



REGIONE SICILIANA



LIBERO CONSORZIO COMUNALE  
DI RAGUSA



**COMUNE DI VITTORIA**  
DIREZIONE TERRITORIO E PATRIMONIO  
SERVIZIO 3 - PIANIFICAZIONE URBANISTICA E TERRITORIALE

Variante al PRG vigente ai sensi dell'art. 26 L.R. n. 19 del 13/08/2020 relativa alla riclassificazione urbanistica a seguito della decadenza dei vincoli quinquennali preordinati all'esproprio, inerente il suolo sito in Vittoria, lungo la via Delle Rose, distinto al catasto terreni del Comune di Vittoria al foglio 183 particelle 242, 1424 e 1425, in esecuzione della Sentenza Sezione Quarta del TAR Catania n.872/2022 e dell'indirizzo di cui alla Deliberazione della Giunta Comunale n.373 del 04.10.2022

**RELAZIONE GEOMORFOLOGICA**

*(Circolare n.3 del 20.06.2014 dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente)*

**FASE PRELIMINARE (B1)**

**Vittoria, lì**

**il geologo  
(dott. Vincenzo La Pegna)**



Firmato digitalmente da:

LA PEGNA VINCENZO

Firmato il 03/06/2023 13:51

Seriale Certificato: 19949890554823226986736716009340249128

Valido dal 26/06/2020 al 26/06/2023

ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

## 1. PREMESSA

E' stato effettuato lo studio geologico delle aree interessate alla "Variante al PRG vigente ai sensi dell'art. 26 L.R. n. 19 del 13/08/2020 relativa alla riclassificazione urbanistica a seguito della decadenza dei vincoli quinquennali preordinati all'esproprio, inerente il suolo sito in Vittoria, lungo la via Delle Rose, distinto al catasto terreni del Comune di Vittoria al foglio 183 particelle 242, 1424 e 1425, in esecuzione della Sentenza Sezione Quarta del TAR Catania n.872/2022 e dell'indirizzo di cui alla Deliberazione della Giunta Comunale n.373 del 04.10.2022". Lo studio tiene conto delle direttive emanate dall'Assessorato Regionale T.A. con la circolare n. 3 del 20.06.2014, che impongono particolari attenzioni riguardo alle problematiche di pericolosità sismica e geologica.

La circolare n. 3 del 20.06.2014 dell'Assessorato Regionale T.A. ha fornito l'indirizzo per un nuovo schema di lavoro aggiornando gli strumenti legislativi alle metodologie utilizzate in campo scientifico per quanto riguarda la gestione delle pericolosità geologiche e sismiche.

La metodologia suggerita dalla circolare traccia uno schema di lavoro al quale il presente studio si è attenuto.

Per la **FASE PRELIMINARE (B1)** è stata compiuta l'analisi di tutti gli elementi di carattere geologico, geomorfologico, idrogeologico e di quanto altro consenta una valutazione oggettiva della propensione al dissesto idrogeologico e del rischio sismico.

Quindi sono state valutate le tipologie e la quantità dei processi geomorfologici ed elaborata una zonazione del territorio per aree omogenee dal punto di vista della pericolosità.

La metodologia d'indagine descritta precedentemente si esplica attraverso la raccolta di dati bibliografici, di cartografia e letteratura geologica comprendenti carte geologiche aggiornate, verifiche con rilievi di campagna e interpretazione di foto aeree e la realiz-

zazione di una serie di mappe tematiche che illustrano le caratteristiche del territorio in studio. In particolare sono state redatte le seguenti carte di analisi:

### **CARTOGRAFIA DI ANALISI (B1b)**

- Carta della pericolosità, scala 1: 10.000
- Carta geologica - geomorfologica, scala 1: 10.000
- Carta idrogeologica, scala 1: 10.000
- Carta PAI (Carta pericolosità e Carta dei dissesti) scala 1: 10.000
- Carta Beni Paesaggistici, scala 1: 10.000

## **2. CARATTERISTICHE GEOLOGICHE - GEOMORFOLOGICHE**

Il territorio del Comune di Vittoria fa parte di quell'unità fisiografica nota come Piana di Vittoria.

La Piana di Vittoria è ubicata ai margini occidentali dell'Altopiano Ibleo ed è, dal punto di vista geologico, costituita da una successione comprendente termini che vanno dal Miocene al Pleistocene, i quali hanno colmato una depressione strutturale conseguente ad una intensa attività tettonica distensiva che si inserisce nel più ampio contesto dell'area iblea.

Le direttrici principali della suddetta attività tettonica, relativamente al territorio del Comune di Vittoria, si possono individuare in due famiglie:

- faglie a gradinata, dirette, con andamento NNE-SSW, post-mioceniche, che hanno interessato i vari termini della Formazione Ragusa e della Formazione Tellaro, evidenti lungo gli horst di Serra S. Bartolo, Monte Calvo e Cozzo Telegrafo;
- faglie ortogonali alle prime, con andamento NW-SE, di età compresa tra il Miocene superiore e il Pleistocene.

Di seguito vengono trattati dettagliatamente i litotipi affioranti sul territorio comunale, in ordine dai più antichi ai più recenti.

I terreni **Pliocenici**, rappresentati nel territorio esclusivamente da calcari marnosi biancastri (Trubi) con stratificazione poco evidente e piani di fratturazione tra loro ortogonali che conferiscono all'ammasso una tipica struttura a "graticcio", poggiano in discordanza sulle marne della Formazione Tellaro.

Questi terreni sono stati caratterizzati da vicende deformative meno accentuate rispetto a quelli precedenti e si presentano con una struttura a pieghe.

Affiorano estesamente lungo i versanti della valle dell'Ippari e in piccoli lembi alla periferia nord-occidentale dell'abitato di Vittoria, lungo la circonvallazione S.S. 115.

Il **Pleistocene** nel territorio è rappresentato da biocalcareni e calciruditi passanti verso l'alto e lateralmente a sedimenti lacustri, molto eterogenei dal punto di vista litotipico, con prevalenza di calcareniti travertinoidi e calcari marnosi affioranti a nord che chiudono il ciclo infrapleistocenico.

In discordanza sui termini infrapleistocenici giacciono sabbie fini giallo-rossastre, riferibili al **Pleistocene medio**, contenenti lenti argillose salmastre e livelli conglomeratici alla base. A ricoprimento delle unità sottostanti poggiano conglomerati, calcareniti e soprattutto sabbie gialle del **Pleistocene medio-superiore** che formano una serie di terrazzi marini che, nel territorio comunale degradano da quota 200 m. fino al livello del mare. Il terrazzo più recente, cartografato singolarmente, di **età tirreniana**, è rappresentato da biocalcareni e ghiaie (Panchina) che affiorano lungo la falesia di Scoglitti.

I sedimenti **attuali e recenti** sono rappresentati da alluvioni di natura sabbioso-limosa ed in subordine ghiaiosa, le quali affiorano estesamente lungo il corso del Fiume Ippari e dei suoi principali affluenti.

Episodi di deposizione palustre sono individuabili inoltre entro il territorio in corrispondenza di depressioni morfologiche; litologicamente si tratta prevalentemente di terre nere a granulometria limoso-sabbiosa con percentuali variabili di materiale organico.

In linea generale il territorio presenta un andamento morfologico uniforme, con tratti planimetrici blandi in lieve declivio verso il mare e nella parte meridionale dai versanti della valle dell'Ippari e dei suoi principali affluenti.

Problematiche di natura geomorfologica sono connesse sostanzialmente a quattro cause:

- Elevata acclività del pendio;
- Litologia a prevalente componente argillosa;
- Erosione marina lungo la fascia costiera;
- Interventi antropici.

Le aree con acclività superiore al 35% con copertura detritica e superiore al 50% negli ammassi rocciosi, si concentrano lungo i versanti della valle dell'Ippari e dei canali Mangiauomini e Cava Albanello; queste aree sono costituite prevalentemente da sabbie e calcareniti le quali, qualora intensamente fratturate, possono originare fenomeni di crollo per erosione differenziata e per scalzamento al piede. Si tratta in ogni caso di fenomeni che non coinvolgono ampie porzioni di pendio e che si manifestano nelle zone nelle quali manca la copertura vegetale o in quelle in cui l'azione antropica ha modificato l'originario assetto morfologico (Cave dismesse, discariche, sbancamenti).

### **3.CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE**

#### *Permeabilità*

I litotipi affioranti sono stati suddivisi in cinque classi di permeabilità all'interno delle quali sono state incluse, senza alcuna differenziazione sia le tipologie primarie (permeabilità per porosità) che quelle secondarie (permeabilità per fratturazione).

### *Classi di permeabilità*

Le cinque classi nelle quali sono stati raggruppati i litotipi cartografati sono, in ordine decrescente di permeabilità, le seguenti:

1) classe elevata:

Comprende i depositi di spiaggia ed eolici litologicamente costituiti da sabbie sciolte a grana medio-grossa; la permeabilità esclusivamente di tipo primario presenta valori compresi tra  $10^{-2}$  e  $10^{-1}$  m/sec.

2) classe alta:

Appartengono a questa classe i terreni sia a permeabilità primaria che mista.

I primi comprendono le sabbie fini giallo-rossastre mediopleistoceniche contenenti lenti argillose salmastre e livelli conglomeratici alla base.

Si tratta di depositi prevalentemente sciolti, a grana medio-fine, di media densità, localmente a debole cementazione carbonatica; la permeabilità presenta valori compresi tra  $10^{-3}$  e  $10^{-1}$  m/sec.

I terreni a permeabilità mista sono costituiti dalle sabbie con livelli calcarenitici dei terrazzi marini. Il litotipo prevalente è caratterizzato da granulometria variabile dalle sabbie fini a quelle grossolane e grado di cementazione discreto in corrispondenza dei livelli calcarenitici; la permeabilità varia tra  $10^{-3}$  e  $10^{-2}$  m/sec.

3) classe media:

Appartengono a questa classe depositi sciolti, semicoerenti e lapidei; i depositi sciolti comprendono le alluvioni dei subalvei dei corsi d'acqua principali costituiti prevalentemente da sabbie più o meno limose e localmente da limi e l'alternanza sabbioso-arenitica. La permeabilità per questi terreni è di tipo primario, varia in funzione della percentuale delle frazioni fini ed è compresa tra  $10^{-4}$  e  $10^{-2}$  m/sec.

I depositi semicoerenti comprendono sedimenti limnici caratterizzati da litotipi eterogenei tra i quali prevalgono le facies calcarenitico-marnose; la permeabilità è di tipo misto, con prevalenza di quella primaria e presenta caratteri piuttosto variabili, in funzione della presenza di lenti limoso-marnose, pur se in generale non si discosta da valori medi compresi tra  $10^{-5}$  e  $10^{-2}$  m/sec.

I depositi lapidei sono rappresentati dalle calcareniti e calciruditi organogene (Calcareniti di Vittoria) dalle calcareniti dei terrazzi marini suprapleistocenici (Panchina) e dai termini carbonatici della Fm. Ragusa. Questi terreni sono caratterizzati prevalentemente da permeabilità secondaria, con valori compresi tra  $10^{-4}$  e  $10^{-1}$  m/sec, alla quale relativamente alla Panchina e alle Calcareniti di Vittoria si associa una discreta permeabilità primaria dovuta alla tessitura grossolana della matrice. Infine i termini gessosi, caratterizzati da permeabilità secondaria, variabile in funzione dell'azione chimica dissolutiva sulle fratture, presentano valori del coefficiente di permeabilità compresi tra  $10^{-1}$  e  $10^{-4}$  m/sec.

#### 4) classe bassa:

In questa classe sono riuniti i litotipi a composizione pelitica (Fm. Trubi e depositi palustri); la permeabilità è sempre molto bassa, anche se in corrispondenza di zone tettonicamente disturbate a composizione prettamente marnosa, si possono sviluppare locali circuiti legati alla fratturazione dell'ammasso roccioso in cui si possono registrare i valori leggermente più alti.

#### 5) classe bassissima ed impermeabile:

Questa classe comprende i termini argillosi e argilloso-marnosi delle Argille azzurre e delle argille marnose e marne della Formazione Tellaro; questi termini rappresentano il substrato impermeabile della falda superficiale e della falda intermedia confi-

nata; sono state inserite inoltre in questa classe le aree urbanizzate nelle quali non vi è infiltrazione nel sottosuolo.

### *Assetto idrogeologico*

In relazione alle caratteristiche litologiche e di permeabilità delle diverse formazioni affioranti nel territorio, ai relativi rapporti stratigrafici, al loro assetto strutturale e all'estensione e spessore dei depositi possono essere schematicamente distinti i seguenti sistemi acquiferi:

- acquiferi in falda libera nei depositi quaternari, calcarenitico-sabbiosi, costieri e alluvionali;
- acquifero in pressione nella serie gessoso-solfifera;
- acquifero in pressione nella successione carbonatica della Formazione Ragusa.

Il complesso calcarenitico-sabbioso, il più rappresentato arealmente nel territorio, costituisce un sistema acquifero di tipo libero, monostratificato a grande scala, mentre a scala locale può essere considerato un multistrato per la presenza di diaframmi semi-permeabili; lo spessore complessivo varia tra 120 e 130 metri.

Possiede permeabilità di grado medio-alto, di tipo misto, primario laddove prevalgono le litologie sciolte o debolmente cementate, secondario in corrispondenza dei termini prettamente calcarenitico-calciruditico, dove la permeabilità risulta accentuata, oltre che dalla fratturazione, dalla presenza di canalizzazioni carsiche.

Il substrato impermeabile è dato quasi sempre dalle marne della Formazione Telaro, e solo localmente dai Trubi.

La falda si rinviene a quote s.l.m. comprese tra -10 m e 200 m, con valori di soggiacenza variabile da pochi metri ad un massimo di 50 m.; è alimentata sia dall'apporto diretto delle precipitazioni sia localmente dalla falda presente nell'acquifero carbonatico

profondo per interconnessione; un interscambio inoltre, può realizzarsi con la falda freatica del subalveo dei principali corsi d'acqua.

Le potenzialità un tempo elevate, attualmente si sono molto ridotte per l'eccessivo sovrasfruttamento; solamente in quelle aree in cui riceve apporti dalla falda carbonatica consente emungimenti di rilievo. La principale direzione di deflusso sotterraneo è orientata in senso NNE-SSO. All'interno del perimetro urbano, in corrispondenza degli affioramenti sabbiosi la falda, si rinviene a profondità molto prossime alla superficie, data la morfologia del substrato impermeabile, che in queste aree è stato rialzato a seguito di stress tettonici. La falda contenuta nei depositi costieri e nelle alluvioni dei principali corsi d'acqua, dato il loro modesto spessore, ha un interesse idrogeologico modesto e solo localmente di un certo significato (valle dell'Ippari caratterizzate dall'interscambio con l'acquifero calcarenitico-sabbioso e/o carbonatico).

L'acquifero contenuto nella serie gessoso-solfifera dal punto di vista idraulico è caratterizzato da valori di permeabilità molto variabili nell'ambito della formazione stessa in funzione della porosità e, soprattutto, del grado di fratturazione dei tipi litologici in essa presenti e di eventuali processi dissolutivi dovute alle acque circolanti.

#### **4. PRESCRIZIONI**

Il presente lavoro, redatto in conformità alle linee guida della circolare n. 3 del 20.06.2014, ha consentito di elaborare una serie di cartografie allegate che ha permesso di poter evidenziare l'assenza di particolare problematiche dal punto di vista geomorfologico dell'area agli interventi in progetto.

Si prescrive l'esecuzione di adeguata indagine da realizzare all'interno del lotto al fine di accertare le caratteristiche geologiche dell'area ed in particolare l'individuazione dei litotipi presenti.

Vittoria,

geol. Vincenzo La Pegna

# **ALLEGATI**

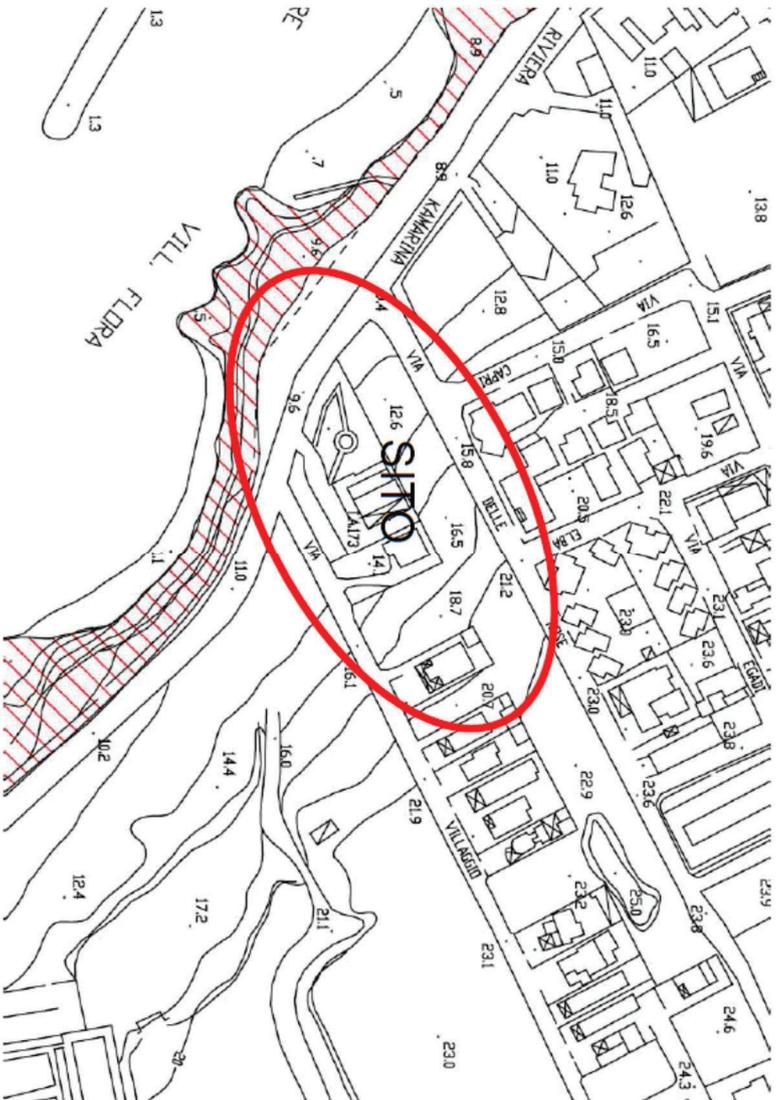
CARTA DELLA PERICOLOSITA'  
(SCALA 1:2.000)

B1b

CLASSE I



Aree edificabili  
(pericolosità geologiche e sismiche tali da non imporre limitazioni alle scelte  
urbanistiche, nel rispetto del D.M. 11/03/88 e della L. 64/74)

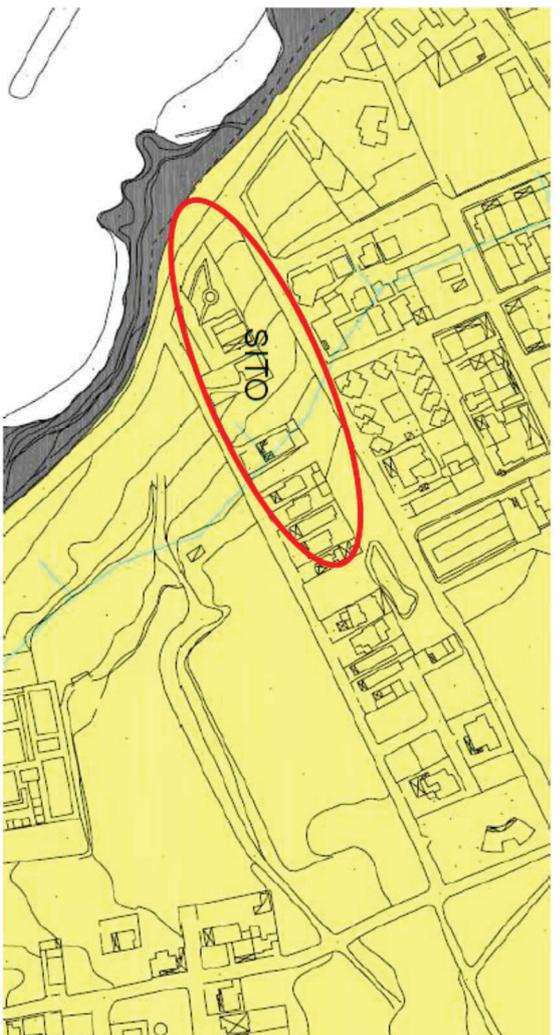


STRALCIO P.R.G.

REGIONE SICILIA  
**COMUNE DI VITTORIA**  
PROVINCIA DI RAGUSA

STUDIO GEOLOGICO A SUPPORTO DELLA  
REVISIONE DEL P.R.G.

**CARTA GEOLOGICO-GEOMORFOLOGICA**



**Ttr**  
Terrazzi marini (Panchina): calcareniti e sabbie carbonatiche  
bianco-giallastre con livelli conglomeratici cementati (PLEISTOCENE  
SUPERIORE)

**Tm**  
Terrazzi marini: sabbie giallastre con livelli arenifici (PLEISTOCENE  
MEDIO)

**B1b**

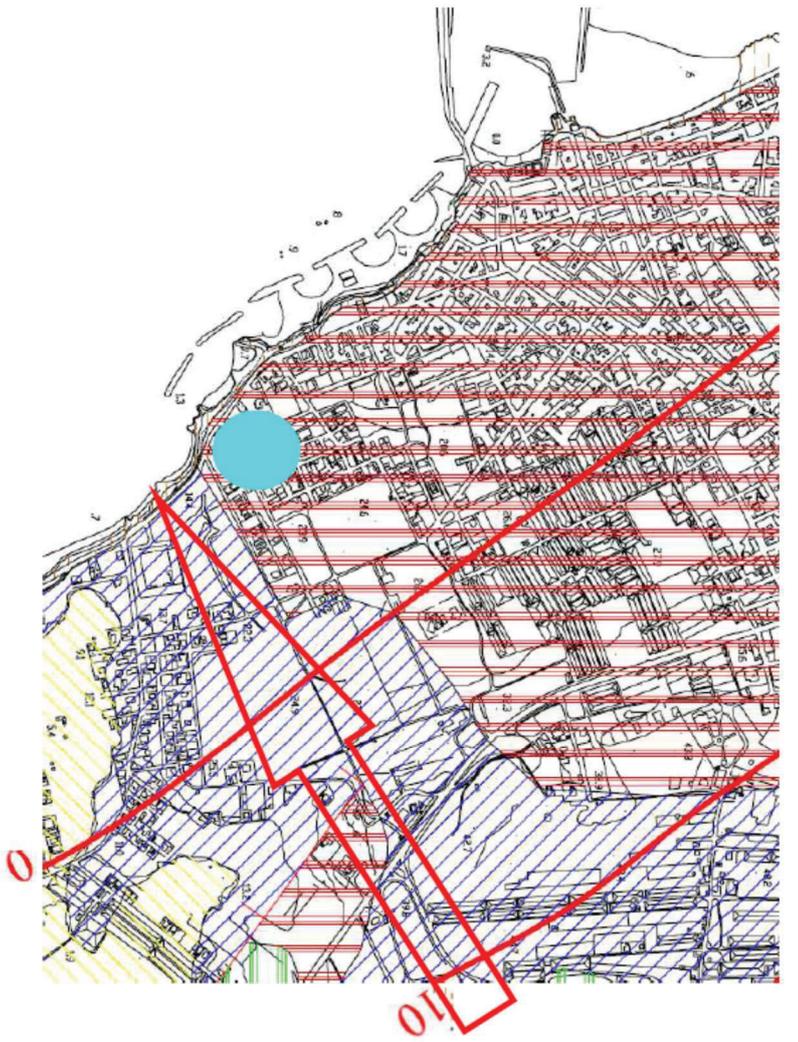
**CARTA IDROGEOLOGICA**

SCALA 1:50000



**SITO**

- Terreni ad elevata permeabilità per pioggia  
S - S4
- Terreni ad alta permeabilità per percolazione  
Tn - Qns - Qs
- Terreni a media permeabilità per percolazione e infiltrazione  
A - Trn - Q - Qs - Ms - Mnc
- Terreni a bassa permeabilità  
P - Pn
- Terreni a bassissima permeabilità, impermeabili ed aree urbanizzate  
Qs - Mm
- Faglie (i tratti indicati) (lato rivasato)
- Linee isopiezometriche e relative quote (m s.l.m.) della falda superficiale
- Linee isopiezometriche e relative quote (m s.l.m.) della falda intermedia confinata (acquifero del Gias)
- Linee isopiezometriche e relative quote (m s.l.m.) della falda profonda confinata (acquifero della successione carbonatica della fm. Segusa)
- Direzione di deflusso profondo



**B1b**





Regione Siciliana  
Assessorato Territorio e Ambiente  
Sistema di Gestione Territoriale Integrato del SUAP

### Piano Stralcio di Bacino per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I.)

Bacino Idrografico del Fiume Ippari ed ar-  
comprese tra il bacino del F. Acate Diritto  
Il bacino del F. Iminio



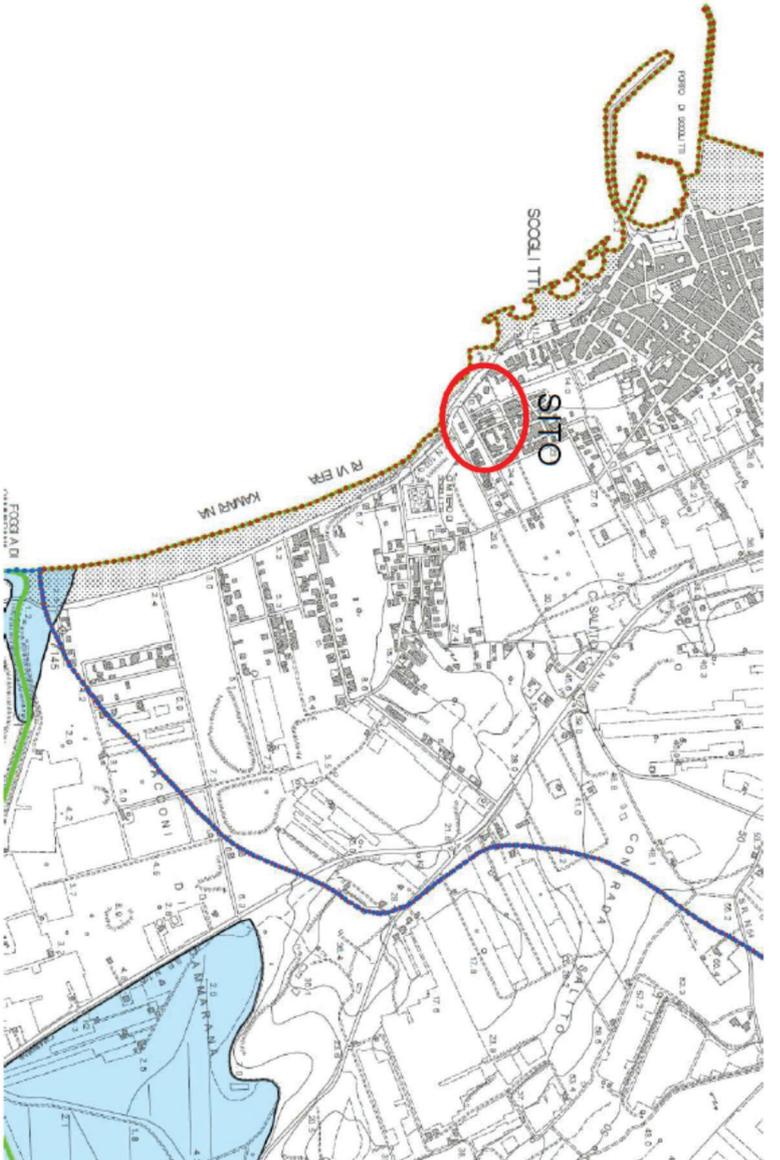
CARTA DELLA PERICOLOSITÀ IDRAULICA  
PER FENOMENI DI ESONDIAZIONE IV° TIPO



Anno 2008

#### LEGENDA

- P1 Pericolosità moderata
- P2 Pericolosità media
- P3 Pericolosità elevata
- S0 di estensione
- Linee dem. individuato dei F. Ippari
- Linee aree inondate
- Linee comunali



B1b







REGIONE SICILIANA



LIBERO CONSORZIO COMUNALE  
DI RAGUSA



**COMUNE DI VITTORIA**  
DIREZIONE TERRITORIO E PATRIMONIO  
SERVIZIO 3 - PIANIFICAZIONE URBANISTICA E TERRITORIALE

Variante al PRG vigente ai sensi dell'art. 26 L.R. n. 19 del 13/08/2020 relativa alla riclassificazione urbanistica a seguito della decadenza dei vincoli quinquennali preordinati all'esproprio, inerente il suolo sito in Vittoria, lungo la via Delle Rose, distinto al catasto terreni del Comune di Vittoria al foglio 183 particelle 242, 1424 e 1425, in esecuzione della Sentenza Sezione Quarta del TAR Catania n.872/2022 e dell'indirizzo di cui alla Deliberazione della Giunta Comunale n.373 del 04.10.2022

**RELAZIONE GEOMORFOLOGICA**

*(Circolare n.3 del 20.06.2014 dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente)*

**FASE DI DETTAGLIO (B2)**

**Vittoria, lì**



Firmato digitalmente da:

LA PEGNA VINCENZO

Firmato il 03/06/2023 13:52

Seriale Certificato: 19949890554823226986736716009340249128

Valido dal 26/06/2020 al 26/06/2023

ArubaPEC S.p.A. NG CA 3

**il geologo**

**(dott. Vincenzo La Pegna)**

## **1. PREMESSA**

E' stato effettuato lo studio geologico delle aree interessate alla "Variante al PRG vigente ai sensi dell'art. 26 L.R. n. 19 del 13/08/2020 relativa alla riclassificazione urbanistica a seguito della decadenza dei vincoli quinquennali preordinati all'esproprio, inerente il suolo sito in Vittoria, lungo la via Delle Rose, distinto al catasto terreni del Comune di Vittoria al foglio 183 particelle 242, 1424 e 1425, in esecuzione della Sentenza Sezione Quarta del TAR Catania n.872/2022 e dell'indirizzo di cui alla Deliberazione della Giunta Comunale n.373 del 04.10.2022".

Lo studio tiene conto delle direttive emanate dall'Assessorato Regionale T.A. con la circolare n. 3 del 20.06.2014, che impongono particolari attenzioni riguardo alle problematiche di pericolosità sismica e geologica.

La circolare n. 3 del 20.06.2014 dell'Assessorato Regionale T.A. ha fornito l'indirizzo per un nuovo schema di lavoro aggiornando gli strumenti legislativi alle metodologie utilizzate in campo scientifico per quanto riguarda la gestione delle pericolosità geologiche e sismiche. La metodologia suggerita dalla circolare traccia uno schema di lavoro al quale il presente studio si è attenuto.

Per la **FASE DI DETTAGLIO (B2)** la metodologia usata è quella di circoscrivere le indagini e gli studi alla di nuova urbanizzazione e agli ambiti morfologici a monte e a valle della zone in esame. In particolare sono state redatte le seguenti carte di analisi:

### **INDAGINE (B2a)**

- indagine, scala, 1:2.000

### **CARTOGRAFIE DI ANALISI (B2b)**

- Carta geologica – idrogeologica - geomorfologica, scala 1: 2.000
- Carta geologica, scala 1:2.000 (stralcio P.R.G.)
- Carta litotecnica scala, 1:2.000

## **CARTOGRAFIE DI SINTESI (B2c)**

- Carta della pericolosità geologica, scala 1:2.000
- Carta della suscettività del territorio scala, 1:2.000
- Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica scala, 1:2.000
- Carta delle prescrizioni ed indicazioni esecutive, scala, 1:2.000

## **2. AREA DI INDAGINE**

Il lotto si trova in via Delle Rose, distinto al catasto terreni del Comune di Vittoria al foglio 183 particelle 242, 1424 e 1425.

Le coordinate del sito sono le seguenti, riferite all'ellissoide ED50, sistema di riferimento per la carta di pericolosità dell'INGV:

**Latitudine:  $\phi_{ED50}$  36,887805**

**Longitudine:  $\lambda_{ED50}$  14,435042**

Tutto ciò è stato rilevato dal progetto messo a disposizione dal tecnico.

## **3. CARTA DELLE INDAGINI**

Nel sito oggetto di intervento sono state individuate le seguenti indagini:

- n. 1 prova sismica passiva

### **Coordinate geografiche:**

**Latitudine:  $\phi_{ED50}$  36.887953**

**Longitudine:  $\lambda_{ED50}$  14.435240**

Il suddetto programma di indagini risulta essere adeguato e sufficiente per l'esecuzione degli interventi in progetto, in relazione anche alla rilevanza dell'intervento e alle condizioni geologiche e geotecniche osservate.

#### 4. GEOMORFOLOGIA DELL'AREA DI PROGETTO

L'area di intervento ricade interamente in territorio del Comune di Vittoria riportata nella Carta d'Italia dell'I.G.M. nella tavoletta "Scoglitti" Quadrante I S.E. del foglio 275.

Nei paragrafi che seguono verranno illustrati i lineamenti della zona.

Sulla base della documentazione che è stata acquisita è stato possibile descrivere l'inquadramento geologico strutturale nonché la litologia e le caratteristiche litotecniche dei terreni di sedime interessate dall'insediamento in progetto. La zona in studio, altimetricamente compresa tra le isoipse 10,00 ÷ 11,00 mt. s.l.m., si presenta come un'area sub-pianeggiante. In particolare, nella zona in cui è previsto l'intervento, non si riscontrano processi di dissesto in atto e/o potenziali proprio per la blanda morfologia dell'area precedentemente descritta. La conoscenza della situazione geologica e l'individuazione della successione litologica è avvenuta dopo aver effettuato un esame cartografico e un approfondito rilevamento geologico di superficie. I litotipi individuati conducono a quella che è la situazione più generale, caratterizzata da estesi e potenti orizzonti di natura alluvionale legati a processi di deiezione pedemontana.

#### 6. SUCCESSIONE LITOSTRATIGRAFICA

Lo studio e l'indagine geognostica eseguita nella zona ha permesso la seguente ricostruzione stratigrafica:

**m. 0.00 - m. 0.50 Sabbia**

**m. 0.50 - m. 10.00 Calcarenite sabbiosa**

**Il materiale sabbioso deve essere completamente eliminato in qualsiasi parte del lotto si trovi.**

- **Calcarenite sabbiosa:** terreno calcarenitico colore biancastro. Si possono osservare orizzonti di natura calcarenitica, più o meno cementati, alternanti o passanti a livelli sabbiosi - limosi più compatti depositatisi nel Quaternario. Litologicamente possono

essere definite come un'alternanza di termini calcarenitici a granulometria generalmente uniforme, con termini debolmente o mediamente cementati dello stesso materiale e/o sabbiosi e limosi. La giacitura sub-orizzontale.

## **7. SISMICITA' DELL'AREA E RISCHIO SISMICO**

Per procedere all'analisi del rischio sismico di una zona, bisogna innanzitutto eseguire un'analisi approfondita della sismicità della regione di cui quest'area fa parte.

La Sicilia è una delle regioni d'Italia in cui si ha la maggiore probabilità di terremoti ad elevata magnitudo (M = 7,3 nella scala Richter è stata stimata per il terremoto del 1.693).

Il quadro complessivo della sismicità storica della zona è stato ricostruito attraverso la consultazione del catalogo dei terremoti del C.N.R. e l'esame della Carta degli epicentri di cui detto catalogo è corredato.

In sintesi, da quanto emerso dallo studio, risulta che la sismicità dell'area è da ricollegare principalmente a strutture tettoniche localizzate nell'area iblea, in particolare in corrispondenza del sistema di faglie Scicli-Ragusa-Giarratana-Monte lauro, sismicamente attivo anche in tempi recenti.

L'energia sismica liberata in quest'area sismogenetica avviene generalmente tramite singoli eventi con modesta magnitudo (M=4,5) inferiore a quella relativa ai terremoti registrati storicamente in altre zone dell'area iblea.

La profondità focale è compresa tra 5-25 Km, i tempi di ritorno sono valutabili intorno ai 100 anni.

Gli effetti macrosismici nel territorio del Comune di Vittoria mediamente sono stimabili intorno al V-VI grado della scala M.S.K.

Rilevanti effetti di scuotibilità nell'area di interesse sono altresì da ricollegare ad aree

sismogenetiche più lontane (vedi ad esempio gli eventi sismici storici aventi come area epicentrale il basso Ionio), ma caratterizzate da eventi in cui si hanno elevati rilasci di energia (terremoti del 1.169 e 1.693 con  $M=7,3$ ) che si verificano in tempi brevissimi se comparati ai tempi di accumulo.

In particolare, l'elaborazione statistica degli eventi sismici storici, avvenuti tra l'anno 1000 ed i nostri giorni, evidenzia che:

- la sismicità dell'area iblea sembra caratterizzata da elevati rilasci di energia, coincidenti con i terremoti distruttivi del 1.169 e 1.693 di magnitudo  $M=7,1$ , intervallati da lunghi periodi di ridotta attività sismica;

- la distribuzione di epicentri a bassa magnitudo ( $M_{max} = 5,6$ ) è più addensata verso il margine nord-occidentale del plateau ibleo ed è contrapposta a quella di terremoti di elevata magnitudo ( $M_{max} = 7,1$ ) che hanno epicentri ricadenti lungo la costa jonica o in mare (1.169, 1.693), a largo della stessa, tra Catania ed Augusta.

La causa della persistente sismicità è da ricercare nell'assetto strutturale degli Iblei, con ipocentri superficiali per il settore nord occidentale e probabilmente, per quanto attiene gli eventi più violenti, orientali, in una sorgente sismica profonda 25-30 Km, forse legata a collassi della Scarpata ibleo-maltese.

Il quadro sismico quale è stato descritto mostra quanto opportuno sia stata l'inclusione dell'area, con O.P.C.M. 3274/2003, recepita dalla Regione Sicilia, tra le località sismiche di II° categoria.

## **8. CARATTERIZZAZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE DEL SITO OGGETTO DELL'INTERVENTO**

La pericolosità sismica di base costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche, con i seguenti risultati:

## CATEGORIA DI SUOLO

Dovendo stimare la categoria del suolo dei terreni interessati dalle opere in progetto, considerando i risultati ottenuti con la prova sismica passiva ottenendo una  $V_s$  equivalente = 289 m/s, è possibile inserirlo in categoria "C" come da allegata tabella

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

Categoria	Descrizione
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 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.
C	Depositi 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.
D	Depositi 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.
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.

## CATEGORIA E AMPLIFICAZIONE TOPOGRAFICA

Il sito si trova in una area pianeggiante, pertanto lo si può classificare in Categoria T1, con coefficiente di amplificazione topografica  $S_T = 1,0$

Tab. 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 $i > 30^\circ$

Tab. 3.2.V – *Valori massimi del coefficiente di amplificazione topografica  $S_T$*

Categoria topografica	Ubicazione dell'opera o dell'intervento	$S_T$
T1	-	1,0
T2	In corrispondenza della sommità del pendio	1,2
T3	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media minore o uguale a $30^\circ$	1,2
T4	In corrispondenza della cresta di un rilievo con pendenza media maggiore di $30^\circ$	1,4

1. Altri parametri di input definiti nel paragrafo 3 delle NTC: i seguenti parametri di input per la determinazione delle forme spettrali sono caratterizzati dai valori elencati:

a. Coordinate geografiche della località in esame:

Latitudine:  $\phi_{ED50}$  36,887805

Longitudine:  $\lambda_{ED50}$  14,435042

b. **Vita nominale della struttura,  $V_N$ : 50 anni**

**Classe d'uso della struttura,  $C_U$ : II** (*“costruzioni il cui uso preveda normali affollamenti, senza contenuti pericolosi per l'ambiente e senza funzioni pubbliche e sociali essenziali”*)  **$C_U = 1,0$**

## 9. PARAMETRI DI PERICOLOSITA' SISMICA

I parametri di pericolosità sismica ottenuti possono essere così riportate:

STATO LIMITE	Tr	ag	Fo	Tc
Operatività (SLO)	30	0.026	2.418	0.207
Danno (SLD)	50	0.034	2.522	0.250
Salvag. Vita (SLV)	475	0.121	2.374	0.432
Collasso (SLC)	975	0.178	2.360	0.503

## 10. ACCELERAZIONE MASSIMA ATTESA IN SUPERFICIE

Anche i più recenti dannosi eventi sismici del 1990, avvenuti nella Sicilia sudorientale (magnitudo  $M = 5,1$  pari al VII MCS nell'area epicentrale ubicata nella penisola di Augusta), hanno messo in evidenza come gli effetti lontani (nelle zone di Lentini e Carlentini), a volte, siano più dannosi di quelli vicini alla sorgente, se esistono condizioni nel territorio che possono portare a fenomeni di maggiore amplificazione locale.

Le osservazioni portano a concludere che la risposta sismica locale di un sito può essere influenzata da:

- variabili geofisiche, alcune di difficile e costosa determinazione strumentale, legate ad esempio agli effetti di non linearità delle rocce, all'energia ed al contenuto spettrale del terremoto di eccitazione, alle modalità di radiazione, etc.;

- tipologie e caratteristiche costruttive dei manufatti;

- caratteristiche lito-geosismiche dei siti (rigidità sismica locale);

- alcune situazioni “tipo” più facilmente rilevabili in quanto di solito connesse ad elementi topografici, geomorfologici e strutturali che, per rifrazioni, diffrazioni e riflessioni

multiple, possono contribuire ad amplificare ed ad accentuare gli effetti al suolo.

#### Coefficienti Sismici

<b>SLO</b>						
<b>Ss:</b>	<b>Cc:</b>	<b>St:</b>	<b>Kh:</b>	<b>Kv:</b>	<b>Amax:</b>	<b>Beta:</b>
<b>1,500</b>	<b>1,770</b>	<b>1,000</b>	<b>0,007</b>	<b>0,003</b>	<b>0,377</b>	<b>0,180</b>
<b>SLD:</b>						
<b>Ss:</b>	<b>Cc:</b>	<b>St:</b>	<b>Kh:</b>	<b>Kv:</b>	<b>Amax:</b>	<b>Beta:</b>
<b>1,500</b>	<b>1,660</b>	<b>1,000</b>	<b>0,009</b>	<b>0,005</b>	<b>0,498</b>	<b>0,180</b>
<b>SLV:</b>						
<b>Ss:</b>	<b>Cc:</b>	<b>St:</b>	<b>Kh:</b>	<b>Kv:</b>	<b>Amax:</b>	<b>Beta:</b>
<b>1,500</b>	<b>1,380</b>	<b>1,000</b>	<b>0,044</b>	<b>0,022</b>	<b>1,778</b>	<b>0,240</b>
<b>SLC:</b>						
<b>Ss:</b>	<b>Cc:</b>	<b>St:</b>	<b>Kh:</b>	<b>Kv:</b>	<b>Amax:</b>	<b>Beta:</b>
<b>1,450</b>	<b>1,320</b>	<b>1,000</b>	<b>0,062</b>	<b>0,031</b>	<b>2,536</b>	<b>0,240</b>

Per tenere conto della sismicità dell'area è stato imputato il valore dell'accelerazione massima orizzontale per un periodo di ritorno di 475 anni ricavato dall'espressione:

$$a_{max} = S \cdot a_g$$

dove:

$a_g$  = l'accelerazione massima su sito di riferimento rigido

$$S = S_s \cdot S_t$$

$S_s$  = coefficiente di amplificazione stratigrafica

$S_t$  = coefficiente di amplificazione topografica

La profondità di ammorsamento della fondazione pari ad almeno 1,00 mt dal p.c. garantisce l'appoggio della fondazione sul litotipo non alterato secondo una scelta giustificata in relazione alle caratteristiche ed alle prestazioni della struttura in fondazione ed in elevazione, alle caratteristiche del sottosuolo e alle condizioni ambientali.

Il piano di fondazione è situato sotto la coltre di terreno vegetale nonché sotto lo strato interessato dal gelo e da significative variazioni stagionali del contenuto d'acqua. Non sussistono situazioni nelle quali sono possibili fenomeni di erosione o di scalzamento da parte di acque di scorrimento superficiale.

In particolare:

- Vita di riferimento,  $V_R = 50$  anni
- Tempo di ritorno SLV,  $Tr = 475$  anni
- Tempo di ritorno SLD,  $Tr = 50$  anni

- $S_s = 1,500$
- $St = 1.0$
- Accelerazione orizzontale massima attesa nel sito,

$$A_{max} = 0,1815$$

## 11. CLIMATOLOGIA

Dal punto di vista idrogeologico inoltre possiamo evidenziare l'assenza di acque superficiali dovuta ad una sufficiente permeabilità dei terreni in affioramento.

Facendo riferimento ai dati meteorologici dedotti dal sito Osservatorio delle acque della stazione Vittoria periodo 1990 – 2002 dati pluviometrici e periodo 1990- 2011 dati termometrici di seguito riportati si calcola che la temperatura media annua è di  $17,5\text{ }^{\circ}\text{C}$  e la precipitazione annuale è pari a  $436,4\text{ mm}$ .

STAZIONI	VITTORIA	VITTORIA
VALORI	P (mm/a)	T(°C)
PERIODO	1990-2002	1990-2011
GENNAIO	54,7	10,3
FEBBRAIO	34,2	10,4
MARZO	23,4	12,0
APRILE	24,5	14,9
MAGGIO	12,9	19,3
GIUGNO	4,2	23,5
LUGLIO	3,9	25,4
AGOSTO	10,2	26,1
SETTEMBRE	43,5	23,0
OTTOBRE	70,5	19,4
NOVEMBRE	70,7	14,9
DICEMBRE	83,9	11,1
ANNO	436,4	17,5
ti		12,7

## 12. CARATTERISTICHE LITOTECNICHE

La formazione che caratterizza l'area di progetto può esser raggruppata in un complesso litotecnico in base ai differenti parametri di natura tecnica che maggiormente condizionano il comportamento dei terreni.

In particolare è stato individuato il gruppo delle Rocce incoerenti rappresentato dalle sabbie e il gruppo delle Rocce coerenti rappresentate dalle calcareniti-sabbiose.

. Le valutazioni di carattere geotecnico riguardanti i differenti tipi di terreno scaturiscono sia da esperienze dirette di lavoro, che da bibliografia.

### Rocce incoerenti

In questo complesso vengono raggruppati le calcarenite sabbiose.

Litologicamente possono essere definite come un'alternanza di termini sabbiosi a granulometria generalmente uniforme, con termini debolmente o mediamente. Possiedono una permeabilità per porosità media una discreta resistenza all'erosione.

In genere si tratta di terreni stabili, salvo che nelle aree particolarmente acclivi interessate da erosioni originate da deflussi superficiali.

Le valutazioni di carattere geotecnico riguardanti i differenti tipi di terreno scaturiscono sia da esperienze dirette di lavoro, che da bibliografia.

## 13. PERMEABILITA'

I litotipi affioranti sono stati suddivisi in due classi di permeabilità che sono:

### ALTA:

Appartengono a questa classe i terreni sia a permeabilità primaria che mista.

I primi comprendono le sabbie fini giallo-rossastre mediopleistoceniche contenenti lenti argillose salmastre e livelli conglomeratici alla base e le sabbie gialle mediofini .

Si tratta di depositi prevalentemente sciolti con livelli più compatti, a grana medio-fine, di media densità, localmente a debole cementazione carbonatica; la permeabilità presenta valori compresi tra  $10^{-3}$  e  $10^{-1}$  m/sec.

I terreni a permeabilità mista sono costituiti dalle sabbie con livelli calcarenitici dei terrazzi marini. Il litotipo prevalente è caratterizzato da granulometria variabile dalle sabbie fini a quelle grossolane e grado di cementazione discreto in corrispondenza dei livelli calcarenitici; la permeabilità varia tra  $10^{-3}$  e  $10^{-2}$  m/sec.

#### **14. PERICOLOSITA' RISCHIO IDROGEOLOGICO (P.A.I.)**

L'area non è soggetta a rischio idrogeologico.

#### **15. PRESCRIZIONI E INDICAZIONI ESECUTIVE**

Il presente lavoro, redatto in conformità alle linee guida della circolare n. 3 del 20.06.2014, ha consentito di elaborare una serie di cartografie allegate che ha permesso di poter affermare quanto segue:

**successione stratigrafica** è rappresentata da:

m. 0.00 - m. 0.50 Sabbia

m. 0.50 - m. 10.00 Calcarenite sabbiosa

**pericolosità rischio idrogeologico (p.a.i.)** l'area non è soggetta a rischio idrogeologico.

**geomorfologia** non si riscontrano processi di dissesto in atto e/o potenziali proprio per la blanda morfologia.

**litotecnica** i terreni presenti, considerate le caratteristiche conosciute si possono inserire in unità litotecniche del:

“substrato”

**B4** – Litotipi argillosi

“copertura”

*E* – Calcarenite – sabbiose

**sismicità** vista la classificazione sismica recepita con Delibera di Giunta Regionale n. 81 del 24/02/2022 il Comune di Vittoria rientra in **zona 2**

**carta della pericolosità geologica** non evidenzia fenomeni di pericolosità geologica

**carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica** discrete caratteristiche della risposta sismica

**carta delle prescrizioni ed indicazioni esecutive** discrete caratteristiche geomeccaniche delle calcareniti, il materiale di riporto deve essere completamente eliminato.

Dalla sintesi delle suddette carte è stata elaborata la

**carta della suscettività del territorio** dove si evidenzia che la zona è idonea alla edificazione.

Le falde superficiali sono ad una profondità a circa m. 5,00 dal piano campagna dato ottenuto dai sondaggi eseguiti in aree limitrofe.

Si dichiara che in relazione ai litotipi riscontrati in fase d'indagine si possono escludere fenomeni di liquefazioni. Come prescrizione e indicazione esecutiva si indica che al momento di realizzazione di immobili e infrastrutture si deve realizzare una opportuna indagine geognostica secondo quanto previsto dalla Normativa vigente (NTC2008 e successive modifiche).

Vittoria,

il geologo  
(dott. Vincenzo La Pegna)

# ALLEGATI

# UBICAZIONE INDAGINE

# B2a

 = UBICAZIONE TROMINO



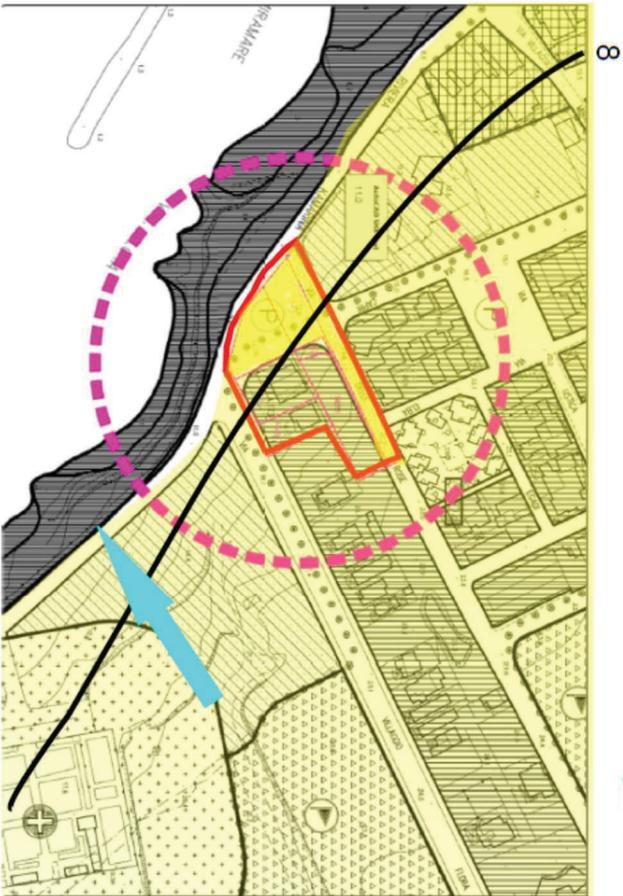
CARTA GEOLOGICA - IDROGEOLOGICA - GEOMORFOLOGICA

SCALA 1:2.000

B2b

-  = CALCARENITE - SABBIOSE
-  = SITO
-  = ISOFREATICA

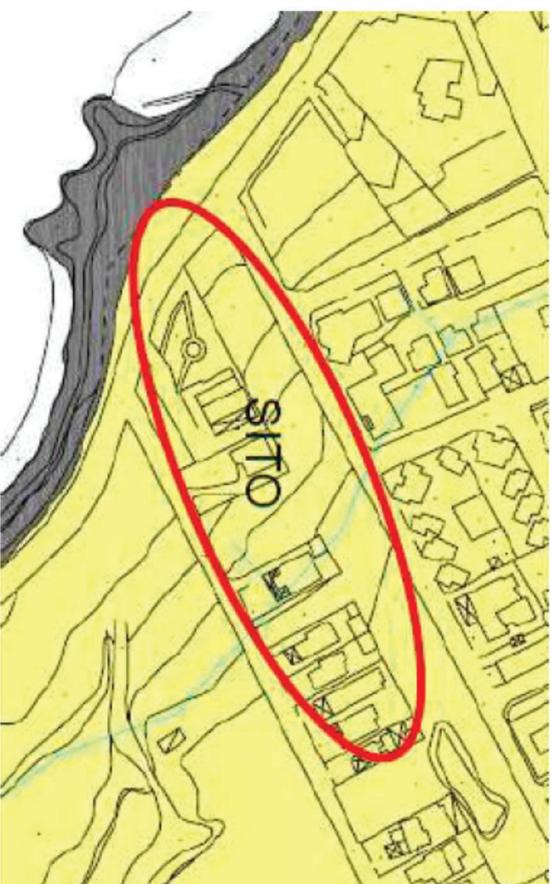
 = LINEA DI FLUSSO



# CARTA GEOLOGICA

(SCALA 1:2.000)

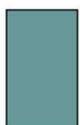
- Tir**  
Terrazzi marini (Panchina): calcareniti e sabbie carbonatiche bianco-giallastre con livelli conglomeratici cementati (PLEISTOCENE SUPERIORE)
- Tm**  
Terrazzi marini: sabbie giallastre con livelli arenifici (PLEISTOCENE MEDIO)



STRALCIO STUDIO GEOLOGICO P.R.G.

# CARTA LITOTECNICA

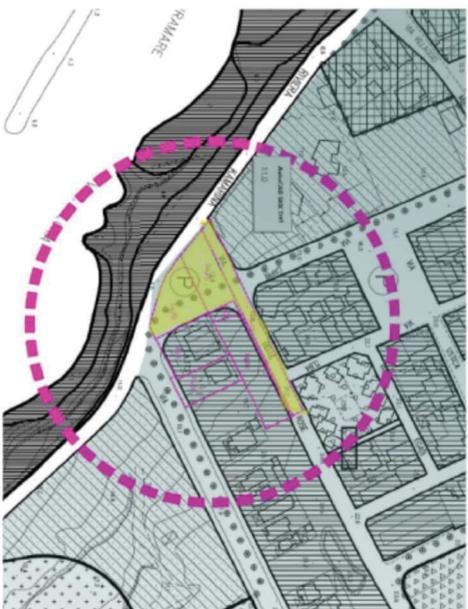
SCALA 1:2.000



COPERTURA

E2 - CALCARENITE - SABBIOSA

## B2b



# CARTA DELLA PERICOLOSITÀ' GEOLOGICA

SCALA 1:2.000



= ZONA DOVE NON E' STATA RISCOINTRATA FENOMENI  
DI PERICOLOSITÀ GEOLOGICA

## B2c



# CARTA DELLA SUSCETTIVITÀ DEL TERRITORIO

SCALA 1:2.000



= ZONA IDONEA ALLA EDIFICAZIONE

## B2C



# CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

SCALA 1:2.000



= ZONA CON DISCRETE CARATTERISTICHE DELLA  
RISPOSTA SISMICA

## B2c



# CARTA DELLE PRESCRIZIONI ED INDICAZIONI ESECUTIVE

SCALA 1:2.000



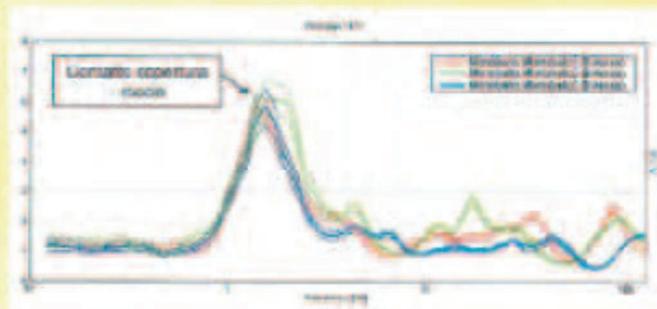
= ZONA CON DISCRETA CARATTERISTICA GEO-MECCANICA  
IL CUI MATERIALE SABBIOSO DEVE ESSERE  
COMPLETAMENTE ELIMINATO IN CORRISPONDENZA DEL  
FABBRICATO IN PROGETTO

## B2c



# INDAGINE GEOFISICA CON METODO DEI MICROTREMORI

TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI HVSR DI NAKAMURA



APPARECCHIATURA: *TROMINO* MICROMED s.p.a. matricole n. TRZ-0046/01-09  
SOFTWARE ELABORAZIONE *GRILLA* MICROMED licenze n. B22446-361311

Il responsabile della prova  
Dott. Geol. Vincenzo La Pagna



Firmato digitalmente da:

LA PEGNA VINCENZO

Firmato il 03/06/2023 13:53

Seriale Certificato: 19949890554823226986736716009340249128

Valido dal 26/06/2020 al 26/06/2023

ArubaPEC S.p.A. NG CA 3



## INDAGINE GEOFISICA MEDIANTE TECNICA DEI RAPPORTI SPETTRALI O HVSR (METODO DI NAKAMURA)

Lo scopo di questa indagine è la caratterizzazione sismica del sottosuolo e, in particolare, l'individuazione delle discontinuità sismiche nonché la profondità della formazione rocciosa compatta (bedrock geofisico). Con tale metodo viene stimata la velocità di propagazione delle onde di taglio come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018 e circolare n. 21 gennaio 2019 n. 7.

L'indagine geofisica proposta si avvale della metodologia basata sulla tecnica di Nakamura e sul rapporto spettrale H/V.

### 1. Cenni teorici

La tecnica dei rapporti spettrali o HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio) è totalmente non invasiva, molto rapida, si può applicare ovunque e non necessita di nessun tipo di perforazione, né di stendimenti di cavi, né di energizzazione esterne diverse dal rumore ambientale che in natura esiste ovunque. I risultati che si possono ottenere da una registrazione di questo tipo sono:

- la frequenza caratteristica di risonanza del sito che rappresenta un parametro fondamentale per il corretto dimensionamento degli edifici in termini di risposta sismica locale in quanto si dovranno adottare adeguate precauzioni nell'edificare edifici aventi la stessa frequenza di vibrazione del terreno per evitare l'effetto di "doppia risonanza" estremamente pericolosi per la stabilità degli stessi;
- a frequenza fondamentale di risonanza di un edificio, qualora la misura venga effettuata all'interno dello stesso. In seguito sarà possibile confrontarla con quella caratteristica del sito e capire se in caso di sisma la struttura potrà essere o meno a rischio;
- la velocità media delle onde di taglio Vs calcolata tramite un apposito codice di calcolo. È necessario, per l'affidabilità del risultato, conoscere la profondità di un riflettore noto dalla stratigrafia (prova penetrometrica, sondaggio, ecc.) e riconoscibile nella curva H/V. E' possibile calcolare la Vs equivalente e la relativa categoria del suolo di fondazione come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018 e circolare n. 7.
- la stratigrafia del sottosuolo con un range di indagine compreso tra 0.5 e 700 m di profondità anche se il dettaglio maggiore si ha nei primi 100 metri. Il principio su cui si basa la presente tecnica, in termini di stratigrafia del sottosuolo, è rappresentato dalla definizione di strato inteso come unità distinta da quelle sopra e sottostanti per un contrasto d'impedenza, ossia per il rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e densità del mezzo stesso;

Le basi teoriche della tecnica HVSR si rifanno in parte alla sismica tradizionale (riflessione, rifrazione, diffrazione) e in parte alla teoria dei microtremiti. La forma di un'onda registrata in un sito x da uno strumento dipende:

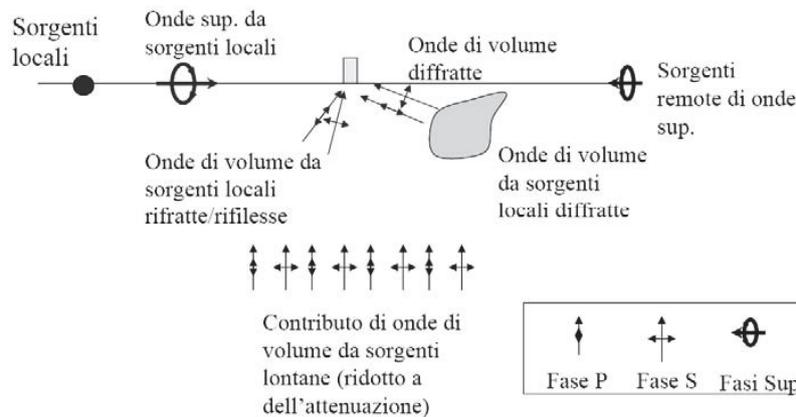
1. dalla forma dell'onda prodotta dalla sorgente s,
2. dal percorso dell'onda dalla sorgente s al sito x (attenuazioni, riflessioni, rifrazioni, incanalamenti per guide d'onda),
3. dalla risposta dello strumento.

Possiamo scrivere questo come:

**segnale registrazione al sito x = sorgente \* effetti di percorso \* funzione trasferimento strumento.**

Il rumore sismico ambientale, presente ovunque sulla superficie terrestre, è generato dai

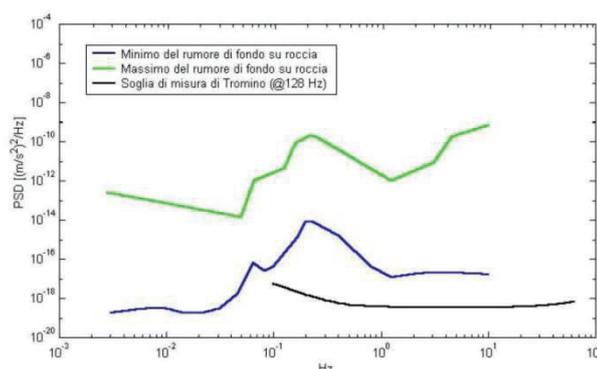
fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore poiché riguarda oscillazioni molto piccole, molto più piccole di quelle indotte dai terremoti. I metodi che si basano sulla sua acquisizione si dicono passivi in quanto il rumore non è generato ad hoc, come ad esempio le esplosioni della sismica attiva.



Nel tragitto dalla sorgente  $s$  al sito  $x$  le onde elastiche (sia di terremoto che microtremore) subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda, attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartate dalla sismologia classica, contiene informazioni. Questa informazione è però "sepolta" all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Una di queste tecniche è la teoria dei rapporti spettrali o, semplicemente, HVSR che è in grado di fornire stime affidabili delle frequenze principali dei sottosuoli; informazione di notevole importanza nell'ingegneria sismica.

## 2. Strumentazione e metodologia

Per l'acquisizione dei dati è stato utilizzato un tromometro digitale modello "Tromino" che rappresenta la nuova generazione di strumenti ultra-leggeri e ultra-compatti in alta risoluzione adatti a tali misurazioni. Lo strumento racchiude al suo interno tre velocimetri elettrodinamici ortogonali tra loro ad alta definizione con intervallo di frequenza compreso tra 0.1 e 256 Hz. I dati vengono memorizzati in una scheda di memoria interna da 512 Mb, evitando così la presenza di qualsiasi cavo che possa introdurre rumore meccanico ed elettronico. Nella figura seguente si riporta la curva di rumore di "Tromino" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la Terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



I dati sono stati convertiti in file ASCII mediante il software "Grilla", fornito a supporto dello strumento utilizzato, quindi elaborati per ottenere spettri di velocità in funzione della frequenza. Per evitare di introdurre basse frequenze spurie i dati sono stati corretti per offset e trend ma non filtrati così come raccomandato dalla norma DIN 4150-3.

In fase operativa si sono seguite le seguenti operazioni:

1. il rumore sismico è stato registrato nelle sue tre componenti per un intervallo di tempo dell'ordine delle decine di minuti (circa 20 minuti),
2. la registrazione è stata suddivisa in intervalli della durata di qualche decina di secondi ciascuno,
3. per ogni segmento viene eseguita un'analisi spettrale del segmento nelle sue tre componenti,
4. per ciascun segmento si calcolano i rapporti spettrali fra le componenti del moto sui piani orizzontale e verticale,
5. vengono calcolati i rapporti spettrali medi su tutti i segmenti.

Per considerare la misura ottenuta come una stima dell'ellitticità delle onde di Rayleigh è necessario che:

1. i rapporti H/V ottenuti sperimentalmente siano "stabili" ovvero frutto di un campionamento statistico adeguato,
2. gli effetti di sorgente siano stati effettivamente mediati ovvero non ci siano state sorgenti "dominanti",
3. la misura non contenga errori sistematici (per es. dovuti ad un cattivo accoppiamento dello strumento con il terreno)

Per la determinazione delle velocità delle onde di taglio si utilizza un codice di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in AKI (1964) e Ben-Menahem e Singh (1981). Il codice può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (limitati a 50 nella tabella d'input), in qualsiasi intervallo di frequenze e in un qualsiasi numero di modi (fondamentale e superiori). Operativamente si costruisce un modello teorico HVSR avente tante discontinuità sismiche quante sono le discontinuità evidenziate dalla registrazione eseguita. Successivamente, tramite uno specifico algoritmo, si cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale; in questo modo si otterranno gli spessori dei sismostrati con la relativa velocità delle onde Vs.

Il complesso delle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica è stato varato con ordinanza n. 3274 del presidente del Consiglio dei Ministri del 20 marzo 2003 ed è stato pubblicato sulla Gazzetta Ufficiale l'8 maggio e successivamente ripreso dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018. Le nuove norme si compongono di quattro argomenti e in particolare in n°2 evidenzia le norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici. Come si legge nel documento esplicativo, la principale finalità del corpo delle nuove norme è quella di rinnovare profondamente le norme tecniche per le zone sismiche adottando, in modo omogeneo per tutto il paese, soluzioni coerenti con il sistema di norme già definito a livello europeo (Eurocodice 8). Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di risposta sismica locale. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base (R), subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S). Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relazione lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale  $H / V = 1$ ) con quello effettivamente misurato in superficie. La rappresentazione di un moto sismico può essere espressa sia nel campo del tempo che delle frequenze. Per capire la procedura per il calcolo del moto sismico in superficie analizziamo un caso semplificato di un deposito di

terreno omogeneo di spessore H, poggiante su un basamento roccioso soggetto ad onde di taglio con direzione di propagazione verticale. Se le onde di taglio verticali incidenti sono sinusoidali di frequenza f, l'accelerazione sull'affioramento rigido è una sinusoidale di frequenza f e ampiezza  $a_{maxr}$  mentre la corrispondente accelerazione alla superficie del deposito, anch'essa sinusoidale di frequenza f, ha ampiezza paria ad  $a_{maxs}$ . Il rapporto  $a_{maxr}/a_{maxs}$  prende il nome di fattore di amplificazione, A, e dipende dalla frequenza dell'eccitazione armonica, dal fattore di smorzamento del terreno e dal rapporto  $I = (bV_b) / (sV_s)$  tra l'impedenza sismica della roccia di base  $bV_b$  e quella del deposito  $sV_s$ . La variazione del fattore di amplificazione con la frequenza definisce la funzione di amplificazione  $A(f)$  del deposito. Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle **frequenze naturali  $f_n$**  di vibrazione del deposito:

$$f_n = 1/T_n = (V_s * (2n-1)) / (4 * H) \quad \text{con } n=1,2,\dots,$$

[3.1] mentre risulta ridotto di amplificazione alle frequenze elevate a causa dello smorzamento del terreno. Di particolare importanza è la prima frequenza naturale di vibrazione del deposito  $f_1$ , denominata **frequenza fondamentale di risonanza**:

$$f_1 = 1 / T_1 = V_s / 4H \quad [3.2]$$

E' quindi necessario porre estrema attenzione a fenomeni di "doppia risonanza", cioè la corrispondenza tra le frequenze fondamentali del segnale sismico così come trasmesso in superficie e quelle dei manufatti ivi edificati in quanto le azioni sismiche su di essi sarebbero, a dir poco, gravose.

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, secondo la formula (cfr. Es. Pratt):

$$\text{freq. Naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz} / \text{numero piani} \quad [3.3]$$

E' la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura:

**freq. naturale edificio**  $\approx$  **freq. fondamentale di risonanza del sito** [3.4] ad essere particolarmente pericolosa, poiché da luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

Negli ultimi anni un progetto europeo denominato SESAME (Site Effects Assessment using Ambient Excitations) si è occupato di stabilire delle linee guida per la corretta esecuzione delle misure di microtremore ambientale in stazione singola e array. Esso ha anche fornito dei criteri per valutare la bontà delle curve HVSR e la significatività dei picchi H/V eventualmente trovati. In un'apposita tabella verranno evidenziati i risultati di detti criteri.

Per una corretta ricostruzione sismica del sottosuolo e una buona stima delle onde  $V_s$  è necessario adottare una modellizzazione numerica che può essere rappresentata dalla seguente equazione:

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{j=2}^N \frac{h_j}{V_{s,j}}} = \frac{\sum_{j=1}^N h_j}{\sum_{j=1}^N \frac{h_j}{V_{s,j}}}$$

[3.5] dove:

- ✓  $V_{seq}$  = valore di velocità delle onde di taglio [m/s]
- ✓ H = profondità alla quale si desidera stimare  $V_s$  [m] (equivalente)
- ✓  $h_i$  = spessore dello strato i - esimo [m]

In via puramente indicativa, al fine di correlare le velocità delle onde di taglio ad un tipo di suolo, si riportano una serie d'esempi di classificazioni fatte sulla base di semplici misure H/V a stazione singola. In tutti i siti descritti, la stratigrafia è nota da sondaggi e prove penetrometriche e il profilo  $V_s$  è ricavato anche con metodi alternativi.

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

### 3. Interpretazione delle misure eseguite

L'interpretazione consente di correlare il valore di picco dello spettro di risposta HVSR con la profondità del substrato roccioso compatto (bedrock geofisico) e di individuare una corrispondenza tra i valori di frequenza relativi alle discontinuità sismiche e i cambi litologici presenti nell'immediato sottosuolo.

Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, si possono ricavare il valore di frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde una profondità [m] dell'orizzonte che genera il contrasto d'impedenza si può estrapolare una stratigrafia geofisica del sottosuolo.

La frequenza caratteristica di risonanza del sito risulta generata dalla discontinuità sismica localizzata alle medie frequenze (circa 1,5 Hz) e associabile a contatto copertura - roccia. La sovrapposizione degli spettri sismici acquisiti (figura a seguire) mostra un andamento monodimensionale del substrato roccioso mentre per frequenze maggiori (minori profondità) si osservano sostanziali diversità.

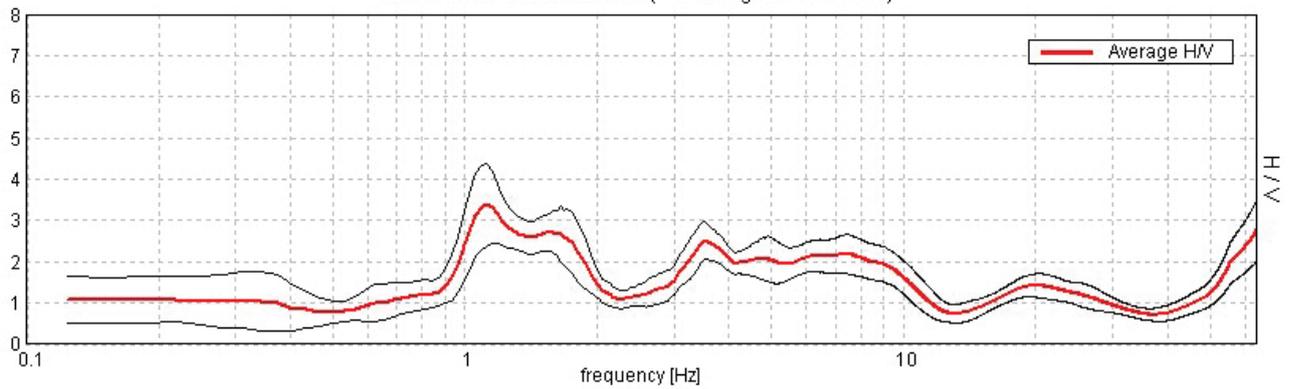
# DITTA: VIA DELLE ROSE - SCOGLITTI

Instrument: TRZ-0046/01-09  
Start recording: 27/05/23 10:51:04      End recording: 27/05/23 11:11:05  
Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST ; UP DOWN  
GPS data not available

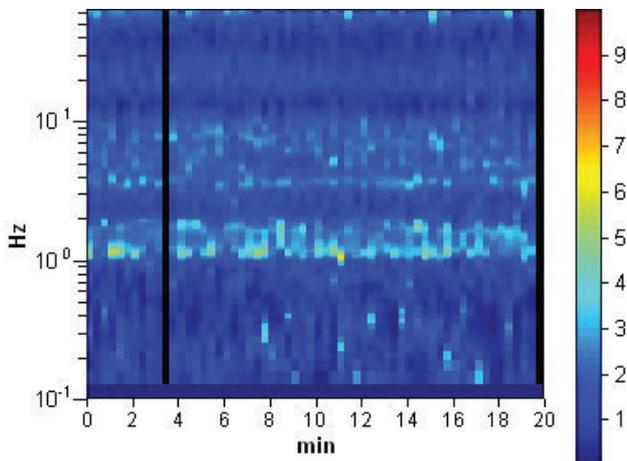
Trace length: 0h20'00".      Analyzed 97% trace (manual window selection)  
Sampling rate: 128 Hz  
Window size: 20 s  
Smoothing type: Triangular window  
Smoothing: 15%

## HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO

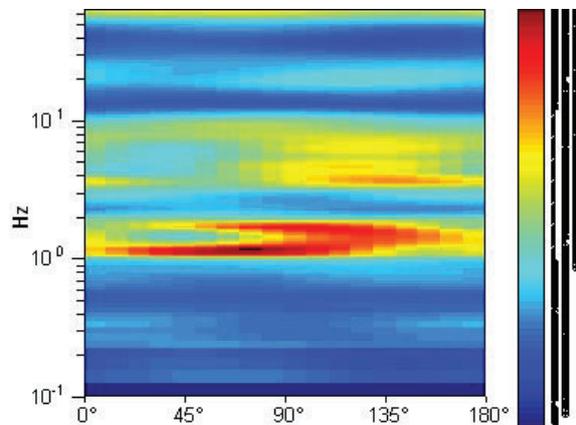
Max. H/V at  $1.13 \pm 3.09$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



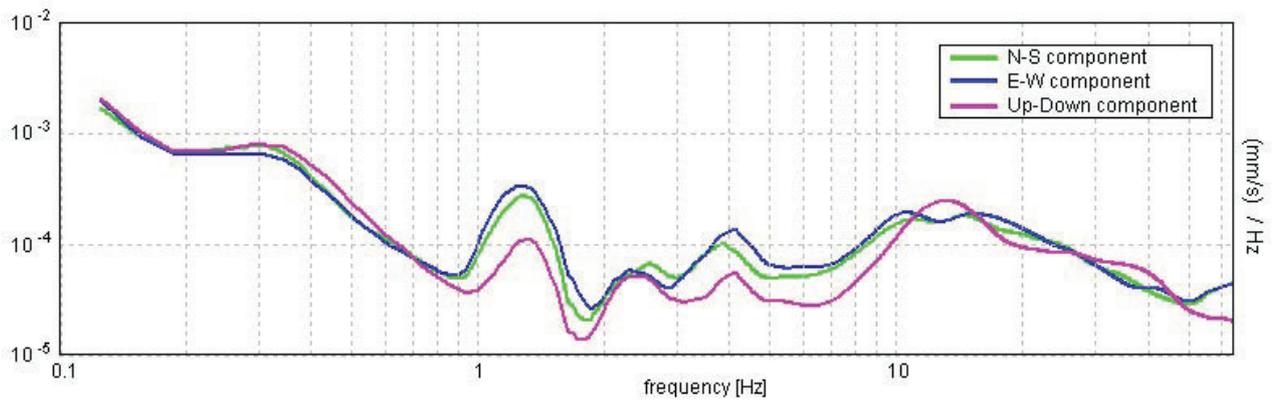
## H/V TIME HISTORY



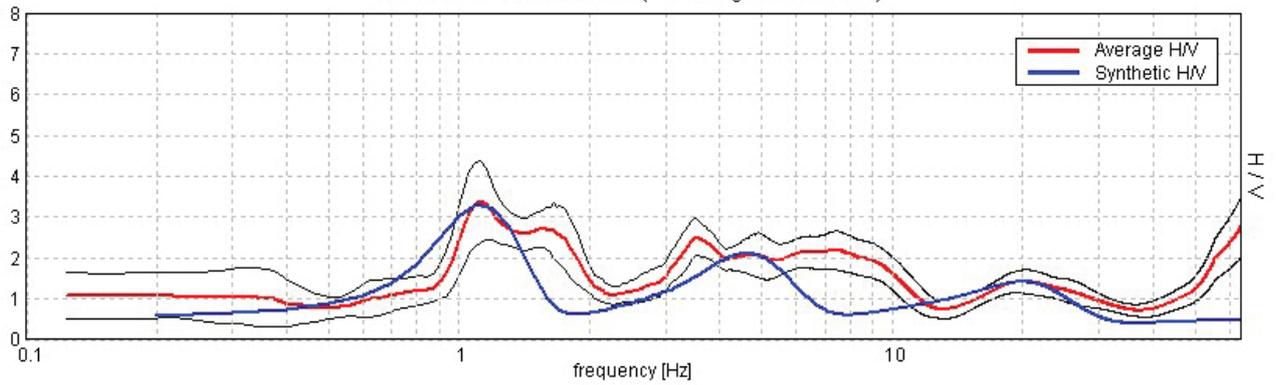
## DIRECTIONAL H/V



# SINGLE COMPONENT SPECTRA

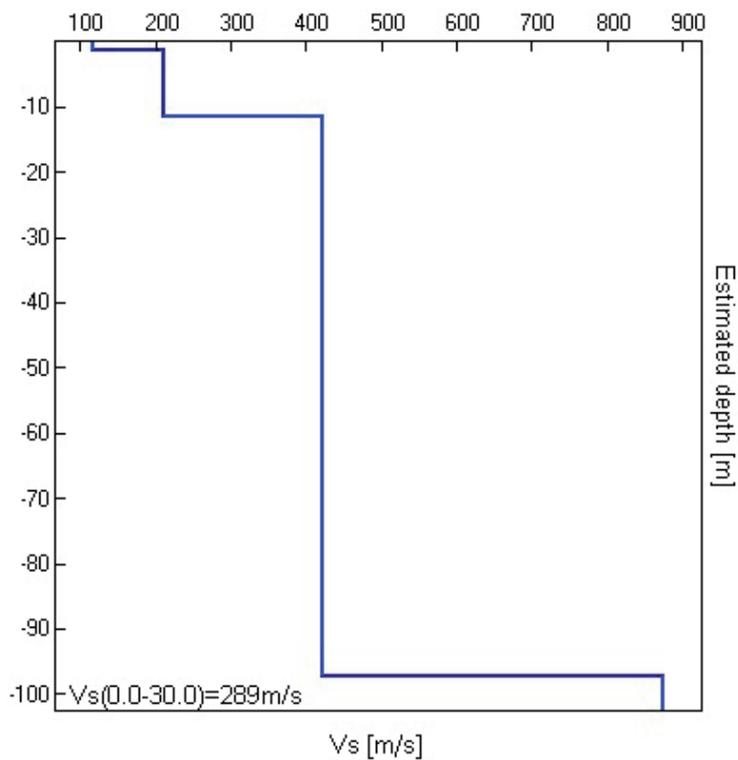


**EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V**  
 Max. H/V at  $1.13 \pm 3.09$  Hz. (In the range 0.0 - 64.0 Hz).



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
0.50	0.50	117	0.35
11.42	10.00	210	0.35
97.42	86.00	422	0.35
inf.	inf.	875	0.35

Vs(eq.)=289m/s



È stato quindi possibile stimare, tramite la formula [3.5], la velocità delle onde Vs equivalente dal p.c. (Vs equivalente) come esplicitamente richiesto dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 17 gennaio 2018 e circolare: **Vs equivalente ≈ 289 m/s.**

Nella tabella seguente, s'illustra la qualità del segnale acquisito in base al progetto SESAME (Linee guida 2005). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi.

**Max. H/V at 1.13 ± 3.09 Hz (in the range 0.0 - 64.0 Hz).**

**Criteria for a reliable H/V curve**

[All 3 should be fulfilled]

$f_0 > 10 / L_w$	1.13 > 0.50	OK	
$n_c(f_0) > 200$	1305.0 > 200	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 > 0.5\text{Hz}$ $\sigma_A(f) < 3$ for $0.5f_0 < f < 2f_0$ if $f_0 < 0.5\text{Hz}$	Exceeded 0 out of 55 times	OK	

**Criteria for a clear H/V peak**

[At least 5 out of 6 should be fulfilled]

Exists $f^-$ in $[f_0/4, f_0]$   $A_{H/V}(f^-) < A_0 / 2$	0.938 Hz	OK	
Exists $f^+$ in $[f_0, 4f_0]$   $A_{H/V}(f^+) < A_0 / 2$	1.969 Hz	OK	
$A_0 > 2$	3.38 > 2	OK	
$f_{\text{peak}}[A_{H/V}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 1.36139  < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	1.53156 < 0.1125	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	0.4899 < 1.78	OK	

$L_w$	window length
$n_w$	number of windows used in the analysis
$n_c = L_w n_w f_0$	number of significant cycles
$f$	current frequency
$f_0$	H/V peak frequency
$\sigma_f$	standard deviation of H/V peak frequency
$\varepsilon(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
$A_0$	H/V peak amplitude at frequency $f_0$
$A_{H/V}(f)$	H/V curve amplitude at frequency $f$
$f^-$	frequency between $f_0/4$ and $f_0$ for which $A_{H/V}(f^-) < A_0/2$
$f^+$	frequency between $f_0$ and $4f_0$ for which $A_{H/V}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	standard deviation of $A_{H/V}(f)$ , $\sigma_A(f)$ is the factor by which the mean $A_{H/V}(f)$ curve should be multiplied or divided
$\sigma_{\log H/V}(f)$	standard deviation of $\log A_{H/V}(f)$ curve
$\theta(f_0)$	threshold value for the stability condition $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

**Threshold values for  $\sigma_f$  and  $\sigma_A(f_0)$**

Freq. range [Hz]	< 0.2	0.2 – 0.5	0.5 – 1.0	1.0 – 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	0.25 $f_0$	0.2 $f_0$	0.15 $f_0$	0.10 $f_0$	0.05 $f_0$
$\theta(f_0)$ for $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ for $\sigma_{\log H/V}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20

#### 4. Modello sismico locale

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, si rende necessario valutare l'effetto della risposta sismica locale mediante specifiche analisi. In assenza di tali analisi, per la definizione dell'azione sismica si può fare riferimento ad un approccio semplificato, che si basa sull'individuazione di categorie di sottosuolo di fondazione (Tab. 3.2.II - D.M. 17 gennaio 2018):

Categoria	Descrizione
A	<b>Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi</b> 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	<b>Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grani fine molto consistenti</b> 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	<b>Deposit</b> di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fine 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.
D	<b>Deposit</b> 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	<b>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D</b> , con profondità del substrato non superiore a 30 m.

Dalla ricostruzione del quadro geofisico emerso dal seguente studio, si ritiene opportuno inserire il sito in oggetto di studio nella **Categoria C** (Deposit