



CITTA' DI VITTORIA  
Libero consorzio comunale di Ragusa

Progetto di:  
"Restauro e adeguamento funzionale di Palazzo Ricca"

PNRR - M5 C2 L2.1 - Rigenerazione Urbana  
Progetto di Fattibilità Tecnico Economica

UBICAZIONE - Isolato Via Bixio Via Marsala Via Carlo Alberto - VITTORIA

ELABORATO N

RELAZIONE GEOLOGICA  
Calcoli e Verifiche in situ



DATA - Aprile 2023

PROGETTO



vincenzo pitruzzello architetto

Via Cavour 465 - 97019 Vittoria RG  
T 0932 864615 - M 338 3836618

RUP  
arch. Gioacchino Sortino

Collaboratori esterni

Rosario Cappello Ingegnere - Gianni Iacono Geologo - Danilo Busacca Architetto - Salvatore Intoci Geometra



**Dott. Geol. Giovanni Iacono**  
Via Brullo n°3 97012 Chiaramonte Gulfi (RG)  
Tel. 339/2220570 - Partita I.V.A. 01109330884

COMUNE DI VITTORIA

O  
G  
G  
E  
T  
T  
O

**RELAZIONE GEOLOGICA DI VERIFICA PREVENTIVA E INDAGINI  
DIRETTE SUL SITO "PALAZZO RICCA" - VITTORIA.**

RELAZIONE GEOLOGICA

DITTA

CITTA' DI VITTORIA

Vittoria, Marzo 2023

IL GEOLOGO  
Dott. GIOVANNI IACONO



## **INDICE**

### **1 – PREMESSA**

### **2 – LINEAMENTI MORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI**

### **3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

### **4 – PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)**

### **5 – RISPOSTA SISMICA LOCALE**

5.1 Determinazione della categoria del sottosuolo di fondazione

5.2 Condizioni topografiche del sito

5.3 Parametri di pericolosità sismica

### **6 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI**

6.1 Parametri geotecnici

6.2 Valori caratteristici

6.3 Valori di progetto

### **7 – VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI**

### **8 – CONCLUSIONI**

#### **ALLEGATI :**

- corografia dell'area I.G.M. 1:25000
- carta geologica scala 1:10000
- stratigrafia area d'interesse
- stralcio carta dei dissesti n°13 (PAI)
- stralcio carta della pericolosità e del rischio geomorfologico n°13 (PAI)
- stralcio carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazione n°13 (PAI)
- Report delle indagini
  - ubicazione indagine sismica
  - indagine geofisica
  - documentazione fotografica

## **1 – PREMESSA**

Oggetto della presente relazione è lo studio geologico, geomorfologico, idrogeologico e geologico-tecnico del sito interessato dal progetto di fattibilità tecnico-economica relativo ai lavori “restauro e adeguamento funzionale di palazzo Ricca”. L’area progettuale ricade all’interno dell’abitato di Vittoria e precisamente fra le vie Bixio, via Marsala e via C. Alberto.

Nella presente relazione si espongono i caratteri geologici, geotecnici, geomorfologici ed idrogeologici dell’area di interesse, al fine di verificare la compatibilità dell’opera progettuale con l’assetto idrogeologico e geomorfologico in cui essa va ad inserirsi, nonché di fornire le caratteristiche fisico-meccaniche dei terreni interessati dai lavori in oggetto.

Tale studio è stato avviato, preliminarmente, mediante ricognizioni di campagna, estese in un intorno significativo per definire l’inquadramento geologico e geomorfologico, lungo gli affioramenti limitrofi all’area interessata dal progetto.

Successivamente, è stata eseguita la ricerca delle proprietà geomeccaniche e geotecniche dei litotipi di fondazione effettuata sia mediante l’analisi geostrutturale degli affioramenti calcarenitici nell’area in esame, che sulla scorta di indagini geofisiche eseguite in situ. Tali indagini, allegati alla presente, si riferiscono:

- indagine sismica “Masw attiva” rivolta ad accertare la velocità media delle onde S nei 30 metri.

L’insieme di tutti questi dati, ha permesso di avere un quadro abbastanza chiaro delle condizioni geologiche, stratigrafiche e geotecniche dell’immediato sottosuolo, al fine di verificare la compatibilità dell’opera in progetto con le caratteristiche geologiche del sito.

Lo studio geologico dell’area di progetto è stato condotto in ottemperanza al D.M. 17/01/2018, al D.M. 11/03/88 e successivi integrazioni e/o aggiornamenti, ed alle "linee guida per la redazione del progetto di fattibilità tecnica ed economica da porre a base dell'affidamento di contratti pubblici di lavori del PNRR e del PNC art. 48, comma 7 del decreto-legge 31 maggio 2021, n.77, convertito nella legge 29 luglio 2021, n.108”.

## **2 – LINEAMENTI MORFOLOGICI ED IDROGEOLOGICI**

L'area in esame è ubicata nell'abitato di Vittoria e con riferimento alla Carta d'Italia edita dall'Istituto Geografico Militare a scala 1:25000 ricade nel foglio 276, IV quadrante, tavoletta NO denominata "Vittoria", ad una quota topografica di circa 175 metri s.l.m.

I caratteri morfologici dell'area oggetto di studio sono chiaramente connessi alla litologia dei terreni affioranti e alle vicissitudini strutturali che nel tempo hanno interessato l'intero avampaese ibleo di cui è parte integrante.

Quindi, in generale, si è in presenza di una tipica morfologia tabulare frequentemente solcata da incisioni vallive caratteristica dell'altipiano ibleo. La Piana di Vittoria degrada dolcemente da NE a SW con una leggera pendenza e risulta interessata dalle incisioni dei Fiumi Ippari e Dirillo.

L'area in esame, si colloca in particolare all'interno di tale Piana, alla destra del fiume Ippari ed è caratterizzata da "terreni coerenti con matrice a bassa erodibilità". Essa si presenta pressoché pianeggiante e rientra in un settore morfologicamente stabile.

Conseguentemente all'assetto morfologico dell'area ed alla permeabilità dei terreni che presentano un grado di permeabilità medio-alto per porosità e fratturazione, l'area in esame non risulta interessata da significativi fenomeni di scorrimento di acque selvagge, ruscellanti e laminari. In ogni caso le acque di precipitazione atmosferica vengono in parte smaltite dalle opere urbane.

La circolazione idrica superficiale si presenta dunque pressoché assente, limitandosi nelle incisioni vallive ad un deflusso a carattere torrentizio limitato agli apporti meteorici stagionali. Tale incisione, che funge da asse drenante per l'area, è situata a sud-est del sito ad una distanza più che ragguardevole da quest'ultimo.

Per quanto riguarda la circolazione idrica sotterranea, da dati rilevati nell'area, si è osservato che la falda idrica superficiale risiede a una profondità maggiore di 20 metri rispetto al piano campagna, e quindi si può affermare che non esiste alcun problema d'interazione della falda stessa con le strutture fondali.

In definitiva nell'area strettamente interessata dal progetto non si riscontrano indizi di dissesto in atto, per cui le discrete caratteristiche litologiche unitamente ai bassi valori di acclività conferiscono all'area delle buone condizioni di stabilità.

## **3 – INQUADRAMENTO GEOLOGICO**

Il Comune di Vittoria è inserito nel contesto geologico del plateau ibleo, ed appare particolarmente interessato dalle diverse vicissitudini geologico-strutturali interconnesse con la storia geologica dell'Avampaese Ibleo.

In particolare, l'area di stretto interesse progettuale, ubicata nella parte sud-est del centro abitato di Vittoria, è situata ai margini occidentali dell'altipiano calcareo ibleo, caratterizzato da una

successione tipica di piattaforma a notevole subsidenza litologicamente composta da un'alternanza calcarenitico-marnosa e calcareo-marnosa riferibile alla Formazione Ragusa di età Oligo-Miocenica. L'altopiano degrada verso ovest dando luogo ad una "zona di transizione", delimitata a nordovest dall'Avanfossa di Gela e ad est dall'altopiano calcareo dell'Avampaese Ibleo, i cui caratteri geologici fanno parte della cosiddetta "Piana di Vittoria" formata da un complesso di sedimenti Plio/Pleistocenici-Quaternari di ambienti di deposizione da marino a continentale costituiti da: calcari marnosi Trubacei, calcareniti organogene, sabbie, silts, argille lacustri, conglomerati e ghiaie alluvionali, breccie detritiche e limi neri palustri.

Uno di questi depositi sedimentari e precisamente le calcareniti pleistoceniche, rappresentano il substrato geologico dell'area progettuale, riscontrato anche dalla consultazione della cartografia ufficiale, nella fattispecie della *Carta Geologica del Settore Centro - Meridionale dell'altopiano Ibleo, Provincia di Ragusa, Sicilia Sud – Orientale* - scala 1:50.000 (Prof. M. Grasso ed Altri Università di Catania – Prov. Reg. Ragusa, 1997).

Dal punto di vista tettonico il settore centro-occidentale dell'altipiano ibleo, rappresenta una fascia di transizione fra l'Avampaese e la fossa, caratterizzato dal progressivo affondamento del substrato ibleo al di sotto delle coperture Plio-Pleistoceniche, per effetto di sistemi di faglia a direzione media NE-SW. Le faglie a gradinata che delimitano il bordo affiorante del Plateau ibleo continuano anche verso Ovest sepolte sotto i sedimenti infra e medio pleistocenici della piana di Vittoria (Grasso M. e Reuther, 1988, Grasso et al, 1990).

In prossimità dell'area di stretto interesse progettuale non sono state riscontrate faglie.

Il quadro generale dell'assetto stratigrafico, quale si configura allo stato attuale, nell'area di interesse, è stato ricostruito mediante osservazioni su affioramenti e sbancamenti limitrofi, e da un rilevamento di dettaglio opportunamente esteso in un intorno significativo, associato a quanto desumibile dalla consultazione della sopra citata Carta Geologica. L'insieme di tutti questi dati hanno permesso di avere un quadro chiaro delle condizioni geologiche, stratigrafiche e geotecniche dell'immediato sottosuolo.

La successione litologica e stratigrafica riconosciuta nell'area di interesse progettuale, pertanto, è la seguente:

*da 0.0 a  $\approx$  0.5 m      Top soil;*

*da  $\approx$  0.5 m a > 30 m      calcareniti bianco-giallastre a grana medio-grossa in banchi con intercalati livelli calciruditici; essi presentano stratificazione incrociate e giacitura suborizzontale. Si tratta di depositi sedimentari di tipo litoide con spessore intorno ai 35 metri;*

Per un inquadramento geologico dell'area si veda lo schema geologico elaborato a scala 1:10000 ed allegato alla presente relazione.



Foto area: affioramento calcarenitico

sito progettuale (Palazzo Ricca)

#### **4 – PIANO STRALCIO DI BACINO PER L'ASSETTO IDROGEOLOGICO (PAI)**

Per quanto riguarda il quadro di unione, l'area in esame ricade nel Bacino idrografico del Fiume Ippari ed aree comprese tra il bacino del F. Acate-Dirillo e il bacino del F. Irminio **quadro CTR n° 647070.**

**CARTA DEI DISSESTI N°13:** Il quadro CTR n° 647070 è cartografato e nell'area di interesse progettuale non sono stati rilevati dissesti.

**CARTA DELLA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N°13:** il quadro CTR n° 647070 è cartografato e nell'area di interesse progettuale non sono stati rilevati pericolosità particolari né rischi geomorfologici;

Per quanto riguarda le **CARTE IDRAULICHE** si espone quanto segue:

**CARTA DEL RISCHIO IDRAULICO PER FENOMENI DI ESONDAZIONE:** il quadro CTR n° 647070 non è cartografato, pertanto, nell'area progettuale, non sono stati rilevati rischi idraulici per fenomeni di esondazione;

**CARTA DELLA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N°13:** il quadro CTR n° 647070 è cartografato e nell'area di interesse progettuale non sono stati rilevati pericolosità idrauliche per fenomeni di esondazione.



## 5 – RISPOSTA SISMICA LOCALE

### 5.1 Determinazione della categoria del sottosuolo di fondazione

In virtù della nuova normativa sismica (D.M. del 17/01/2018), al fine di definire le azioni sismiche di progetto bisogna classificare le formazioni insistenti nel sito. Le categorie di sottosuolo (Tab. 3.2.II) si dividono in 5 classi (A-B-C-D-E), la cui classificazione è funzione dei valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:  $h_i$  spessore (in metri) dell' $i$ -esimo strato;  
 $V_{S,i}$  velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;  
 $N$  numero di strati;  
 $H$  profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_s$  non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano d'imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali.

Per depositi con profondità  $H$  del substrato superiore a 30 metri, la velocità equivalente delle onde di taglio  $V_{S,eq}$  è definita da parametro  $V_{S30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

**Tabella 3.2.II** – *Categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
A	<i>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</i> 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.
B	<i>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti</i> , 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.
C	<i>Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti</i> 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.
D	<i>Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti</i> , 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.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</i> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Considerato che le condizioni geologico-stratigrafiche per i primi 30metri sono ben note, è stato possibile poter adottare la sismica di superficie per la determinazione del  $V_{S,eq}$ .

Per conoscere i valori di  $h_i$  e  $V_i$  è stato effettuato, così come citato in premessa, uno studio sismico del tipo masw. Tale investigazione geofisica, allegata alla presente, ha avuto come risultato un valore di:  $V_{seq} = 552 \text{ m/s}$ , per cui il lotto in esame appartiene al **terreno di fondazione di categoria B**.

### 5.2 Condizioni topografiche del sito

Per condizioni topografiche complesse è necessario predisporre specifiche analisi di risposta sismica locale. Per configurazioni superficiali semplici si può adottare la seguente classificazione (Tab.3.2.III).

**Tabella 3.2.III** – *Categorie topografiche*

Categoria	Caratteristiche della superficie topografica
T1	Superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $i \leq 15^\circ$
T2	Pendii con inclinazione media $i > 15^\circ$
T3	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $15^\circ \leq i \leq 30^\circ$
T4	Rilievi con larghezza in cresta molto minore che alla base e inclinazione media $i > 30^\circ$

Le condizioni topografiche del sito progettuale presentano una configurazione superficiale di tipo semplice, caratterizzata da morfologia sub-pianeggiante, degradante debolmente verso sud-ovest. La massima pendenza del sito di interesse progettuale è dell'ordine del 9%, che corrisponde ad un'inclinazione media del versante di circa  $5^\circ < 15^\circ$ . Da quanto sopra esposto, si evince che la categoria topografica del sito progettuale è T1.

### 5.3 Parametri di pericolosità sismica

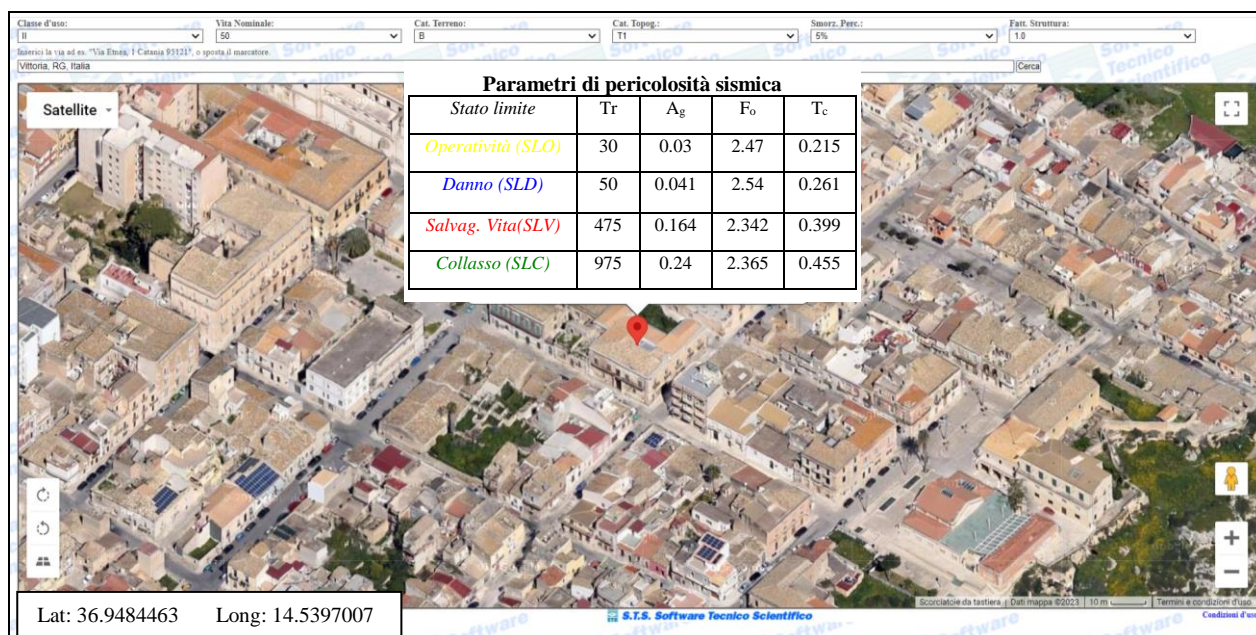
Le azioni sismiche di progetto con le quali valutare il rispetto dei diversi stati limite considerati si definiscono a partire dalla “pericolosità sismica di base” del sito di costruzione. Essa costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche.

I parametri di pericolosità sismica per il sito di progetto sono stati calcolati mediante il web software messo a disposizione dalla S.T.S. s.r.l. (<http://www.stsweb.it/phpscripts/StsWebApplication/index.php>).

I risultati ottenuti sono riassunti nell'immagine sottostante dove:

- $a_g$  è l'accelerazione orizzontale massima del sito;
- $F_o$  è il valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;

-  $T_c$  è il periodo d'inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.



## 6 – CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

L'area su cui insiste la struttura in progetto è costituita da calcareniti pleistoceniche precedentemente descritti, come anche evidenziato attraverso la sezione stratigrafica allegata, che mostra un spaccato della situazione.

### 6.1 – Parametri geotecnici

I rilievi sui luoghi hanno evidenziato che i terreni costituenti il substrato di riferimento ai fini fondazionali sono dei materiali calcarenitici di tipo litoide, per la cui caratterizzazione geomeccanica si è fatto riferimento alla Geomechanics classification (RMR system) proposta da Bieniawski Z.T. nel 1973, consentendoci di esprimere una valutazione quali-quantitativa delle caratteristiche globali dell'ammasso roccioso.

Il metodo si basa sul calcolo dell'indice RMR attraverso la valutazione dei seguenti parametri:

- Resistenza a compressione monoassiale
- R.Q.D. (Rock Quality Designation)
- Spaziatura delle discontinuità
- Condizioni delle discontinuità (scabrezza, apertura, materiale di riempimento)

- Condizioni idrauliche.

I valori dei parametri sono stati individuati attraverso il rilievo strutturale eseguito col metodo della “scanline” su un fronte nell’area di interesse, rilevando un numero rappresentativo di fratture e le loro caratteristiche. Ad ogni valore assunto dai parametri sopra definiti corrisponde un coefficiente numerico che contribuisce alla definizione per somma dell’indice R.M.R. (Rock Mass Rating) e alla attribuzione della relativa classe di appartenenza.

Per il valore di resistenza a compressione monoassiale si è fatto riferimento ai valori ottenuti attraverso una serie di prove sclerometriche (martello di Schmidt) effettuate in sito, il cui valore più basso è di 410 Kg/cm<sup>2</sup>, scelta ritenuta la più cautelativa.

L’indice R.Q.D. è stato ricavato attraverso la formula proposta da Palstrom A. (1975)

$$R.Q.D. = 115 - 3.3 J_v \quad \text{dove "Jv" rappresenta l'indice volumetrico delle discontinuità.}$$

In base alla distribuzione delle fratture rilevate si hanno un numero di circa 16 giunti per metro cubo a cui corrisponde un valore di R.Q.D. approssimativamente pari a al 62%.

<i>PARAMETRI</i>	<i>COEFFICIENTE NUMERICO</i>
Resistenza del materiale ( $\sigma = 410 \text{ Kg/cm}^2$ )	4
R.Q.D. (62%)	11
Spaziatura ( $S = 0.55\text{m}$ )	13
Condizioni delle discontinuità (striata)	12
Condizioni idrauliche (solo umidità)	7
Orientamento discontinuità (indifferente)	-7
<b>Indice R.M.R. corretto</b>	<b>40</b>

Si è così ottenuto un indice corretto dall’orientamento delle discontinuità **RMR<sub>base</sub> = 40** che ci ha permesso di attribuire i terreni alla IV classe e caratterizzarli cautelativamente con i seguenti parametri geotecnici:

COESIONE	ANGOLO DI ATTRITO	PESO DI VOLUME
$C = 1.2 \text{ Kg/cm}^2$	$\varphi' = 32^\circ$	$\gamma = 2.0 \text{ t/m}^3$

## 6.2 – Valori caratteristici

Secondo le prescrizioni della norma dai parametri geotecnici si ricavano i valori medi e da questi i valori caratteristici  $X_k$  che rappresentano la soglia al di sotto della quale si colloca non più del 5% dei valori desumibili da una serie teoricamente illimitata di prove.

Applicando il metodo statistico in presenza di pochi dati e distribuzione normale i valori caratteristici sono stati calcolati mediante la seguente equazione:

$x_k = \bar{x} \pm z_{0.05} \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right) \approx \bar{x} \pm 1.645 \cdot \left( \frac{\sigma}{\sqrt{n}} \right)$	$x_k$ è il valore caratteristico desiderato
	$\bar{x}$ con barra il valore medio (ignoto) della popolazione, ipotizzato essere uguale al valore medio del campione
	$z$ è la distribuzione normale standardizzata
	$\sigma$ è la deviazione standard della popolazione
	$n$ è la numerosità del campione

Poiché il valore di  $\sigma$  andrebbe determinato con l'ausilio di database locali specifici; essendo in presenza di pochi dati è utile esprimere la variabilità in termini di coefficiente di variazione, espressa anche in termini percentuali:

$$COV = \sigma / \mu \quad \text{dove:}$$

$\sigma$  = deviazione standard della popolazione;

$\mu$  = media della popolazione.

I valori caratteristici dei parametri  $\varphi$  e  $c$  sono stati pertanto ricavati assegnando un coefficiente di variazione ricavato dalla letteratura tecnica  $COV=5\%$ .

Nella tabella sottostante sono riportati i valori caratteristici ( $X_k$ ) dei parametri geotecnici ricavati con il metodo e le relazioni descritte; nel caso specifico, avendo a disposizione un solo dato  $n = 1$ .

COESIONE	ANGOLO DI ATTRITO	PESO DI VOLUME
$C'_k = 1.10 \text{ Kg/cm}^2$	$\varphi'_k = 29.36^\circ$	$\gamma_k = 2.0 \text{ t/m}^3$

### 6.3 – Valori di progetto

I valori dei parametri di progetto  $X_d$  da utilizzare nel calcolo delle azioni e delle resistenze di progetto del terreno di fondazione, deriveranno dalla riduzione dei parametri caratteristici  $X_k$  tramite applicazione dei coefficienti parziali  $\gamma_m$  riportati nella tabella 6.2.II dal D.M. 17/01/2018, in funzione dell'approccio e della combinazione adottata dal calcolista.

**Tabella 6.2.II – Coefficienti parziali per i parametri geotecnici del terreno**

PARAMETRO	GRANDEZZA ALLA QUALE APPLICARE IL COEFFICIENTE PARZIALE	COEFFICIENTE PARZIALE $\gamma_M$	(M1)	(M2)
Tangente dell'angolo di resistenza al taglio	$\tan \phi'_k$	$\gamma_{\phi'}$	1,0	1,25
Coesione efficace	$c'_k$	$\gamma_c$	1,0	1,25
Resistenza non drenata	$c_{uk}$	$\gamma_{cu}$	1,0	1,4
Peso dell'unità di volume	$\gamma$	$\gamma_\gamma$	1,0	1,0

Quindi i valori di progetto dei parametri di resistenza saranno:

Combinazione 1 (A1 – M1)	Combinazione 2 (A2 – M2)
$\phi'_d = \arctan \left[ \frac{\tan 29.36}{1} \right] = 29.36^\circ$	$\phi'_d = \arctan \left[ \frac{\tan 29.36^\circ}{1.25} \right] = 24.22^\circ$
$C'_d = \frac{1.10}{1} = 1.10 \text{ Kg/cm}^2;$	$C'_d = \frac{1.10}{1.25} = 0.88 \text{ Kg/cm}^2;$
$\gamma_d = \frac{2.0}{1} = 2.0 \text{ t/m}^3$	$\gamma_d = \frac{2.0}{1} = 2.0 \text{ t/m}^3$

## 7 – VERIFICA DELLA SICUREZZA E DELLE PRESTAZIONI

Le verifiche di sicurezza relative agli stati limiti (SLU) e le analisi relative alle condizioni di esercizio (SLE) vengono di seguito effettuate nel rispetto del D.M. 17/01/18.

Per ogni stato limite ultimo deve essere rispettata la condizione  $E_d \leq R_d$ , con

- $E_d$ : valore di progetto dell'azione o degli effetti delle azioni nelle varie combinazioni di calcolo;
- $R_d$ : valore di progetto della resistenza del terreno.

Per risalire allo SLU del terreno di fondazione è stata utilizzata la seguente formula proposta da **Davis e Booker** opportunamente ridotta dal coefficiente  $R_3$ :

$$SLU = 2 C \operatorname{tg}^2(45 + \varphi / 2) / R_3 \quad \text{dove:}$$

$C$  = coesione  
 $\varphi$  = angolo di attrito interno

Il coefficiente  $R_3$  preso in considerazione è pari a 2.3 secondo la tabella 6.4.1.

**Tabella 6.4.1** – Coefficienti parziali  $\gamma_R$  per le verifiche agli stati limite ultimi di fondazioni superficiali

Verifica	Coefficiente parziale
	(R3)
Carico limite	$\gamma_R = 2,3$
Scorrimento	$\gamma_R = 1,1$

Secondo la combinazione ( $A_1 + M_1 + R_3$ ) ed avendo tenuto conto dei coefficienti parziali riportati nelle tabelle 6.2.I e 6.2.II, si avrà: **SLU = 2.79 Kg/cm<sup>2</sup>**.

Considerando i risultati ottenuti dal modello geologico, si può asserire senza difficoltà che la natura litoide del substrato consentirà, con un carico non superiore ai 2,79 Kg/cm<sup>2</sup>, cedimenti inferiori ai massimi consentiti. Con tali presupposti può ritenersi pienamente accettabile la corrispondenza tra stato limite ultimo e stato di esercizio:

$$\mathbf{SLE = SLU = 2.79 \text{ Kg/cm}^2}.$$

Per il coefficiente di reazione  $K$  (coefficiente di Winkler) si consiglia il valore di  **$K=20 \text{ kg/cm}^3$** .

Il calcolo del valore di progetto dell'azione  $E_d$  dipendente strettamente dai valori dei carichi progettuali  $G$  (carico permanente) e  $Q$  (carico accidentale), sarà cura del progettista determinarlo per verificare la relazione  $E_d \leq R_d$  per ogni stato limite considerato.

## 8 – CONCLUSIONI

Sulla base dell'indagine eseguita e delle considerazioni tecniche fatte in proposito, si può concludere quanto segue:

- nell'area di interesse progettuale il sedime fondale è composto da terreni di natura calcarenitica di età pleistocenica;
- le condizioni morfologiche, geologiche e litologiche sono tali da conferire buone caratteristiche di stabilità al sito progettuale;
- la categoria topografica è T1;
- il valore del  $V_{seq}$  risultante dalla prova sismica eseguita in situ è di  $V_{seq} = 552$  m/s, per cui il lotto di interesse appartiene al terreno di fondazione di categoria B;
- secondo la combinazione ( $A_1 + M_1 + R_3$ ), come valore dello stato limite ultimo si consiglia un valore non maggiore di  $2.79$  Kg/cm<sup>2</sup>, con un valore del coefficiente di reazione (coefficiente di Winkler)  $K = 20$  kg/cm<sup>3</sup>;
- l'area interessata dall'intervento progettuale non ricade all'interno di aree censite come "aree a rischio" di cui al piano di assetto idrogeologico (P.A.I.);
- di seguito tabella riepilogativa dei principali parametri utilizzati al fine di avere un unico quadro d'insieme:



Categoria del sottosuolo	$V_{s,eq} = 552 \text{ m/s}$ <b>B</b>																										
Categoria topografica	<b>T1</b>																										
Latitudine Longitudine	36.9484463 14.5397007																										
Parametri di pericolosità sismica	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Stato limite</th> <th>Tr</th> <th>Ag</th> <th>Fo</th> <th>Tc</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Operatività (SLO)</td> <td>30</td> <td>0.03</td> <td>2.47</td> <td>0.215</td> </tr> <tr> <td>Danno (SLD)</td> <td>50</td> <td>0.041</td> <td>2.54</td> <td>0.261</td> </tr> <tr> <td>Salvag. Vita (SLV)</td> <td>475</td> <td>0.164</td> <td>2.342</td> <td>0.399</td> </tr> <tr> <td>Collasso (SLC)</td> <td>975</td> <td>0.24</td> <td>2.365</td> <td>0.455</td> </tr> </tbody> </table>		Stato limite	Tr	Ag	Fo	Tc	Operatività (SLO)	30	0.03	2.47	0.215	Danno (SLD)	50	0.041	2.54	0.261	Salvag. Vita (SLV)	475	0.164	2.342	0.399	Collasso (SLC)	975	0.24	2.365	0.455
Stato limite	Tr	Ag	Fo	Tc																							
Operatività (SLO)	30	0.03	2.47	0.215																							
Danno (SLD)	50	0.041	2.54	0.261																							
Salvag. Vita (SLV)	475	0.164	2.342	0.399																							
Collasso (SLC)	975	0.24	2.365	0.455																							
Valori caratteristici dei parametri di resistenza	$C'_k = 1.10 \text{ Kg/cm}^2$ $\varphi'_k = 29.36^\circ$ $\gamma_k = 2.0 \text{ t/m}^3$																										
Valori di progetto dei parametri di resistenza	<b>Combinazione 1 (A1-M1)</b> $C'_d = 1.10 \text{ Kg/cm}^2$ $\varphi'_d = 29.36^\circ$ $\gamma_d = 2.0 \text{ t/m}^3$	<b>Combinazione 2 (A2-M2)</b> $C'_d = 0.88 \text{ Kg/cm}^2$ $\varphi'_d = 24.22^\circ$ $\gamma_d = 2.0 \text{ t/m}^3$																									
Stato limite ultimo Stato limite di esercizio	<b>SLU = 2.79 Kg/cm<sup>2</sup></b> <b>SLE = 2.79 Kg/cm<sup>2</sup></b>																										
Coefficiente di reazione (coeff. di Winkler)	<b>K = 20 Kg/cm<sup>3</sup></b>																										
PAI (Carte esistenti per l'area di interesse)	Bacino idrografico del Fiume Ippari ed aree comprese tra il bacino del Fiume Acate-Dirillo e il bacino del Fiume Irminio (quadro CTR n°647070)  <u>Carta dei dissesti n°13</u> <u>Carta della pericolosità e rischio geomorfologico n°13</u> <u>Carta della pericolosità idraulica per fenomeni di esondazioni n°13</u>																										



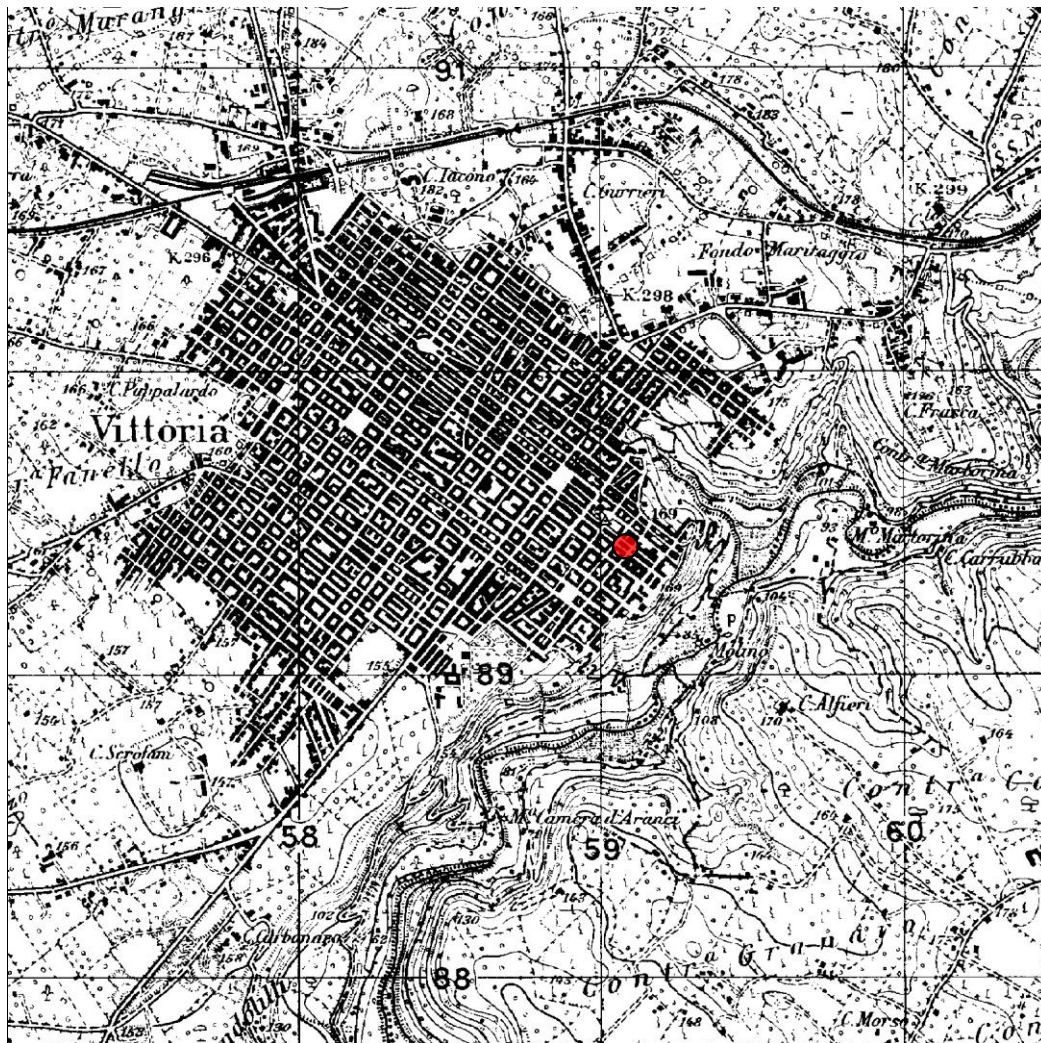
Il Geologo: Giovanni Iacono

---

**ALLEGATI**

COROGRAFIA ED UBICAZIONE AREA (SCALA 1:25000)

TAV. IV N.O. F.276 "VITTORIA"



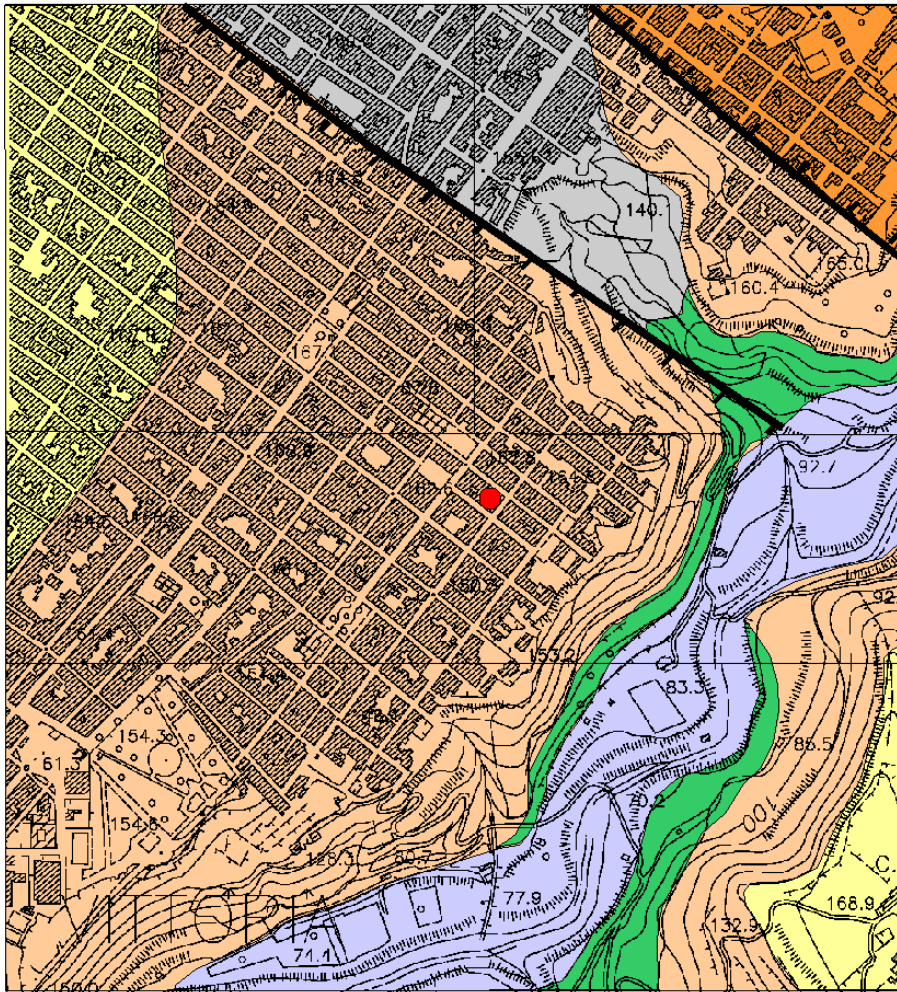
LEGENDA

● Area di interesse progettuale





# CARTA GEOLOGICA (scala 1:10000)

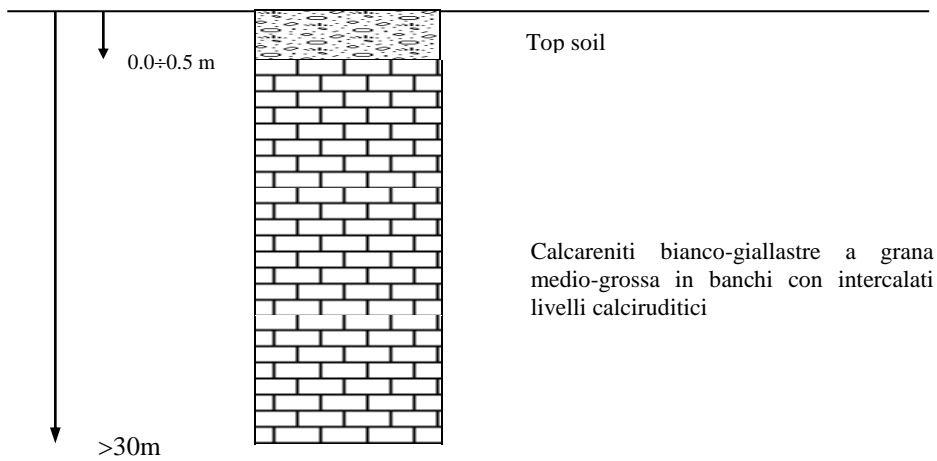


-  Alluvioni fluviali (Olocene)
  -  Terrazzi marini costituiti da lembi calcareniti bianco-giallastre a grana grossolana (panchina) (Pleistocene medio)
  -  Sedimenti limnici costituiti da calcari marnosi, silt biancastri e travertini (Pleistocene inferiore terminale)
  -  Calcareniti bianco-giallastre (Pleistocene inferiore)
  -  Marne calcaree e calcari marnosi di colore bianco crema (Trubi) (Pliocene inferiore)
  -  Marne grigio-azzurre (f.ne Tellarò) (Serravalliano - Tortonianò)
-  Area di interesse progettuale
-   
N
- 

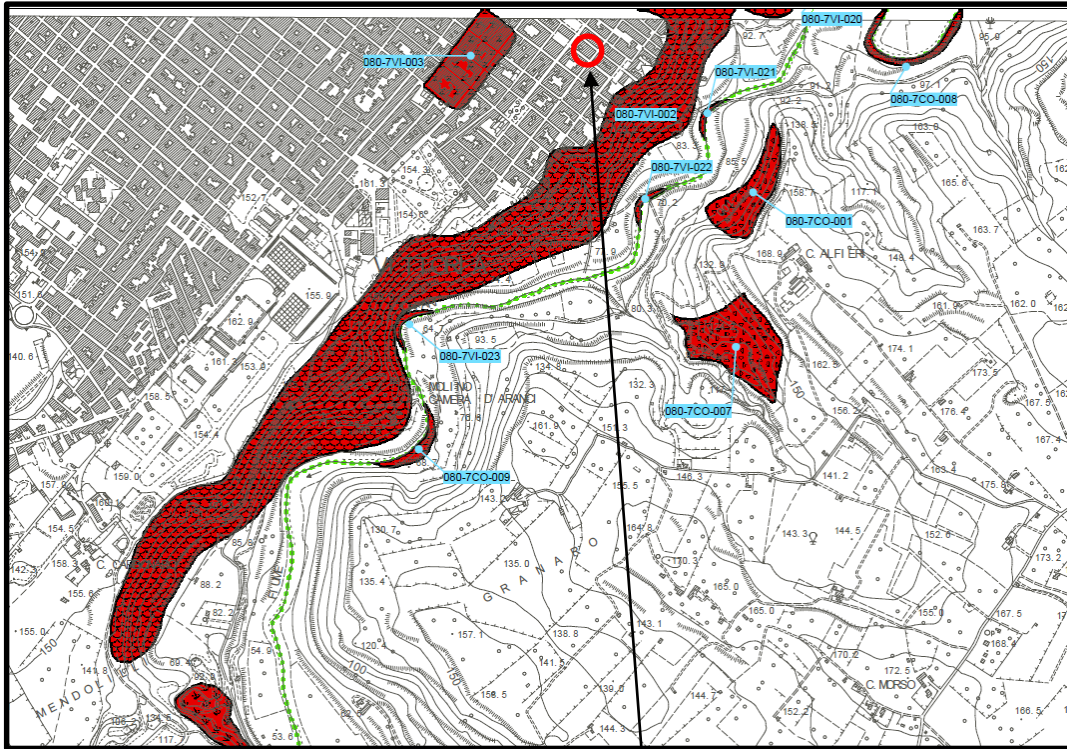
# STRATIGRAFIA

IN CORRISPONDENZA DELL'AREA PROGETTUALE

Piano campagna (circa 175 m s.l.m.)



# PAI - STRALCIO CARTA DEI DISSESTI N13



## LEGENDA

### FENOMENI FRANOSI

- Crollo e/o ribaltamento
- Colamento rapido
- Sprofondamento
- Scorrimento
- Frana complessa
- Espansione laterale o deformazione gravitativa (DGPV)
- Colamento lento
- Area a franosità diffusa
- Deformazione superficiale lenta
- Calanco
- Dissesti conseguenti ad erosione accelerata

### STATO DI ATTIVITA'

- Attivo
- Inattivo
- Quiescente
- Stabilizzato artificialmente o naturalmente

- Limite bacino idrografico del F. Ippari
- Limite aree intermedie
- Limite comunale

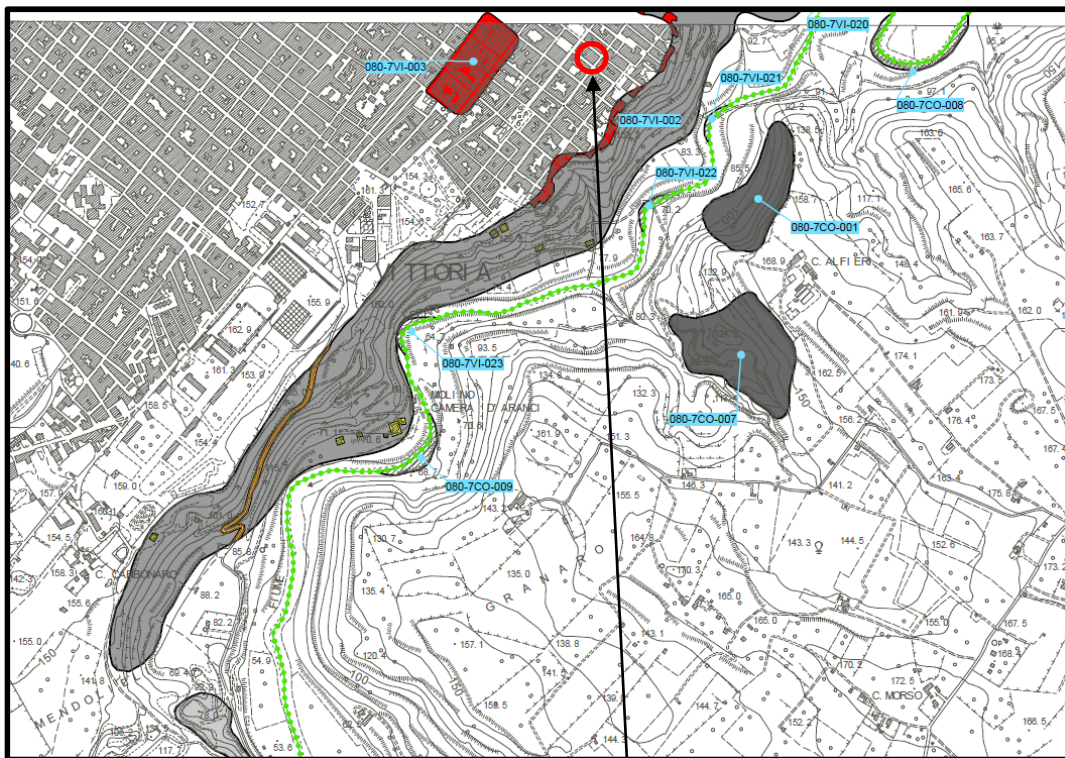
CTR: 647070

Area di interesse progettuale





PAI - STRALCIO CARTA PERICOLOSITA' E DEL RISCHIO GEOMORFOLOGICO N13



LEGENDA




CTR: 647070




LIVELLI DI PERICOLOSITA'

-  P0 molto basso
-  P1 moderato
-  P2 medio
-  P3 elevato
-  P4 molto elevato

 Area di interesse progettuale

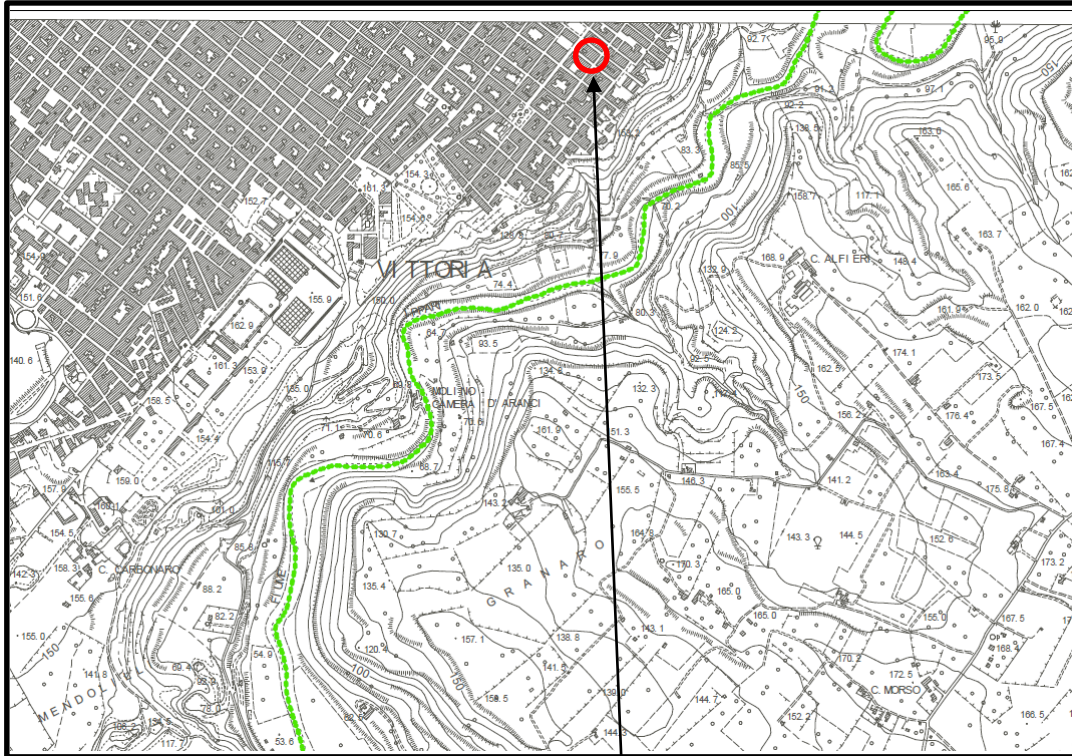
LIVELLI DI RISCHIO

-  R1 moderato
-  R2 medio
-  R3 elevato
-  R4 molto elevato

-  Limite bacino idrografico del F. Ippari
-  Limite aree intermedie
-  Limite comunale











PAI - STRALCIO CARTA PERICOLOSITA' IDRAULICA PER FENOMENI DI ESONDAZIONE N13



**LEGENDA**

**CTR: 647070**

 Area di interesse progettuale

-  P1 Pericolosità moderata
-  P2 Pericolosità media
-  P3 Pericolosità elevata
-  Siti di attenzione
-  Limite bacino idrografico del F. Ippari
-  Limite aree intermedie
-  Limite comunale







---

**REPORT DELLE INDAGINI**

## UBICAZIONI INDAGINI



### LEGENDA

-  Ubicazione Area di interesse progettuale
-  Ubicazione stesa sismica per Masw



---

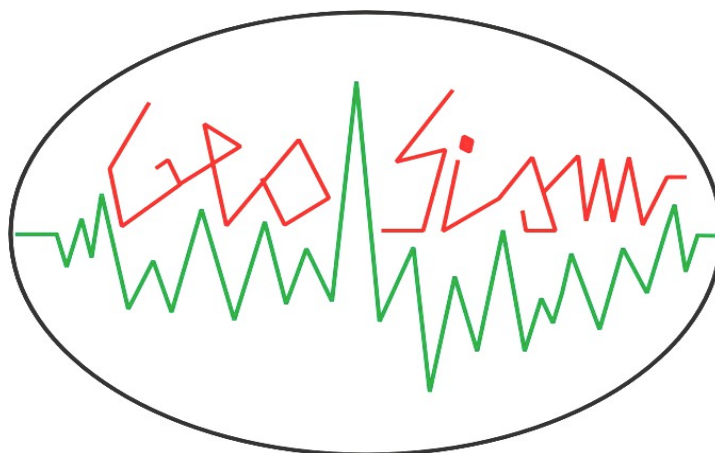
**INDAGINE GEOFISICA**

**Dr. Geol. Corrado Caccamo**

*Studio di geologia applicata*

*C.da Cipolla, snc- 96017 Noto (SR), cell. 392-1210940 email corrado.caccamo@yahoo.it*

---



**Committente:** Dott. Geologo Gianni Iacono

**Località:** Vittoria (RG), Via Bixio angolo via Marsala

**Tipologia indagine:** Indagine M.A.S.W e rapporto interpretativo

IL GEOLOGO

**Corrado Caccamo**



## *Introduzione*

Sulla base di quanto è stabilito dalle nuove norme tecniche (modifiche del D.M. 14/01/2008 Norme Tecniche per le Costruzioni, emanate con D.M. Infrastrutture del 17/01/2018, pubblicato su Gazzetta Ufficiale del 20/02/2018) in materia di indagini geognostiche, si è eseguita una indagine geofisica sismica del tipo Masw (Multi-channel Analysis of Surface Waves per l'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh da misure di sismica attiva – e.g. Park et al., 1999).

Lo scopo dell'indagine è la caratterizzazione dinamica del suolo nelle prime decine di metri con l'individuazione delle principali unità geofisiche e delle relative proprietà meccanico-elastiche, quali velocità delle onde longitudinali ( $V_p$ ), velocità delle onde trasversali ( $V_s$ ) ed i relativi parametri elastici. Sulla base dei valori di  $V_s$  e del modulo di taglio ( $G$ ), sarà possibile valutare la rigidità del suolo e fornire le prime indicazioni sul comportamento dinamico sulla parte superficiale del suolo.

Nel loro insieme, le procedure adottate sono state eseguite in accordo alle norme tecniche per le costruzioni del DM 17 gennaio 2018 (ex DM 14/01/2008).

Queste, in buona misura, fanno risalire la stima dell'effetto di sito alle caratteristiche del profilo di velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

La classificazione del sottosuolo si effettua in base alle condizioni stratigrafiche ed ai valori della velocità equivalente di propagazione delle onde di taglio,  $V_{s,eq}$  (in m/s), definita dall'espressione:

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

con:

$h_i$  = spessore dell' $i$ -esimo strato;

$V_{s,i}$  = velocità delle onde di taglio nell' $i$ -esimo strato;

$N$  = numero di strati;

$H$  = profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da  $V_S$  non inferiore a 800 m/s.

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  $V_{s,30}$ , ottenuto ponendo  $H=30$  m nella precedente espressione e considerando le proprietà degli strati di terreno fino a tale profondità.

## INDAGINE GEOFISICA MASW: DESCRIZIONE DEL METODO E DELLA STRUMENTAZIONE UTILIZZATA

La prova MASW, messa a punto nel 1999 da ricercatori del Kansas Geological Survey (Park et al., 1999) permette di determinare in modo dettagliato l'andamento della velocità delle onde sismiche di taglio (o onde S) in funzione della profondità attraverso lo studio della propagazione delle onde superficiali o di Rayleigh.

Il metodo di indagine MASW si distingue in "attivo" e "passivo" (Zywicki, 1999; Park e Miller, 2006; Roma, 2006):

1) Nel "**metodo attivo**" le onde superficiali sono prodotte da una sorgente impulsiva disposta a piano campagna e vengono registrate da uno stendimento lineare composto da numerosi ricevitori posti a breve distanza (distanza intergeofonica).

2) Nel "**metodo passivo**" lo stendimento presenta le stesse caratteristiche geometriche del metodo attivo ma i ricevitori non registrano le onde superficiali prodotte da una sorgente impulsiva, bensì il rumore di fondo (detto anche "microtremori") prodotto da sorgenti naturali (vento) e antropiche (traffico, attività industriali).

Le due tecniche indagano bande spettrali differenti: mentre il metodo attivo consente di ottenere una curva di dispersione nel range di frequenza compreso tra 10 e 40 Hz e fornisce informazioni sulla parte più superficiale di sottosuolo (fino a circa 20-30 m di profondità in funzione della rigidità del suolo), il metodo passivo consente di determinare una curva di dispersione nella banda di frequenza tra 4 e 20 Hz e fornisce informazioni sugli strati più profondi (generalmente al di sotto dei 30 m).

La combinazione delle due tecniche consente di ottenere uno spettro completo nella banda di frequenza comprese tra 4 e 40 Hz e permette una dettagliata ricostruzione dell'andamento della velocità delle onde di taglio fino a circa 35-40 m di profondità (sempre in funzione della rigidità degli strati).

L'analisi delle onde superficiali è stata eseguita utilizzando la strumentazione classica per la prospezione sismica a rifrazione disposta sul terreno secondo un array lineare da 15 geofoni con spaziatura pari a 2 m.

Per ottenere una buona risoluzione in termini di frequenza, oltre ad utilizzare geofoni da 4.5 Hz, è stato utilizzato un sismografo a 16 bit.

Nell'esecuzione della prova MASW attiva è stato utilizzato come sistema di energizzazione una mazza di 5 Kg battente su piattello metallico. Per aumentare il rapporto segnale/rumore si è proceduto alla somma di più energizzazioni (processo di *stacking*).

## Acquisizione ed elaborazione dati

### Strumentazione impiegata (*Hardware*)

L'acquisizione è avvenuta tramite sismografo a 15 canali (prodotto dalla Sara electronic instrument s.r.l.) collegato a geofoni verticali a frequenza propria di 4.5Hz; la lunghezza operativa dello stendimento è stata di 34m (spaziatura tra geofoni 2m, offset minimo di 6m, 1s di acquisizione con frequenza di campionamento pari a 3000 Hz).

### 3. ELABORAZIONE DATI

I dati sperimentali, acquisiti in formato SEG-2, sono stati trasferiti su PC per l'interpretazione attraverso l'utilizzo di uno specifico programma di elaborazione (WinMasw 4.3 pro, prodotto dalla eliosoft srl). Tale programma permette di elaborare i dati acquisiti sia con il metodo attivo che con quello passivo.

L'analisi consiste nella trasformazione dei segnali registrati in uno spettro bidimensionale “*phase velocity-frequency (c-f)*” che analizza l'energia di propagazione delle onde superficiali lungo la linea sismica.

I dati acquisiti (Figura 2 e 3) sono stati elaborati (determinazione spettro di velocità, identificazione curve di dispersione, inversione/modellazione di queste ultime) per ricostruire il profilo verticale della velocità delle onde di taglio ( $V_s$ ).

Il *dataset* appare chiaro, lo spettro associato risulta dominato dalla presenza di due modi di vibrazione delle onde di Rayleigh compresi tra i 9 e i 43 Hz.

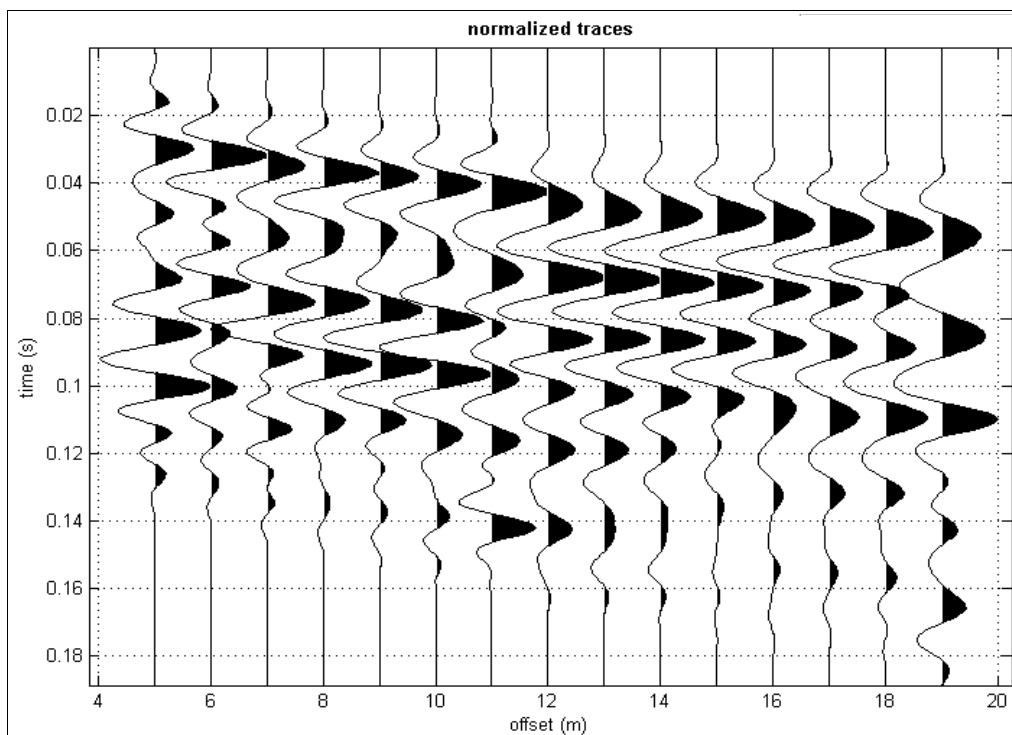


Fig. 1: Dataset acquisito. Offset minimo 6m; distanza intergeofonica 2m

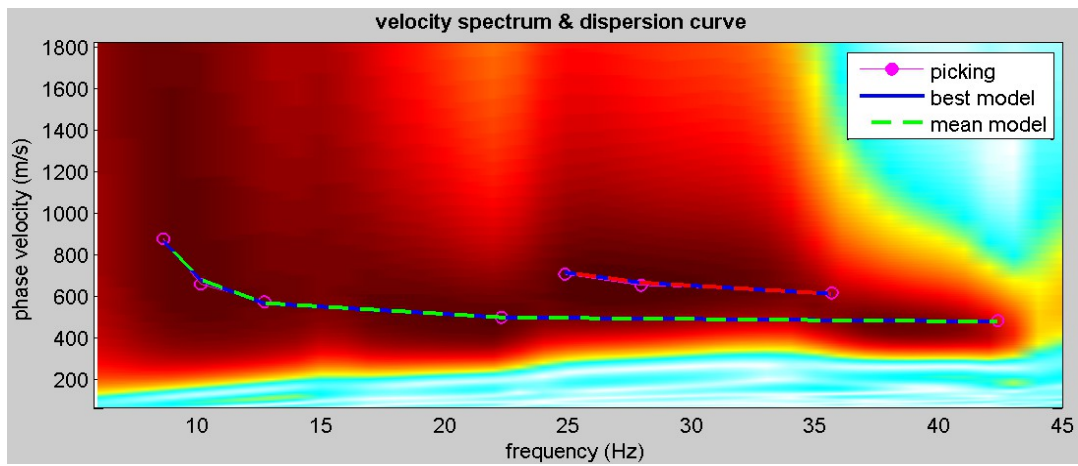


Fig.2 Spettro di inversione risultante con in evidenza il picking della curva di dispersione.

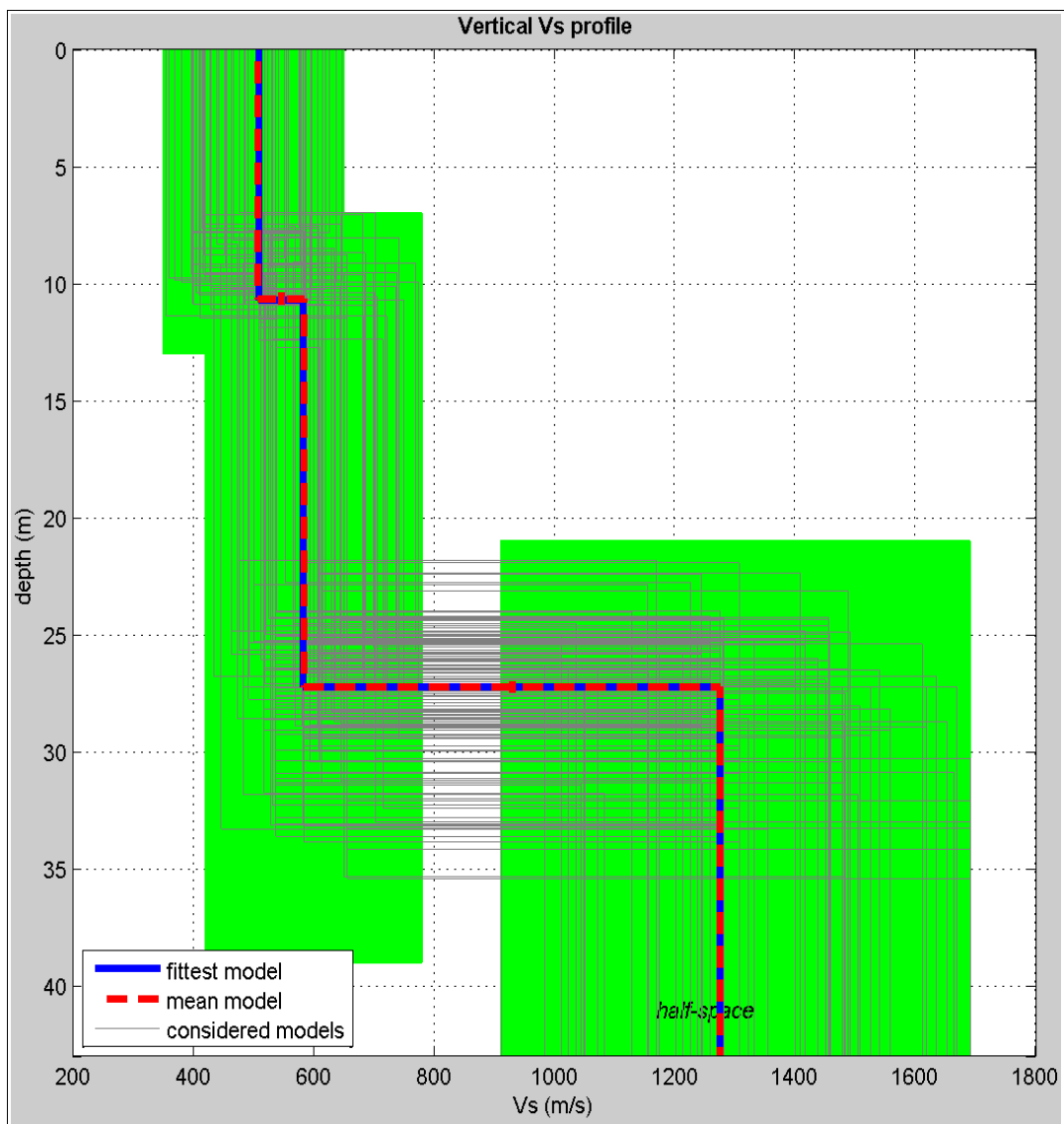


Fig.3 Risultati inversione



## Sismostratigrafia

Spessore (m)	Profondità (m)	VS (m/s)	Modulo di taglio stimato (MPa)
10,5	Da 0 m a 10,5 m	508	534
16,5	Da 10,5 m a 27 m	585	718
semi-spazio	-	1275	3733

### CALCOLO DELLE $V_{S,eq}$

A partire dal modello sismico monodimensionale riportato nel capitolo precedente, è possibile ricavare la categoria di sottosuolo.

Nel caso in esame le  $V_{Seq}$  risultano stimate dalla relazione:

$$V_{Seq} = \frac{27}{\frac{10,5}{508} + \frac{16,5}{585}} = 552 \text{ m/s}$$

Categorie del suolo di stimate In base al valore della  $V_{S,eq}$

**A** - 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.

**B** - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s

**C** - Depositati di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine mediamente consistenti, con spessori superiori a 30 m caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s

**D** - Depositati di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fine 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.

**E** - 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.

Nella tabella sottostante, sono riportati i valori caratteristici delle Vs nei vari litotipi.

Tabella 2. Valori caratteristici delle onde S nei vari tipi di suolo (cfr. Borcherdt, 1994)

TIPODI SUOLO	Vs min (m/s)	Vs med (m/s)	Vs max (m/s)
<b>ROCCE MOLTO DURE</b> (es. rocce metamorfiche molto Poche fratturate)	<b>1400</b>	<b>1620</b>	-
<b>ROCCE DURE</b> (es. graniti, rocce ignee, conglomerati, arenarie e argilliti, da mediamente a poco fratturati)	<b>700</b>	<b>1050</b>	<b>1400</b>
<b>SUOLI GHIAIOSI e ROCCE DA TENERE A DURE</b> (es. rocce sedimentarie ignee Tenere, arenarie, argilliti, ghiaie e suoli con >20% di ghiaia)	<b>375</b>	<b>540</b>	<b>700</b>
<b>ARGILLE COMPATTE e SUOLI SABBIOSI</b> (es. sabbie da sciolte a molto compatte, limi e argille sabbiose, argille da medie a compatte e argille limose)	<b>200</b>	<b>290</b>	<b>375</b>
<b>TERRENI TENERI</b> (es. terreni di riempimento sotto falda, argille da tenere a molto tenere).	<b>100</b>	<b>150</b>	<b>200</b>

Valori approssimati per  $V_p$ , densità & moduli elastici

Spessori (m)	10,5	16,5	semispazio
Densità (gr/cm <sup>3</sup> )	2	2,1	2,3
Modulo di Poisson	0,35	0,35	0,35
Modulo di Young (MPa)	1446	1950	10135
Lamé (MPa)	1293	1795	9361
modulo di Bulk (MPa)	1650	2275	11850

Formule utilizzate.

Modulo di Poisson (adimensionale)	$(V_p^2 - 2V_s^2)/(2(V_p^2 - V_s^2))$
Modulo di Young (in Pa)	$rV_s^2(4-3K^2)/(1-K^2)$
Modulo di Taglio (in Pa)	$rV_s^2$
Modulo di Lamé I (in Pa)	$rV_s^2(K^2-2)$
Modulo di Compressione (in Pa)	$rV_s^2(K^2-4/3)$

I valori sopra riportati (eccezion fatta per il modulo di taglio), sono da ritenersi altamente indicativi.

### Conclusioni

L'analisi della dispersione delle onde di Rayleigh a partire da dati di sismica attiva (*M.A.S.W*) ha consentito di determinare il profilo verticale della VS (e del modulo di taglio) e, di conseguenza, del parametro VSeq.

Rispetto le norme tecniche per le costruzioni (D.M 17 gennaio 2018, ex DM 14 gennaio 2008) il sito in esame rientra nella categoria **B** (Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fine molto consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 360 m/s e 800 m/s ).

IL GEOLOGO

**Corrado Caccamo**



---

**DOCUMENTAZIONE FOTOGRAFICA**

FASI ESECUZIONE INDAGINE SISMICA

