dovuta a fratturazione e fessurazione, e spesso a carsismo, fortemente condizionata dalla presenza e relativa estensione del reticolo di discontinuità e di cavità.

I predetti litotipi presentano generalmente valori di conducibilità idraulica compresi nel range  $10^{-4} \text{ cm/sec} < K < 10^{-2} \text{ cm/sec}$  e possono essere sede di falde idriche che si collocano, comunque, ad una quota tale da non interferire con le opere in progetto.

La circolazione idrica sotterranea, infatti, avviene in senso verticale nella zona di aerazione ed in senso orizzontale nella zona di saturazione il cui limite inferiore è di tipo indefinito essendo assente un vero e proprio letto impermeabile ma soltanto una graduale riduzione della permeabilità dovuta ad una diminuzione del grado di fratturazione del complesso calcareo con la profondità.

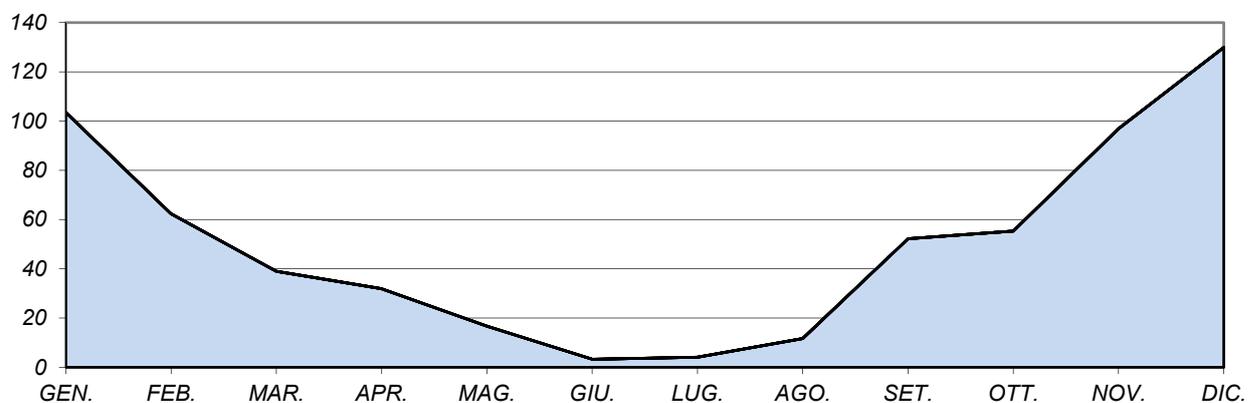
Per fare una stima degli afflussi meteorici che interessano il bacino in cui ricade l’area di progetto si può fare riferimento ai dati acquisiti dalla stazione pluviometrica di Rosolini ed a quella termometrica di Cozzo Spadaro, sita a SE del Comune di Rosolini, che per la

posizione geografica rappresentano i topoletti termopluviometrici di riferimento.



Difatti, dalla consultazione degli Annali Idrologici editi dall'Osservatorio delle Acque della Regione Sicilia, risulta che nel trentennio compreso tra il 1985 e il 2014 la quantità media di precipitazioni registrata nella stazione di Rosolini è stata di **606,6 mm/a** con apporti minimi nei mesi compresi tra Maggio e Agosto ed abbondanti precipitazioni tra Novembre e Gennaio.

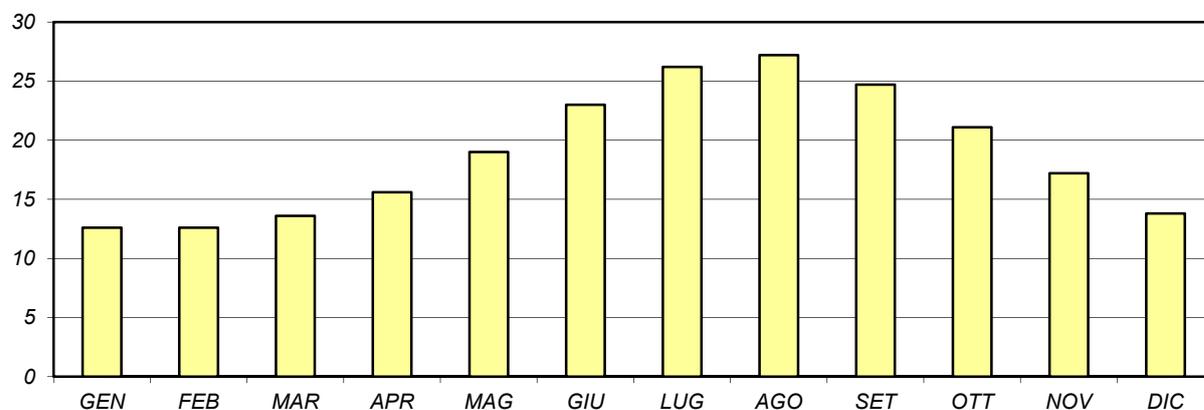
<b>ROSOLINI</b>	<b>GEN</b>	<b>FEB</b>	<b>MAR</b>	<b>APR</b>	<b>MAG</b>	<b>GIU</b>	<b>LUG</b>	<b>AGO</b>	<b>SET</b>	<b>OTT</b>	<b>NOV</b>	<b>DIC</b>	<b>Anno</b>
<b>Precipitazioni (mm)</b>	103,5	62,3	39,0	31,7	16,7	3,3	4,1	11,7	52,2	55,3	96,9	129,9	606,6



Per le condizioni termometriche nel medesimo periodo si può fare riferimento ai dati della

stazione di Cozzo Spadaro che ha registrato una temperatura media annua  $T = 18,9$  °C.

COZZO SPADARO	GEN	FEB	MAR	APR	MAG	GIU	LUG	AGO	SET	OTT	NOV	DIC	Anno
Temperatura media	12,6	12,6	13,6	15,6	19,0	23,0	26,2	27,2	24,7	21,1	17,2	13,8	18,9



I valori delle precipitazioni e delle temperature medie annue delle suddette stazioni possono essere utilizzati per definire il clima del territorio di studio secondo la classificazione di De Martonne (1941) che tiene conto dell'Indice di Aritdità ( $I_a$ ) da determinare con la formula:

$$I_a = \frac{\frac{P}{T+10} + \frac{12p}{t}}{2}$$

dove:  $P$  = precipitazione media annua  
 $T$  = temperatura media annua  
 $p$  = precipitazione del mese più arido  
 $t$  = temperatura del mese più arido

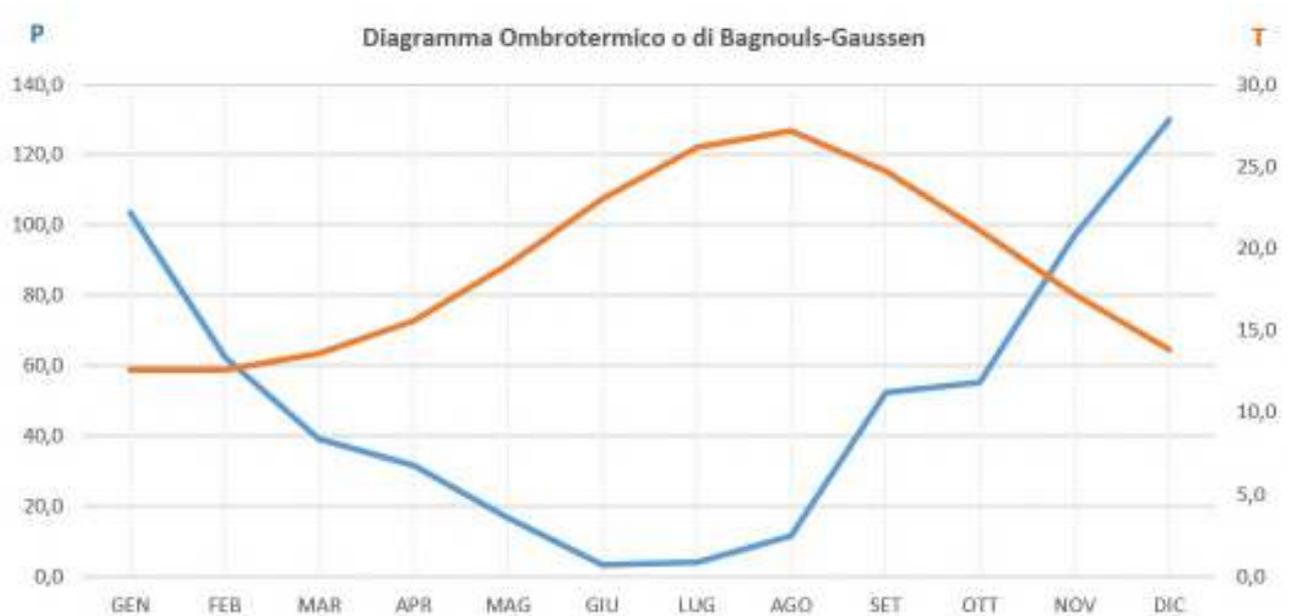
che permette di definire un valore di  $I_a = 11,2$  in funzione del quale, facendo riferimento alla tabella sotto riportata, può essere definito un clima di tipo **Semiarido**.

CLIMA	$I_a$
Umido	> 40
Temperato umido	40 ÷ 30
Temperato caldo	30 ÷ 20
Semiarido	20 ÷ 10
Steppa	10 ÷ 5

Per il calcolo del bilancio termo-pluviometrico annuo di un dato territorio, generalmente viene adottata l'elaborazione di *Bagnouls-Gaussen* che mette in relazione la quantità delle

precipitazioni medie mensili con i valori delle temperature medie mensili, sempre riferite allo stesso periodo trentennale preso in considerazione.

Tale analisi, può essere sintetizzata graficamente mediante un diagramma cartesiano detto "*diagramma ombrotermico o termopluviometrico di Bagnouls-Gausson*" (con due assi delle ordinate posti uno di fronte all'altro) che riporta in ascissa i vari mesi e sulle ordinate le precipitazioni (a sinistra) e le temperature (a destra).



Il diagramma elaborato permette di valutare immediatamente il cosiddetto "*periodo di siccità*" o "*deficit idrico*" dell'anno che ha inizio quando la curva delle precipitazioni scende al di sotto della curva delle temperature e termina quando l'andamento si inverte, individuando così i periodi di cosiddetto "*surplus idrico*".

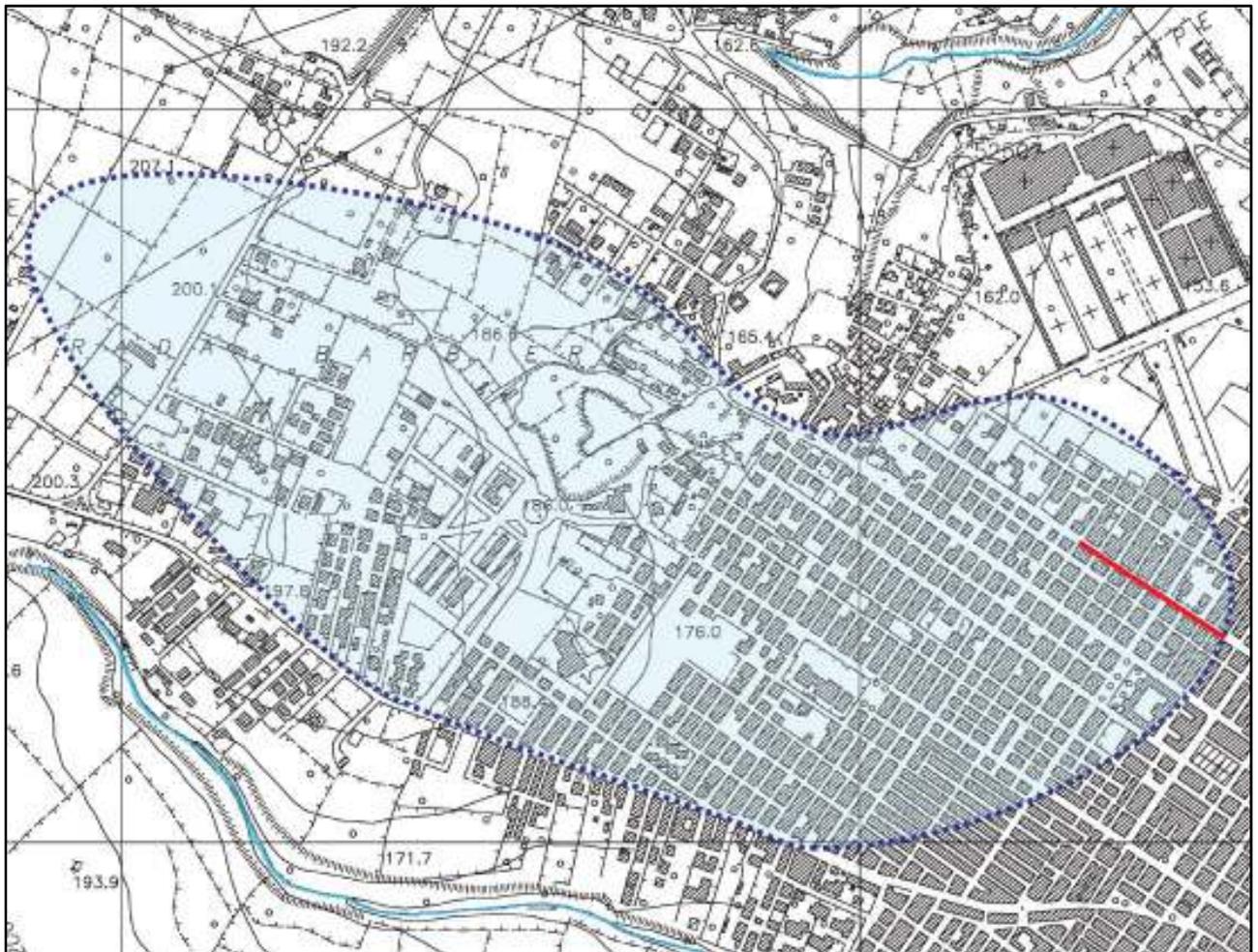
Esaminando il grafico sopra riportato, si può rilevare come il periodo di "*deficit idrico*" risulti alquanto prolungato iniziando già a Febbraio e terminando quasi a Novembre con un valore di massima siccità attribuibile al pieno periodo estivo tra i mesi di Giugno e Agosto quando la curva delle piogge e quella delle temperature si trovano alla massima distanza.

Infine, per quanto concerne il periodo di "*surplus idrico*", si può osservare che risulta concentrato nella stagione autunno-invernale, da Novembre a Febbraio, e presenta ampiezza

inferiore rispetto al periodo di massimo “deficit” idrico”.

Alla luce di tale analisi, quindi, si può affermare che il bilancio idrico medio annuo risulta essere tendenzialmente in deficit e mal controbilanciato dalla quantità di precipitazioni incidenti annualmente sul territorio in esame.

Si riporta sotto l’individuazione del bacino idrografico che raccoglie le acque meteoriche che potenzialmente possono riversarsi nel centro abitato fino alla via Gonzaga rimandando al progettista il calcolo delle portate che effettivamente si riversano sul tratto di strada interessato dall’intervento – anche alla luce di altri progetti in corso di elaborazione – ed il dimensionamento della condotta.



SCALA 1:10.000

## 5.0 CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEL TERRENO

Per definire la natura geolitologica e l'andamento stratigrafico del substrato nella via interessata dalla realizzazione del collettore sono state effettuate delle indagini sia indirette, consistenti in una prova sismica MASW ed in una prospezione georadar, che dirette mediante perforazione geognostica la cui ubicazione è riportata nella planimetria sottostante.



Il sondaggio geognostico identificato con la sigla S.1 è stato realizzato con una macchina perforatrice MK 800M all'incrocio tra la via Gonzaga e la via Rimembranza e, considerata la quota d'intervento, è stato spinto fino alla profondità di 5.00 m dal piano viario, riscontrando

l'uniformità sia litologica che stratigrafica della formazione che costituisce il substrato.

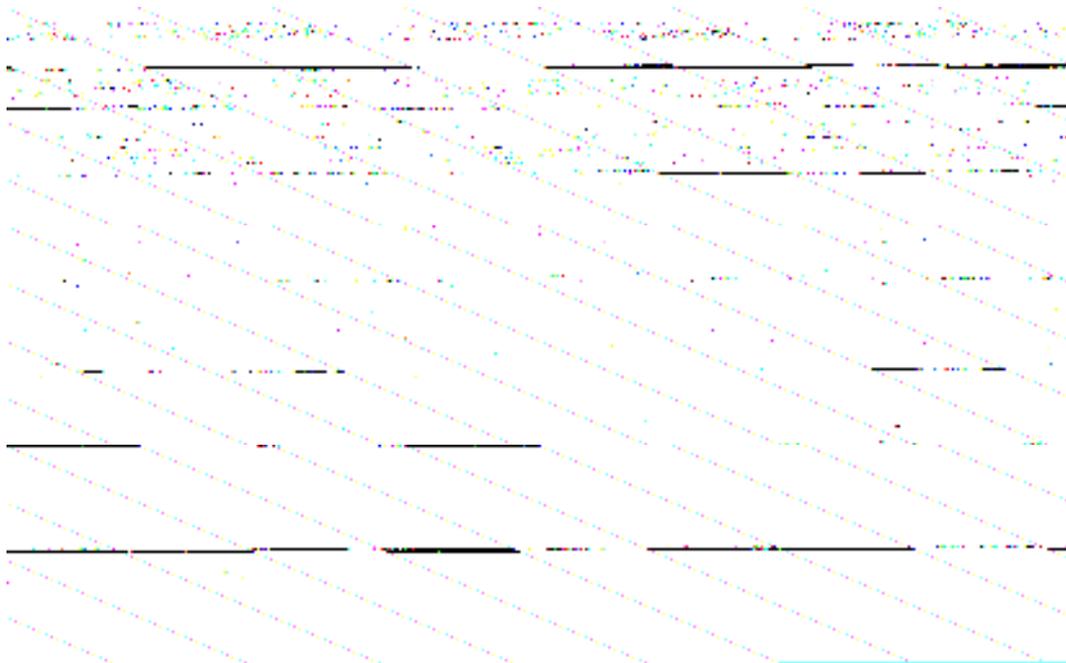
I dati rilevati con la perforazione a carotaggio continuo hanno confermato le informazioni acquisite dalla bibliografia ed hanno permesso di definire la natura geolitologica del terreno affiorante che è riconducibile al *Membro Irminio* della *Formazione Ragusa* e risulta costituito da calcareniti marnose giallastre, scarsamente cementate nella parte più superficiale e da biocalcareni a macroforaminiferi bianco-grigiastre decisamente fratturate.

Nel corso del sondaggio è stato prelevato alla quota di -3.00 m un campione di roccia denominato S.1\_C.1 successivamente sottoposto ad analisi e prove di laboratorio che hanno permesso di definirne la massa volumetrica e la resistenza a compressione uniassiale:

**Massa volumetrica**  $\gamma = 23,76 \text{ KN/m}^3$

**Resistenza a compressione**  $\sigma_n = 51,53 \text{ MPa}$

Tenuto conto del valore di resistenza a compressione determinato in laboratorio e facendo riferimento al grafico sotto riportato:



la formazione calcarenitica che costituisce il substrato affiorante in via Gonzaga rientra al limite tra le *rocce poco resistenti* con  $250 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_n < 500 \text{ Kg/cm}^2$  e quelle *mediamente*

*resistenti con  $500 \text{ Kg/cm}^2 < \sigma_n < 1.000 \text{ Kg/cm}^2$  e presenta molti giunti ravvicinati ed uno stato di fratturazione elevato avendo riscontrato nel carotaggio solo uno spezzone di carota di lunghezza maggiore o uguale a 100 mm.*

Pertanto, sulla base delle valutazioni qualitative effettuate e delle risultanze delle prove di laboratorio è possibile definire – in favore della sicurezza – per la successione calcarenitica che costituisce il substrato – considerata nel suo complesso – i seguenti parametri geotecnici:

<b><i>Angolo di attrito</i></b>	<b><math>\phi = 27^\circ</math></b>
<b><i>Coesione efficace</i></b>	<b><math>C' = 0</math></b>
<b><i>Peso di volume</i></b>	<b><math>\gamma = 2,00 \text{ t/m}^3</math></b>

## 6.0 PROSPEZIONE GEORADAR

Per individuare i sottoservizi presenti nel sottosuolo del tratto di via Gonzaga interessato dall'intervento in progetto e fornire al progettista i dati utili per la scelta progettuale più idonea, è stata effettuata una prospezione georadar mediante strisciate sia longitudinali che trasversali lungo tutta la strada.



L'indagine realizzata con unità di acquisizione *IDS Opera Duo* dotata di due antenne con frequenze principali da 250 e 700 MHz ha permesso la mappatura dei sottoservizi che sono stati segnati direttamente in cantiere con vernice spray per tracce indicandone le profondità e la direzione.

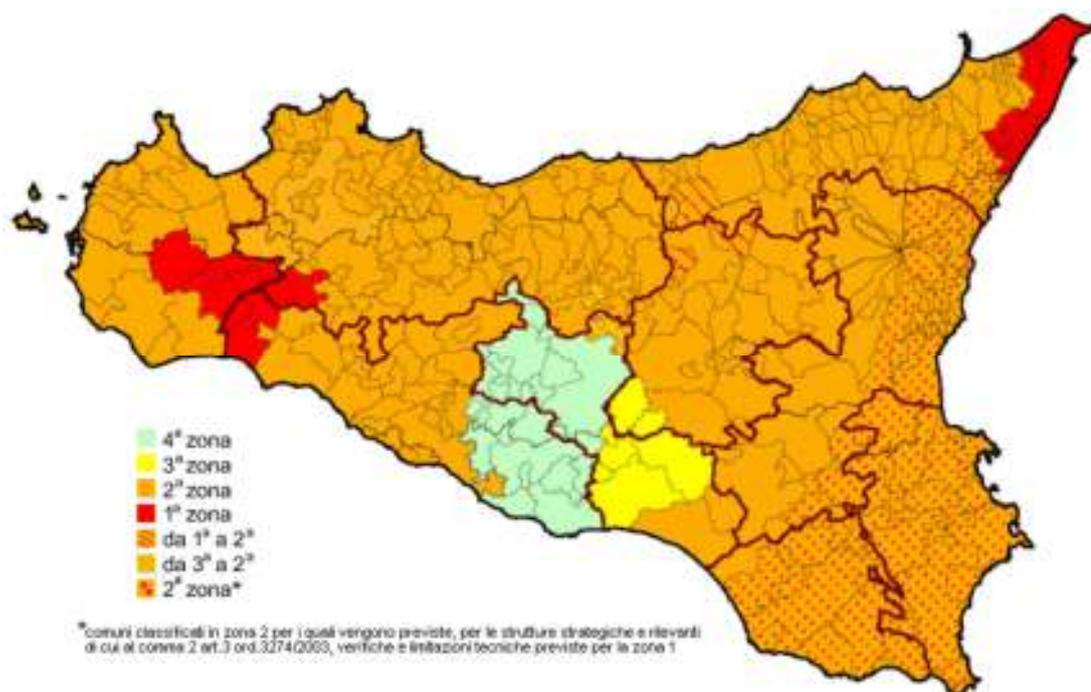
Successivamente gli stessi sono stati rilevati mediante strumentazione topografica GPS di tipo *Trimble R10 model 2* ed è stata redatta un'apposita planimetria rappresentativa che si allega unitamente alla relazione specialistica.

Nel dettaglio sono stati individuati n. 5 diverse linee di sottoservizi che si sviluppano longitudinalmente all'asse viario, per tutta la lunghezza investigata, ad una profondità che

varia da circa 40 cm (vicino al marciapiede) a circa 1.30 m (verso il centro della carreggiata) a circa 70–80 cm (in prossimità dello spartitraffico centrale) nonché varie condotte trasversali che intersecano la via in tutta la sua larghezza e risultano ubicati entro il primo metro di substrato.

## 7.0 CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

Ai sensi dell'Ordinanza n° 3274 del 20/03/2003 del Presidente del Consiglio di Ministri aggiornata con la Delibera della Giunta Regionale della Sicilia n° 408 del 19/12/2003, il territorio del Comune di Rosolini rientrava nella **Zona Sismica 2** (sebbene soggetta, per le strutture strategiche e rilevanti, alle verifiche e limitazioni previste per la Zona 1).



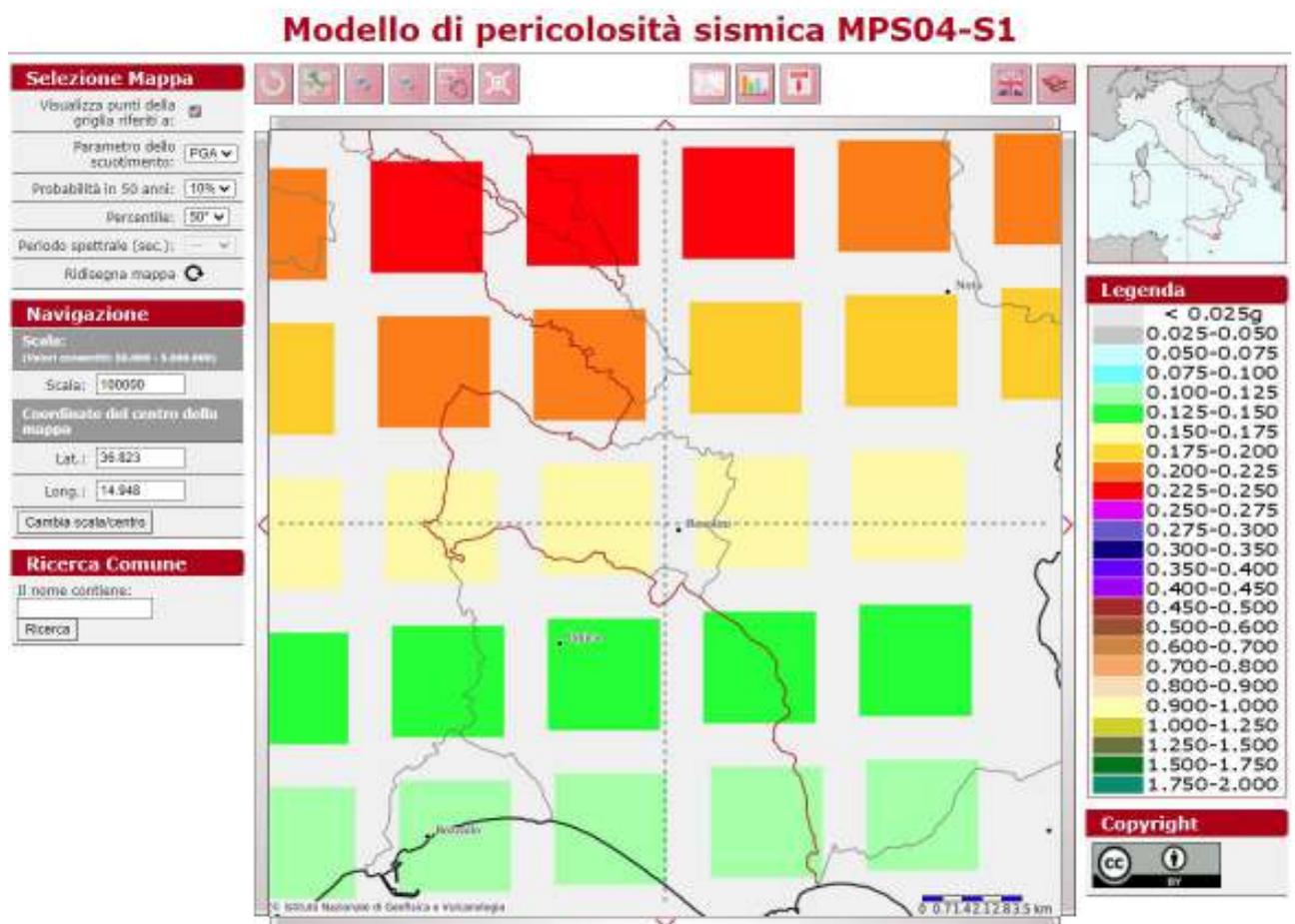
La suddetta normativa, infatti, prevedeva la classificazione sismica del territorio nazionale in 4 diverse zone definite su base comunale e caratterizzate ognuna da un predeterminato valore dell'accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico nonché da valori dell'accelerazione orizzontale massima su suolo rigido o pianeggiante, con probabilità del 10% di essere superata in 50 anni, definite secondo la seguente tabella:

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni ( $a_g/g$ )	Accelerazione orizzontale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico ( $a_g/g$ )
1	$> 0.25$	0.35
2	0.15 – 0.25	0.25
3	0.05 – 0.15	0.15
4	$< 0.05$	0.05

Relativamente al territorio siciliano, la zona 4, di nuova introduzione rispetto alla

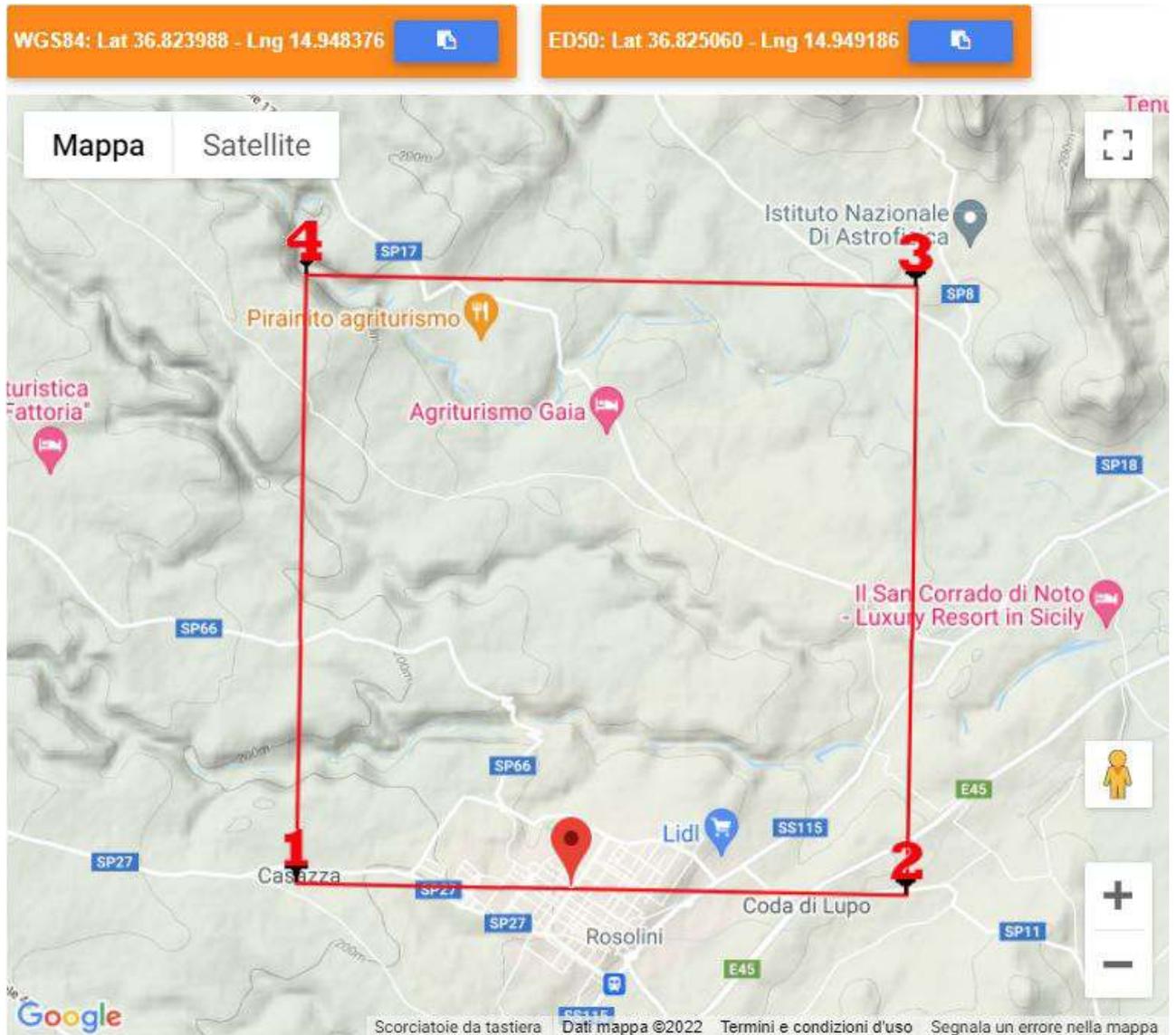
pregressa normativa, comprendeva tutti i comuni precedentemente non classificati come sismici mentre le zone 1, 2 e 3 venivano suddivise in sottozone caratterizzate da valori di  $a_g$  intermedi rispetto a quelli riportati nella tabella superiore ed intervallati da valori non minori di 0,025.

Difatti, dall'analisi della mappa interattiva di pericolosità sismica del territorio nazionale, disponibile on-line sul sito dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia di Milano, redatta secondo le *Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2008* di cui al *D.M. 14/01/2008*, entrate in vigore a partire dal 01/07/2009, si evince che il sito interessato dalla realizzazione dell'opera in progetto ricade tra le celle contraddistinte da valori di  $a_g$  di riferimento compresi tra 0.150 e 0.175.



Con l'entrata in vigore delle NTC2008, ed attualmente con le Norme Tecniche per le Costruzioni NTC2018, è stata introdotta, invece, "l'accelerazione propria" del sito che può

essere definita, indipendentemente dai confini comunali, per ogni punto del territorio, considerando le coordinate geografiche dell'area di progetto ed i vertici della maglia quadrata di 5 Km di lato, all'interno della quale ricade il sito di progetto, che nel caso specifico sono:



	ID	Latitudine [°]	Longitudine [°]	Distanza [m]
Sito 1	50972	36,825420	14,921130	2497,5
Sito 2	50973	36,824570	14,983270	3034,3
Sito 3	50751	36,874570	14,984350	6332,3
Sito 4	50750	36,875420	14,922150	6094,7

Per quanto concerne, invece, le caratteristiche topografiche locali, in presenza di condizioni morfologiche semplici – cui può essere ricondotta quella in esame – è possibile adottare una classificazione semplificata che tiene conto dell'inclinazione media del pendio

lungo la via interessata dall'intervento in progetto.



Considerato che la via Gonzaga degrada in direzione NW–SE con *inclinazione media*  $i \leq 15^\circ$  e nel tratto in esame di circa 200 m va da quota di circa 155 m a quota di circa 145 m s.l.m. facendo riferimento alla tabella sotto riportata, si consiglia di adottare la **Categoria Topografica T1** cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1.0$ .

<b>Categoria topografica</b>	<b>Caratteristiche della superficie topografica</b>	<b>Ubicazione dell'opera o dell'intervento</b>	<b><math>S_T</math></b>
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$	–	1.0
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$	In corrispondenza della sommità del pendio	1.2
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.2
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$	In corrispondenza della cresta del rilievo	1.4

## **8.0 PROVA MASW E CARATTERIZZAZIONE GEOFISICA DEL SUBSTRATO**

Per la caratterizzazione geofisica del substrato le *NTC 2018* propongono un sistema di classificazione basato su 5 tipi di suoli (*A-B-C-D-E*) da individuare in base alle condizioni stratigrafiche ed alla velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  definita dall'espressione:

$$V_{S,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{S,i}}}$$

dove:  $h_i$  = spessore, in metri, dello strato  $i$ -esimo;  $V_{S,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;  
 $H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/sec;  $N$  = numero di strati;  
Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 m, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita dal parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H = 30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

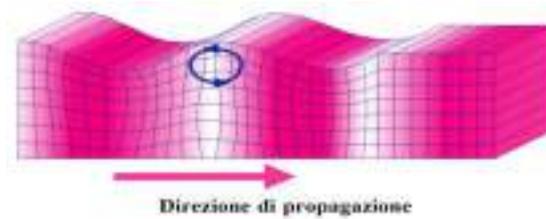
Per determinare la  $V_{S,eq}$  e definire la categoria sismica di suolo si può fare riferimento ad una prova MASW effettuata nella via Gonzaga all'altezza dell'incrocio con via Rimembranza.



La prova sismica MASW (*Multichannel Analysis of Surface Wave*) consente di determinare l'andamento della velocità delle onde di taglio (*Onde S*) nel sottosuolo mediante l'analisi della dispersione delle onde superficiali o Onde di Rayleigh nel dominio del tempo.

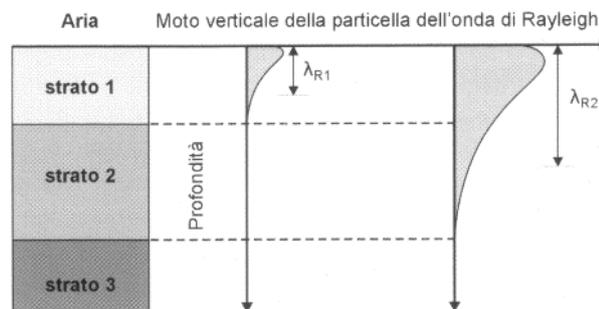
Le onde di Rayleigh hanno un contenuto energetico elevato, pari a circa il 70% dell'energia prodotta dall'energizzazione e si generano sulla superficie libera del terreno attraverso l'interazione tra le onde di compressione e la componente verticale delle onde di taglio.

Le particelle di tali onde si muovono con un moto ellittico, in senso retrogrado alla direzione di propagazione delle onde e con un'ampiezza che decresce esponenzialmente con la distanza dalla superficie libera.



La velocità di propagazione delle Onde di Rayleigh ( $V_R$ ), anche se influenzata dalla velocità delle onde longitudinali ( $V_P$ ) è funzione, soprattutto, della velocità delle onde trasversali ( $V_S$ ) rispetto alla quale risulta essere leggermente inferiore essendo  $V_R \approx 0,90 \times V_S$ .

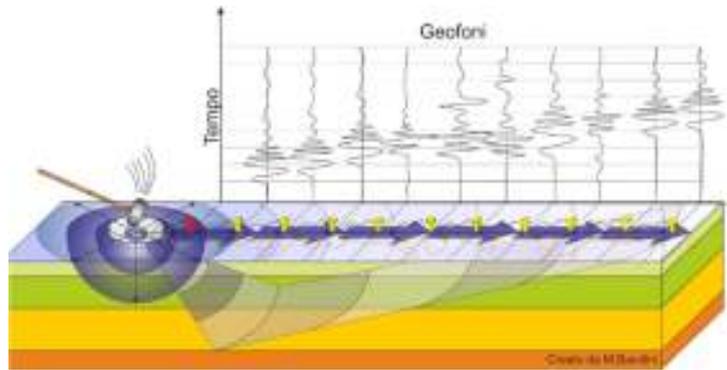
In un mezzo verticalmente eterogeneo come il substrato geologico, costituito da strati con caratteristiche fisiche e proprietà meccaniche differenti, le Onde di Rayleigh presentano un comportamento dispersivo: le onde caratterizzate da alta frequenza interessano gli strati più superficiali mentre quelle con bassa frequenza riguardano gli strati più profondi.



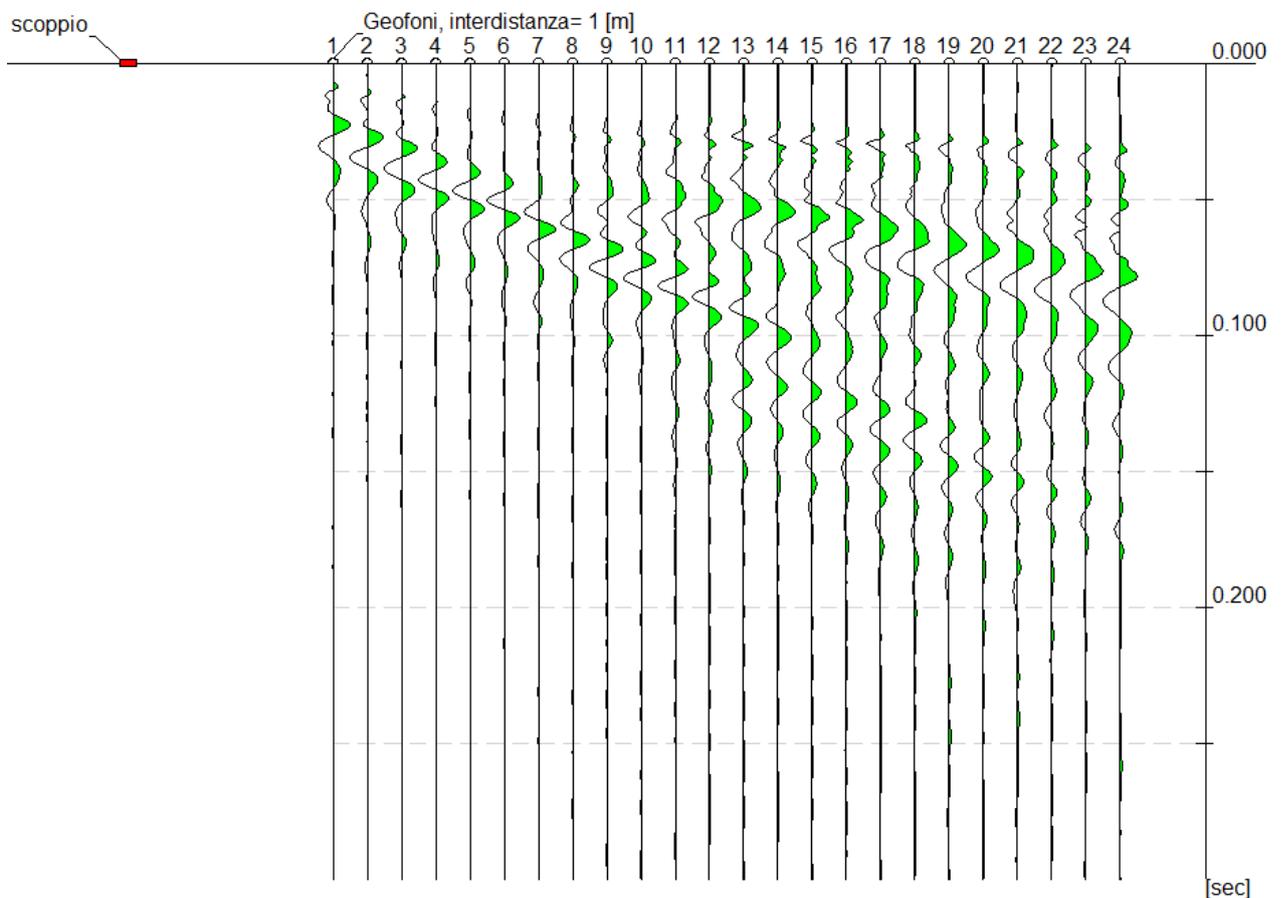
Nel caso specifico, la prova MASW è stata realizzata con un sismografo collegato a 12 geofoni verticali da 4.5 Hz impostando una frequenza di campionamento di 1.0 msec e una amplificazione uniforme per tutti i canali al fine di evitare saturazioni del segnale.

È stata, quindi, effettuata una prima energizzazione percuotendo con la mazza una piastra

metallica posta a lato del geofono starter, alla distanza di 3.00 m dal geofono G<sub>1</sub> e dopo aver acquisito la prima traccia sismica con i 12 geofoni disposti in linea con interspazio di 2.00 m, lo stendimento è stato traslato nella sua interezza di 1.00 m lungo lo stesso allineamento provvedendo, previa ulteriore energizzazione, alla registrazione della seconda acquisizione.

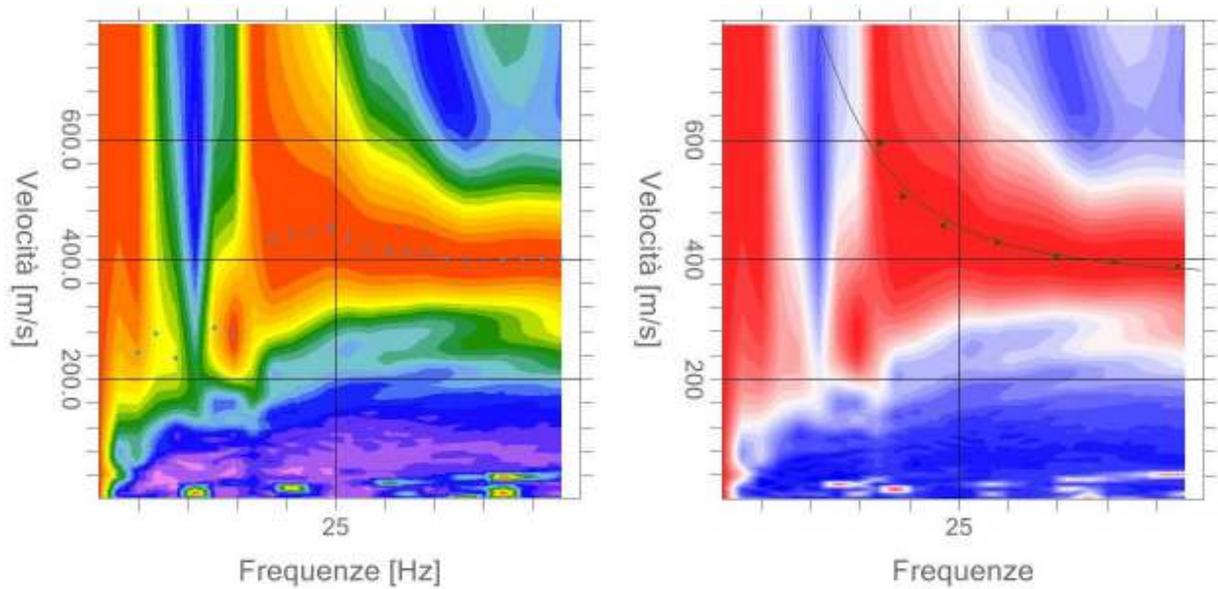


Le due acquisizioni sono state “interlacciate” con un’applicazione del software in uso alla strumentazione ed è stata ottenuta una traccia sismica a 24 canali con interspazio di 1.00 m.

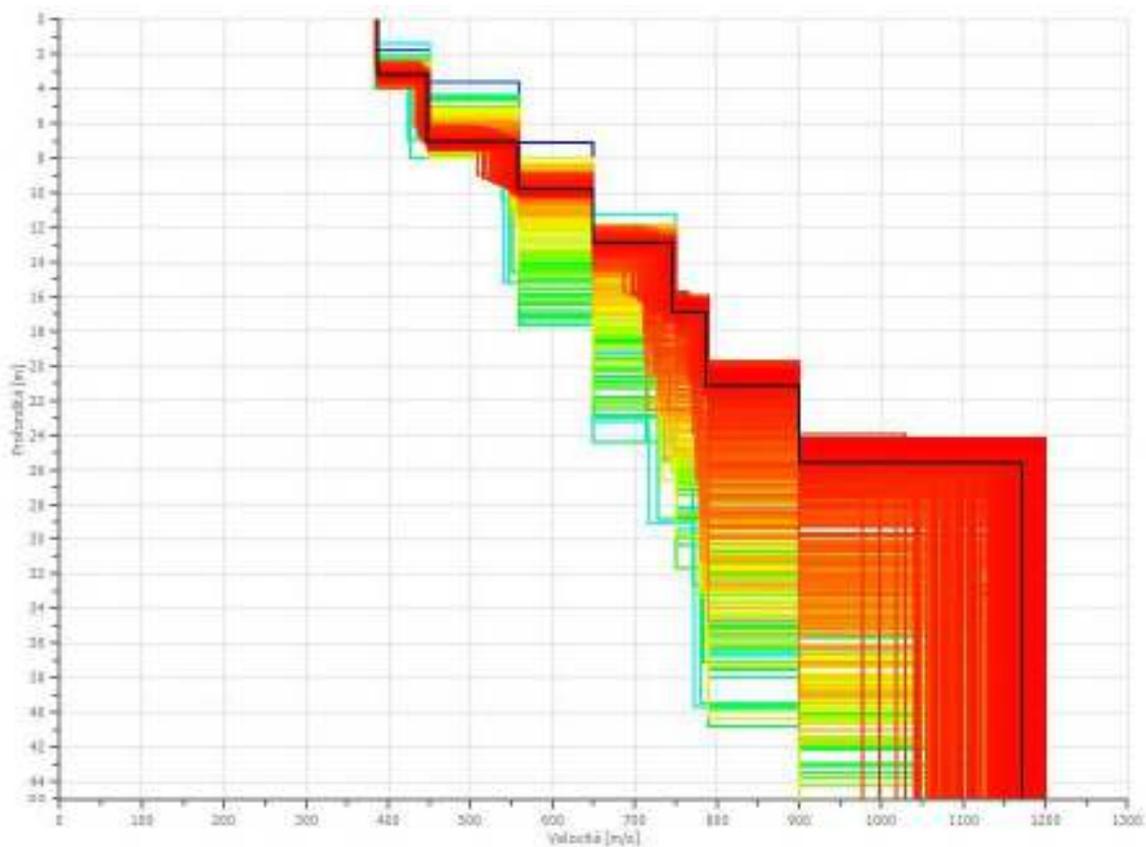


L’analisi spettrale del sismogramma con il software *EasyMASW*, ha permesso di trasformare

il moto misurato dal dominio “spazio – tempo” al dominio “velocità di fase – frequenza”.



Effettuato il picking dei punti di dispersione è stata eseguita l’inversione con il modo fondamentale ed è stato ricostruito il modello “velocità  $V_s$  – profondità” che ha permesso di definire le seguenti velocità delle onde di taglio:



Considerata la variazione delle velocità delle onde di taglio con la profondità e tenuto

conto della presenza del substrato con  $V_s > 800 \text{ m/sec}$  entro i primi 30 m dal piano campagna è stato possibile definire un valore di  $V_{s,eq} = 566,71 \text{ m/sec}$  con  $H = 21,16 \text{ m}$ .

PROFONDITÀ (m)	SPESSORE (m)	VELOCITÀ ONDE DI TAGLIO (m/sec)	FORMULA	$V_{s,eq}$ (m/sec)
0.00 – 3.16	3.16	387.34	$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{i=1}^N \frac{h_i}{V_{s,i}}}$	<b>566,71</b> con <b>H = 21,16 m</b>
3.16 – 7.05	3.89	447.49		
7.05 – 9.78	2.73	557.13		
9.78 – 12.89	3.10	649.87		
12.89 – 16.90	4.02	744.83		
16.90 – 21.16	4.25	786.27		
21.16 – 25.65	4.50	901.07		
oltre 25.65	indefinito	1172.05		

Facendo, quindi, riferimento alla tabella sotto riportata, in funzione del valore di  $V_{s,eq}$  ottenuto, il substrato di fondazione può essere classificato come "**Suolo di tipo B**".

#### CATEGORIE SUOLO DI FONDAZIONE

<b>A</b>	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di velocità delle onde di taglio superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie terreni di caratteristiche meccaniche più scadenti con spessore massimo pari a 3 m</i>
<b>B</b>	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s</i>
<b>C</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s</i>
<b>D</b>	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 100 e 180 m/s</i>
<b>E</b>	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m</i>

Infine, sulla base delle coordinate geografiche in ED50 del punto centrale di via Gonzaga (Lat. 36.825060° - Long. 14.949186°), della categoria sismica del suolo (**Suolo B**), della categoria topografica (**T1**) nonché della classe d'uso (**Classe d'uso IV: Costruzioni con**

**funzioni pubbliche o strategiche importanti, anche con riferimento alla gestione della protezione civile in caso di calamità...omissis) e della vita nominale dell'opera (50 anni) – sebbene questi ultimi due parametri siano di competenza del progettista – utilizzando il software *GEOSTRU PS* è possibile stimare i coefficienti sismici della zona:**

### Stati limite

 Classe Edificio  
 IV. Funzioni pubbliche o strategiche importanti...

 Vita Nominale: 50

 Interpolazione: Media ponderata

**CU = 2**

Stato Limite	Tr [anni]	$a_p$ [g]	Fo	Tc <sup>2</sup> [s]
Operatività (SLO)	60	0.050	2.541	0.267
Danno (SLD)	101	0.060	2.520	0.291
Salvaguardia vita (SLV)	940	0.258	2.382	0.458
Prevenzione collasso (SLC)	1950	0.360	2.416	0.512
Periodo di riferimento per l'azione sismica	100			

### Coefficienti sismici

 Tipo: Stabilità dei pendii e fondazioni

Muri di sostegno che non sono in grado di subire spostamenti.

 H (m): 1

 us (m): 0.1

 Cat. Sottosuolo: B

 Cat. Topografica: T1

	SLO	SLD	SLV	SLC
SS Amplificazione stratigrafica	1,20	1,20	1,15	1,05
CC Coeff. funz categoria	1,43	1,41	1,29	1,26
ST Amplificazione topografica	1,00	1,00	1,00	1,00

Acc.ne massima attesa al sito [m/s<sup>2</sup>]:  0.6

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
kh	0.012	0.017	0.083	0.106
kv	0.006	0.008	0.042	0.053
Amax [m/s <sup>2</sup> ]	0.593	0.811	2.907	3.703
Beta	0.200	0.200	0.280	0.280

## 9.0 CONCLUSIONI

In base ai rilievi ed alle osservazioni di superficie nonché alle indagini effettuate è stato possibile formulare, per quanto di propria competenza, le seguenti considerazioni:

- il tratto della via Gonzaga in cui è previsto l'intervento in progetto non ricade, nel *Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico* della Regione Sicilia, in area a pericolosità e/o rischio geomorfologico ma presenta un rischio idraulico rischio R2 ed una pericolosità P1 poiché, in concomitanza di eventi piovosi particolarmente intensi, spesso si trasforma in un vero e proprio corso d'acqua;
- il substrato affiorante, essendo di natura calcarea, presenta una permeabilità medio-alta per porosità secondaria dovuta a fessurazione, fratturazione e talvolta carsismo, per cui può essere sede di falde idriche che, comunque, si collocano ad una quota tale da non interferire con le opere in progetto;
- le coordinate geografiche del punto centrale della strada interessata dall'intervento in progetto sono:

WGS84	Lat 36.823988°	Long. 14.948376°	ED50	Lat. 36.825060°	Long. 14.949186°
-------	----------------	------------------	------	-----------------	------------------

- la predetta viabilità si sviluppa ad una quota media di 150 m s.l.m. su un'area poco acclive, degradante in direzione NW-SE con *inclinazione media*  $i \leq 15^\circ$ , ascrivibile alla **Categoria Topografica T1** cui corrisponde un coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1.0$  ed avendo determinato con la prova sismica M.A.S.W. un valore di  $V_{s,eq} = 566,71 \text{ m/sec}$  con  $H = 21,16 \text{ m}$ , il substrato affiorante può essere classificato come **"Suolo B"**;
- il terreno su cui insiste l'arteria viaria in esame è riconducibile al *Membro Irminio* della *Formazione Ragusa* che risulta costituito da prevalenti calcareniti marnose giallastre, scarsamente cementate nella parte più superficiale e da biocalcareni a

macroforaminiferi bianco-grigiastre decisamente fratturate;

- i principali parametri geotecnici che – in favore della sicurezza – si possono attribuire al substrato interessato dall'opera in progetto, sono:

**Peso di volume**  $\gamma = 2,00t/m^3$

**Angolo di attrito**  $\phi = 27^\circ$

**Coesione efficace**  $C' = 0$

- la quantità media di precipitazione annue misurata nella stazione di Rosolini nel trentennio compreso tra il 1985 e il 2014 è stata di **606,6 mm/a** con apporti minimi nei mesi compresi tra Maggio e Agosto ed abbondanti precipitazioni tra Novembre e Gennaio mentre la temperatura media annua registrata nella stazione di Cozzo Spadaro sempre nello stesso periodo è stata di **18,9 °C**. Da questi valori è possibile determinare un indice di aridità secondo *De Martonne* (1941) pari a  **$I_a = 11,2$**  in funzione del quale il clima dell'area può essere definito di tipo **Semiarido**;
- l'indagine georadar estesa a tutta la via ha permesso di individuare n. 5 diverse linee di sottoservizi che si sviluppano longitudinalmente all'asse viario, ad una profondità che varia da circa 40 cm (vicino al marciapiede) a circa 1.30 m (verso il centro della carreggiata) a circa 70-80 cm (in prossimità dello spartitraffico) nonché varie condotte trasversali che intersecano la via ubicate entro il primo metro di substrato.

Pertanto, alla luce di quanto emerso dal presente studio, si può affermare che l'opera in progetto è compatibile da un punto di vista geomorfologico con i luoghi e risulta funzionale allo scopo previsto rimandando al progettista l'aspetto idraulico, il calcolo del bacino e delle portate che si riversano su via Gonzaga nonché il dimensionamento della condotta.

Rosolini, 11/02/2022



IL GEOLOGO

*Giovanni Bonanno Conti*  
DR. GIOVANNI BONANNO CONTI  
O.R.G.S. n° 2197



*ALLEGATI*