

# Dott. Angelo Strazzera

GEOLOGO

TECNICO DELLA VALUTAZIONE DEL RISCHIO SISMICO  
GEOLOGIA E GEOFISICA APPLICATA ALL'INGEGNERIA CIVILE

## COMUNE DI S. VITO LO CAPO

(Libero Consorzio Comunale già Provincia Regionale di Trapani)

### PIANO URBANISTICO GENERALE P.U.G. (art. 26 L.R. 19/2020 – titolo VI, Capo I)



COMMITTENTE:  
*Amministrazione comunale*



### STUDIO GEOLOGICO

ai sensi del D.A. n° 120/GAB del 14.07.2021

#### Allegati:

- Aerofotogrammetrie 1:10000 - 1:2000
- Carte geologiche 1:10000 - 1:2000
- Carte geomorfologiche 1:10000 - 1:2000
- Carte idrogeologiche 1:10000
- Carte litotecniche 1:10000 - 1:2000
- Carte della pericolosità in scala 1:10000
- Studio di **Microzonazione Sismica di I livello** redatto dal DiSTeM di UNIPA.

**IL GEOLOGO**  
*(Dr. Prof. Angelo Strazzera)*

#### PER PRESA VISIONE:

**Il progettista**  
*(Prof. Ing. Arch. Giuseppe Trombino)*

#### PER PRESA VISIONE:

**Il Dirigente III settore Urbanistica U.T.C.**

## **INDICE**

<b>§ 1</b>	<b>- Premessa .....</b>	pag. 4
<b>§ 2</b>	<b>- Inquadramento Geografico .....</b>	pag. 10
<b>§ 3</b>	<b>- Lineamenti geomorfologici del Territorio .....</b>	pag. 11
3.1	- Generalità .....	pag. 11
3.1.1	- Le indicazioni generali del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04.2021) .....	pag. 12
3.2	- Il promontorio di Capo San Vito .....	pag. 14
3.2.1	- Le indicazioni particolari del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04.2021) .....	pag. 16
3.3	- L'Anfiteatro Montuoso di Macari .....	pag. 17
3.3.1	- La frana di Macari del febbraio 2001 .....	pag. 19
3.3.2	- Le indicazioni particolari del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04.2021) .....	pag. 22
3.3.3	- Considerazioni sulla pericolosità geomorfologica ed idraulica alla luce del nubifragio dell'11/12/2005 e dell'incendio della notte tra il 4 e il 5 agosto 2012 .....	pag. 24
3.3.4	- L'instabilità in località "Grotticelle" .....	pag. 30
3.4	- La Piana di Castelluzzo .....	pag. 33
3.4.1	- Le indicazioni particolari del Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04.2021) .....	pag. 34
3.5	- La costa orientale e la Riserva dello Zingaro .....	pag. 34
<b>§ 4</b>	<b>- Caratteri idrogeologici del Territorio .....</b>	pag. 38
4.1	- Generalità .....	pag. 38
4.2	- Regime pluviometrico e caratteristiche climatiche .....	pag. 38
4.3	- Il Bilancio idrogeologico .....	pag. 46
4.3.1	- Le principali opere di captazione della risorsa idrica nel territorio comunale .....	pag. 48
4.4	- Idrogeologia del promontorio di Capo San Vito .....	pag. 49
4.5	- L'idrogeologia dell'Anfiteatro Montuoso di Macari .....	pag. 51
4.6	- L'idrogeologia della Piana di Castelluzzo .....	pag. 53
<b>§ 5</b>	<b>- Inquadramento geologico ed assetto stratigrafico-strutturale del Territorio .....</b>	pag. 55
5.1	- Generalità .....	pag. 55
5.2	- Studi precedenti .....	pag. 55
5.3	- Inquadramento geologico ed Assetto stratigrafico strutturale del Territorio .....	pag. 56
5.3.1	- Le unità tettoniche e le rispettive "Serie Stratigrafiche" .....	pag. 57
5.3.1.1	- L'unità Monte Ramalloro .....	pag. 58
5.3.1.2	- L'unità Monte Monaco .....	pag. 59
5.3.1.3	- L'unità Monte Acci – Pizzo di Sella .....	pag. 61
5.3.1.4	- L'unità Monte Speziale – Monte Palatimone .....	pag. 64
5.3.1.5	- L'unità Monte Sparagio – Monte Cofano .....	pag. 66
5.3.2	- I «Depositi Tardorogeni» .....	pag. 68

<b>§ 6</b>	<b>- Pericolosità sismica locale ed indicazioni per la riduzione del rischio sismico</b>	pag. 70
6.1	- Generalità .....	pag. 70
6.2	- Pericolosità sismica di base .....	pag. 72
6.2.1	- Sismicità storica del territorio comunale .....	pag. 73
6.2.2	- Sismicità del territorio nazionale dal sito web dell'I.N.G.V. .....	pag. 79
6.3	- Campagna di indagini geognostiche .....	pag. 81
6.3.1	- Prospettive geofisiche – Indagini tromografiche (acquisizione di microtremori con singola stazione sismica) .....	pag. 83
6.3.2	- Strumentazione utilizzata e metodologia di analisi dei dati .....	pag. 86
6.3.3	- Interpretazione delle misure di rumore sismico (microtremori) e stima delle velocità delle onde S .....	pag. 88
<b>§ 7</b>	<b>- Modello geologico del sottosuolo e caratteristiche litotecniche dei “terreni” ...</b>	pag. 95
7.1	- Premessa .....	pag. 95
7.2	- Centro urbano di S. Vito ed aree limitrofe .....	pag. 96
7.2.1	- Modello geologico generale del Centro urbano di S. Vito Lo Capo – Centro Storico .....	pag. 98
7.2.2	- Modello geologico generale dell’area urbana limitrofa alla falesia di Piana di Sopra .....	pag. 99
7.2.3	- Modello geologico generale dell’area di cava di via Del Secco .....	pag. 100
7.3	- Nucleo urbano di Macari ed aree limitrofe .....	pag. 101
7.3.1	- Modello geologico generale del Nucleo urbano di Macari .....	pag. 103
7.4	- Nucleo urbano di Castelluzzo ed aree limitrofe .....	pag. 105
7.4.1	- Modello geologico generale del Nucleo urbano di Castelluzzo .....	pag. 107
<b>§ 8</b>	<b>- Conclusioni e considerazioni sulla Suscettività del territorio .....</b>	pag.109
8.1	- Aree idonee all’edificazione .....	pag.109
8.1.1	- Interventi ammessi dal punto di vista geologico .....	pag.111
8.1.2	- Prescrizioni di carattere geologico .....	pag.111
8.2	- Aree non idonee all’edificazione .....	pag.111
8.2.1	- Interventi ammessi dal punto di vista geologico .....	pag.113
8.2.2	- Prescrizioni di carattere geologico .....	pag.113
8.3	- Aree idonee all’edificazione “a condizione” .....	pag.113
8.3.1	- Interventi ammessi dal punto di vista geologico .....	pag.117
8.3.2	- Prescrizioni di carattere geologico .....	pag.117
<b>§ 9</b>	<b>- Bibliografia .....</b>	pag.125



## 1 .- PREMESSA

La presente relazione è stata redatta a seguito dello **studio geologico** inerente al **Piano Urbanistico Generale Comunale (P.U.G. art. 26 L.R. 19/2021 Titolo VI - Capo I)**.

La progettazione dello "**strumento urbanistico**" è stata affidata al **Prof. Ing. Arch. Giuseppe Trombino**; al sottoscritto, con **Determinazione n° 1381 del 28.12.2021**, è stato affidato l'incarico per la consulenza geologica.

Questo studio rappresenta un aggiornamento con integrazioni dello **studio geologico** inerente alla **Revisione generale del P.R.G. di S. Vito Lo Capo (TP) ai sensi dell'art. 3 della L.R. 15/1991** redatto dal sottoscritto nel 2015.

Lo studio geologico eseguito, in armonia con i dettami e le prescrizioni sancite dal **D.A. n° 120/Gab del 14 luglio 2021** emanato dall'**Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia** in merito a studi di carattere urbanistico, dopo avere descritto i principali caratteri geologici, geomorfologici, idrogeologici e litotecnici del territorio comunale, ha focalizzato l'attenzione sugli "aspetti sismici" per far emergere eventuali anomalie e tratteggiare nel complesso le caratteristiche legate alla risposta sismica locale.

Questo studio, inoltre, ha tenuto conto di **nuove indagini sismiche (indagini tromografiche HVSR e tomografie sismiche)** per l'aggiornamento, anche, della "**Microzonazione sismica di primo livello**" eseguita dal Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTE<sup>M</sup>) dell'Università degli Studi di Palermo, con il contributo del sottoscritto. Tale studio viene allegato alla presente relazione geologica conclusiva.

**Per l'espletamento dell'incarico sono state adottate le seguenti metodologie:**

- ☒ **Dapprima** sono state effettuate ricerche bibliografiche sui più recenti ed affidabili lavori inerenti alla geologia del territorio e su precedenti studi svolti dallo scrivente nelle stesse aree per problematiche analoghe. Sempre in questa fase si è ricostruita la base cartografica in scala adeguata (stralci aerofotogrammetrici in scala 1:10.000 e 1:2.000).
- ☒ **Successivamente** si è svolto il rilievo geologico di superficie del **Territorio comunale** in generale e delle **aree urbane** in particolare. I dati raccolti hanno consentito di ricostruire le carte geologiche e sulla base di quest'ultime, in funzione delle varie tematiche affrontate, gli specifici elaborati cartografici richiesti con la circolare assessoriale già citata.
- ☒ **Inoltre, per le aree urbane** degli abitati di S. Vito Lo Capo, Macari e Castelluzzo, **sono stati effettuati in totale n° 53 campionamenti di rumore sismico**, che con i dati geofisici e geognostici acquisiti dallo scrivente relativi a **profili sismici a rifrazione, sondaggi elettrici verticali e perforazioni meccaniche** relativi a precedenti campagne di indagine geognostica, hanno permesso la realizzazione della procedura di **Microzonazione Sismica di livello 1** raccomandata, per studi di pianificazione urbanistica, dal **Gruppo di lavoro MS "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, Roma 2008**. Inoltre, le indagini geognostiche fin qui

descritte, sono state incrementate di **n° 5 profili sismici a rifrazione con interpretazione tomografica dei dati acquisiti, n° 5 tomografie elettriche**, ulteriori **11 campionamenti di vibrazioni ambientali (rumore sismico)** anch'essi **interpretati con tecnica HVSR**, ed ancora, sono state realizzate **n° 4 trincee paleosismologiche**. Indagini eseguite per un precedente **Studio Speleo-tettonico strutturale fornito dall'Amministrazione Comunale**.

- Infine**, è stata redatta la presente relazione conclusiva che raccoglie ed espone i risultati acquisiti nelle varie fasi dell'indagine con particolar riguardo agli aspetti legati all'assetto idrogeologico ed alla risposta sismica locale. Il grado di conoscenza raggiunto, pur risultando approssimato nei limiti del metodo d'indagine utilizzato, si può considerare soddisfacente e rispondente alle necessità di pianificazione territoriale.

Lo studio che viene illustrato nel corso della presente relazione geologica, redatta ai sensi del **D.A. n° 120/Gab del 14 luglio 2021** e dell'**art. 13 Legge n° 64/74**, verrà integrato con ulteriori specifiche informazioni sulla natura dei luoghi, come ad esempio la caratterizzazione fisico-meccanica dei litotipi di fondazione, che verranno acquisite durante le fasi di progettazione esecutiva dei singoli interventi edili, ove previsto, con la realizzazione di specifiche indagini geognostico-geotecniche.

Alla presente relazione geologica vengono allegati:

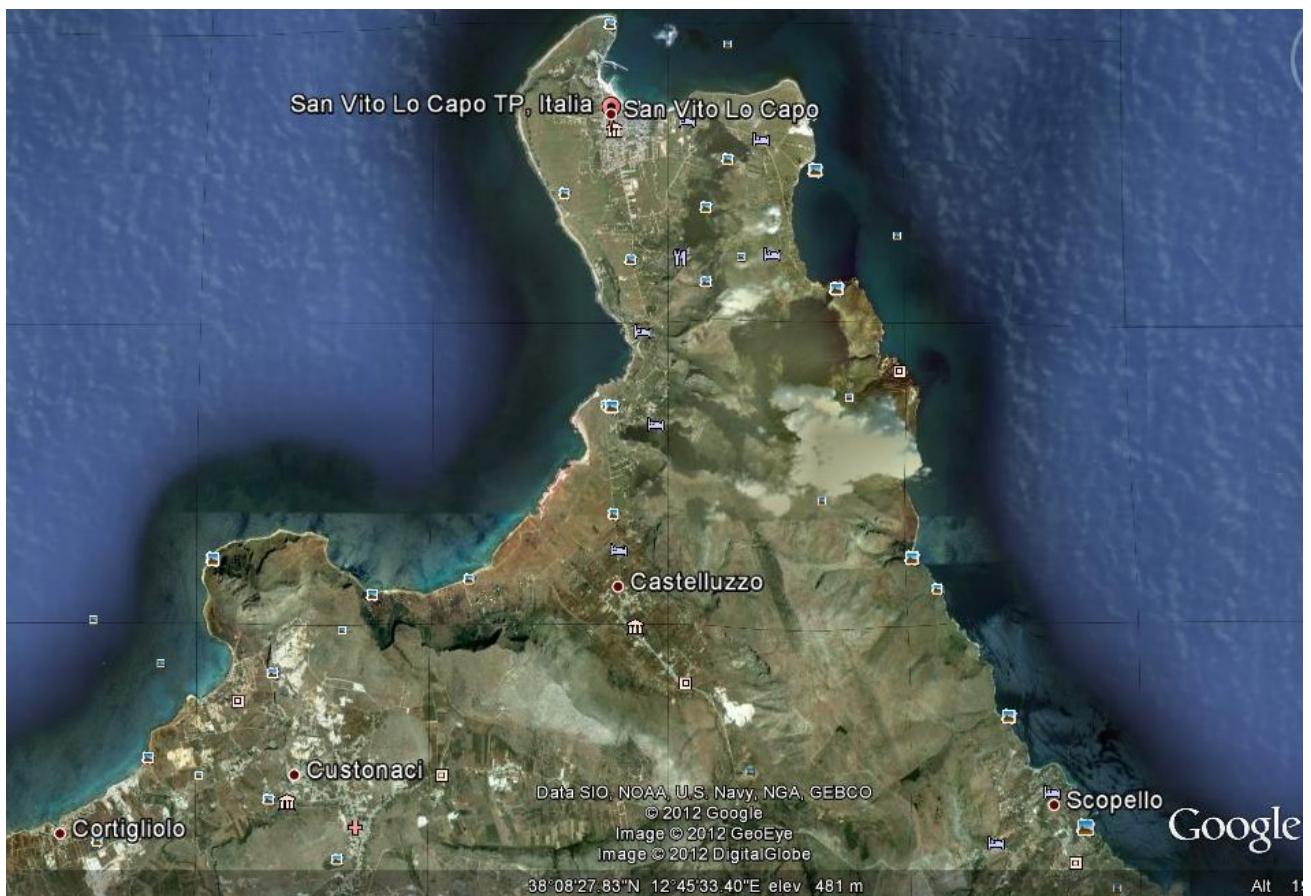
- Stralci cartografici del territorio comunale** in scala 1:25.000, 1:10.000, 1:2.000;

- ☒ **Carta Geologica** generale redatta in scala 1:10.000 completa di **Sezioni geologiche** e carte geologiche di dettaglio redatte in scala 1:2.000;
- ☒ **Carta Geomorfologica** generale redatta in scala 1:10.000 e carte geomorfologiche di dettaglio redatte in scala 1:2.000;
- ☒ **Carta Idrogeologica** generale redatta in scala 1:10.000;
- ☒ **Carta Litotecnica** generale completa di **Sezioni litotecniche**, e Carte litotecniche di dettaglio redatte in scala 1:2.000;
- ☒ **Carta della pericolosità geologica**, redatta in scala 1:10.000;
- ☒ **Carta della pericolosità sismica e delle microzoni omogenee in prospettiva sismica**, redatta in scala 1:10.000;
- ☒ **Carta della suscettività all'edificazione**, redatta in scala 1:10.000;
- ☒ **Carta di sintesi per la pianificazione**, redatta in scala 1:2.000;
- ☒ **Sezioni geognostiche e sezioni sismostratigrafiche** dei luoghi studiati con caratteristiche litotecniche del sottosuolo;
- ☒ **Studio di Microzonazione sismica di I livello** eseguito dal **Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare dell'Università degli Studi di Palermo** con:
  - **Aggiornamento** della "Mappatura" dell'andamento delle frequenze e ampiezze di risonanza del sottosuolo (carta delle frequenze e ampiezze del rapporto H/V), sulle aree urbane del territorio comunale;
  - **Aggiornamento** della "Mappatura" dell'andamento della profondità del bedrock sismico (carta delle isobate), sulle aree urbane del territorio comunale;
  - **Aggiornamento** della Carta delle microzoni omogenee in prospettiva sismica (MOPS) relativa alle aree urbane del territorio comunale.

☒ **Documentazione fotografica.**

Si precisa, infine, che per l'inquadramento territoriale generale si è fatto ricorso agli elaborati cartografici redatti dal Prof. Ing. Arch. Giuseppe Trombino, forniti dall'Amministrazione Comunale.

Gli studi eseguiti, come già indicato, si sono basati principalmente sul rilievo geologico di superficie esteso ad un areale ben più vasto di quello relativo alle aree di studio, e sulle indagini geofisiche eseguite all'interno delle stesse, per raggiungere un adeguato grado di approfondimento nella ricostruzione del modello geologico del **territorio comunale di S. Vito Lo Capo**.



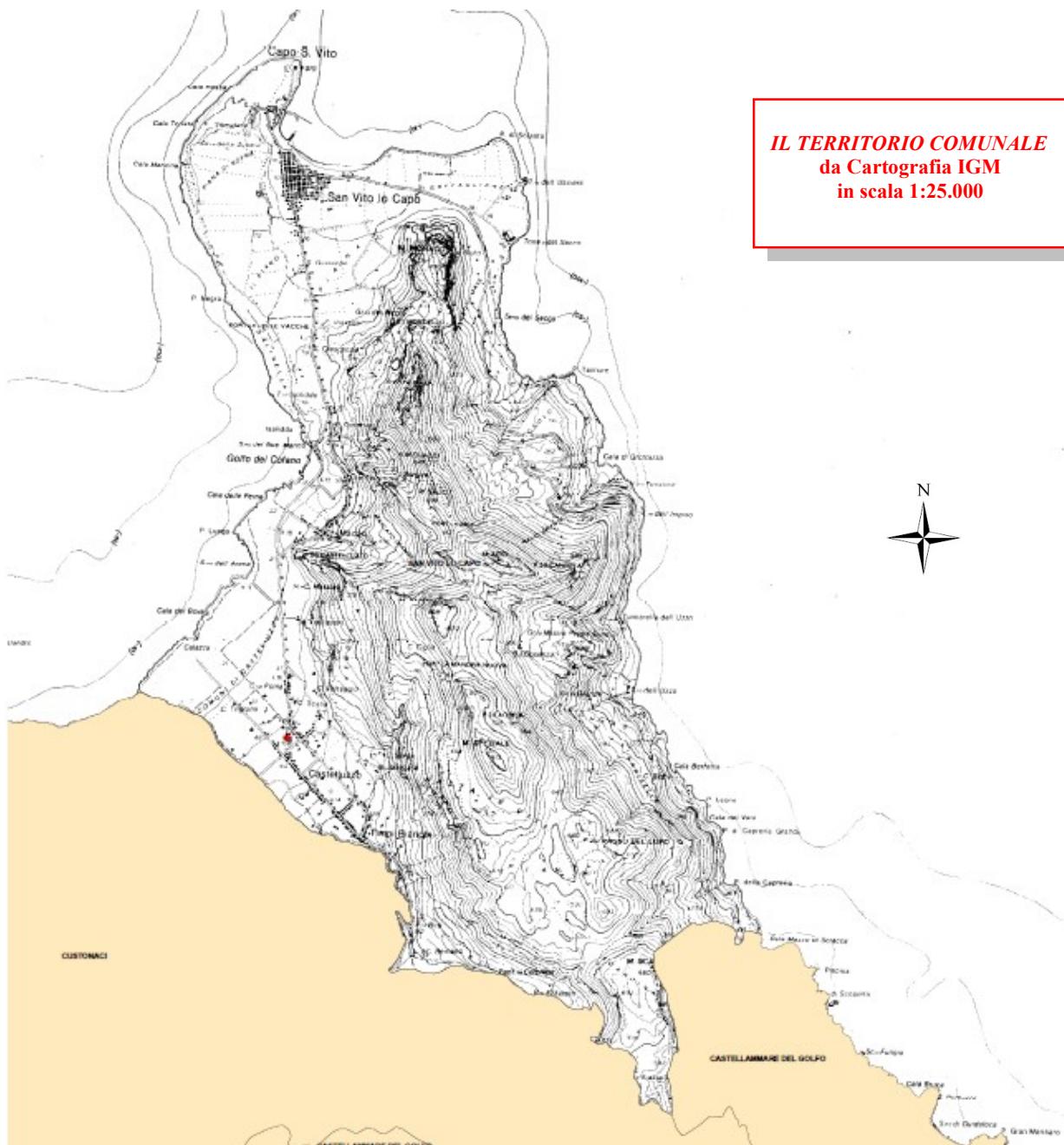


## Presidenza Regione Sicilia

Dipartimento Regionale della Protezione Civile  
Servizio sismico Regionale

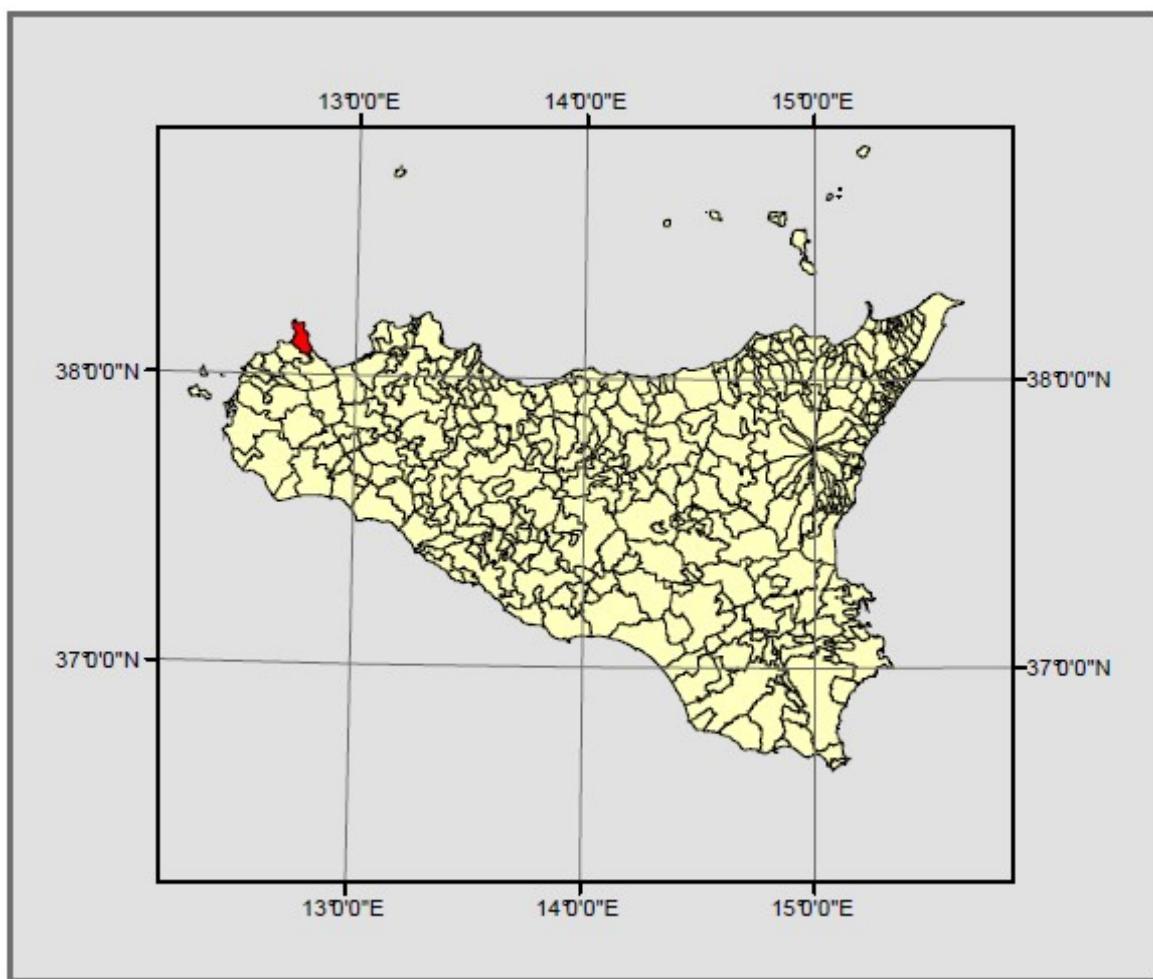


Strutture di interesse regionale a destinazione strategica o rilevante ai fini di eventuale collasso a seguito di evento sismico  
Provincia di Trapani  
Comune di San Vito Lo Capo



## 2.- INQUADRAMENTO GEOGRAFICO

Nella Carta d'Italia alla scala 1:25.000 **il territorio comunale di S. Vito Lo Capo** ricade nel foglio n° 248, Tavolette: 1) "S. VITO LO CAPO", I Quadrante, Orientamento SO; 2) "CASTELLUZZO", II Quadrante, Orientamento NO; 3) "Balata di Baida" II Quadrante, Orientamento SO; 3) "Castellammare del Golfo" II Quadrante, Orientamento SE.



*In rosso la posizione geografica del territorio comunale di S. Vito Lo Capo  
(da Dipartimento Regionale della Protezione Civile – Servizio Sismico Regionale)*

## 3 .- LINEAMENTI GEOMORFOLOGICI DEL TERRITORIO

### 3.1 .- GENERALITÀ

Il rilievo geomorfologico, così come lo stato di attività dei fenomeni morfogenetici che caratterizzano il territorio comunale di S. Vito Lo Capo, oggetto del presente studio, è stato dedotto da osservazioni di campagna basate sull'evoluzione delle forme, sulle caratteristiche della loro copertura vegetale e sulla tipologia delle opere antropiche realizzate. L'assetto geomorfologico del territorio di S. Vito Lo Capo è stato delineato correlando, sia quanto emerso dal rilievo geomorfologico di superficie, sia quanto emerso dall'analisi di studi precedenti consultabili attraverso le pubblicazioni scientifiche meglio specificate in bibliografia.

Particolarmente interessante è stata l'**analisi delle foto aeree** del territorio comunale, realizzate dalla **COMPAGNIA GENERALE RIPRESEAEREE di Parma nel 1987**, per conto dell'Assessorato Territorio ed ambiente della Regione Siciliana, **fornitemi dall'U.T.C.** È stato possibile, pertanto, studiare nel dettaglio ed in generale, l'evoluzione del territorio negli ultimi trent'anni.

**Il paesaggio del territorio comunale di S. Vito Lo Capo** mostra un *habitus* geomorfologico articolato; aree costiere sub-pianeggianti dove sono presenti più ordini di terrazzi marini, si affiancano ad aree montuose e collinari, caratterizzate da uno specifico assetto geomorfologico che evolve nella Penisola di Capo San Vito.

**L'orografia dell'area** è dominata dalla presenza della **dorsale montuosa** che si sviluppa , in direzione N - S, lungo

l'intera penisola di Capo San Vito. La dorsale comprende, da N verso S, Monte Monaco (532 m s.l.m.), Pizzo di Sella (704 m s.l.m.), Monte Acci (829 m s.l.m.), Monte Passo del Lupo (868 m s.l.m.), Monte Speziale (913 m s.l.m.) e Monte Sparagio (1.100 m s.l.m.). Da M. Sparagio ubicato a S del territorio comunale di S. Vito Lo Capo, si individua una dorsale montuosa minore che, con vergenza prima E - W e dopo ENE ed WSW, attraversa Monte Palatimone (595 m s.l.m.) fino a raggiungere, nella sua estremità nord-occidentale, il promontorio di Monte Cofano (659 m s.l.m.). I versanti occidentali della dorsale montuosa principale e settentrionali della dorsale minore, declinanti verso il mare, costituiscono i confini del Golfo del Cofano e racchiudono la **Piana di Castelluzzo** e la **Piana di Sopra**. Il versante orientale e sud-orientale della dorsale montuosa principale delinea la porzione occidentale del **Golfo di Castellammare** e rappresenta una porzione peculiare della **Riserva N.O. dello Zingaro**.

### 3.1.1 .- Le indicazioni generali del Piano Stralcio di Bacino per L'assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04.2021)

La quantificazione dei dissesti e dei potenziali dissesti idrogeologici che interessano e possono interessare il territorio comunale di S. Vito Lo Capo, sono illustrati nella **Relazione generale del Piano Stralcio di Bacino per L'assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04.2021)**. In generale il territorio comunale è compreso nelle **Aree Territoriali 046 e 047**, rispettivamente

comprendenti le estensioni territoriali tra il bacino idrografico del Fiume S. Bartolomeo e Punta di Solanto (046) e quelle comprese tra Punta di Solanto ed il bacino idrografico del Torrente Forgia (047).

Fa parte dell'**aggiornamento P.A.I.** come già detto, per gli aspetti geomorfologici dei Bacini 046 e 047 del Comune di San Vito Lo Capo (TP), **il D.S.G. n. 89 del 13.04. 2021**, con la documentazione di seguito elencata e precisamente:

1. - Relazione Geomorfologica.
2. - Carte tematiche in scala 1:10.000 che sostituiscono le corrispondenti carte tematiche dei Bacini 046 e 047 già approvati con D.P.R. n. 230 e D.P.R. 229 del 05/03/2007 e ss.mm.ii, ed in particolare:
  - 2.a - Carta dei dissesti in scala 1:10.000 delle sezioni CTR nn. 593010, 593020, 593050, 593060, e 593100;
  - 2.b - Carta della pericolosità e del rischio in scala 1:10.000 delle sezioni CTR nn. 593010, 593020, 593050, 593060, e 593100;
  - 2.c - Carta della pericolosità in scala 1:10.000 delle sezioni CTR nn. 593060 e 593100.
3. - Verbale della Conferenza Programmatica del 01/03/2021.

Il territorio, in generale, non presenta particolari problemi di instabilità; i dissesti censiti sono riconducibili prevalentemente a fenomeni di crollo.

TIPOLOGIA	ATTIVI		INATTIVI		QUIESCENTI		STABILIZZATI		TOTALE	
	N.	Area [Ha]	N.	Area [Ha]	N.	Area [Ha]	N.	Area [Ha]	N.	Area [Ha]
Crollo/ribaltamento	31	66,22							31	66,22
Colamento rapido										
Sprofondamento										
Scorrimento										
Frana complessa							1	59,17	1	59,17
Espansione laterale DGPV										
Colamento lento										
Area a fransosità diffusa										
Deformazioni superficiali lente(creep)										
Calanchi										
Dissesti dovuti ad erosione accelerata	5	9,41							5	9,41
<b>TOTALE</b>	<b>36</b>	<b>75,63</b>					<b>1</b>	<b>59,17</b>	<b>37</b>	<b>134,80</b>

**Tabella 1. Tipologia, Numero e superficie dei dissesti nel comune di San Vito Lo Capo  
(da Relazione Generale - P.A.I. 2006)**

In corrispondenza dei fronti rocciosi si evidenziano, a luoghi, prismi di roccia di varie dimensioni potenzialmente instabili, generati dalle numerose superfici di discontinuità variamente orientate presenti negli ammassi di natura carbonatica che, nelle aree abitate, mettono a rischio le sottostanti abitazioni.

### 3.2 .- IL PROMONTORIO DI CAPO SAN VITO

Il nucleo urbano di S. Vito Lo Capo si "incastona" all'interno del promontorio omonimo caratterizzato ad oriente dalla catena dei rilievi di M.te Monaco, C.<sup>zzo</sup> Mondello, P.<sup>zzo</sup>

di Sella, mentre nei settori settentrionale ed occidentale, sono presenti delle superfici sub-orizzontali che sono state create dall'azione di abrasione del moto ondoso sugli antichi fondali marini, indicate, oggi, con il termine di "terrazzi".

Il processo di abrasione marina, risalente al Quaternario, ha originato una "**ripa di erosione o falesia**" ed una "**piattaforma di erosione**" alla sua base. Tali geostrutture orlano quasi con continuità la "**Piana di Sopra**" così come evidenziato nella cartografia geomorfologica allegata.

In particolare, le falesie si sviluppano con continuità sul lato settentrionale da Isolidda verso Nord fino alla contrada Zarbo Furetto, dove sono interrotte da una imponente fascia di detriti originati dall'accumulo di materiale proveniente dal franamento dell'antica falesia (c.da Valanga). A partire dal Semaforo la falesia poi riprende, estendendosi a fronte del porto di San Vito Lo Capo e continua sul versante meridionale del Piano di Sopra in direzione Sud sino alla contrada Valanga, mentre la piattaforma prosegue fino a Cala Rossa ed il Faro verso Nord e ad Ovest fino al rilievo calcareo di Monte Monaco.

In relazione ai movimenti eustatici tali terrazzi sono localizzati nell'area esaminata a differenti quote rispetto all'attuale livello del mare e la loro età risulta essere crescente in relazione alla quota stessa, per cui risalendo si incontrano superfici progressivamente più antiche.

***Nell'area esaminata sono stati riscontrati quattro ordini di terrazzi:***

- da 0 a 1 m.: piattaforma di abrasione ricoperta a volte da sabbia e ciottoli e interessata dai frangenti delle mareggiate. Essa è associata nella zona intertidale ad un

marciapiede formato da alghe calcaree e Serpulidi, risalente all'Olocene;

- da 3 a 10 m.: piattaforma di abrasione sul basamento carbonatico, debolmente inclinata verso il mare, limitata verso terra da un netto gradino alto 3 - 5 metri. Su tale superficie, spesso interessata da forme di carsismo superficiale, si trovano lembi di sedimenti litorali. Questa superficie viene riferita al Pleistocene superiore;
- da 15 a 40 m.: superficie inclinata verso mare rappresentata dal tetto di sedimenti calcarenitici, la quale taglia i calcari mesozoici e termina alla base delle falesie che orlano il Piano di Sopra;
- da 55 a 73 m.: superficie di erosione sui calcari mesozoici, limitata da pareti verticali ad eccezione di località Conturrana, che corrisponde alla sommità dell'altopiano in esame, il quale si estende per circa 1 km. in larghezza e 4 km in lunghezza ad una quota media di 60 metri.

### **3.2.1 .- Le indicazioni particolari del Piano Stralcio di Bacino per l'assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento DSG n. 89 del 13.04.2021)**

Morfologicamente nel paesaggio del **promontorio di Capo San Vito** è peculiare il netto contrasto tra le geoforme aspre ed articolate della dorsale montuosa di M.<sup>te</sup> Monaco, C.<sup>zzo</sup> Mondello, P.<sup>zzo</sup> di Sella con evidenti rotture di pendenza, scarpate sub verticali e nicchie di distacco, e la zona tabulare su cui sorge il nucleo urbano di San Vito lo Capo, caratterizzata dalla presenza di estese superfici terrazzate. Questi due caratteristici elementi geomorfologici vengono

raccordati in modo graduale dalla consistente falda detritica, presente nella zona pedemontana dei rilievi carbonatici, con numerose conoidi e colate di detrito, principalmente nelle aree perimetrali al M.<sup>te</sup> Monaco.

Mentre, nel paese di S. Vito Lo Capo si evidenziano distacchi di blocchi in atto e potenziali lungo le falesie che costituiscono gli orli perimetrali alla superficie di abrasione marina, in località Piana di Sopra ad ovest dell'abitato.

In **località Conturrrana**, lungo il versante occidentale di P.<sup>zzo</sup> di Sella, è ancora visibile un antico corpo franoso ormai stabilizzato naturalmente (c.da Valanga), che ha interessato i litotipi marnosi, con intercalazioni di megabrecce calcaree, ricoperti da depositi detritici cementati. Il movimento franoso, di tipo complesso, si è probabilmente verificato in condizioni geomorfologiche diverse dalle attuali, verosimilmente quando la linea di costa lambiva quelli che allora erano i rilievi e l'erosione favoriva fenomeni di scalzamento.

### 3.3 .- L'ANFITEATRO MONTUOSO DI MACARI

**L'abitato di Macari** si sviluppa lungo la fascia acclive che raccorda, le pendici dell'**anfiteatro montano** costituito da P.<sup>zo</sup> Castelluzzo, Monte Sauci, P.<sup>zo</sup> Iraco ad oriente, con la linea di costa occidentale del Golfo del Cofano.

A NNW la morfologia del territorio, a grande scala, evolve nella Piana di S. Vito, mentre ad E si erge il complesso carbonatico dei Monti Speziale (913 m s.l.m.), Acci (829 m s.l.m.) e Pizzo di Sella (704 m s.l.m.).

Tale complesso carbonatico è costituito da una successione di formazioni mesozoico-cretaciche emergenti ad E della zona costiera, bassa e pianeggiante, dove affiorano formazioni neogeniche e quaternarie.

Il suo *habitus* è dovuto anche all'esistenza di faglie che hanno dislocato, nel corso della crisi tettonica miocenica, le unità geologico-strutturali che descriveremo in seguito. Tali discontinuità sono solo a luoghi osservabili in affioramento. generalmente a causa della presenza di vaste coltri di depositi di versante.

Le coltri detritiche costituite da detrito di falda in conoidi di deiezione e depositi colluviali, eterogenee nella granulometria e nella composizione poligenica degli elementi, si sono depositate e si depositano lungo le pendici dei rilievi per i processi dovuti sia alla disaggregazione meteorica delle rocce causata dagli agenti esogeni, sia al trasporto operato dalle acque dilavanti.

L'attuale assetto morfologico strutturale del complesso Monte Speziale - Monte Palatimone e Monte Acci - Monte Pizzo di Sella, e delle zone ad esso limitrofe è il risultato degli eventi geologici succedutisi nel plio-quaternario, dopo la violenta crisi orogenetica del Miocene che ha portato alla formazione della "*Catena Siciliana*".

L'azione ciclica di trasgressioni e regressioni marine, che ha caratterizzato l'era quaternaria, ha provocato sensibili variazioni del livello del mare; durante gli episodi trasgressivi, di ingressione marina, sono state erose maniera differenziale le formazioni appartenenti alle terre emerse mentre, durante le fasi di stasi del fenomeno, si sono venuti a creare una serie di terrazzi marini che si sviluppano a

varie quote e che, col trascorrere del tempo e con l'evoluzione geologica dell'area, sono stati ricoperti da sedimenti poligenici in funzione della variabilità dell'ambiente di sedimentazione.

I fondali poco profondi caratterizzati da sedimentazione in ambiente litorale, seguita all'accumulo di prodotti terrigeni (provenienti da disfacimento per erosione delle coste e delle formazioni carbonatiche presenti nell'entroterra), e di depositi organogeni (gusci, spicole etc...), subirono fasi di emersione ed immersione a secondo dei movimenti eustatici del mare, dell'azione tettonica (innalzamenti e subsidenze) e dell'apporto detritico.

Pertanto, i sedimenti sono stati ciclicamente interessati da fasi sedimentarie e fasi di emersione, con conseguente alterazione subaerea.

### **3.3.1 – La Frana di Macari del febbraio 2001**

Il 28.02.2001 una frana si abbatte sulle zone di *Timpone di Makari*, coinvolgendo abitazioni ed infrastrutture ubicate lungo la via Timpone e la via Bue Marino.

Una porzione del costone roccioso affiorante tra P.<sup>zo</sup> Iraco e M.<sup>te</sup> Sauci, che sovrasta il **toponimo Case Terranova**, divenuta instabile, crolla, ed i grossi blocchi dalle dimensioni anche dell'ordine delle decine di m<sup>3</sup>, si mobilitano lungo il pendio fino a raggiungere il nucleo abitato, trascinando a valle anche parte del detrito presente lungo il declivio. La frana di crollo provocò danni irrimediabili ad alcune abitazioni.

Nel lavoro scientifico dell'Università degli Studi di Palermo **"Carta Geologica dei Monti di Capo San Vito"**,

realizzato da **Abate, Di Maggio, Incandela e Renda**, edito nel 1993, la porzione di affioramento roccioso, origine della frana, è cartografata come "Calcilutiti marnose e calcisiltiti alternate ad argilliti calcaree fogliettate «Scaglia Auct.», con intercalazioni lenticolari di brecce calcaree risedimentate, calcareniti gradate e laminate con frammenti di coralli, rudiste, alghe, briozoi e macroforaminiferi (Cretaceo superiore - Eocene).



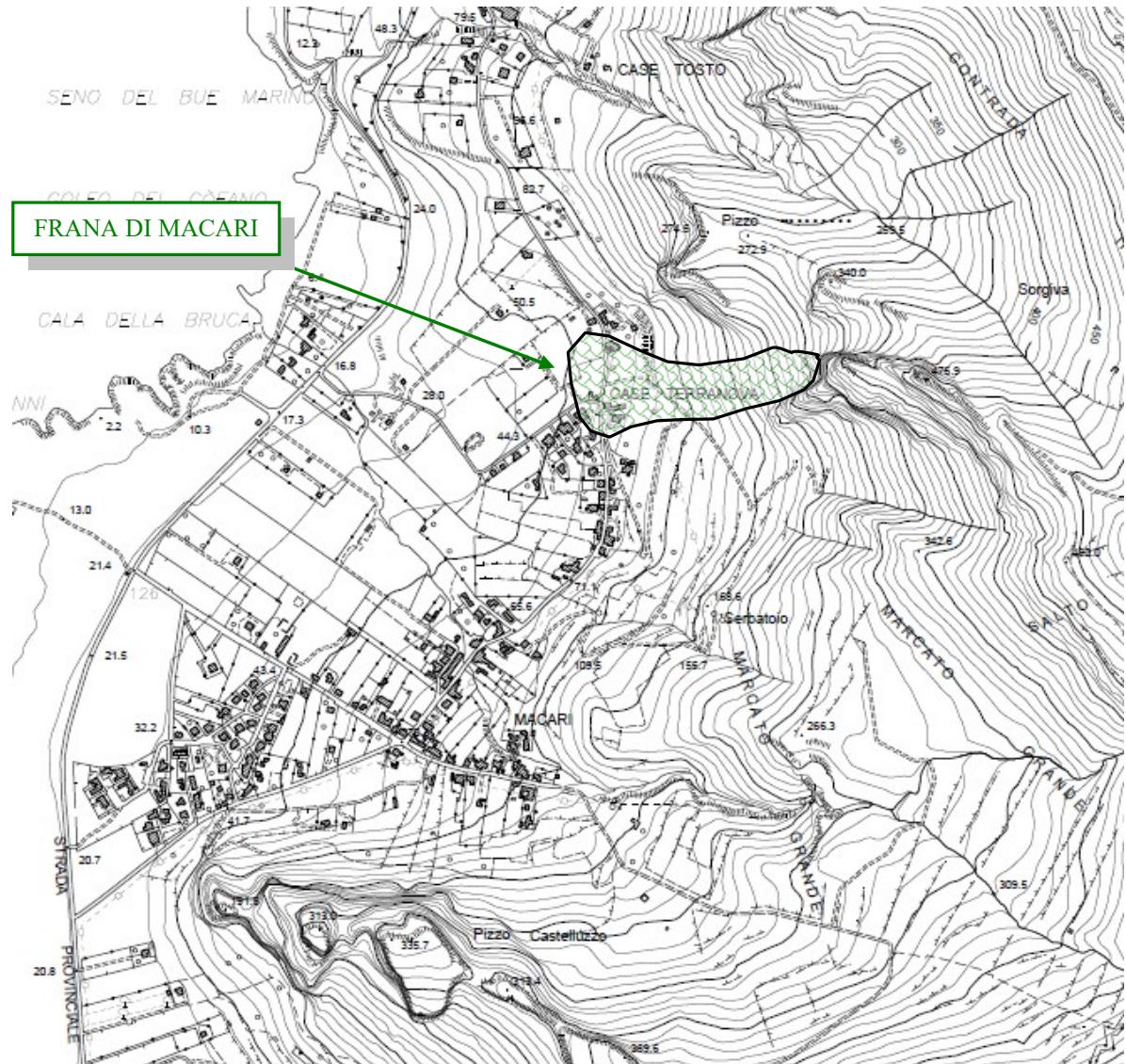
Verosimilmente, il fenomeno di crollo ha coinvolto litotipi appartenenti alle inclusioni lenticolari sopradescritte. Secondo **Catalano et alii 2011** nella "Carta Geologica foglio 593 CASTELLAMMARE DEL GOLFO" i litotipi coinvolti nel fenomeno franoso appartengono alla **Formazione Amerillo** [Cretaceo superiore (Cenomaniano) - Eocene superiore].



*(Parete rocciosa dalla quale è avvenuto il distacco dei blocchi lapidei)*

Osservando l'affioramento "lapideo" da cui è avvenuto il distacco, è possibile individuare accenni di stratificazione dello stesso, con pendenze molto acclivi ed in rapporto giacitutale rispetto al pendio stesso del tipo a "**franapoggio meno**" considerato instabile in virtù della giacitura stessa e

del grado di tettonizzazione, carsificazione ed in generale, di alterazione della roccia affiorante.



### 3.3.2 .– Le indicazioni particolari del Piano Stralcio di Bacino per L'assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento DSG n. 89 del 13.04.2021)

Nell'area interessata dalla frana del 28 febbraio 2001 sono stati realizzati interventi a salvaguardia del fabbricato quali barriere paramassi e locali consolidamenti, eseguiti in una prima fase dal Genio Civile di Trapani ed in seguito dalla Protezione Civile di Palermo, che comunque non hanno

stabilizzato i fronti rocciosi che restano sempre attivi ed in continua evoluzione.

Infatti, le rocce carbonatiche intensamente tettonizzate e carsificate sono soggette all'azione erosiva continua e persistente dei fenomeni di weathering e, pertanto, lungo i piani di discontinuità presenti nell'ammasso roccioso possono sempre verificarsi ulteriori distacchi. Il valore di pericolosità da molto elevato (P4) si riduce a moderato (P1) nell'areale a valle delle barriere paramassi realizzate (cfr. tab. 2 - tab. 3) a salvaguardia dell'abitato, mentre resta invariato a monte delle stesse.

Intervento n. 1						
CODICE DISSESTO	047-9SV-011 047-9SV-012		TIPOLOGIA		Crollo	
	DISSESTO	Rischio	---	Pericolosità	P4 P1	Elementi a rischio
Località	Case Terranova (Macari)					
Titolo progetto	Lavori di somma urgenza per il consolidamento del dissesto in C.da Macari nel Comune di San Vito Lo Capo					
Tipologia di intervento	Barriere paramassi, rafforzamento corticale					
Importo (€)	387.342,67					
Fonte di finanziamento	A.I.L.P.P. – Somma Urgenza					
Ente appaltante	Genio Civile di Trapani					
Intervento n. 2						
CODICE DISSESTO	047-9SV-011 047-9SV-012		TIPOLOGIA		Crollo	
	DISSESTO	Rischio	---	Pericolosità	P4 P1	Elementi a rischio
Località	Case Terranova (Macari)					
Titolo progetto	Progetto esecutivo del I intervento di consolidamento dei costoni rocciosi sovrastanti la C.da Macari nel Comune di San Vito Lo Capo					
Tipologia di intervento	Barriere paramassi, rete metallica armata, disgaggio e interventi puntuali di consolidamento					
Importo (€)	1.394433,62					
Fonte di finanziamento	Ordinanza n. 3133 del Ministro dell'Interno delegato per il coordinamento della Protezione Civile					
Ente appaltante	Protezione Civile di Palermo					

**Tabella 2. Interventi di consolidamento della frana di Macari del febbraio 2001  
(da Relazione Generale - P.A.I. 2006)**

Intervento n. 3						
CODICE DISSESTO	047-9SV-011 047-9SV-012		TIPOLOGIA		Crollo	
DISSESTO	Rischio	---	Pericolosità	P4 P1	Elementi a rischio	Centro abitato
Località	Case Terranova (Macari)					
Titolo progetto	Progetto esecutivo del II intervento di consolidamento dei costoni rocciosi sovrastanti la C.d.a Macari nel Comune di San Vito Lo Capo					
Tipologia di intervento	Barriere paramassi, interventi puntuali di consolidamento, pannelli di funi ancorati a tiranti					
Importo (€)	1.762.740,00					
Fonte di finanziamento	Ordinanza n. 3133 del Ministro dell'Interno delegato per il coordinamento della Protezione Civile					
Ente appaltante	Protezione Civile di Palermo					
Intervento n. 4						
CODICE DISSESTO	047-9SV-013		TIPOLOGIA		Crollo	
DISSESTO	Rischio	---	Pericolosità	P4 P1	Elementi a rischio	Centro abitato
Località	Pizzo Iracò (Macari)					
Titolo progetto	Progetto esecutivo del III intervento di consolidamento dei costoni rocciosi sovrastanti la C.d.a Macari nel Comune di San Vito Lo Capo					
Tipologia di intervento	Barriere paramassi, interventi puntuali di consolidamento, pannelli di funi ancorati a tiranti					
Importo (€)	1.045.000,00					
Fonte di finanziamento	Ordinanza n. 3133 del Ministro dell'Interno delegato per il coordinamento della Protezione Civile					
Ente appaltante	Protezione Civile di Palermo					

**Tabella 3. Interventi di consolidamento della frana di Macari del febbraio 2001  
(da Relazione Generale - P.A.I. 2006)**

**3.3.3 – Considerazioni sulla pericolosità geomorfologica ed idraulica alla luce del nubifragio dell'11/12/2005 e l'incendio della notte tra il 4 e il 5 agosto 2012**

**Il nubifragio** dell'11.12.2005 che ha investito il territorio dell'intera provincia ha avuto effetti calamitosi lungo la fascia costiera tra Castelluzzo ed il centro urbano di S. Vito Lo Capo. Le forti piogge hanno provocato danni alle coltivazioni, alle abitazioni, aziende ed infrastrutture inondando gli abitati di Castelluzzo, Macari e S. Vito Lo Capo. La viabilità provinciale è stata, in numerosi tratti, sommersa da detriti e fanghi ed in alcuni casi ha subito

cedimenti strutturali, smottamenti, dissesti e distacco di materiali.

Il Consiglio Provinciale ha approvato il 21/12/2005 un O.d.G. inteso a far dichiarare lo "**stato di calamità naturale**" nel Comune di S. Vito Lo Capo.

**L'incendio** divampato nella notte tra sabato 4 e domenica 5 agosto 2012, ha colpito il comune di San Vito Lo Capo, prima aggredendo la frazione di Castelluzzo e dopo la località di Macari e la riserva naturale dello Zingaro che sono state letteralmente devastate dalle fiamme. Gran parte della vegetazione pertinente all'**anfiteatro montano** meglio specificato al § 3.3 è stata distrutta dalle fiamme, finanche la flora destinata al rimboschimento dell'area coinvolta nella frana di Macari del febbraio 2001.

Appare chiaro il potenziale verificarsi di situazioni di dissesto idrogeologico con l'arrivo delle precipitazioni autunnali ed invernali, con il conseguente pericolo di frane, colate di detrito e/o cadute di massi.

Inoltre, sono a rischio di inquinamento le sorgenti d'acqua e l'ambiente in generale a causa dei residui della combustione.

È da segnalare, ancora, la parziale ostruzione di tutti gli impluvi che attraversano il centro abitato; in caso di eventi piovosi particolarmente intensi, la folta vegetazione arbustiva ed i blocchi lapidei disarticolati, mostrati nella documentazione fotografica che segue, rappresentano ostacoli al deflusso delle acque, con potenziali pericoli di esondazione ed erosione delle sponde.

In particolare, la fascia all'interno della quale si snoda il **torrente** che dalle falde di P.zzo Iracò si articola in

prossimità del **toponimo Case Tosto** fino allo sbocco a mare in prossimità del **Seno del Bue Marino**, è codificata **047-9SV-022** e classificata, nel P.A.I. 2006, come **"dissesto dovuto a processi erosivi intensi"** con **stato di attività "attiva"** e **pericolosità "media"**;

→

Codice dissesto	C.T.R.	Località	Tipologia	Stato di attività	Pericolosità		Elemento a rischio		Rischio		Nuovo e/o modificato
					Precedente	Nuovo	Precedente	Nuovo	Precedente	Nuovo	
047-9SV-022	593050	SSW Casa Cosenza	Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	Attivo	P2	P2	---	E4 Centro abitato	---	R4	Modificato (estensione dissesto, areale pericolosità) Inseriti elementi a rischio
								E2 Viabilità secondaria Acquedotto		R2	
047-9SV-023	593050	NW Casa Cosenza	Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	Attivo	P1	P2	---	E4 Centro Abitato	---	R4	Modificato (estensione dissesto, livello pericolosità) Inseriti elementi a rischio
								E2 Viabilità secondaria Acquedotto		R2	
047-9SV-024	593050	Contrada Iracò	Crollo	Attivo	P4	P4		E2 Viabilità secondaria E1 Case sparse	---	R3	---

Autorità di Bacino del Distretto Idrografico della Sicilia – Servizio 2 "Assetto del Territorio"

### **Relazione geomorfologica da Aggiornamento P.A.I.**

**di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04. 2021**



All'interno dell'alveo, come già detto, sono presenti alcuni blocchi lapidei di notevoli dimensioni, e una folta vegetazione arbustiva spontanea che, verosimilmente, contribuiscono a rallentare i processi erosivi in condizioni di piovosità normali, tuttavia, rappresentano ostacoli al deflusso delle acque in condizione di piovosità eccezionali, con potenziali pericoli di esondazione ed erosione accelerata delle sponde.



Allo stato attuale, non risultano essere state realizzate opere specifiche di protezione e/o difesa idraulica che possano aver mitigato il livello di pericolosità dell'area stessa. Tali opere di regimazione idraulica (da realizzarsi anche con briglie e stabilizzazione delle sponde) dovrebbero interessare tutto il corso del torrente, da Pizzo Iraco, ove questo ha origine, fino allo sbocco a mare in prossimità del Seno del Bue Marino.

Le considerazioni appena esposte possono essere riproposte anche per il torrente che dalle falde del rilievo di **Marcato Grande** si articola attraversando l'abitato fino allo sbocco a

mare in prossimità di Cala della Bruca. In due segmenti fluviali questo è codificato 047-9SV-019 - 047-9SV-037 e l'area sottesa, classificata nel P.A.I. 2006, come "dissesto dovuto a processi erosivi intensi" con stato di attività "attiva" e pericolosità "media".

Codice dissesto	C.T.R.	Località	Tipologia	Stato di attività	Pericolosità		Elemento a rischio		Rischio		Nuovo e/o modificato
					Precedente	Nuovo	Precedente	Nuovo	Precedente	Nuovo	
047-9SV-019	593050	C.da Marcato Grande	Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	Attivo	P2	P2	---	E2 Acquabotto	---	R2	Inseriti elementi a rischio
047-9SV-020	593050	C.da Marcato Grande	Crollo	Attivo	P4	P4	---	---	---	---	Modificato (areale pericolosità)
047-9SV-021	593050	C.da Marcato Grande	Crollo	Attivo	P4	P4	E4 Centro abitato	E4 Centro abitato	R4	R4	Modificato (areale pericolosità e area rischio)
047-9SV-037	593050	Macari	Dissesti conseguenti ad erosione accelerata	Attivo	P2	P2	---	E4 Centro abitato	---	R4	Inseriti elementi a rischio
047-9SV-038	593050	C.da Iraco	Crollo	Attivo	P4	P4	---	---	---	---	Modificato (areale pericolosità)

***Relazione geomorfologica da Aggiornamento P.A.I.  
di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04. 2021***



Anche in questo caso all'interno dell'alveo sono presenti alcuni blocchi lapidei, e una folta vegetazione arbustiva spontanea che, verosimilmente, contribuiscono a rallentare i processi erosivi in condizioni di piovosità normali, tuttavia rappresentano ostacoli al deflusso delle acque in condizione di piovosità eccezionali.



Come per il caso precedente, allo stato attuale, non risultano essere state realizzate opere specifiche di protezione e/o difesa idraulica che possano aver mitigato il livello di pericolosità media dell'alveo e della fascia torrentizia cartografata nel P.A.I. 2006. Tali opere di regimazione idraulica (come in precedenza, da realizzarsi anche con briglie e stabilizzazione delle sponde) dovrebbero interessare, anche in questo caso, tutto il corso del torrente, da Marcato Grande, ove questo ha origine, fino allo sbocco a mare in prossimità di Cala della Bruca.

In conclusione, alla luce di quanto esposto, **devono, pertanto, essere poste in opera tutte quelle azioni**

**finalizzate alla mitigazione del rischio idraulico e di frana** come ad esempio l'attenuazione della vulnerabilità delle zone in dissesto e delle potenziali al dissesto, attraverso la realizzazione di "**piani di recupero ambientale**" che vedano la messa in esercizio di opere di sostegno e rinforzo o la realizzazione di opere di protezione di tipo passivo; ed inoltre, la realizzazione di opere di consolidamento e sistemazioni idraulico-forestali finalizzate alla riduzione della pericolosità delle aree in dissesto ed in dissesto potenziale, qui segnalate.

### **3.3.4 – L'instabilità in località “Grotticelle”**

A W di Makari, la porzione di costa che si articola in prossimità dello **scoglio “Isolidda”**, nota ai locali come **località “Grotticelle”**, è presente una zona instabile, caratterizzata da strutture per erosione marina.



### ***Scheda dissesto - Località Grotticelle***

§ 4.2.2 - D.A. n° 120/Gab del 14.07.2021

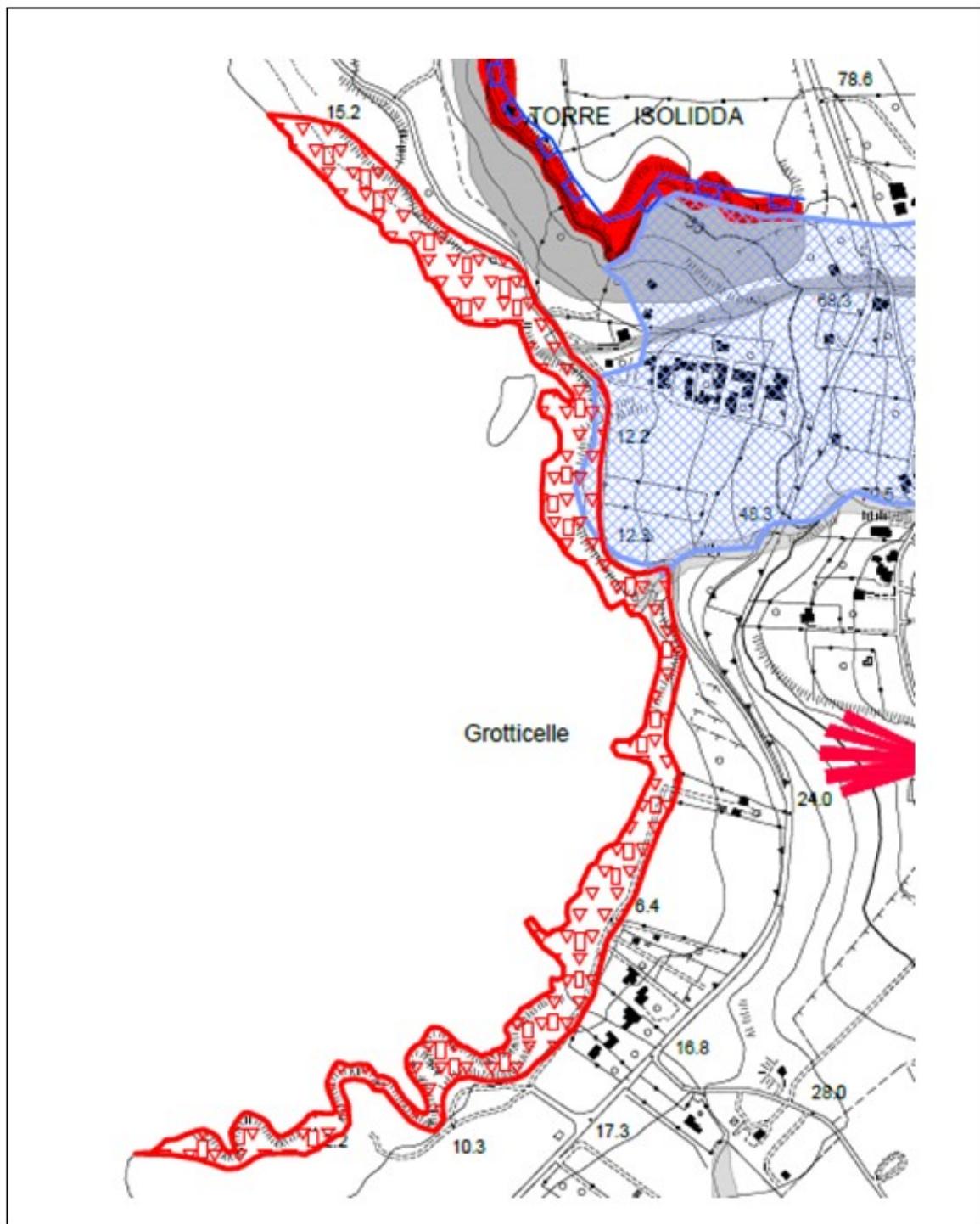
#### **SINTESI DELLE OSSERVAZIONI**

L'area costiera mostra crolli e/o ribaltamenti di blocchi carbonatici, legati all'erosione marina che genera, a luoghi, ingrottamenti, vuoti e cavità costiere, che per "coalescenza" si articolano ortogonalmente al litorale.

Tali cavità possono raggiungere, verosimilmente, zone prossime ai sentieri, carrabili, che consentono l'accesso alla riva e che si sviluppano tra la linea di costa e la

principale via di comunicazione costituita dalla Strada Provinciale n° 16.

## CARTOGRAFIA



*Stralcio dalla Carta delle Pericolosità Geologiche Tav. 5.A*

**FOTO 1 – Azione erosiva con “scalzamento al piede”**



**FOTO 2 – Blocchi calcarenitici crollati**



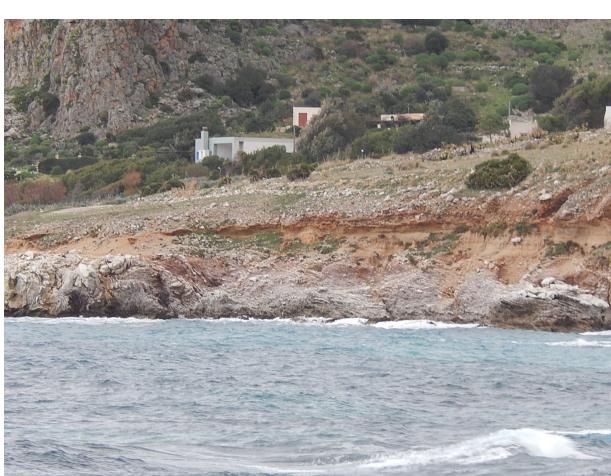
**FOTO 3 – Costa in arretramento per erosione**



**FOTO 4 – Ingrottamenti ortogonali alla linea di costa**



**FOTO 5 – Costa in arretramento**



**FOTO 6 – Alcuni Blocchi crollati e/o ribaltati**



### **3.4 .- LA PIANA DI CASTELLUZZO**

Dal punto di vista geomorfologico l'area pertinente all'**abitato di Castelluzzo** è costituita da un paesaggio molto regolare contraddistinto da un vasto terrazzo marino formatosi durante il Pleistocene e caratterizzato, in prossimità della linea di costa, dall'affioramento della formazione calcarenitica.

A monte, l'ampia vallata che accoglie l'abitato di Castelluzzo, è interessata da terreni alluvionali, eterogenei nella granulometria e nella composizione poligenica degli elementi, che si sono depositati e si depositano nel fondovalle per i processi dovuti, sia alla disgregazione meteorica delle rocce dei rilievi circostanti causata dagli agenti esogeni, sia al trasporto operato dalle acque dilavanti.

L'azione ciclica di trasgressioni e regressioni marine, che ha caratterizzato l'era quaternaria, ha provocato sensibili variazioni del livello del mare; durante gli episodi trasgressivi, di ingressione marina, sono state erose maniera differenziale le formazioni appartenenti alle terre emerse mentre, durante le fasi di stasi del fenomeno, si sono venuti a creare una serie di terrazzi marini che si sviluppano a varie quote e che, col trascorrere del tempo e con l'evoluzione geologica dell'area, sono stati ricoperti da sedimenti poligenici in funzione della variabilità dell'ambiente di sedimentazione.

### **3.4.1 .- Le indicazioni particolari del Piano Stralcio di Bacino per L'assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04.2021)**

La presenza di blocchi di varia dimensione, presenti per un ampio raggio alla base dei rilievi che delimitano la piana su cui è sita la frazione di Castelluzzo, testimonia l'avvenuto distacco, nel passato, di massi dai soprastanti fronti rocciosi, che per il loro assetto geo-strutturale, possono essere potenzialmente interessati da ulteriori fenomeni di crollo.

## **3.5 .- LA COSTA ORIENTALE E LA RISERVA DELLO ZINGARO**

Le aree costiere orientali ed il margine sud-orientale della penisola di Capo San Vito, dove si realizza la **sovraposizione tettonica** delle rocce carbonatiche delle **Unità Panormidi** sui depositi argillo-marnosi delle **Unità Trapanesi**, sono generalmente caratterizzate da versanti acclivi che proseguono sotto la superficie del mare.

Caratteristiche, secondo autori quali Agnesi et alii (nei lavori scientifici del 1984, 1987, 1995, 2000 e 2003), sono le numerose forme del rilievo dovute a fenomeni di deformazione gravitativa profonda di versante o a frane superficiali che, spesso, presentano delle prosecuzioni sottomarine, in alcuni casi con accumuli rinvenuti a circa 2 km dall'attuale linea di costa.

Lungo il margine orientale della Penisola i processi gravitativi rappresentano i principali agenti morfogenetici che contribuiscono ed hanno contribuito al modellamento del

rilievo. Le coste risultano essere alte e rocciose, a luoghi a strapiombo sul mare, interrotte da piccole insenature che ospitano spiagge ciottolose.

Le alte falesie carbonatiche, in alcuni tratti, come precedentemente accennato, proseguono fin sotto il livello del mare raggiungendo profondità di diverse decine di metri.

Piccole piattaforme costiere "a vermetidi" si articolano lungo tutto il versante orientale, interrompendosi in prossimità delle piccole grotte marine peculiari nell'area della Riserva dello Zingaro.

Il sottoscritto, inoltre, su incarico dell'Amministrazione Comunale ha eseguito, lungo la **Costa orientale** e la **Riserva dello Zingaro** uno **studio geomorfologico** inerente all'Analisi **del dissesto delle aree perimetrate P3 e P4 di cui all'Ordinanza n° 22 del 26/07/2019 dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente - Area 2 "Coordinamento UTA" - UOB A 2.1 UTA TRAPANI, con eventuali proposte di interventi di mitigazione del rischio.**

Lo scopo dello "**studio geomorfologico**" è stato quello di **valutare l'evoluzione del dissesto delle aree costiere indicate con la citata ordinanza** riferite al **P.A.I. della Regione Sicilia, Aree Territoriali 046 e 047**, e **proporre** eventuali **interventi di mitigazione delle pericolosità e dei rischi.**

Al fine di ottenere una valutazione comparabile, lo studio geomorfologico è stato eseguito in armonia con le **procedure di analisi e valutazione della pericolosità e del rischio geomorfologico** indicate nella **Relazione Generale del P.A.I.-**

Anno 2004 e successivi aggiornamenti con le Relazioni di Bacino, redatte dall'**Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Sicilia - Dipartimento Territorio e Ambiente - Servizio 4° "Assetto del Territorio e difesa del suolo"**.

Per l'espletamento dell'incarico sono state adottate le seguenti metodologie:

**Dapprima** sono stati analizzati i contenuti della **Ordinanza del 26/07/2019 dell'Assessorato Regionale Territorio e Ambiente - Area 2 "Coordinamento UTA" - UOB A 2.1 UTA TRAPANI**, quindi, sono state effettuate ricerche bibliografiche sui più recenti ed affidabili lavori inerenti alla geomorfologia del territorio e su precedenti studi svolti dallo scrivente nelle stesse aree per problematiche analoghe. Sempre in questa fase si è ricostruita la base cartografica in scala adeguata (stralci aerofotogrammetrici in scala 1:10.000 e 1:2.000) consultando la **cartografia P.A.I.** relativa ai Bacini Idrografici pertinenti, sia all'**Area Territoriale tra il Bacino Idrografico del Torrente Forgia e Punta di Solanto (047)**, sia all'**Area Territoriale tra il bacino del Fiume San Bartolomeo e Punta di Solanto (046)**.

In particolare, per l'**Area Territoriale tra il Bacino Idrografico del Torrente Forgia e Punta di Solanto (047)** è stata consultata la "**Carta della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n°1**" relativa all'Anno 2006 (rif. CTR n° 593010), mentre, per l'**Area Territoriale tra il bacino del Fiume San Bartolomeo e Punta di Solanto (046)** sono state consultate, la "**Carta della**

*Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n°1" relativa all'Anno 2006 (rif. CTR n° 593020) e le "Carte della Pericolosità e del Rischio Geomorfologico n°2 e n°3" inerenti al 2° Aggiornamento "parziale", relative all'Anno 2011 (rif. CTR n° 593060 e n° 593100). Tali documenti corredati dalle rispettive relazioni di bacino sono consultabili, in rete, al sito web <http://www.sitr.regione.sicilia.it/pai/>*

- Successivamente* si è svolto il rilievo geomorfologico delle aree costiere individuate a pericolosità P3 e P4 specificate nell'Ordinanza n° 22/2019. Per tale rilievo è stato necessario, anche, l'accesso via mare, con l'ausilio di un natante reso disponibile dall'Amministrazione Comunale, in quanto molte delle aree in dissesto sono difficilmente raggiungibili via Terra.
- I dati raccolti, debitamente analizzati e documentati fotograficamente, hanno consentito di ricostruire l'evoluzione del dissesto idrogeologico e sulla base di quest'ultimo, suggerire idonee misure di mitigazione della pericolosità e/o del rischio geomorfologico.
- Inoltre, per le aree studiate* è stato ricostruito il modello geologico che ha contribuito ad una più attenta e puntuale valutazione dell'evoluzione della pericolosità dei luoghi.
- Infine*, è stata redatta una relazione conclusiva che raccoglie ed espone i risultati acquisiti nelle varie fasi dell'indagine con particolar riguardo agli aspetti legati alla analisi ed evoluzione del dissesto geomorfologico e che si trova agli atti dell'Amministrazione Comunale.

## 4 .- CARATTERI IDROGEOLOGICI DEL TERRITORIO

### 4.1 .- GENERALITÀ

L'idrografia risente della particolare configurazione orografica e, in parte dell'assetto strutturale. Infatti, lungo la penisola di Capo San Vito si hanno brevi corsi d'acqua a prevalente sviluppo E - W, trasversali, quindi, alla direzione di sviluppo della dorsale montuosa. In coincidenza di linee tettoniche o di contatti litologici i pattern fluviali mostrano vergenza NW - SE sfociando ad ovest lungo il Golfo di Cofano (Torrente Cipollazzo e Canale Biro), o vergenza NW - SE sfociando ad est in corrispondenza del Golfo di Castellammare come i numerosi torrenti minori la cui foce è situata presso Case Ferriato, Cala di Grottazza, Tonnarella dell'Uzzo, Torre dell'Uzzo, Cala Marinella e Punta della Caprera.

### 4.2 .- REGIME PLUVIOMETRICO E CARATTERISTICHE CLIMATICHE

Il promontorio di C° San Vito appartiene alla porzione di territorio sulla quale ha influenza, dal punto di vista dello studio del regime pluviometrico, la **stazione pluviotermometrica di S. Vito Lo Capo**.

Per lo **studio idrogeologico relativo al Piano Urbanistico Generale Comunale**, il sottoscritto ha usufruito dei dati pluviometrici e termometrici disponibili negli **"Annali Idrologici"** pubblicati dalla Regione Siciliana **relativi all'ultimo ventennio pubblicato dal 1997 al 2016**, in quanto non sono disponibili dati meteo per il promontorio di C° S. Vito dal **SIAS Servizio Informativo Agrometeorologico Siciliano della Regione Siciliana**.

Tali dati sono stati correlati con quelli relativi alla **consulenza geologica** inerente al **"progetto di razionalizzazione della rete idrica di Macari"**, a me conferita dall'Amministrazione comunale di S. Vito Lo Capo.

Il sottoscritto, pertanto, ha analizzato ed elaborato statisticamente i dati pluviotermometrici registrati dalla stazione "meteo" presente all'interno del territorio comunale; l'apporto idrico di origine meteorica, ricavato dalla stima della precipitazione media registrata per un ventennio dalla stazione di S. Vito Lo Capo, è risultato essere pari a **531 mm/anno**.

L'andamento del regime pluviometrico annuale è caratterizzato da un massimo di piovosità all'inizio del periodo invernale, che la stazione ha registrato per un valore medio di 79.3 mm in dicembre, ed un minimo estivo con precipitazioni quasi nulle, che la stessa ha registrato per un valore medio di 2.6 mm in luglio. Viene di seguito presentata la raccolta di dati e l'analisi statistica eseguita per il periodo 1997 - 2016 correlata con i dati in possesso relativi al periodo 1985 - 1996.

Ai fini del **bilancio idrogeologico** sono stati presi in considerazione sia gli apporti meteorici, sia le registrazioni termometriche acquisite dalle **stazioni di C° San Vito (TP)** per 11 anni, **Trapani** 7 anni e **Diga di Paceco (TP)** 2 anni, per il **ventennio compreso tra il 1997 ed il 2016**. Tali dati sono stati ottenuti, attraverso la consultazione dei dati pubblicati sul sito:

<https://www.regione.sicilia.it/istituzioni/regione/strutture-regionali/presidenza-regione/autorita-bacino-distretto-idrografico-sicilia/annali-idrologici>

Stazione Pluviotermometrica  
di S. Vito Lo Capo

Precipitazioni in mm stz. S. Vito Lo Capo	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Totale
1997	44,6	20,8	13,8	25,6	4,2	3,4	0,0	57,6	99,2	64,6	101,4	125,2	560,4
1998	55,2	25,8	16,2	15,4	7,0	0,0	0,0	76,6	35,0	108,2	69,4	75,2	484,0
1999	57,0	39,0	23,4	17,0	1,0	0,0	18,8	8,8	57,6	22,2	136,6	69,4	450,8
2000	31,4	19,0	6,8	33,0	15,8	18,0	0,8	0,0	109,4	77,6	54,0	51,2	417,0
2001	110,8	56,0	14,0	20,8	35,8	0,0	0,0	3,8	31,6	0,0	57,0	71,8	401,6
2002	42,6	15,2	2,6	49,4	31,4	4,2	2,2	12,6	57,8	42,6	56,4	93,2	410,2
2003	100,4	32,6	8,0	67,0	8,4	6,2	0,0	13,8	106,2	80,2	90,4	75,4	588,6
2004	39,2	20,8	84,8	68,4	22,6	20,6	5,8	0,2	68,4	32,8	112,6	188,2	664,4
2005	92,6	92,2	37,4	89,0	6,2	12,8	6,6	6,2	16,4	43,8	70,4	193,6	667,2
2006	76,2	66,8	44,4	6,6	0,4	14,2	4,6	0,2	40,2	40,6	17,4	64,2	375,8
2007	20,4	71,6	119,2	46,2	20,6	41,2	0,8	0,4	141,4	129,0	102,4	87,8	781,0
2008	17,4	6,6	75,0	7,0	2,8	3,4	0,0	0,0	56,6	50,4	25,4	98,2	342,8
2009	70,8	69,0	32,6	89,2	17,4	7,2	0,0	0,0	167,6	266,2	53,2	98,2	871,4
2010	100,8	50,6	37,0	41,2	11,4	0,4	0,2	0,0	128,6	81,6	39,0	38,4	529,2
2011	66,6	64,8	55,4	72,8	15,6	0,2	2,2	1,0	50,4	59,8	27,4	62,2	478,4
2012	26,6	89,6	23,2	36,0	10,2	0,0	4,4	0,0	98,2	88,0	57,4	37,8	471,4
2013	87,8	82,0	60,6	41,6	12,8	0,4	0,0	37,2	42,8	55,6	89,2	68,0	578,0
2014	58,4	70,6	87,2	62,2	14,6	0,2	0,4	0,0	22,8	34,8	89,4	82,4	523,0
2015	91,8	144,8	54,2	4,0	24,8	0,0	4,4	33,4	114,6	152,8	57,8	1,8	684,4
2016	48,8	21,2	75,6	2,6	33,2	9,2	0,2	7,4	19,2	63,2	56,0	3,0	339,6
medie	62,0	53,0	43,6	39,8	14,8	7,1	2,6	13,0	73,2	74,7	68,1	79,3	531,0

Temperature in °C stz. S. Vito Lo Capo et ...	Gennaio	Febbraio	Marzo	Aprile	Maggio	Giugno	Luglio	Agosto	Settembre	Ottobre	Novembre	Dicembre	Totale
1997	14,0	13,0	14,3	15,3	20,3	24,8	26,4	26,8	24,0	21,5	17,6	13,8	19,3
1998 (TP)	11,3	12,2	11,8	15,8	18,3	24,1	26,5	27,8	24,8	22,4	18,2	15,8	19,1
1999 (TP)	15,5	14,8	16,9	21,1	21,7	24,8	26,5	28,7	27	23,8	18,3	15,2	21,2
2000 (TP)	13,3	14,2	16,3	19,0	23,4	25,5	28,0	29,1	26,7	23,6	20,5	18,0	21,5
2001 (diga Paceco)	14,4	13,3	17,4	17,2	22,3	25,0	28,7	29,7	26,8	25,0	18,9	11,4	20,8
2002 (diga Paceco)	9,5	12,5	12,3	15,0	19,3	24,2	26,6	27,9	22,3	18,9	16,5	12,1	18,1
2003 (TP)	12,9	10,5	12,9	15,8	20,8	25,0	27,6	28,1	24,4	21,5	18,1	14,0	19,3
2004	12,0	13,8	13,4	15,8	18,2	22,3	25,8	27,8	24,6	23,0	17,9	14,9	19,1
2005	10,9	10,3	13,4	15,4	20,0	23,9	27,0	26,8	25,4	21,4	17,4	13,4	18,8
2006	11,4	12,4	13,3	16,9	20,7	23,9	28,3	27,3	25,0	22,6	18,4	15,6	19,7
2007	14,5	13,7	14,2	17,3	20,6	24,7	27,3	28,3	25,5	21,0	17,0	13,5	19,8
2008	14,4	13,8	13,9	17,7	21,0	24,5	28,8	29,2	25,5	22,1	18,6	14,6	20,3
2009 (TP)	13,7	11,9	14,7	17,1	21,4	24,6	26,3	27,9	24,3	20,5	18,0	16,0	19,7
2010 (TP)	12,4	13,4	14,3	16,7	19,8	23,1	26,5	26,7	23,5	20,3	16,9	13,5	18,9
2011 (TP)	12,2	11,7	13,6	16,5	19,3	23,2	26,5	26,3	25,0	20,6	17,4	14,6	18,9
2012	12,6	10,2	14,0	16,2	19,5	24,7	28,7	30,0	24,8	22,7	20,6	16,7	20,1
2013	16,3	15,2	18,7	22,1	27,5	26,9	26,5	29,9	26,9	25,0	18,9	15,8	22,5
2014	15,5	15,8	15,4	17,6	20,3	25,3	27,4	29,2	28,5	25,6	23,3	14,0	21,5
2015	12,7	12,7	14,0	16,2	20,3	24,4	28,5	28,6	26,1	22,0	18,1	15,4	19,9
2016	14,1	15,1	14,5	17,8	19,4	23,6	26,9	27,9	26,0	23,8	17,6	14,0	20,1
medie	13,2	13,0	14,5	17,1	20,7	24,4	27,2	28,2	25,4	22,4	18,4	14,6	19,0

Studio geologico per il Piano Urbanistico  
Generale Comunale (P.U.G.)

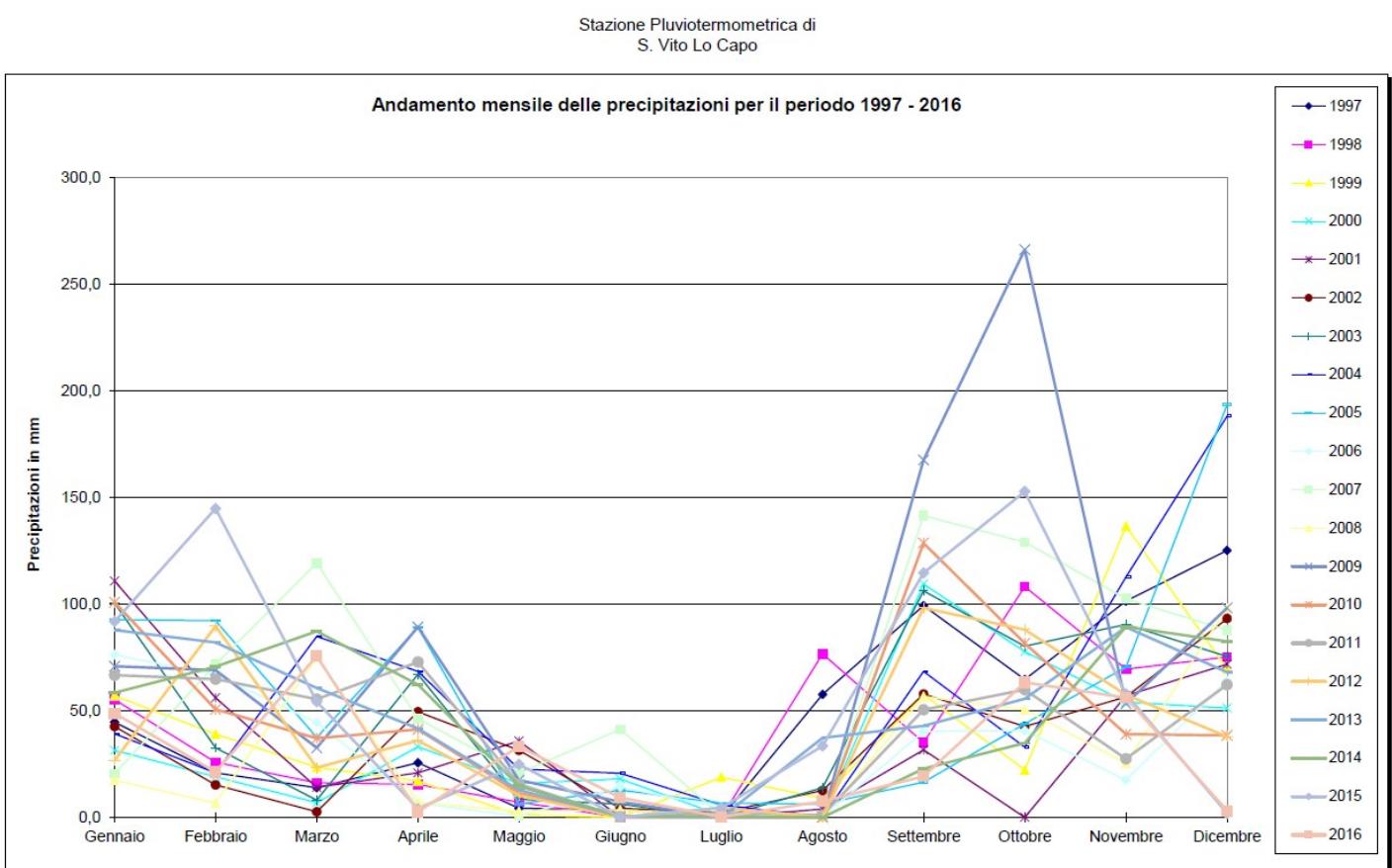
Il Geologo  
Dr. Prof. Angelo Strazzera



Dr. Angelo Strazzera – Geologo –  
Studio tecnico via A. Manzoni, 23  
91027 PACECO (TP)  
tel/fax 0923/881443 – cell. 349/2951490  
e-mail: angelostrazzera@libero.it

pagina 40 di 129

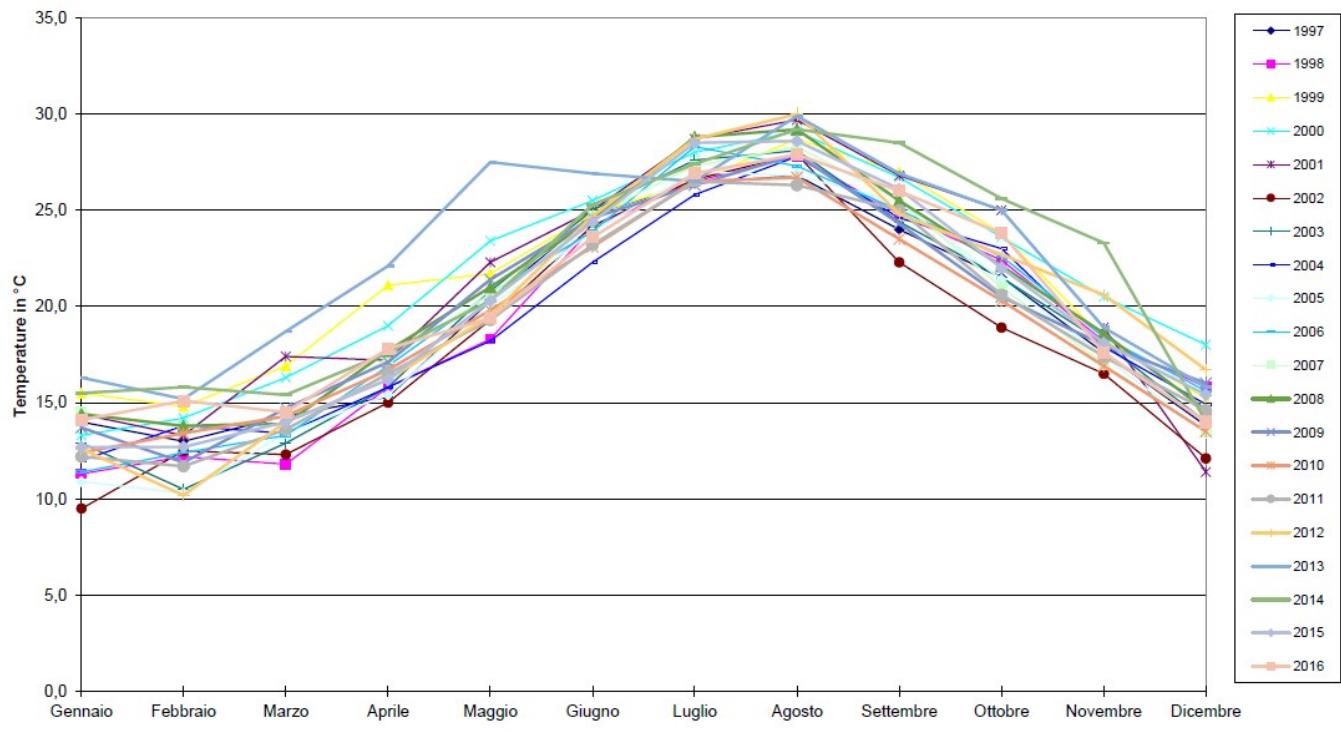
La media dei **giorni piovosi**, calcolata nel ventennio considerato è pari a **67 gg/anno**.



Il Geologo  
(Dr. Prof. Angelo Strazzera)

Studio geologico per il Piano Urbanistico  
Generale Comunale (P.U.G.)

Andamento mensile delle temperature per il ventennio 1997 - 2016



Il Geologo  
(Dr. Prof. Angelo Strazzera)

Studio geologico per il Piano Urbanistico  
Generale Comunale (P.U.G.)

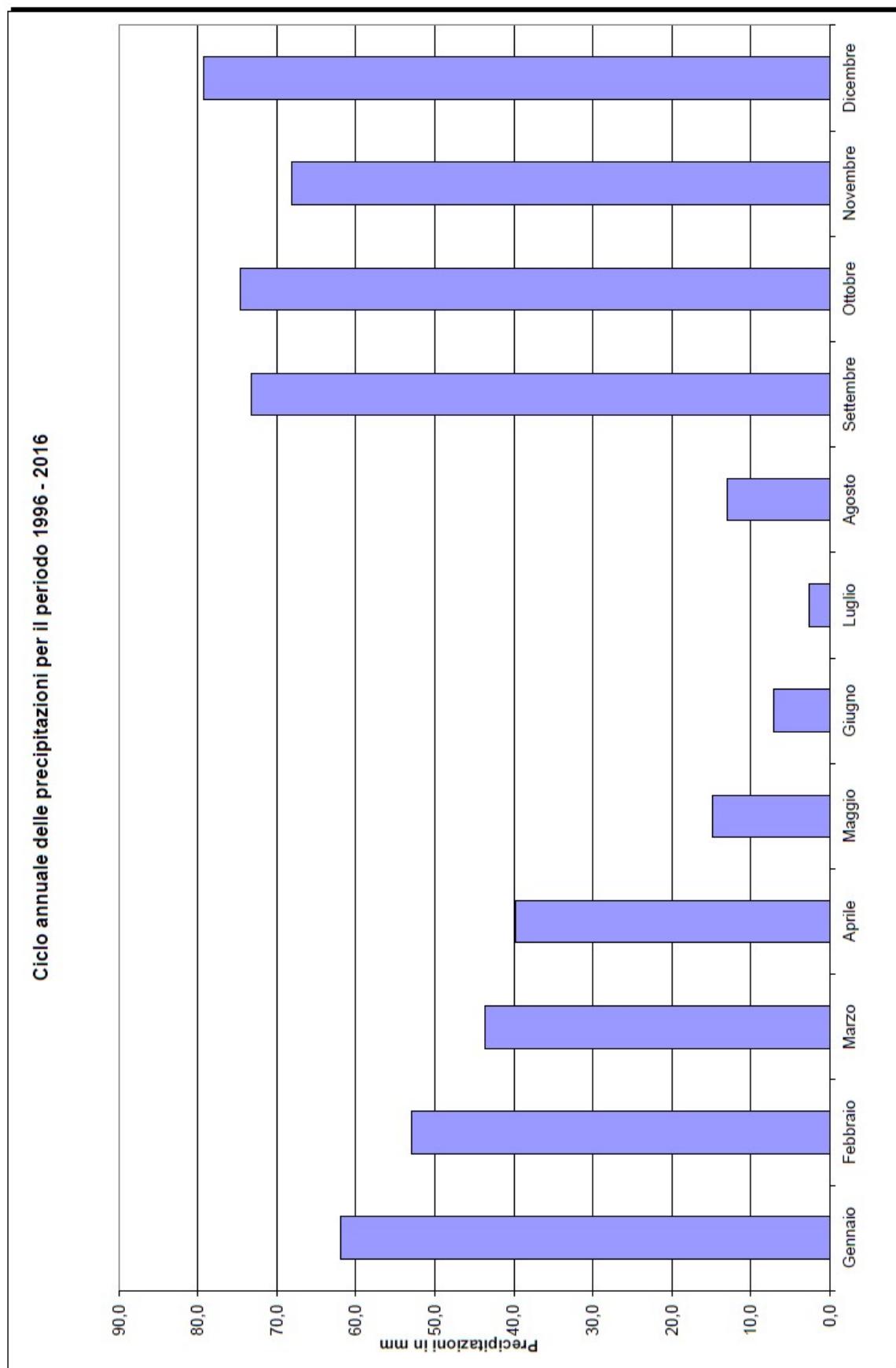
Come si evince dalle analisi statistiche eseguite, il mese più piovoso è stato l'ottobre del 2009 con 266,2 mm di pioggia.

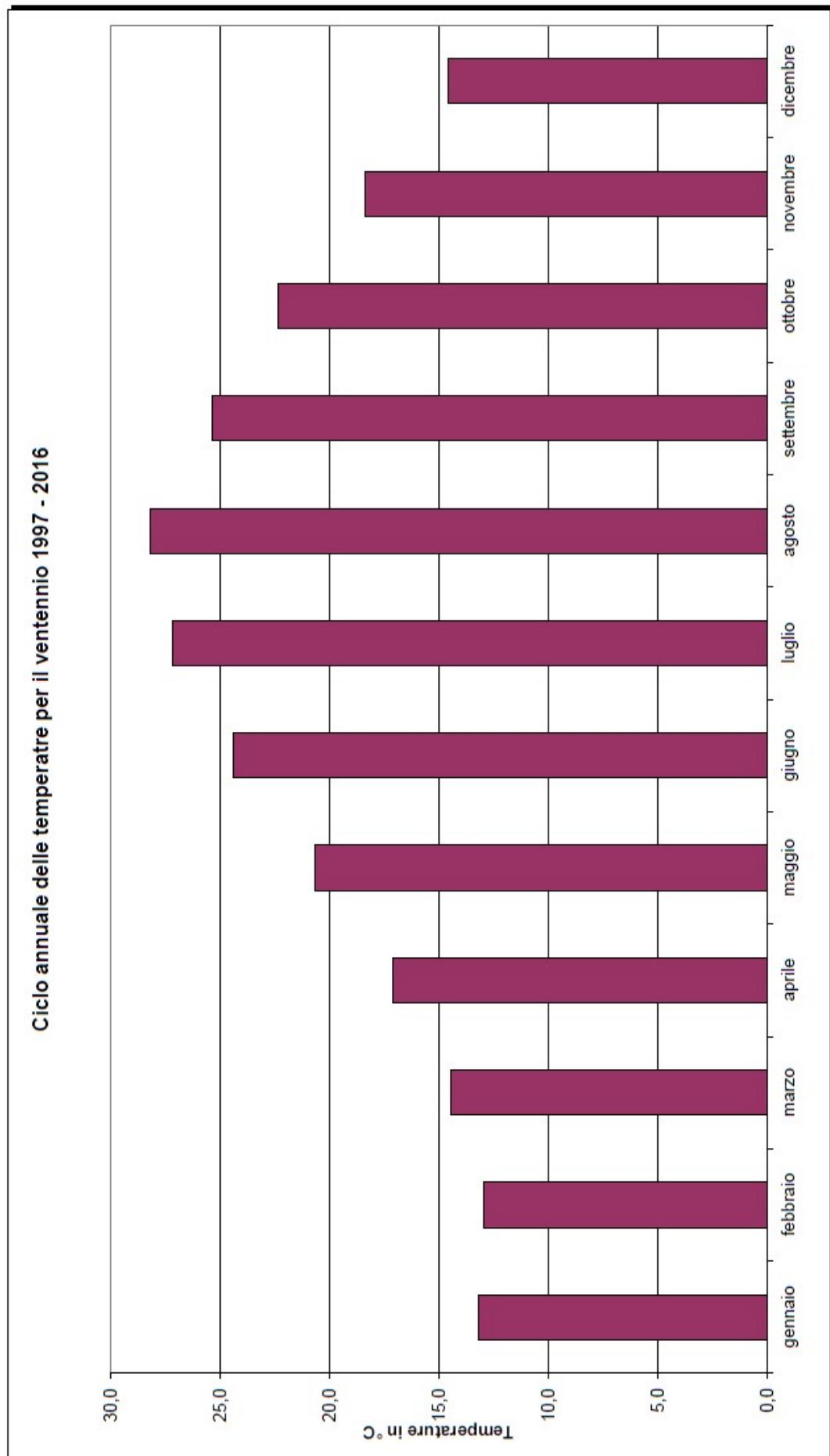
La temperatura mensile che rappresenta un dato anomalo rispetto all'andamento ventennale è stata quella del mese di maggio del 2013 con 27,5 °C.

Dall'analisi generale dell'andamento dei dati a disposizione si può affermare che il regime termico è di tipo marittimo, con escursioni di temperatura non molto accentuate.



Ciclo annuale delle precipitazioni per il periodo 1996 - 2016





Il Geologo  
(Dr. Prof. Angelo Strazzera)

Studio geologico per il Piano Urbanistico  
Generale Comunale (P.U.G.)

<b>TEMPERATURE PONDERATE</b> <i>Ventennio disponibile 1997/2016</i>	
	<i>stazioni di C° S. Vito e limitrofe (TP)</i>
ANNO	Tp in ° C
1997	18,69946
1998 (Trapani)	19,36674
1999 (Trapani)	19,13385
2000 (Diga Paceco)	21,72019
2001 (Diga Paceco)	16,42326
2002 (Diga Paceco)	16,18186
2003 (Trapani)	17,8002
2004	16,94332
2005	14,65546
2006	16,30282
2007	18,54620
2008	17,83384
2009 (Trapani)	18,82449
2010 (Trapani)	17,46304
2011 (Trapani)	16,28846
2012	18,51701
2013	19,90879
2014	18,25618
2015	18,75959
2016	18,41779
MEDIA	18,00544



#### 4.3 .- BILANCIO IDROGEOLOGICO

*Per il calcolo dei principali parametri idrogeologici quali piovosità, evapotraspirazione, ruscellamento superficiale ed infiltrazione efficace è stata considerata l'area del bacino idrografico di pertinenza al "TERRITORIO Comunale di S. Vito Lo Capo" stesso, pari a circa 59,7 Km<sup>2</sup>.*

*L'area studiata risulta essere "monitorata" dalla stazione pluviotermometrica di C° San Vito (TP).*

L'area presa sopra in considerazione, è individuata nella carta idrogeologica, ricade, come già detto, nelle **tavolette I.G.M. del foglio n° 248, Tavolette: 1) "S. VITO LO CAPO", I Quadrante, Orientamento SO; 2) "CASTELLUZZO", II Quadrante, Orientamento NO; 3) "Balata di Baida" II Quadrante, Orientamento SO; 3) "Castellammare del Golfo" II Quadrante, Orientamento SE.**

L'apporto idrico di precipitazione in base annua, (**A**) misurato in mm/anno, (valore mediato dalle osservazioni annuali relative alla stazione pluviografica di pertinenza), risulta poi distribuito nelle tre componenti fondamentali, l'evapotraspirazione (**E**), il ruscellamento di superficie (**R**) e l'infiltrazione efficace (**I**) secondo la seguente relazione:

$$A = E + R + I$$

in cui  $E = \frac{p}{\sqrt{a + \frac{p^2}{L^2}}}$  (**metodo del Turc, correlazione climatica**)

dove  $p$  =  $A$  è la piovosità media annua per la porzione di bacino idrografico considerato ed ( $L$ ) è una funzione

empirica del tipo  $L = b - c(tp) + d(tp^3)$  con "a"=0.9, "b"=711,54, "c"=10 e "d"=0.05, coefficienti empirici tarati per l'area siciliana (Santoro, Università di Palermo) ed infine "tp" temperatura ponderata o fittizia ricavata tramite la

seguente relazione  $tp = \frac{\sum_{i=1}^{12} t_i p_i}{\sum_{i=1}^{12} p_i}$  in cui:

- $t_i$  = temperatura media mensile;
- $p_i$  = precipitazione mensile.

Sulla base dei calcoli eseguiti, applicando le relazioni di cui sopra, considerando un coefficiente di ruscellamento  $r = 0.10$  (stimato in base alla permeabilità dei terreni e dalla configurazione piano-altimetrica della porzione di bacino considerato), si ricava una infiltrazione efficace dalla

$$I = A - E - R$$

in cui:

- **A = 531,00 mm**
- **E = 462.89 mm**
- **R =  $0.10 \times 531 \approx 53,10$  mm**
- **I =  $531,00 - 462.89 - 53.10 = 15,01$  mm.**

**Potenzialità idrica in falda:**

Per cui, considerando la porzione di bacino definita come esposto già in premessa, avente una superficie di  $\approx 8$  Km<sup>2</sup> circa, la *infiltrazione efficace* sopra calcolata, si ottiene, trasformando i "mm" ed i "Km<sup>2</sup>" in "m" e "m<sup>2</sup>" e quindi uniformando le unità di misura:  $(15.01/1.000) \times 59,7 \times 1.000 \times 1.000 = 896097$  m<sup>3</sup>/anno, ovvero  $896097/59,7 =$  a circa **15.010 m<sup>3</sup> per anno per Km<sup>2</sup>**, che riportati come **potenzialità istantanea** della falda danno il seguente valore:  $15010 \times 1.000 / (365 \times 24 \times 60 \times 60) = 0.48$  **1/s** per Km<sup>2</sup>.

**4.3.1 .- Le principali opere di captazione della risorsa idrica nel territorio comunale**

<b>TIPOLOGIA</b>	<b>N°</b>	<b>LOCALITÀ</b>	<b>DENOMINAZIONE</b>	<b>PORTATA* l/s</b>	<b>UTILIZZO</b>
Pozzo	2	Timpi Bianchi	Timpi Bianchi	14	potabile
Pozzo	2	Biro	Biro	11	potabile
Pozzo	1	Castelluzzo	Sugameli	6	potabile
Pozzo	1	Castelluzzo	Pozzo Minore	n.d.	non potabile
Pozzo	1	S. Vito	Campo Sportivo	5,5	non potabile
Sorgente	1	Macari	Macari	4,5	potabile
Pozzo	1	Macari	Meo	n.d.	potabile
Condotta dissalatore	1	Trapani	/	10	potabile

\* Dati forniti dall'Ufficio Tecnico Comunale

#### 4.4 .- IDROGEOLOGIA DEL PROMONTORIO DI CAPO SAN VITO

L'idrografia superficiale è praticamente inesistente, infatti, il circuito idrogeologico della zona, trova vie preferenziali lungo le discontinuità e le fratture presenti nella sottostante formazione calcarea.

Tale situazione è da imputare alla elevata permeabilità, di origine secondaria dovuta a fessurazione/fratturazione e carsismo, delle rocce carbonatiche che favoriscono l'infiltrazione delle acque meteoriche, avvantaggiando così, la circolazione idrica nel sottosuolo.

In genere, la permeabilità è più o meno elevata in relazione al grado di fratturazione, che può ridursi notevolmente se i giunti di frattura sono ostruiti da terra rossa, essendo questa caratterizzata da bassa permeabilità, quando è prevalente la frazione pelitica.

Per l'area prossima al Centro Urbano, vista la relativa vicinanza alla linea di costa è verosimile ipotizzare un acquifero ad elevata salinità per "intrusione marina", infatti, la vicinanza con il mare determina dalla linea di costa l'ingressione dell'acqua marina all'interno delle rocce serbatoio del sottosuolo, fenomeno questo che crea i presupposti per il confinamento orizzontale e verticale dell'acqua dolce. L'acquiclude (livello di base impermeabile) è costituito, pertanto, dalle acque del mare.

La superficie piezometrica è rinvenibile, in profondità, a quote prossime al livello del mare.

Inoltre, è stato consultato il P.T.A. Piano di Tutela delle Acque della Regione Siciliana [Piano di Tutela delle Acque - 2008 | Regione Siciliana](#) quale strumento regionale volto a

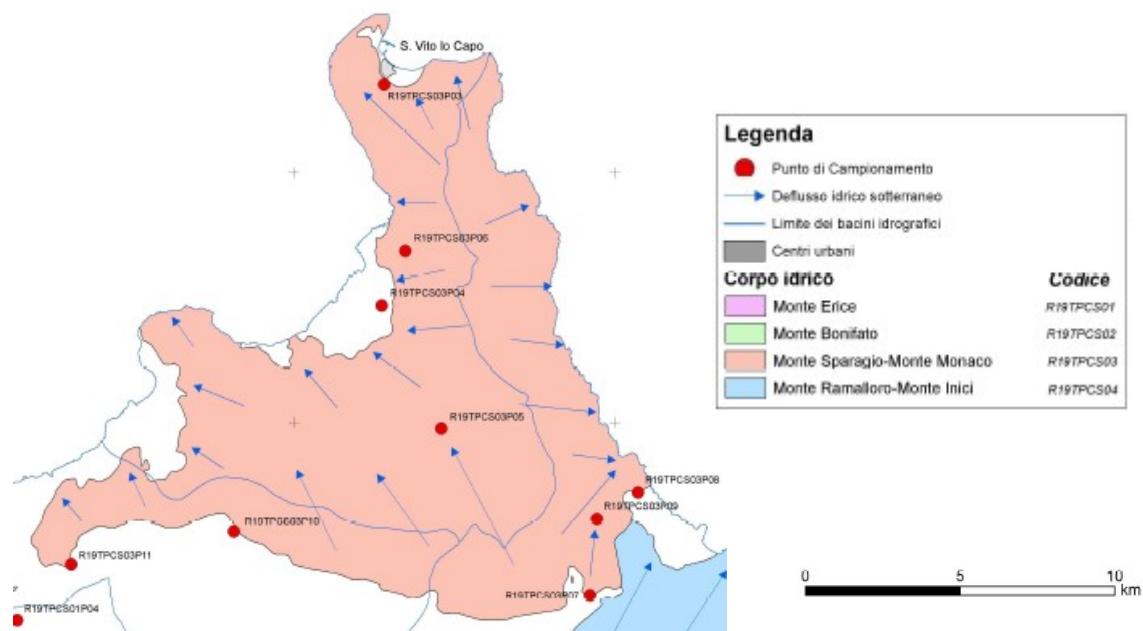
raggiungere gli obiettivi di qualità ambientale nelle acque interne (superficiali e sotterranee) e costiere della Regione Siciliana ed a garantire nel lungo periodo un approvvigionamento idrico sostenibile, conformemente a quanto previsto dal **D. Lgs. 152/06 e s.m.i.** e dalla **Direttiva europea 2000/60 (Direttiva Quadro sulle Acque)**.

*Omissis ... Unità idrogeologica di Monte Sparagio - monte Monaco (codice corpo idrico R19TPCS03).* L'unità idrogeologica, costituita da depositi carbonatici (Trias sup. - Miocene inferiore: dominio Panormide), è ulteriormente suddivisibile nelle seguenti idrostrutture minori: I. Monte Monaco, I. Monte Acci, I. Monte Speziale - Monte Palatimone e I. Monte Sparagio - Monte Cofano.

Le idrostrutture di Monte Monaco e Monte Acci presentano uno scarso sviluppo areale e data la loro localizzazione nella stretta Penisola di San Vito Lo Capo, sono interessate da fenomeni di intrusione marina, mentre verso ovest alimentano lateralmente la falda idrica delle ridotte pianure pleistoceniche prossime al Golfo del Cofano.

Le più importanti idrostrutture sono rappresentate da I. M. Speziale - M. Palatimone e dall'I. M. Sparagio - M. Cofano, quest'ultima tamponata a sud dalle coperture terrigene mioceniche appartenenti a successioni Trapanesi. Lo scarico idrico della I. M. Speziale - M. Palatimone si realizza verso il settore orientale della stessa, scarico confermato dalla localizzazione in prossimità della costa o al largo, di numerose manifestazioni sorgentizie sottomarine (Cassinis, 1967). Altre evidenze dello scarico di questa idrostruttura si hanno a monte della località di Scopello, dove si concentrano diverse manifestazioni sorgentizie dovute a soglie di permeabilità sottoposte.

Infine, per l'I. M. Sparagio - M. Cofano lo scarico idrico si realizza verso i quadranti nord-ovest, contribuendo all'alimentazione sotterranea delle piane calcarenitiche pleistoceniche che si sviluppano nella porzione più occidentale della Penisola di San Vito Lo Capo ... Omissis.



#### 4.5 .- L'IDROGEOLOGIA DELL'ANFITEATRO MONUOSO DI MACARI

L'area studiata ricade all'interno dei bacini idrografici minori compresi tra il Bartolomeo ed il Birgi, che si estendono lungo l'estremità nord-occidentale della Sicilia. Tali bacini idrografici secondari sono compresi fra le isoiete della precipitazione media annua di 500 mm e 650 mm (Marguglio T., 1973).

Per lo studio idrogeologico dell'area pertinente all'abitato di Macari e le zone ad esso limitrofe interessate dagli interventi progettuali, si è considerato il sub-bacino idrografico che sottende l'areale.

Tale sottobacino che fa parte dei sistemi di bacino secondari già descritti, è delimitato, indicativamente, a Sud dal P.<sup>zo</sup> Castelluzzo che con il rilievo di M.<sup>te</sup> Passo di lupo, rappresenta lo spartiacque meridionale; lo spartiacque settentrionale ed orientale, è rappresentato dai rilievi di P.<sup>zo</sup> Iraco, M.<sup>te</sup> Sauci, M.<sup>te</sup> Acci che con il rilievo P.<sup>zo</sup> di Sella e M.<sup>te</sup> Monaco, rappresentano la dorsale che attraversa in senso SSW - NNE il promontorio di C° S. Vito.

Il bacino idrografico considerato, vista la natura degli affioramenti costituiti da rocce coerenti e poco erodibili, presenta una dicotomizzazione delle aste torrentizie molto limitata, carattere reso evidente nel gerarchismo di tali aste fluviali.

Il deflusso superficiale è generalmente da E verso W, il reticolato idrografico è parallelo.

Nel complesso il bacino in cui è ubicata l'area studiata è soggetto a fenomeni di erosione e quindi, di accumulo di brecce e detriti vari.

Gli impluvi rettilinei sono incassati nei materiali più teneri nei quali generano, a luoghi, forre profonde alcuni metri.

I profili longitudinali dei letti mostrano una erosione differenziata che dipende dalla natura dei litotipi costituenti il letto stesso; la velocità di corriavazione è stimabile all'interno di un "range" di valori che va da un minimo di  $\approx 0.15$  m/s ad un massimo di  $\approx 1.8$  m/s.

#### 4.6 .- L'IDROGEOLOGIA DELLA PIANA DI CASTELLUZZO

Anche quest'area ricade all'interno dei bacini idrografici minori compresi tra il Bartolomeo ed il Birgi, che si estendono lungo l'estremità nord-occidentale della Sicilia. Tali bacini idrografici secondari sono compresi fra le isoiete della precipitazione media annua di 500 mm e 650 mm (Marguglio T., 1973).

Per lo studio idrogeologico dell'area pertinente all'abitato di Castelluzzo, si è considerato il sub-bacino idrografico che sottende l'areale.

Tale sottobacino che fa parte dei sistemi di bacino secondari già descritti, è delimitato, indicativamente, a Sud dal M.te S. Giovanni che con il rilievo di M.te Palatimone, rappresenta lo spartiacque meridionale; lo spartiacque settentrionale ed orientale, è rappresentato dai rilievi di M.te Speziale Timpi Bianchi.

Il deflusso superficiale è generalmente da SE verso NW, il reticolato idrografico è parallelo.

Nel complesso il bacino in cui è ubicata l'area studiata è soggetto a fenomeni di erosione e quindi, di accumulo di brecce e detriti vari.

Nell'area studiata, osservando il "profilo" idrologico superficiale è possibile stimare qualitativamente le caratteristiche idrogeologiche dei litotipi presenti, in virtù dello sviluppo della rete idrografica superficiale.

Infatti, la non presenza del reticolo idrografico superficiale è una chiara indicazione del fatto che un'aliquota dell'apporto idrico di precipitazione media annua, e precisamente la percentuale delle acque meteoriche al netto dell'evapotraspirazione e del ruscellamento superficiale, infiltrandosi, va ad alimentare la circolazione idrica profonda, in quanto, il substrato è costituito da rocce che possiedono una permeabilità di origine primaria e/o secondaria.

Tale permeabilità è caratterizzata da un coefficiente "k" variabile a seconda delle condizioni diagenetiche locali, che presenta un valore medio nell'ordine di  $10^{-3}$  cm/sec.

Il modello idrogeologico proposto identifica eventuali livelli idrici presenti nel sottosuolo, all'interno della coltre alluvionale e della sottostante fm, Calcarenitica che evolve all'orizzonte dolomitico, ad una profondità variabile in virtù delle condizioni deposizionali del sedimento stesso e, in ogni caso, superiore generalmente ai 30 m dal piano di campagna.



## 5 .- INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED ASSETTO STRATIGRAFICO-STRUTTURALE DEL TERRITORIO

### 5.1 .- GENERALITÁ

Buona parte del territorio comunale di S. Vito Lo Capo, è abbondantemente coperta da depositi detritico-colluviali ed alluvionali che rendono difficile una buona definizione del rilievo geologico di superficie.

La caratterizzazione geologica, pertanto, è stata eseguita sulla base delle evidenze litologiche sopravvenute nel corso del rilevamento geologico, che hanno consentito di definire con sufficiente grado di attendibilità le condizioni litostratigrafiche e strutturali dei litotipi presenti nel territorio, compatibilmente alle finalità dello studio.

Tali dati, così acquisiti, sono stati correlati con i lavori scientifici disponibili in letteratura tecnica e con le informazioni di carattere geognostico acquisite, sia in occasione della campagna di indagine geofisica finalizzata alla ***Microzonazione Sismica dei centri urbani*** del territorio, più avanti illustrata, sia in occasione di precedenti campagne d'indagine per precedenti consulenze professionali, correlate con i dati forniti dall'U.T.C. inerenti perforazioni per pozzi idrici, e per la realizzazione di opere pubbliche.

### 5.2 .- STUDI PRECEDENTI

Per l'***inquadramento geologico-strutturale*** del territorio comunale di S. Vito Lo Capo, sono stati consultati i lavori scientifici ***"Nuovi dati sulla geologia della Penisola di Capo S. Vito" (1991)*** e la ***"Carta geologica dei Monti di Capo S.***

**Vito**" (pubblicata nel 1993) condotti da **B. Abate, C. Di Maggio, A. Incandela & P. Renda** del **Dipartimento di Geologia e Geodesia dell'Università degli Studi di Palermo** ed il recente inquadramento geologico della Penisola di Capo San Vito nelle "**Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 "Foglio 593 CASTELLAMMARE DEL GOLFO"**" e nella "**Carta Geologica d'Italia - Foglio 593 CASTELLAMMARE DEL GOLFO**" degli autori **R. Catalano, M. Agate, L. Basilone, C. Di Maggio, M. Mancuso, A. Sulli** pubblicato nel 2011 dall'**ISPRA (Servizio Geologico d'Italia)** e dall'**Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Siciliana**.

Entrambi i lavori scientifici a cui fa riferimento il presente inquadramento geologico-strutturale del territorio comunale di S. Vito Lo Capo riprendono i lavori di **Fabiani & Trevisan 1940; Schmidt Di Friedberg 1964-1965; Broquet & Masclle 1972; Giunta & Liguori 1970, 1972 e 1973; Catalano & D'Argenio 1978, 1982; Montanari 1987, 1989; Catalano 1987; Mauz et alii 1997, Di Maggio et alii 1999.**

### 5.3.- INQUADRAMENTO GEOLOGICO ED ASSETTO STRATIGRAFICO - STRUTTURALE DEL TERRITORIO

La penisola di Capo S. Vito, porzione predominante del territorio comunale di S. Vito Lo Capo, è costituita dalla sovrapposizione tettonica di diversi corpi geologici, distinti in unità tettoniche, impilati e vergenti verso E e SE. Tali unità sono il prodotto della deformazione, avvenuta nel Miocene, di una successione di piattaforme carbonatiche e bacini pelagici generatesi durante le fasi distensive del Mesozoico ed appartenenti durante il Mesozoico-Terziario al margine settentrionale del continente africano.

Questi Domini paleogeografici, sono stati deformati gradualmente a partire dal Miocene inferiore dando luogo a sei diverse unità strutturali che, trasportate dall'azione tettonica verso E e SE, sono state impilate e messe in posto dopo il Tortoniano medio. L'edificio strutturale formatosi nel Miocene superiore viene sottoposto ad ed una ulteriore attività tettonica dopo il Pliocene inferiore che determina un complesso sistema di strutture plicative ed una ulteriore traslazione delle unità tettoniche. Nel Pleistocene il complesso strutturale così formatosi, viene sottoposto ad una nuova fase tettonica del tipo disgiuntivo che causa lo smembramento in blocchi, sollevamenti differenziali di porzioni di territorio e la rotazione degli originari piani di sovrascorrimento.

### **5.3.1 – Le Unità Tettoniche e le rispettive “Serie Stratigrafiche”**

Delle sei unità tettoniche definite dagli autori citati al § 5.2 che spiegano lo schema strutturale della Penisola di Capo S. Vito, soltanto cinque appartengono al territorio comunale di S. Vito Lo Capo, esse sono:

- 1) **Unità Monte Ramalloro;**
- 2) **Unità Monte Monaco;**
- 3) **Unità Monte Acci - Pizzo di Sella;**
- 4) **Unità Monte Speziale - Monte Palatimone;**
- 5) **Unità Monte Sparagio - Monte Cofano.**

L'Unità tettonica di M.te Acci - Pizzo di Sella è sovrascorsa sulle Unità tettoniche di Monte Monaco a N, Monte Speziale - Monte Palatimone a S e Monte Ramalloro a SE. L'Unità tettonica Monte Speziale - Monte Palatimone si sovrappone tettonicamente all'unità Monte Acci - Pizzo di Sella ed all'unità Monte Ramalloro.

L'Unità tettonica Monte Sparagio - Monte Cofano è sovrapposta sia all'Unità Monte Speziale - Monte Palatimone, sia all'Unità Monte Ramalloro.

### **5.3.1.1 – L'Unità Monte Ramalloro**

I terreni che costituiscono questa unità appartengono ad una successione di litotipi carbonatici, silico-carbonatici e terrigeni, riferibili al Dominio Trapanese, depositatasi nell'intervallo cronostratigrafico che va dal Trias superiore al Miocene superiore. Affiora a partire dalla porzione sud-orientale del territorio comunale lungo la costa che va da **Cala Mazzo di Sciacca** a **P. t<sup>a</sup> della Capreria**. La successione dei litotipi è data da:

- **Calcaro loferitici, calcari dolomitici e dolomie a megalodontidi grigie** in strati da decimetrici al metro (Fm. Inici). Lo spessore in affioramento varia tra pochi metri e 200 metri, l'età è Trias superiore - Lias. In disconformità seguono:
- **Calcaro e calcari marnosi, calcari nodulari in grossi banchi, di colore rosso, beige o marrone** con una ricca fauna ad ammoniti, belemniti, brachiopodi e foraminiferi, passanti verso l'alto a **marne e calcari silicizzati a radiolari**, in strati decimetrici (Fm. Giardini). Lo spessore è variabile tra 20 e 40 m, l'età è Dogger - Malm. In paraconcordanza seguono:
- **Calcilutiti e calcisiltiti a liste e noduli di selce, marne e calcari marnosi con faune a calpionelle e radiolari**, fittamente stratificati in strati da centimetrici a decimetrici **«Lattimusa»** (Fm. Alcamo, Mb. Busambra). Lo spessore è variabile tra 70 e 120 m, l'età è Titonico - Neocomiano.

- **Marne e calcilutiti ad aptici, foraminiferi planctonici e radiolari** in strati variabili tra 2 e 15 centimetri con uno spessore variabile tra 20 e 70 m (Fm. Alcamo, Mb. Hybla), l'età è cretaceo medio.
- **Calcareniti, biocalcareniti glauconifere e marne verdastre a foraminiferi arenacei.** Lo spessore varia tra 10 e 20 m, l'età è Miocene inferiore. Ancora discordanti seguono:
- **Argille e marne grigie a foraminiferi planctonici** (Fm. San Cipirrello); lo spessore varia tra 50 e 150 m, l'età è Serravalliano - Tortoniano medio.

### **5.3.1.2 – L'Unità Monte Monaco**

I litotipi che costituiscono la serie stratigrafica della presente unità tettonica affiorano nella parte più settentrionale della Penisola di Capo San Vito, ed in "finestra tettonica" a **Cala di Grottazza**. Tale unità è costituita da terreni prevalentemente carbonatici, clastico-carbonatici, calcareo marnosi e, in subordine, clastico-terrigeni, di età compresa tra i Mesozoico ed il Terziario. Il Dominio paleogeografico, verosimilmente Panormide, vede l'evoluzione di una piattaforma carbonatica a piattaforma carbonatica pelagica prima, e successivamente a bacino pelagico. La "struttura geologica" che caratterizza Monte

Monaco è rappresentata da un'anticlinale, il cui asse è orientato E - W, che si sovrappone ad un sistema di pieghe, con assi orientati N - S, visibili a **Torre dell'Usciere**, a **Cala Mancina** ed a **Capo San Vito**. La successione stratigrafica dei terreni è data da:

- **Dolomie stromatolitiche e loferitiche ad intraclasti e bioclasti, calcari dolomitici ad alghe, foraminiferi, gasteropodi e megalodon**, in strati di spessore variabile tra 10 cm ed il metro, **calcilutiti a peloidi, calcareniti oolitiche e brecce loferitiche**, spesso con strutture a «tepee» e filoni sedimentari il cui riempimento è dato da **calcilutiti e calcisiltiti ad ammoniti, belemniti e calcareniti encrinitiche** immerse in un silt rossastro. Lo spessore in affioramento varia tra 250 e 300 m, l'età è attribuibile all'intervallo Norico - Lias. In disconformità seguono:
- **Calcare rossi o bianchi ad ammoniti e belemniti, biocalcarenniti con crinidi, marne varicolori a radiolari, radiolariti con croste ferro-manganesifere**, in strati di spessore variabile tra 5 e 30 cm. Lo spessore in affioramento è variabile tra qualche metro e 30 m, l'età è Dogger - Malm. In discordanza seguono:
- **Biocalciruditi e biocalcarenniti ben stratificate, brecce ad ellipsactinie, alghe e coralli in grossi banchi o a stratificazione massiva**. Lo spessore è variabile tra 110 e 250 m; l'età è Titonico - Cretaceo inferiore. In paraconcordanza seguono:
- **Calciruditi e calcareniti coralgali, biolititi a lamellibranchi e gasteropodi, calcilutiti ad alghe e foraminiferi**, in strati da decimetrici al metro. Lo

spessore varia tra 150 e 300 m, l'età è Cretaceo medio - superiore. In discordanza seguono:

- **Calcilutiti e calcareniti e marne a foraminiferi planctonici (*Globorotalia* sp.) «Scaglia Auct.»**, in strati da centimetrici a decimetrici con intercalazioni di **calciruditi e calcareniti risedimentate**. Lo spessore è variabile tra qualche metro e 70 m; l'età, Eocene. Con netta discordanza angolare seguono:
- **Biocalcareniti, biocalciruditi e calcareniti a luoghi glauconitiche con una ricca fauna a lamellibranchi, gasteropodi, echinodermi, alghe rodoficee, coralli e briozoi «Mischio»**. Lo spessore è variabile da pochi decimetri a qualche metro, l'età è Miocene inferiore. Ancora discordanti seguono:
- **Marne ed argille marnose ad orbuline, con sottili intercalazioni di calcareniti glauconifere, livelli lenticolari di conglomerati disorganizzati ed intercalazioni di arenarie quarzose e quarzoruditi**. Lo spessore è circa 50 m, l'età è Langhiano -Tortoniano medio.

### **5.3.1.3 – L'Unità Monte Acci – Pizzo di Sella**

Anche per questa unità tettonica gli autori citati al § 5.2 ne ipotizzano l'appartenenza ad un "dominio paleogeografico", verosimilmente Panormide, che vede l'evoluzione di una piattaforma carbonatica a piattaforma carbonatico-pelagica prima, e successivamente a bacino pelagico. Gli affioramenti sono pertinenti alla porzione di territorio comunale compresa tra Pizzo di Sella e Monte Acci; la successione stratigrafica è sovrapposta tettonicamente all'unità Monte Monaco. Gli

affioramenti sono stati individuati anche in diverse "finestre tettoniche" a **Cala Marinella, Cala Beretta, P.<sup>11a</sup> Mandra Nuova**, a W di **P.ta della Capreria**, ai Pizzi ed all'ingresso meridionale della **Riserva Naturale dello Zingaro** (costa orientale di Capo San Vito). I litotipi di questa unità tettonica si sovrappongono a N alle argille tortoniane dell'unità tettonica Monte Monaco ed a SE alle marne del tortoniano medio dell'unità Monte Ramalloro. L'età di questi sovrascorimenti è posteriore al Tortoniano medio.

L'habitus strutturale che caratterizza il settore orientale di questa unità tettonica è una sinclinale che a Pizzo di Sella, Monte Sauci e Monte Acci evolve ad una anticlinale la cui gamba occidentale si ripiega, dando luogo ad una serie di pieghe coricate. Gli assi delle stesse sono orientati N - S a Pizzo di Sella e tendono a disporsi E - W a Monte Acci (B. Abate et alii 1991). Dai termini litologici più antichi a quelli più recenti la successione si articola in:

- **Dololutiti, doloareniti e doloruditi a stratificazione decimetrica**, passanti a **brecce dolomitiche e dolomie mal stratificate o massive**, per uno spessore complessivo di 80 metri ed un'età afferibile al Trias superiore, seguiti sia lateralmente che verticalmente da una:
- **Successione ciclotemica di calcareniti, calcari dolomitici e dolomie stromatolitiche e loferitiche** in strati decimetrici, ad alghe, foraminiferi planctonici e lamellibranchi (*Megalodon sp.*), attraversati da **filoni sedimentari** e da **dicchi di vulcaniti basiche**. Lo spessore complessivo è di circa 400 m e l'età è Trias superiore - Lias. In discordanza seguono:
- **Calcarri nodulari rossi, bianchi o giallastri ad ammoniti e belemniti, calcilutiti e calcareniti con**

**crinidi, gasteropodi, lamellibranchi e foraminiferi, marne varicolori a radiolari, radiolariti, noduli e croste manganesifere e livelli silicizzati, sottilmente stratificate.** Lo spessore varia tra 5 e 20 metri e l'età è compresa tra il Dogger ed il Malm In discordanza seguono:

- **Calcilutiti e calcareniti a liste e noduli di selce, con foraminiferi, saccocoma, radiolari, calpionelle, crinidi e belemniti, passanti, lateralmente, a calcilutiti, calcareniti e marne ad ammoniti, crinidi, belemniti, gasteropodi e foraminiferi, in strati da centimetrici a decimetrici.** Lo spessore varia tra 60 e 90 m, l'età è Titonico - Cretaceo inferiore;
- **Marne e calcari marnosi ad aptici, belemniti, foraminiferi e radiolari,** sottilmente stratificati. Affiorano con uno spessore di 80 m e sono riferibili al Cretaceo medio;
- **Calcilutiti, calcareniti e marne a foraminiferi planctonici (Globotruncane e Globorotalie) «Scaglia Auct.»,** sottilmente stratificate e con intercalazioni lenticolari di potenti Banchi di **Megabrecce carbonatiche.** Lo spessore è variabile tra 100 e 250 m, l'età è ascrivibile al Cretaceo superiore - Eocene. in discordanza si rinvengono:
- **Argille marnose e marne a foraminiferi planctonici.** La potenza non è definibile in quanto questi litotipi affiorano, per uno spessore di circa 10 metri, in

finestra tettonica a Portella Mandra Nuova. L'età è Miocene medio - superiore.

#### **5.3.1.4 – L'Unità Monte Speziale – Monte Palatimone**

Le rocce sedimentarie che caratterizzano la successione stratigrafica di questa unità tettonica sono prevalentemente carbonatiche e terrigene, peculiari di un ambiente di piattaforma carbonatica che evolve a margine di piattaforma prima, ed a scarpata, dopo. Le vicissitudini tettoniche di questa unità vengono esplicate da un sistema di pieghe con andamento degli assi orientati N – S ed E – W.

I litotipi afferenti a questa unità si trovano sovrapposti tettonicamente alle argille del Tortoniano medio dell'unità Monte Acci – Pizzo di Sella e dell'unità Monte Ramalloro. Anche in questo caso i sovrascorimenti tettonici sono successivi al Tortoniano medio.

La successione stratigrafica vede la sovrapposizione dei seguenti litotipi:

- ◆ **Dolomie e brecce dolomitiche vacuolari, doloareniti e doloruditi** spesso gradate e laminate, mal stratificate o massive, passanti a **calciruditi e calcareniti** con **rari fossili** mal conservati tra cui lamellibranchi (*Megalodon sp.*) e frammenti di alghe dasicladacee. Lo spessore dell'orizzonte è circa di 250 m e l'età attribuita al Trias superiore.
- ◆ **Calcaro dolomitico e dolomie stromatolitiche e loferitiche a *Megalodon*, calcareniti oolitiche, in strati di spessore compreso tra 15 e 50 cm, calcilutiti e calcareniti a peloidi, brecce loferitiche con strutture a «tepee».** Numerose sono le cavità paleocarsiche ed i filoni sedimentari riempiti

da brecce provenienti dalla roccia incassante e da calcareniti a crinoidi o da depositi più recenti. Lo spessore dei termini litologici è di circa 500 metri e l'età è compresa tra il Trias superiore ed il Lias. In disconformità seguono:

- ◆ **Calcarei nodulari ad ammoniti e belemniti** in strati e banchi, **calcilutiti ad alghe e foraminiferi, calcareniti a crinoidi** sottilmente stratificate e livelli di *hardgrounds* a più altezze stratigrafiche. Lo spessore è variabile tra pochi metri e 60 m, l'età è Dogger - Malm. Seguono in paraconcordanza:
- ◆ **Calciruditi, calcareniti e brecce ad ellipsactinie, alghe e coralli**, in strati da 20 a 40 cm, passanti lateralmente e verticalmente a **calcilutiti e calcilutiti marnose a liste e noduli di selce**, a calpionelle ed a marne ad aptici, belemniti e radiolari in strati decimetrici. Lo spessore complessivo dell'alternanza dei litotipi è variabile tra 200 e 350 m; l'età è riferibile all'intervallo Titonico - Cretaceo medio;
- ◆ **Calciruditi e calcareniti coralgali, biolititi a lamellibranchi e gasteropodi, calcilutiti ad alghe e foraminiferi** con stratificazione da decimetrica a massiva. Lo spessore, stimato per l'affioramento, è di circa 200 m e l'età attribuita è Cretaceo medio - superiore. In discordanza seguono:
- ◆ **Calcilutiti e calcareniti, calcari marnosi e marne a foraminiferi planctonici e radiolari «Scaglia Auct.»** sottilmente stratificate, **con intercalazioni di banchi di megabrecce calcaree**. Lo spessore è variabile tra

100 e 200 m, l'età è Cretaceo superiore - Eocene. In discordanza seguono:

- ◆ **Biocalcareniti, calciruditi marnose e marne rossastre**, sottilmente stratificate, a luoghi glauconitiche con un ricco contenuto fossilifero dato da grossi lamellibranchi, macroforaminiferi (Amphistegine), alghe denti di pesce, foraminiferi arenacei «**Mischio**». Lo spessore è variabile tra qualche metro e la decina di metri, l'età è attribuita al Miocene inferiore. Sempre in discordanza seguono:
- ◆ **Argille, argille sabbiose e marne, a foraminiferi planctonici ed arenacei**. Lo spessore, difficilmente misurabile in affioramento, varia tra i 15 ed i 200 m. L'età è Langhiano - Tortoniano medio.

### **5.3.1.5 – L'Unità Monte Sparagio – Monte Cofano**

Anche per quest'ultima unità tettonica, presente marginalmente nel territorio comunale di S. Vito lo Capo, l'ambiente paleogeografico è quello di piattaforma carbonatica che evolve a margine di piattaforma prima, ed a scarpata, poi. Rispetto alla precedente, questa volta i litotipi che la costituiscono sono di natura carbonatica, silico-carbonatica e silico-clastica. Affiora nel promontorio di Monte Cofano con un anticlinale rovesciata con asse orientato NE - SW e nella dorsale di Monte Sparagio, sita al margine meridionale dell'area studiata, dove affiora la gamba meridionale di un'anticlinale orientata ESE - WSW. La serie stratigrafica che la compone è sovrapposta, tettonicamente, sia alle argille del Tortoniano medio dell'Unità Monte Speziale - Monte Palatimone, sia a quelle dell'Unità Monte

Ramalloro. L'età della messa in posto è successiva al Tortoniano medio. La successione stratigrafica è data da:

- ❖ **Dololutiti, doloareniti e doloruditi** in strati decimetrici od in banchi, indicative di un ambiente di margine di piattaforma carbonatica. Lo spessore è circa 200 m, l'età Trias superiore. Queste, passano lateralmente e verticalmente a:
- ❖ **Calcaro, Calcaro dolomitico e dolomie stromatolitiche e loferitiche ad intraclasti e bioclasti, con alghe, foraminiferi bentonici e lamellibranchi**, in strati da centimetrici a decimetrici. Numerose le cavità paleocarsiche riempite da brecce legate da silt vadoso rosso o da cemento calcitico in grossi cristalli e filoni sedimentari larghi anche 10 m, il cui riempimento è dato da calcilutiti e calcisiltiti a crinoidi ed ammoniti. Lo spessore complessivo è di circa 500 metri e l'età è compresa tra il Trias superiore ed il Lias. In discordanza seguono:
- ❖ **Calcaro nodulari ad ammoniti e belemniti, calcilutiti ad alghe e foraminiferi, calcareniti a crinoidi** con livelli di *hardgrounds* stratificati in grossi banchi, passanti a **calcilutiti verdastre in strati decimetrici o in banchi a struttura pseudo nodulare e calcisiltiti silicizzate con faune ad ammoniti e belemniti**. Lo spessore è variabile tra pochi metri e 40 m, l'età è Dogger - Malm. Seguono in disconformità:
- ❖ **Calciruditi, calcareniti e brecce ad ellipsactinie, alghe e coralli**, in strati da 10 a 50 cm, passanti lateralmente e verticalmente a:
- ❖ **Calcilutiti e calcareniti a liste e noduli di selce, calcari marnosi e marne a foraminiferi, lamellibranchi, gasteropodi, belemniti e crinoidi, ben stratificate**. Lo spessore complessivo dei litotipi è variabile tra 200 e

300 m; l'età è riferibile all'intervallo Titonico - Cretaceo medio. In discordanza seguono:

- ❖ **Calciruditi e calcareniti coralgali, biolititi a lamellibranchi e gasteropodi, calcilutiti ad alghe e foraminiferi** con intercalazioni di vulcaniti basiche. Lo spessore, stimato per l'affioramento, varia tra 150 e 300 m e l'età attribuita è Cretaceo medio - superiore. In discordanza seguono:
- ❖ **Calcilutiti e calcareniti, calcari marnosi e marne con globotruncane «*Scaglia Auct.*»** sottilmente stratificate, **con intercalazioni di potenti banchi di megabrecce.** Lo spessore è variabile tra 100 e 200 m, l'età è Cretaceo superiore - Eocene. In discordanza seguono:
- ❖ **Biocalciruditi e biocalcarenti a lamellibranchi, gasteropodi, amphistegine, alghe e coralli,** indicativi di un ambiente di spiaggia sommersa con spessore variabile tra pochi metri e 30 m; l'età è attribuita al Miocene inferiore - medio. Sempre in discordanza seguono:
- ❖ **Argille, argille sabbiose e marne, a foraminiferi planctonici con intercalazioni di arenarie quarzose, sabbie e calcareniti.** Lo spessore è di circa 200 m, l'età è Langhiano - Tortoniano medio.

### **5.3.2 – I «*Depositì Tardorogeni*»**

In netta discordanza sulle unità tettoniche appena descritte, si articolano sedimenti clastici depositatisi tra il Tortoniano superiore ed il Quaternario.

I terreni plioquaternari affiorano nei dintorni dell'abitato di Castelluzzo, mentre lungo la costa, a quote di pochi metri affiorano i depositi del Tirreniano. Dai più antichi ai più recenti sono costituiti da:

- **Calcareniti bioclastiche, conglomerati a prevalente matrice arenitica**, in strati spessi da 10 a 30 centimetri, indicativi di ambiente neritico; passanti (nell'area di Castelluzzo, con spessore di circa 40 m, e nell'estremità del Promontorio di Capo San Vito) a calcareniti eoliche di duna. Questi terreni affiorano diffusamente lungo la costa, soprattutto sui massicci calcarei ribassati dalla tettonica disgiuntiva e sono riferibili all'intervallo Pliocene superiore - Pleistocene (Abate et alii 1991).
- **Conglomerati e biocalcareniti a *Strombus bubonius*** che con uno spessore di pochi metri affiorano lungo la costa a NW di Macari e a Case Ferriato, a quote comprese tra 0 e 5 m, l'età è Tirreniano.
- **Detrito di falda**, caratterizzato dall'alternanza disordinata di livelli a frazione diversificata, costituiti da elementi calcarei a spigoli vivi di dimensione variabile. La matrice è di tipo sabbioso-argilloso con colore, generalmente, marrone. La coltre detritica possiede uno spessore variabile; questo, decresce da monte verso mare. Trae origine dallo smantellamento, a causa degli agenti esogeni, dei complessi calcarei e calcareo-marnosi descritto, e si presenta a luoghi in consistenza più o meno coerente e può raggiungere lo spessore di decine metri. La natura dei costituenti varia in dipendenza del tipo litologico da cui trae origine.

## 6 .- PERICOLOSITÁ SISMICA LOCALE ED INDICAZIONI PER LA RIDUZIONE DEL RISCHIO SISMICO

### 6.1 .- GENERALITÁ

Uno degli scopi del D.A. n° 120/Gab del 14 luglio 2021 nella pianificazione urbanistica è quello di far emergere, all'interno del territorio comunale, eventuali situazioni di **pericolosità sismica locale** quale primo passo per la riduzione del **rischio sismico**.

Il sottoscritto si è adoperato affinché venisse stipulata una convenzione tra il Comune di S. Vito Lo Capo ed il DiSTeM dell'Università degli Studi di Palermo, per l'aggiornamento della procedura di Microzonazione Simica di livello 1 raccomandata, per studi di pianificazione urbanistica, dal **Gruppo di lavoro MS "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, Roma 2008.**

Per **microzonazione sismica (MS)** si intende la "valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo".

In sostanza la MS individua e caratterizza le zone stabili, le zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico e le zone suscettibili di instabilità".

Con gli studi sismici condotti a seguito dello sciame sismico del terremoto dell'Umbria e delle Marche del 1997, sono state evidenziate situazioni in cui vengono mostrati livelli di danneggiamento estremamente diversi in edifici

simili, dal punto di vista strutturale, in siti distanti poche centinaia di metri fra loro. Nella stessa località sono state effettuate registrazioni accelerometriche durante un *aftershock*, che hanno mostrato come i livelli di scuotimento nel sito in pianura su terreni sciolti siano stati amplificati di oltre il doppio, rispetto al sito su roccia ed abbiano avuto una durata molto più lunga.

***Lo studio di MS eseguito dal DiSTeM dell'Università degli studi di Palermo*** viene sintetizzato in questa sede con una carta del territorio nella quale sono indicate:

- le zone in cui il moto sismico non viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante e, pertanto, gli scuotimenti attesi sono equiparati a quelli forniti dagli studi di pericolosità di base;
- le zone in cui il moto sismico viene modificato rispetto a quello atteso in condizioni ideali di roccia rigida e pianeggiante, a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche del territorio;
- le zone in cui sono presenti o suscettibili di attivazione fenomeni di deformazione permanente del territorio indotti o innescati dal sisma (instabilità di versante, liquefazioni, fagliazione superficiale, sedimenti differenziali, ecc.).

***Il livello 1 è un livello propedeutico ai veri e propri studi di MS, in quanto consiste in una raccolta di dati preesistenti, elaborati per suddividere il territorio in microzone qualitativamente omogenee rispetto alle fenomenologie sopra descritte.***

## 6.2 .- PERICOLOSITÀ SISMICA DI BASE

Il **Decreto Assessoriale n° 120/Gab del 14 luglio 2021**, **definisce la pericolosità sismica**. Essa è intesa come la misura dello scuotimento al suolo atteso in un dato sito ed è legata alle caratteristiche sismotettoniche, alle modalità di rilascio dell'energia alla sorgente, alla propagazione delle onde sismiche dalla sorgente al sito ed alla loro interazione con le caratteristiche geologiche locali, nonché alle caratteristiche del terremoto di progetto, inteso come l'evento sismico caratterizzato dalla massima magnitudo ed intensità, contraddistinto dalla massima accelerazione di picco e relativo contenuto in frequenza, relativamente al periodo di ritorno più prossimo.

Negli **"Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica"** redatti dal **Gruppo di lavoro MS della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, Roma 2008**, si afferma che ... *Gli studi di pericolosità di base, generalmente, sono condotti a scala nazionale/regionale da esperti incaricati dai vari soggetti. Questi studi richiedono un'esperienza comprovata nel processamento e nella valutazione di cataloghi di terremoti, di relazioni di attenuazione, di elaborazioni statistiche. I risultati di questi studi sono poi messi a disposizione per l'utilizzo anche a fini della MS, in particolare per la definizione di input sismici di riferimento (in forma spettrale o di accelerogrammi), per valutazioni su amplificazioni locali o su eventuali deformazioni permanenti...*

## **6.2.1 – Sismicità storica del territorio comunale**

### ***La classificazione sismica del territorio comunale di S.***

**Vito Lo Capo** è, allo stato attuale, quella recepita con Delibera di Giunta Regionale. n. 408 del 19 dicembre 2003: "Individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed attuazione dell'Ordinanza del Presidente del Consiglio dei Ministri 20 marzo 2003, n. 3274", secondo la quale, questo ricade in **"zona 2"**.

**La sismicità storica** è stata ricavata dall'analisi del **"Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1980"** e del **"Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1990"** editi dall' Istituto Nazionale di Geofisica – SGA Storia Geofisica Ambiente, Bologna.

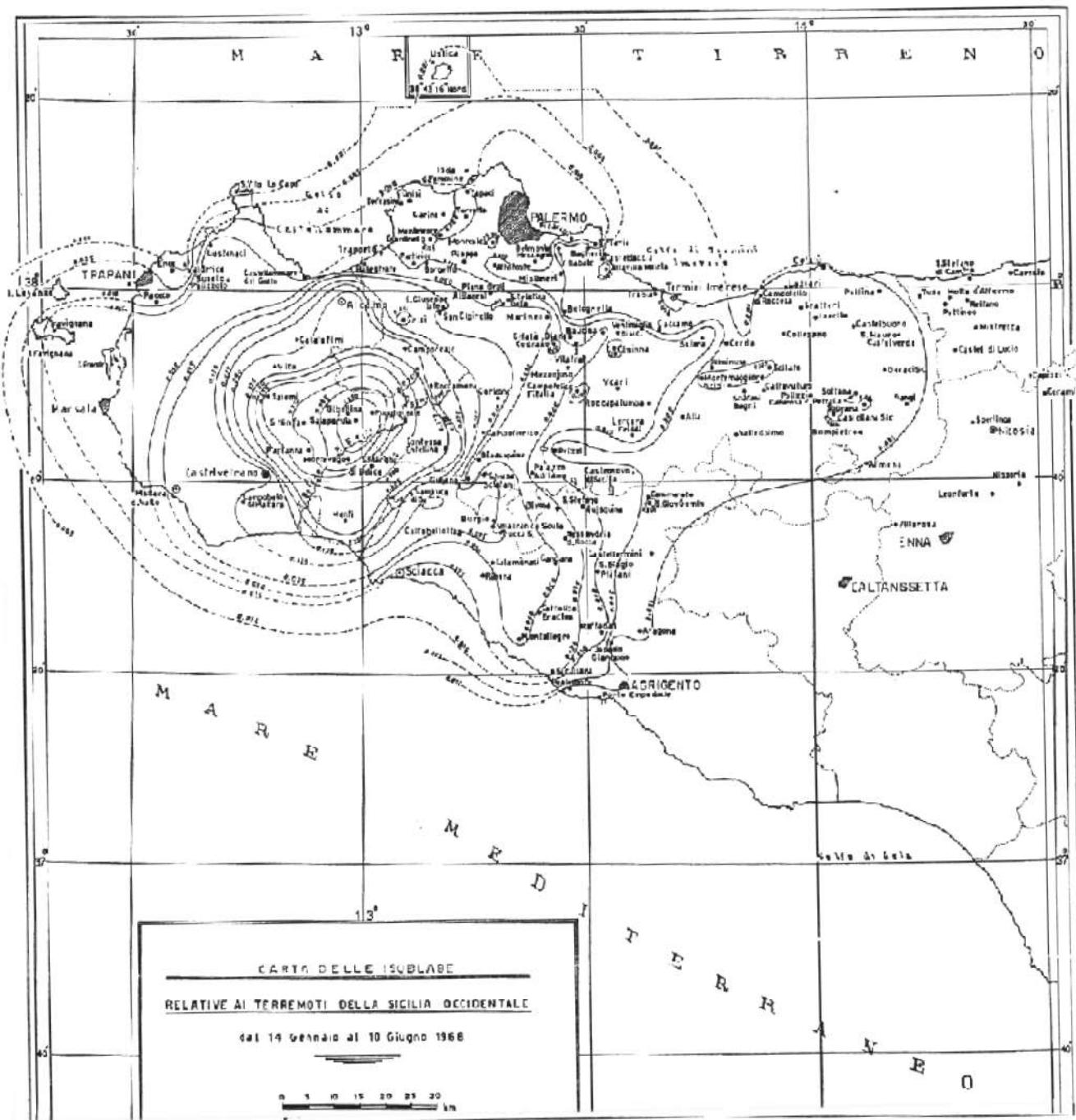
Access by locality														
Name	Lat	Lon	Felt	see also	Localities									
San Vito dei Normanni BR	40.656	17.708	1											11107
San Vito di Cadore BL	46.460	12.205	3											
San Vito di Fagagna UD	46.091	13.067	2											
<b>San Vito Lo Capo TP</b>	<b>38.174</b>	<b>12.735</b>	<b>1</b>											
San Vito sul Cesano PS	43.595	12.890	2											
San Vito sullo Ionio CZ	38.710	16.408	8											
San Vittore del Lazio FR	41.460	13.931	3											
Year Mo Da	Ho	Mi	Lat	Lon	Io	Int	dl	Epicentral Zone	Me	RC	EE	Felt	reports	
1968	01	15	02	01	37.77	12.98	10.0	6.0	Valle del Belice	6.4	A		1	
Selected locality: <b>San Vito Lo Capo</b>														
Comments														
institutional and administrative response														
reconstructions and relocations														
theories and observations														
associated natural phenomena														
major earthquake effects														
effects on the environment														
full chronology of the earthquake sequence														
Author(s)	txt	Val	Title											References
*														120
Barbano M.S., Cosentino	F	1968. Terremoto in Sicilia, a cura di Marino G.C.												
Boschi E., Ferrari G., G	Bs	Isoseismal maps of Calabria and Sicily earthquakes (South												
Bosi C., Cavallo R. e Fr	C	Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 a.C. al 196												
Bosi C., Cavallo R. e Ma	* Bs	Aspetti geologici e geologico-tecnici del terremoto della												
Bottari A.	Bs	Il terremoto della Valle del Belice del gennaio 1968, in "												
Cailleaux A.	Bs	Attività sismica e neotettonica nella Valle del Belice, in "												
	Bs	Anatomia della terra.												
Select locality by name....														

**L'evento significativo è quello conosciuto come "il Terremoto della Valle del Belice del 1968".** Si riportano di seguito le notizie relative al sisma e le informazioni reperibili per l'area studiata.

<p><b>San Vito lo Capo</b> information by individual locality</p> <p>Text of comment Length of comment (char.) 136 Le scosse succedutesi nel corso del periodo sismico lesionarono lievemente lo 0,18% delle unità immobiliari su di un totale di 1725 (1).</p> <p>Notes Reference codes 1 2 -&gt; [ ] Close window [ ]</p>	<p><b>Macari</b> information by individual locality</p> <p>Text of comment Length of comment (char.) 42 La scossa principale fu violentissima (1).</p> <p>Notes Reference codes 1 1 -&gt; 050840 [ ] Close window [ ]</p>
<p><b>Comment</b> elements of the local buildings</p> <p>Text of comment Length of comment (char.) 1613 Gli studi e le relazioni scientifiche relative agli effetti di questo terremoto scritte da ingegneri, geologi e sismologi, concordarono nell'assegnare alle scadenti tipologie edilizie un ruolo importante nella definizione qualitativa e quantitativa dei danni. La pessima esecuzione delle murature dei fabbricati, tenute assieme con malte scadenti, l'assenza o l'insufficienza delle fondazioni, la presenza di tetti spinosamente mal raccordati con le pareti esterne, furono i</p> <p>Notes Reference codes 1 7 -&gt; [ ] Close window [ ]</p>	<p><b>Comment</b> elements of the local buildings</p> <p>Text of comment Length of comment (char.) 1613 fattori che contribuirono in larga misura ad amplificare gli effetti delle scosse sugli edifici. A questo quadro vanno aggiunte le risultanze delle prove di laboratorio relative al comportamento meccanico dei materiali da costruzione maggiormente impiegati nell'area danneggiata. I blocchi di tufo e le malte dimostrarono, in generale, una scarsissima resistenza alle sollecitazioni sismiche. Dalle indagini sul campo emerse che i pochi edifici correttamente</p> <p>Notes Reference codes 1 7 -&gt; [ ] Close window [ ]</p>
<p><b>Comment</b> elements of the local buildings</p> <p>Text of comment Length of comment (char.) 1613 costruiti con strutture di cemento armato superarono quasi indenni l'impatto delle scosse, senza subire crolli rovinosi, nella zona epicentrale, e risultando esenti da danni dove il terremoto ebbe intensità minore. In tutta l'area epicentrale, che non risultava tra le zone ad elevato rischio sismico, non erano state adottate misure di sicurezza e di prevenzione del rischio sismico. Le scadenti tipologie edilizie che caratterizzavano tutti i centri</p> <p>Notes Reference codes 1 7 -&gt; [ ] Close window [ ]</p>	<p><b>Comment</b> elements of the local buildings</p> <p>Text of comment Length of comment (char.) 1613 risultava tra le zone ad elevato rischio sismico, non erano state adottate misure di sicurezza e di prevenzione del rischio sismico. Le scadenti tipologie edilizie che caratterizzavano tutti i centri distrutti erano il risultato di una serie di fattori concomitanti: l'economia depressa e marginale, quasi di sussistenza, le forme arcaiche di conduzione dei fondi agricoli, costo elevato dei migliori materiali da costruzione (1).</p> <p>Notes Reference codes 1 7 -&gt; 050840 055004 * 055009 * 091255 145024 * [ ] Close window [ ]</p>

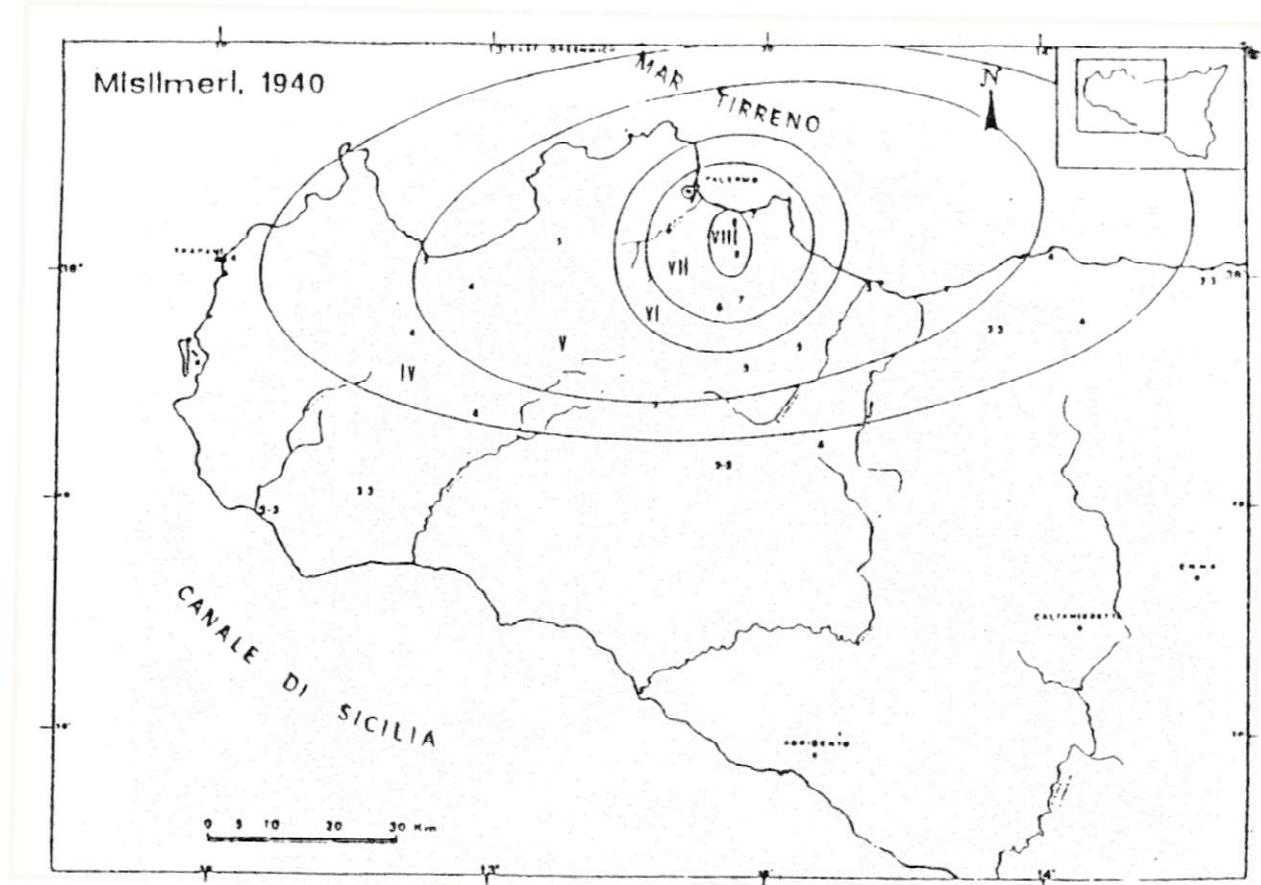
**Reference**

<b>Author(s)</b>	<b>Ref. code</b>
Cosentino P. e Mulone A.	050840
<b>Title</b>	<b>Text value</b> Bs Bibliografia scientifica
The Belice earthquake of January 15, 1968, in "Atlas of isoseismal maps of Italian earthquakes", a cura di D. Postpischl, CNR-PFG, Quaderni de «La ricerca scientifica», 114, vol.2 A, pp.150-151.	
<b>Published in:</b> Roma	
<b>Date of publication</b>	1985 to
<b>Availability</b> <input type="button" value="Q"/>	
<b>Close window</b> <input type="button" value="C"/>	



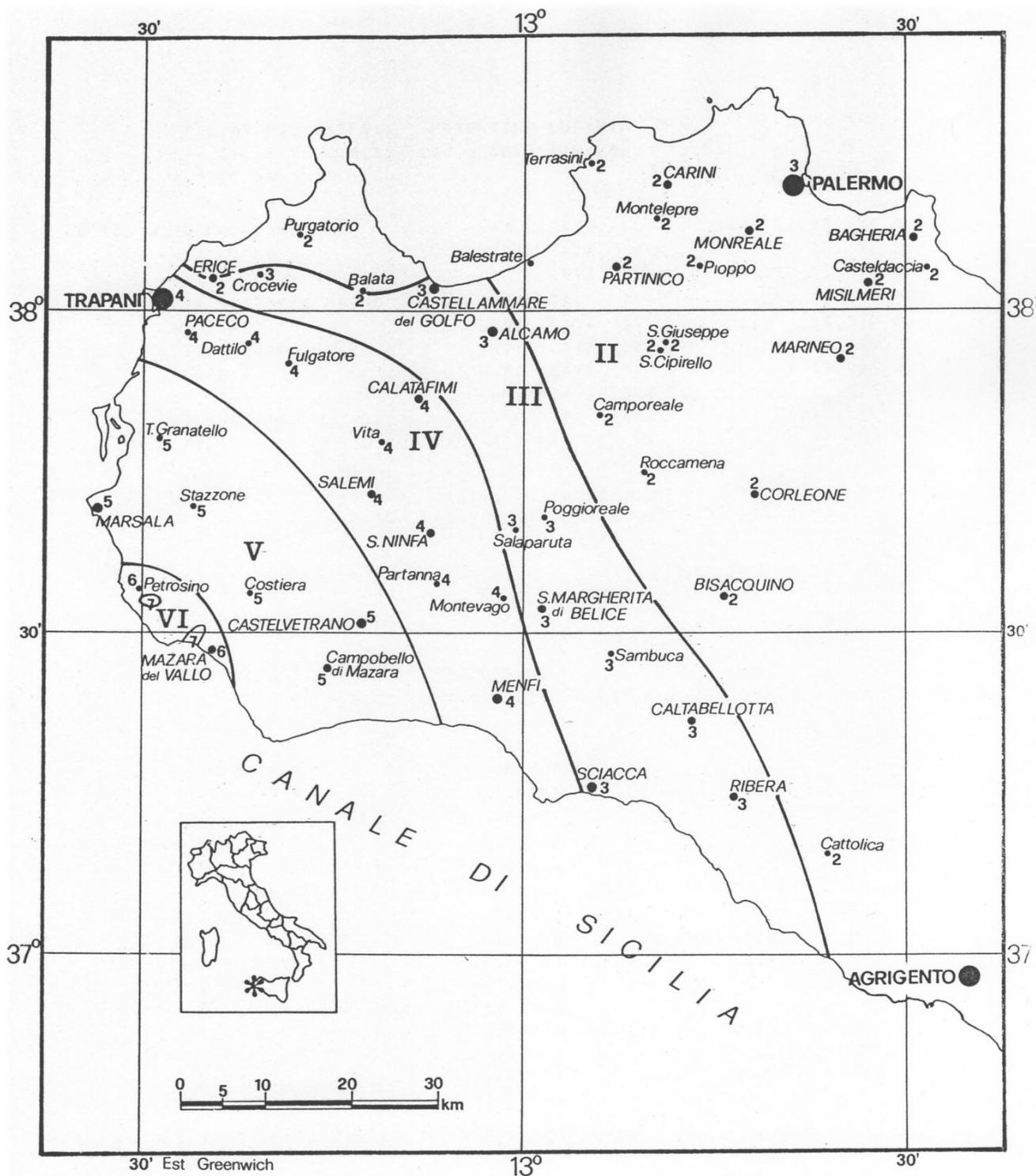
Tra altri eventi più significativi, il cui campo macrosismico ha più o meno interessato il territorio comunale studiato, ricordiamo:

- ◆ Il terremoto di Misilmeri, 1940;
- ◆ Il Terremoto di Mazara del Vallo, 1981;
- ◆ Il terremoto delle Egadi, 1995

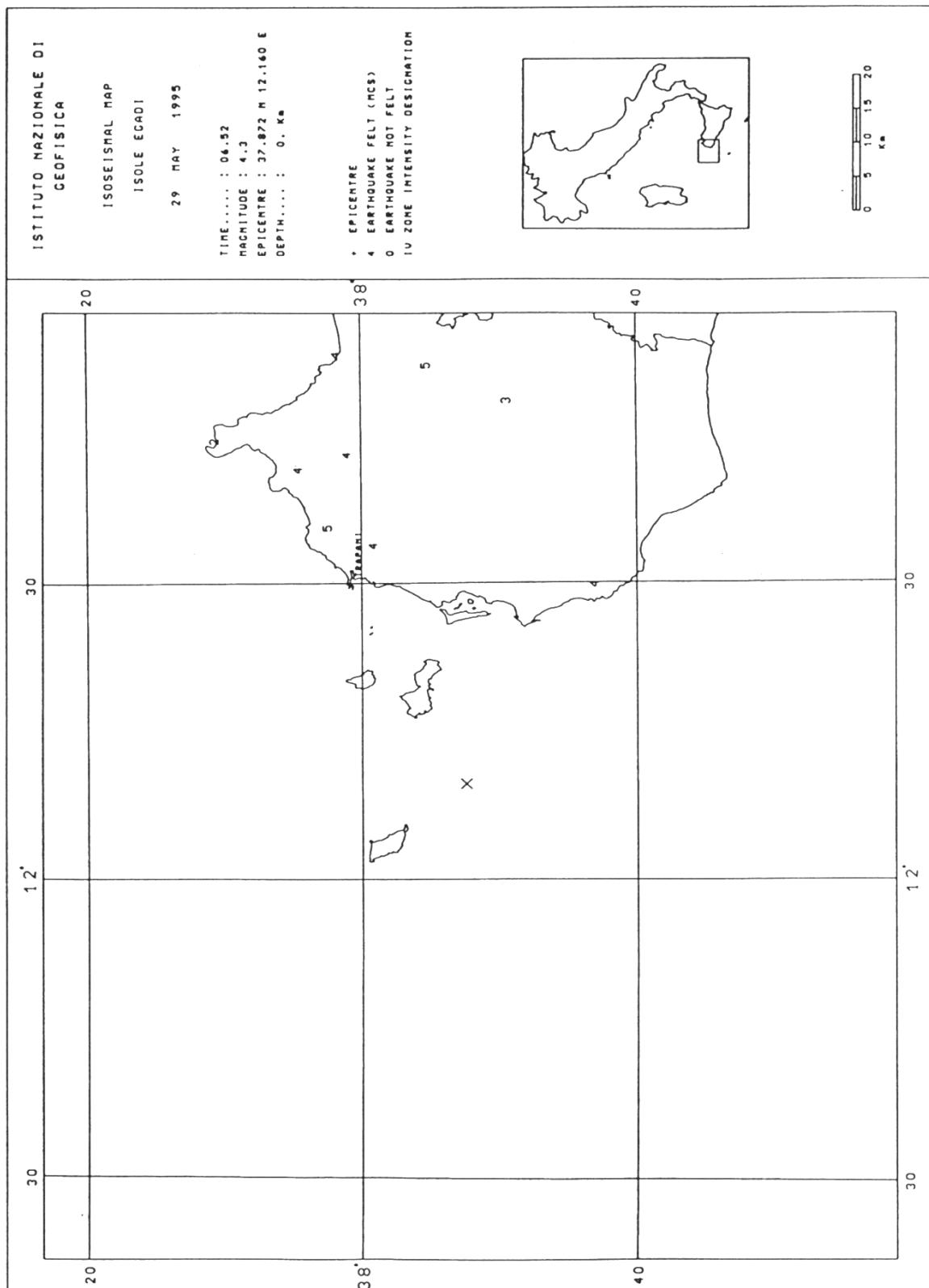


***Isosiste generalizzate relative al Terremoto di Misilmeri del 1940***

Estratto da "Attenuazione Macrosismica in Sicilia occidentale: primi Risultati"  
P. Cosentino et alii, 1984



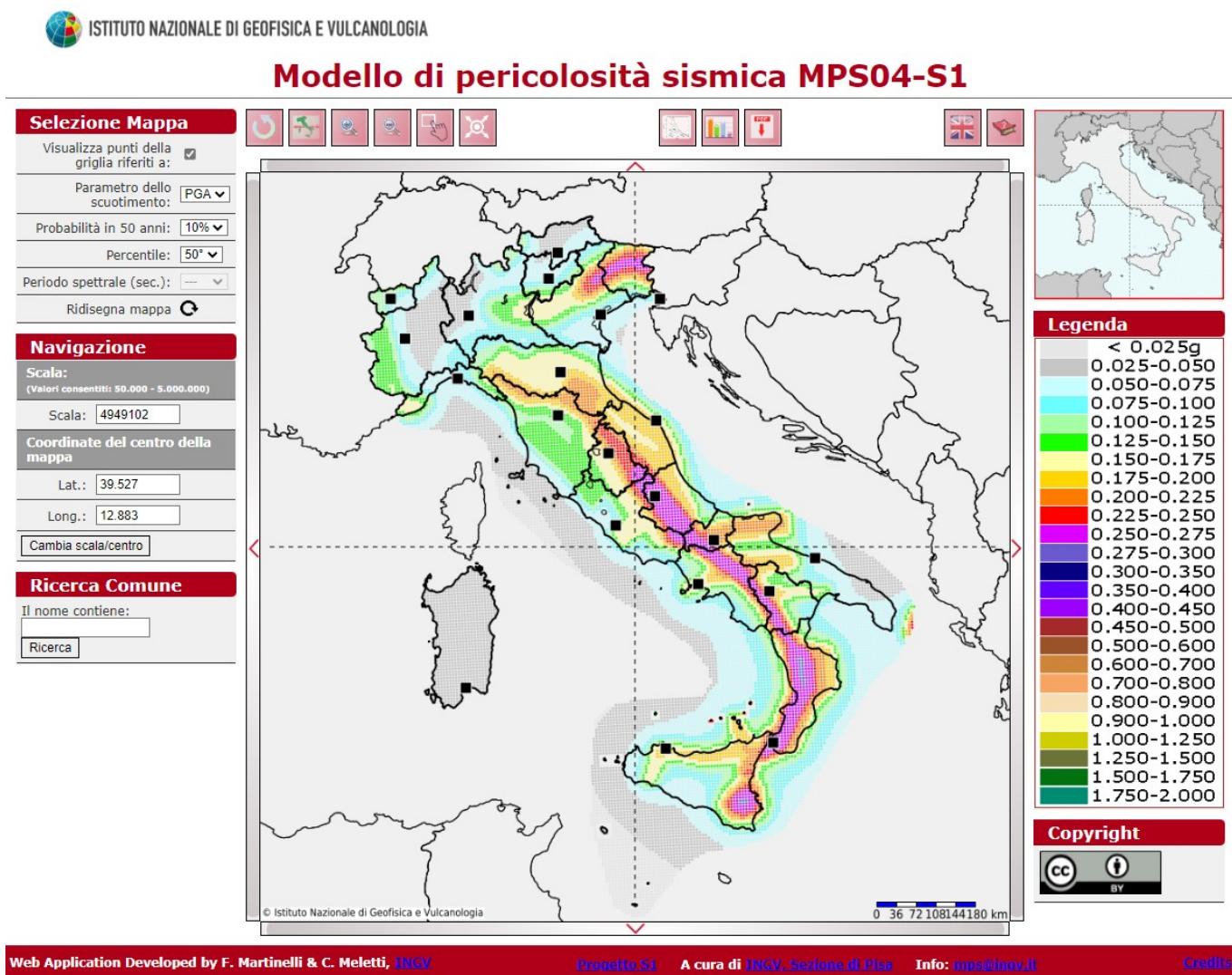
*Campo Macrosismico relativo al Terremoto di Mazara del Vallo, 1981*



*Campo Macroismico relativo al Terremoto delle Egadi, 1995  
Centro Studi e Ricerche Scientifiche "E. Majorana" Erice*

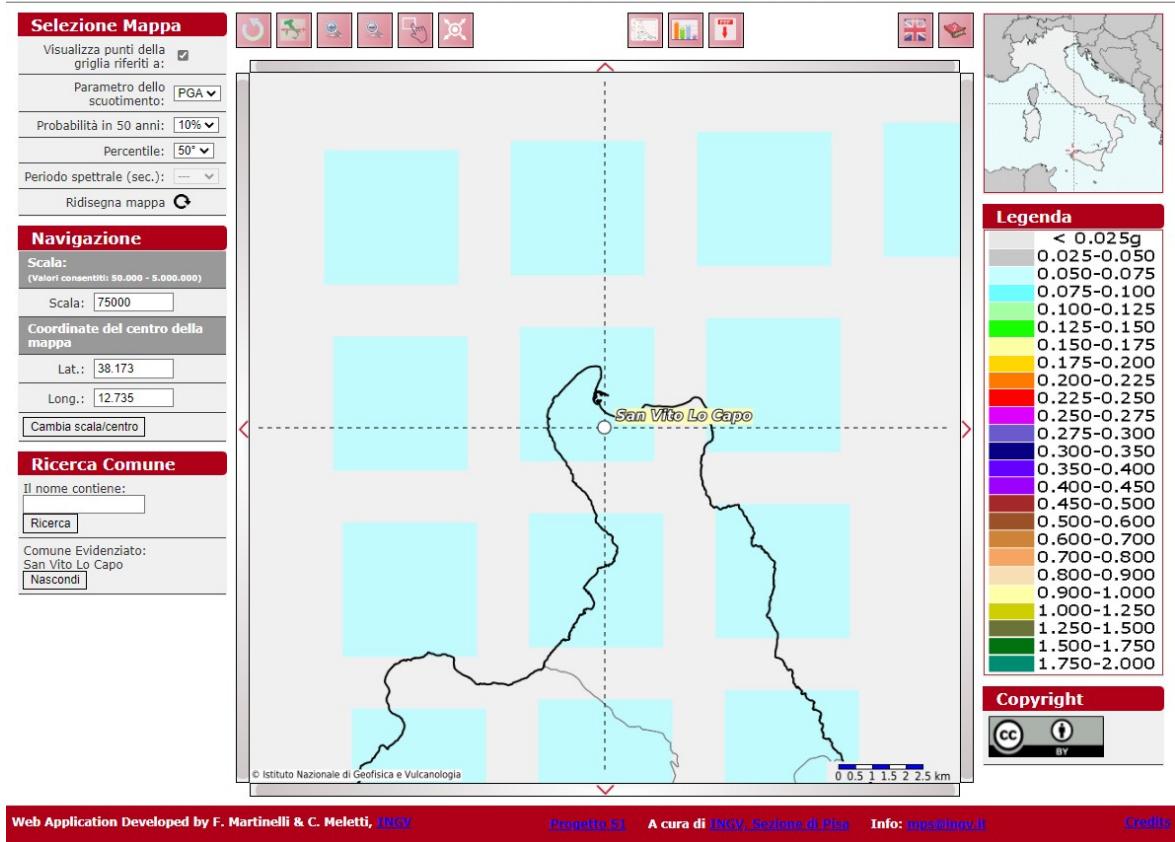
## **6.2.2 – Sismicità del territorio nazionale dal sito web dell'INGV**

Così come indicato nel **D.A. n° 120/GAB del 14.07.2021**, informazioni sulla pericolosità sismica nazionale possono essere ricavate consultando il sito web <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>, da cui sono state estratte le mappe qui illustrate:



**Mappa interattiva di pericolosità sismica relativa al territorio nazionale consultabile al sito WEB - <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>**

## Modello di pericolosità sismica MPS04-S1



*Mappa interattiva di pericolosità sismica relativa al territorio comunale consultabile al sito WEB - <http://esse1-gis.mi.ingv.it/>*

Per il territorio comunale di San Vito Lo Capo le informazioni sulla pericolosità sismica nazionale riguardano vari parametri dello scuotimento, come l'**accelerazione max**  $\vec{a}_{\max}$  attesa, al "bedrock sismico" in caso di **evento tellurico**, compresa tra **0.050 ÷ 0.075 g**, e la probabilità che ciò avvenga in 50 anni, pari al 10%.

### 6.3 .- CAMPAGNA DI INDAGINI GEOGNOSTICHE

Dalla relazione redatta dal **Gruppo di lavoro MS "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica"** della **Conferenza delle Regioni e delle Province autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, Roma 2008**, si legge ... Per effettuare gli studi di MS è indispensabile la raccolta, l'archiviazione organizzata di dati pregressi, ove necessario, dei dati provenienti da nuove e specifiche indagini...

**Per le aree urbane** degli abitati di S. Vito Lo Capo, Macari e Castelluzzo, **e le aree di futura espansione** in progetto pertinenti alle località appena citate, **sono stati effettuati n° 32 campionamenti di rumore sismico** che con i dati geofisici e geognostici acquisiti dallo scrivente relativi a **profili sismici a rifrazione, sondaggi elettrici verticali e perforazioni meccaniche** relativi a precedenti campagne di indagine geognostica, hanno consentito la definizione del modello geologico del sottosuolo.

**In particolare, sono stati utilizzati, oltre ai 32+15 campionamenti di rumore sismico:**

- **n° 51 profili sismici a rifrazione;**
- **n° 11 perforazioni meccaniche;**
- **n° 8 Sondaggi Elettrici Verticali;**
- **n° 5 profili sismici a rifrazione con interpretazione tomografica dei dati acquisiti;**
- **n° 5 tomografie elettriche;**
- **ulteriori 11 campionamenti di vibrazioni ambientali (rumore sismico) anch'essi interpretati con tecnica HVSR;**
- **n° 4 trincee paleosismologiche.**

realizzati in tutto il territorio comunale nel corso di precedenti campagne di indagine geognostica finalizzate alla

esecuzione di opere pubbliche, opere di consolidamento e protezione, ricerche idriche, varianti urbanistiche e pianificazioni territoriali. I dati acquisiti sono stati forniti dall'Ufficio Tecnico Comunale, dopo un'attenta ricerca, eseguita dal sottoscritto, prodromica alla redazione del presente studio. Una descrizione più ampia e dettagliata delle indagini eseguite ed utilizzate per la **Microzonazione Sismica di livello 1**, è contenuta nell'allegato rapporto redatto dal **DiSTeM Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare dell'Università degli Studi di Palermo.**



UNIVERSITÀ  
DEGLI STUDI  
DI PALERMO

*Dipartimento di Scienze della Terra e del Mare (DiSTeM)*  
COD. FISC. 80023730825 P.IVA 00605880822



Fig. 3. Comune di San Vito Lo Capo: delimitazione delle aree sottoposte a microzonazione sismica di livello 1.

### **6.3.1 - Prospettive geofisiche – Indagini Tromografiche (acquisizione di “microtremori” con singola stazione sismica)**

Nel presente paragrafo vengono illustrati i risultati conseguiti con l'indagine geofisica eseguita allo scopo di caratterizzare dal punto di vista geognostico ed elastomeccanico i litotipi che caratterizzano il sottosuolo del territorio indagato.

La ricostruzione dell'assetto strutturale e della successione litostratigrafica e sismostratigrafica del sottosuolo, è stata realizzata utilizzando anche i dati sperimentali acquisiti con la realizzazione dei **quarantasette campionamenti** di **vibrazioni ambientali**.

Le basi teoriche della metodologia utilizzata hanno origine nei primi studi eseguiti da Kanai (1957) nei quali si dimostrava sperimentalmente una correlazione tra alcuni parametri estratti dallo **studio del rumore sismico (vibrazioni ambientali - analisi spettrale)** di un sito e le caratteristiche sismo-stratigrafiche dello stesso.

**Il rumore sismico**, generato da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) e dall'attività antropica, è presente ovunque sulla superficie terrestre. **Si definisce anche microtremore** poiché riguarda oscillazioni molto più piccole di quelle indotte dai terremoti nel campo prossimo all'epicentro.

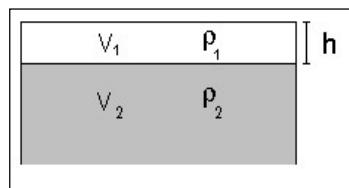
**I microtremori** sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S; in essi giocano un ruolo fondamentale le onde di superficie che hanno velocità prossime a quelle delle **onde di taglio VS**.

In analogia alle tradizionali tecniche di prospettiva sismica, la sismica passiva è una tecnica che permette di definire la serie stratigrafica locale basandosi sul concetto

di contrasto di impedenza acustica fra strati definiti come unità distinte in relazione al rapporto tra i prodotti di velocità delle onde sismiche nel mezzo e la densità del mezzo stesso.

**Tra le varie tecniche** messe a punto successivamente alle intuizioni di Kanai, **si è maggiormente consolidata negli anni quella dei rapporti spettrali tra le componenti del moto orizzontale e quella verticale (Horizontal to Vertical Spectral Ratio, HVSR o H/V)**, proposta da Nogoshi e Igarashi (1970) e successivamente applicata da **Nakamura (1989) per la determinazione dell'amplificazione sismica locale.**

Le basi teoriche dell'HVSR sono relativamente semplici in un sistema stratificato in cui i parametri variano solo con la profondità (1-D). Lo schema illustrato nella **figura 1** rappresenta due strati (1 e 2) che si differenziano per le densità ( $\rho_1$  e  $\rho_2$ ) e le velocità delle onde sismiche ( $V_1$  e  $V_2$ ).



**Figura 1. Modello di suolo caratterizzato da strati a densità  $\rho$  e velocità delle onde sismiche  $V$**

In questo caso, un'onda che viaggia nel **mezzo 1** viene parzialmente riflessa dall'interfaccia tra i due strati. L'onda riflessa, interferendo con quelle incidenti, si somma e raggiunge le ampiezze massime (**condizione di risonanza**) quando **la lunghezza dell'onda incidente ( $\lambda$ ) è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore  $h$  del primo strato.**

Ne consegue che la **frequenza di risonanza ( $f_r$ )** dello strato 1 relativa alle onde P è pari a:

$$f_r = \frac{Vp}{4h}$$

mentre quella relativa alle onde S è:

$$f_r = \frac{Vs}{4h}$$

Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché **la curva HVSR** mostra, come massimi relativi, le frequenze di risonanza dei vari strati.

Questo dato, insieme alla stima delle velocità, è in grado di fornire utili previsioni sullo spessore degli strati.

Questa informazione è contenuta principalmente nella componente verticale del moto ma la prassi di usare il rapporto tra gli spettri orizzontali e quello verticale, piuttosto che il solo spettro verticale, deriva dal fatto che il rapporto fornisce un'importante normalizzazione del segnale per il contenuto in frequenza, per la risposta strumentale e per l'ampiezza del segnale quando le registrazioni vengono effettuate in momenti con rumore di fondo più o meno alto.

La normalizzazione, che rende più semplice l'interpretazione del segnale, è alla base della popolarità del metodo.

Il suddetto esempio si riferisce ad una modellistica semplificata monodimensionale, nella realtà si è spesso di fronte a casi più complessi caratterizzati da eterogeneità

laterali, da topografia non piana e da inversioni di velocità sismiche. L'inversione delle misure di microtremore sfrutta la tecnica del confronto degli spettri singoli e dei rapporti H/V misurati con quelli "sintetici", cioè calcolati relativamente al campo d'onde completo di un modello 3D.

### **6.3.2 .- Strumentazione utilizzata e metodologia di analisi dei dati -**

Per l'acquisizione dei dati sperimentali è stato utilizzato un **tromografo digitale** modello "**Tromino**", il quale racchiude al suo interno tre sensori elettrodinamici ad alta definizione (velocimetri) ortogonali tra loro, con intervallo di frequenze compreso tra 0,1 e 256 Hz e fornito di GPS interno. I dati di rumore, amplificati e digitalizzati a 24 bit equivalenti, sono stati acquisiti alla frequenza di campionamento di 128 Hz.

Dalle registrazioni del rumore sismico sono state ricavate e analizzate due serie di dati:

- ♦ **le curve HVSR** ottenute mediante il **software "Grilla"** eseguendo un *processing* con i seguenti parametri:
  - larghezza delle finestre d'analisi pari a 20s per tempi di acquisizione di 10 minuti;
  - lisciamento secondo finestra triangolare con ampiezza pari al 10% della frequenza centrale;
  - rimozione delle finestre con rapporto STA/LTA (media a breve termine/media a lungo termine) superiore ad 2;
  - rimozione manuale di eventuali transienti ancora presenti.
- ♦ **le curve dello spettro di velocità** delle tre componenti del moto sono state ottenute dopo l'analisi con gli stessi parametri sopra riportati.

Le **profondità  $H$  delle discontinuità sismiche** sono state ricavate tramite la seguente relazione:

$$H = \left[ \frac{V_0(1-\alpha)}{4 \hat{v}_1} + 1 \right]^{\frac{1}{1-\alpha}} - 1$$

in cui:

- $V_0$  è la velocità al tetto dello strato;
- $\alpha$  un fattore che dipende dalle caratteristiche del sedimento (granulometria, coesione, ecc.);
- $\hat{v}_1$  la frequenza fondamentale di risonanza.

Per considerare attendibili le misure ottenute, 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 algoritmo di calcolo appositamente creato per interpretare i rapporti spettrali (HVSR) basati sulla simulazione del campo di onde di superficie in sistemi multistrato a strati piani e paralleli (AKI, 1964). L'algoritmo può elaborare modelli con qualsiasi numero di strati (massimo 50 nella finestra di input), in qualsiasi intervallo di frequenze ed in un qualsiasi numero di modi

(fondamentali o superiori). Operativamente si costruisce un modello teorico avente tante discontinuità sismiche quante sono quelle evidenziate dalla registrazione eseguita.

Un algoritmo cercherà di adattare la curva teorica a quella sperimentale, in questo modo sarà possibile ottenere gli spessori dei sismostrati caratterizzati da una determinata velocità delle onde S.

### **6.3.3 .- Interpretazione delle misure di rumore sismico (microtremori) e stima della velocità delle onde S**

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 cambiamenti litologici presenti nel sottosuolo.

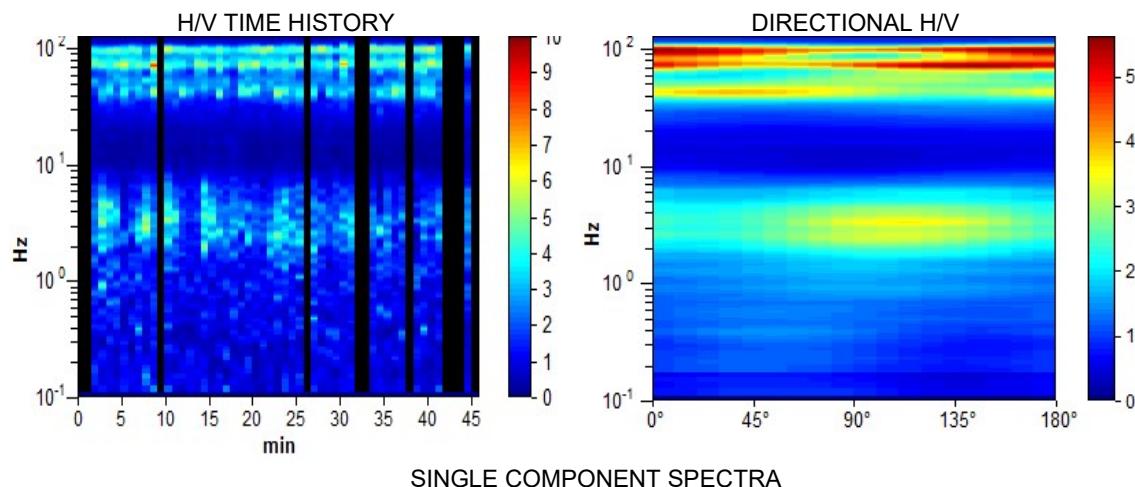
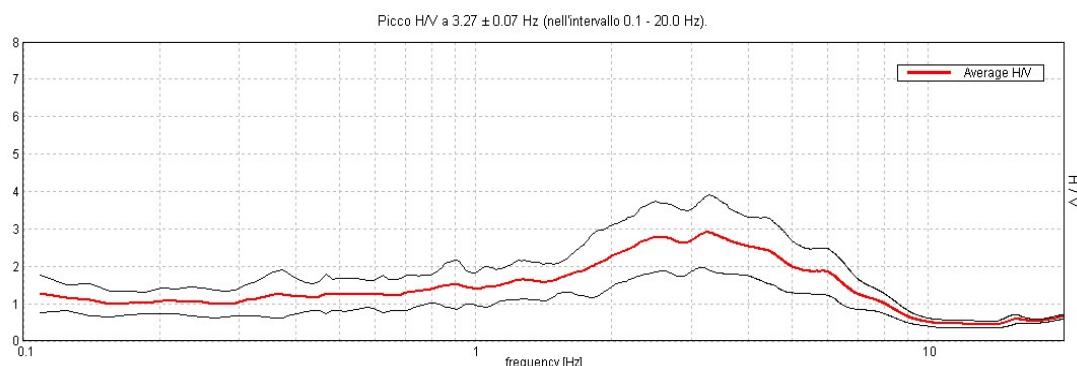
Interpretando i minimi della componente verticale come risonanza del modo fondamentale dell'onda di Rayleigh e i picchi delle componenti orizzontali come contributo delle onde SH, è possibile ricavare il valore della frequenza caratteristica del sito. Sapendo che ad ogni picco in frequenza corrisponde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

Vengono presentati i risultati di **due registrazioni** di **microtremori, una sul "bedrock sismico" T2 ed una su terreno di riporto T32.**

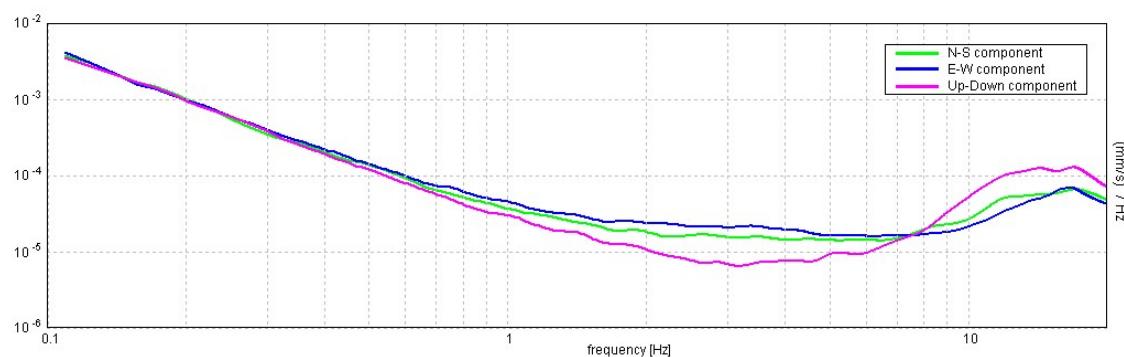
## SAN VITO - INDAGINE TROMOGRAFICA "T2"

Strumento: TRZ-0165/01-12  
 Inizio registrazione: 01/08/12 12:38:40      Fine registrazione: 01/08/12 13:24:39  
 Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN  
 Dato GPS non disponibile  
 Durata registrazione: 0h46'00".      Analizzato 80% tracciato (selezione manuale)  
 Freq. campionamento: 256 Hz  
 Lunghezza finestre: 50 s  
 Tipo di lisciamento: Triangular window  
 Lisciamento: 10%

### HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO



### SINGLE COMPONENT SPECTRA



In generale, la frequenza di risonanza delle onde S che viaggiano all'interno di uno strato è legata al tempo di tragitto delle onde S nello strato stesso dalla relazione:

$$f_r = \frac{1}{4T_H}$$

Dove  $T_H$  è il tempo di tragitto dall'interfaccia risonante e  $f_r$  è la frequenza di risonanza.

A partire dalla formula precedente e conoscendo la profondità  $h$  dell'interfaccia risonante è definibile **la velocità media delle onde S "V"** nella struttura risonante:

$$V = \frac{H}{T_H} \quad \text{e} \quad f_r = \frac{1}{4T_H}$$

da cui si ricava

$$V = 4f_r h$$

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

$$V_s = \frac{H}{\sum_{i=1}^n \frac{h_i}{v_i}}$$

dove:

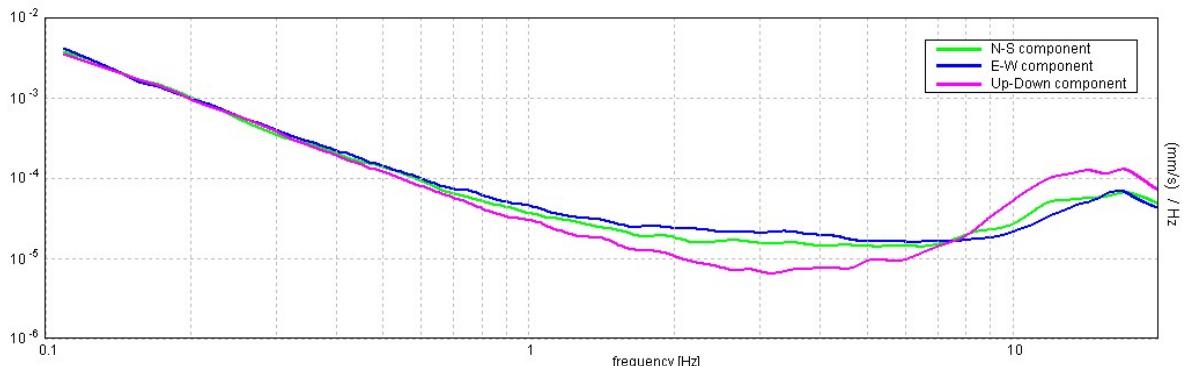
$V_s$  = velocità delle onde di taglio (m/s)

$H$  = profondità in m alla quale si desidera stimare  $V_s$  (30 m nel caso di Vs30)

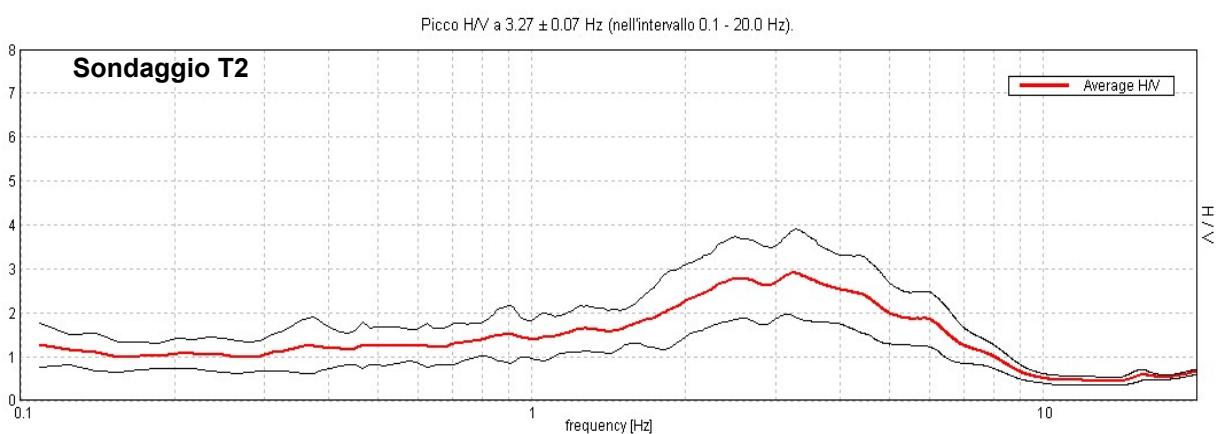
$h_i$  = spessore dello strato  $i$ -esimo

$v_i$  = velocità dello strato  $i$ -esimo

L'immagine seguente rappresenta lo spettro di frequenza rappresentativo delle tre componenti ortogonali registrate dai geofoni *in situ*.



L'immagine successiva, invece, rappresenta un modello di inversione nel quale non risultano evidenti discontinuità sismiche rilevabili a diverse profondità. La curva spettrale rossa rappresenta l'andamento sismico registrato sul campo, mentre non è stata rappresentata quella blu, curva sintetica generata dal codice di calcolo.



Spessore sismostrati (m)	Profondità dal p.c. (m)	V <sub>s</sub> (m/s)	Categoria di sottosuolo di fondazione N.T.C.2008
0.7	0.0 - 0.7	150	<b>A</b> <b>V<sub>s30</sub> = 885 m/s</b>
2.7	0.7 - 2.7	750	
semispazio	da 2.7	1100	

## **SAN VITO - INDAGINE TROMOGRAFICA "T31"**

Instrument: TRZ-0169/01-12

Start recording: 05/09/12 11:36:28      End recording: 05/09/12 12:22:28

Channel labels: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

GPS data not available

Trace length: 0h46'00".      Analysis performed on the entire trace.

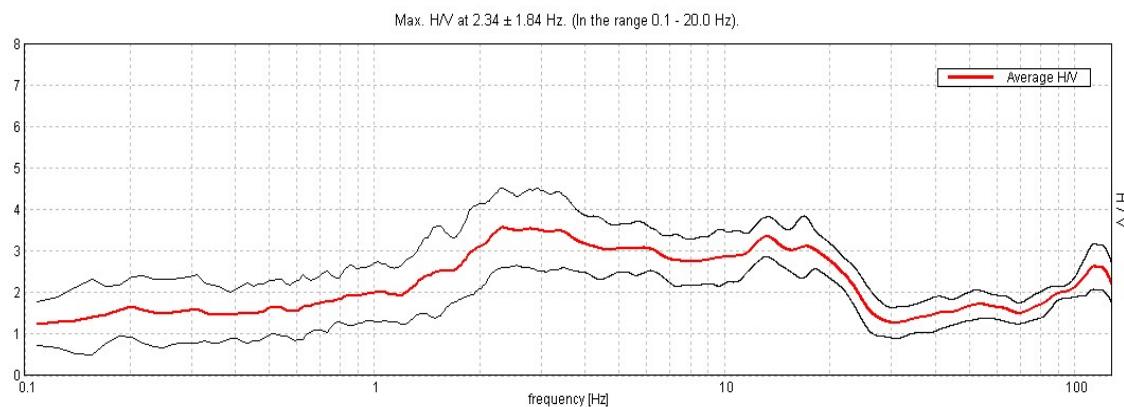
Sampling rate: 256 Hz

Window size: 50 s

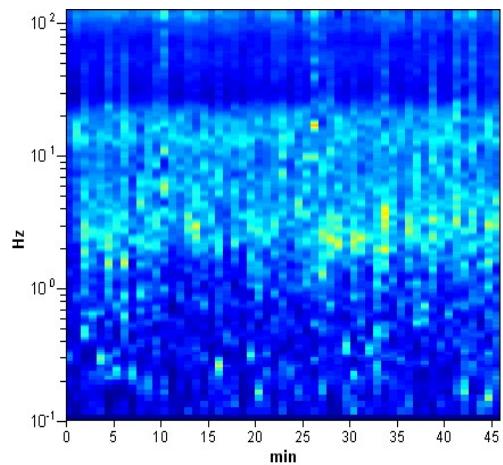
Smoothing type: Triangular window

Smoothing: 10%

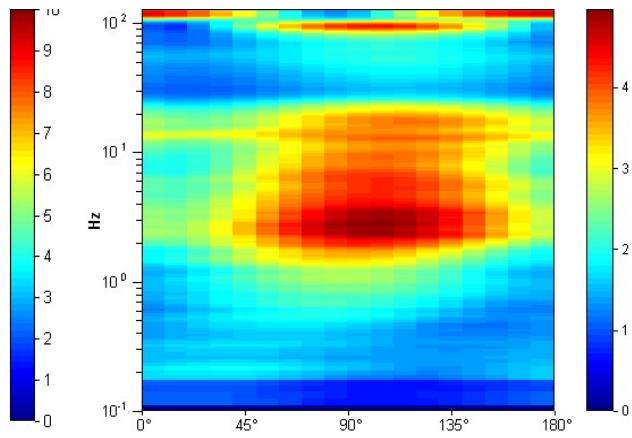
### **HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO**



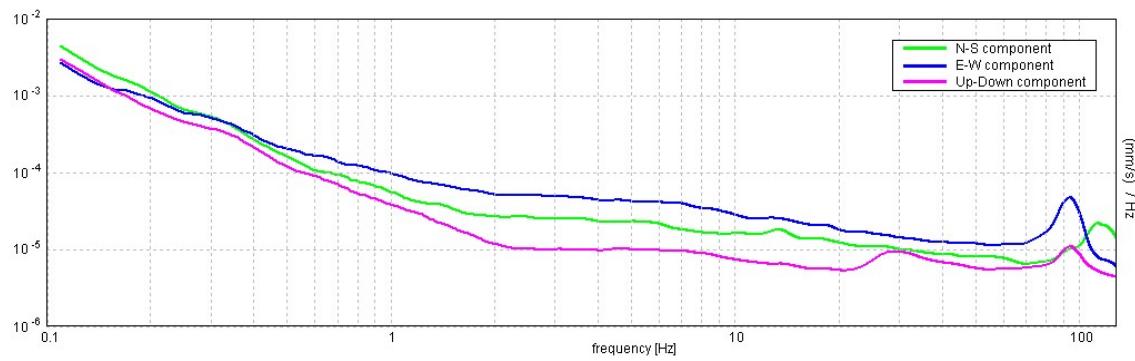
### **H/V TIME HISTORY**



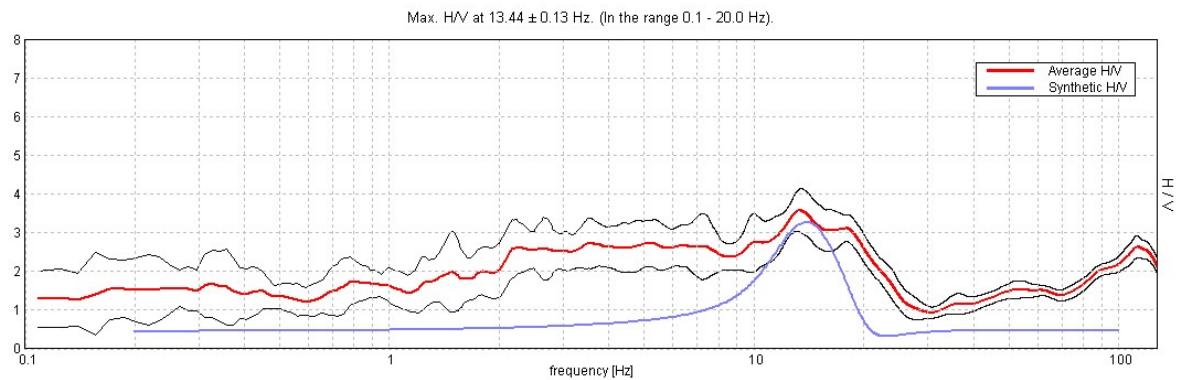
### **DIRECTIONAL H/V**



### SINGLE COMPONENT SPECTRA

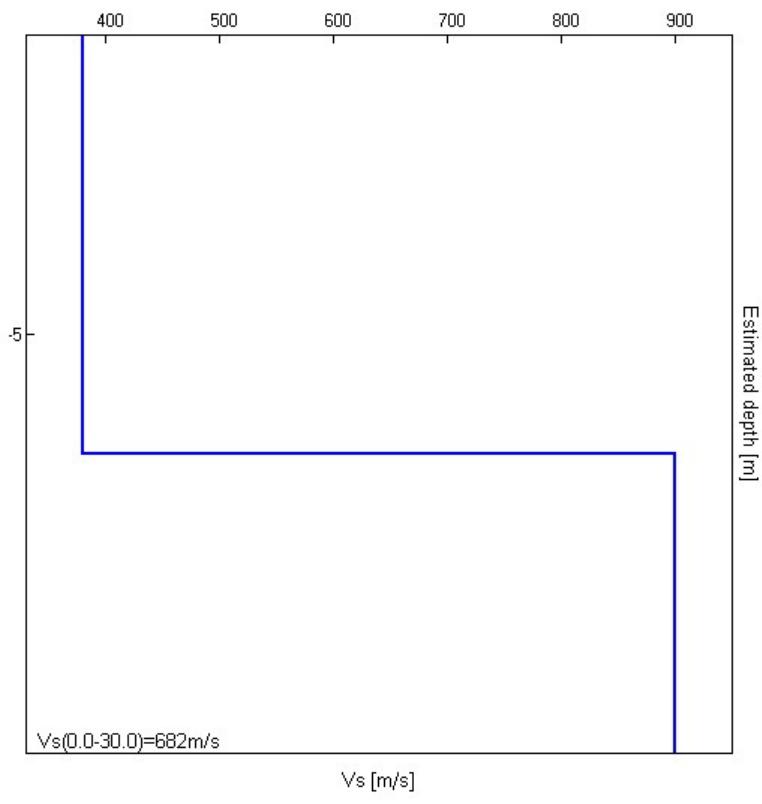


### EXPERIMENTAL vs. SYNTHETIC H/V



Depth at the bottom of the layer [m]	Thickness [m]	Vs [m/s]	Poisson ratio
7.00	7.00	380	0.35
inf.	inf.	900	0.35

Spessore sismostrati (m)	Profondità dal p.c. (m)	Vs (m/s)	Categoria di sottosuolo di fondazione N.T.C.2008
7	0.0 – 7.0	380	<b>B</b>
semispazio	da 7.0	900	<b>V<sub>S30</sub> = 682 m/s</b>

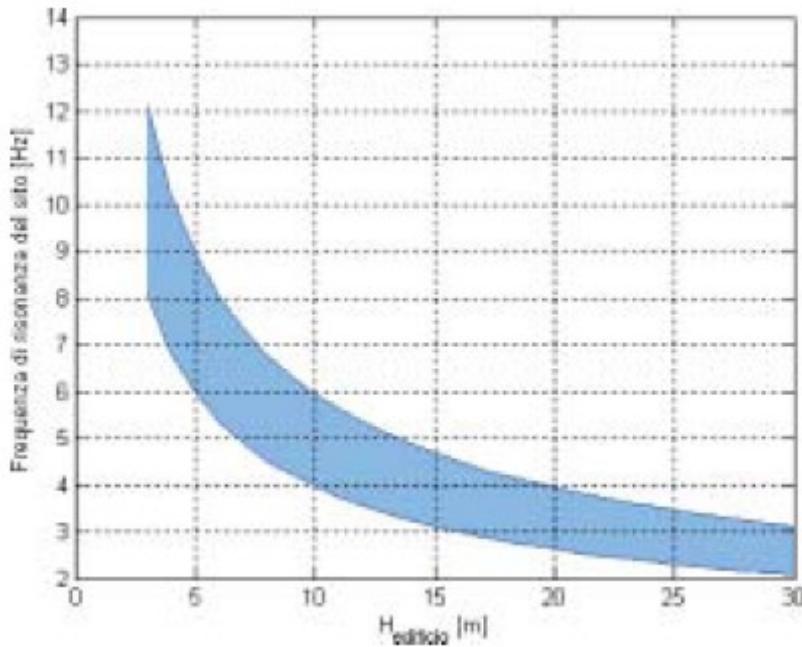


### **Modello sismostratigrafico del sottosuolo**

La frequenza di risonanza di un sito rappresenta un parametro molto importante se analizzato congiuntamente alle frequenze di risonanza proprie delle opere che vi ricadono sopra, in quanto in caso di coincidenza delle due frequenze si può verificare il fenomeno della "doppia risonanza", estremamente pericoloso per le strutture stesse, che verrebbero sottoposte ad eccitazioni massime. In prima approssimazione la frequenza di risonanza di un edificio è legata all'altezza dello stesso e può essere calcolata, secondo la formula:

$$\mathbf{Fr \, naturale \, edificio = 10 \, Hz / numero \, di \, piani}$$

Tuttavia, nei casi reali le relazioni sono più complesse e, nella figura che segue, ne è esemplificata una, dove la fascia azzurra indica le frequenze attese per il primo modo flessionale di vibrare di strutture in c.a. in funzione della loro altezza.



*Relazione tipica tra la frequenza del primo modo flessionale di vibrare ed altezza di una struttura (da Castellaro S., 2008)*

Infine, la prova H/V fornisce poi risultati immediati nel dominio delle frequenze, che rappresenta il dominio di interesse dell'ingegneria sismica, in cui le strutture vengono viste come oscillatori armonici sottoposti ad una ampiezza massima in funzione della frequenza (spettri di risposta).

## 7 .- MODELLO GEOLOGICO DEL SOTTOSUOLO CON CARATTERISTICHE LITOTECNICHE DEI “TERRENI”

### 7.1 .- PREMESSA

Sulla base dei risultati dell'indagine geognostica eseguita nel **territorio comunale di S. Vito Lo Capo**, in particolare nelle **aree urbane**, correlati per analogia con le osservazioni scaturite dal rilievo geologico di superficie e

tutte le informazioni geologiche raccolte, si è redatta la classificazione dei litotipi riportata nel presente paragrafo.

La caratterizzazione litotecnica dei "terreni" che costituiscono la successione stratigrafica delle **aree urbane di S. Vito Lo Capo, Macari e Castelluzzo**, è stata eseguita utilizzando le indicazioni contenute nella "**Guida per la definizione delle unità litotecniche**", allegato "D" alla Circolare, dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Siciliana, n° 120/Gab in data 14.07.2021.

## 7.2 .- CENTRO URBANO DI S. VITO ED AREE LIMITROFE

Le unità litotecniche, pertanto, sono state distinte in due insiemi: l'uno relativo al substrato, l'altro alla copertura.

### **UNITÀ LITOTECNICA DEL SUBSTRATO**

A questa unità litotecnica appartengono i **Calcaria a Caprine e Rudiste** in sub-affioramento, a luoghi, nel **Centro Storico, e nelle aree ad esso limitrofe**. Il litotipo è riconducibile ad una successione tipo A1 - A2 - A3 - A4 - A5 - D10; la roccia lapidea carbonatica si estende in profondità con continuità sia orizzontale sia verticale, lo spessore è notevole ed indefinito.

Osservato in affioramento e lungo i fronti delle cave prossime all'abitato, il litotipo si presenta dall'aspetto

massivo, o talvolta con deboli accenni di stratificazione e mostra, inoltre, un colore cangiante in diverse tonalità che vanno dal grigio al bianco perla.

### UNITÀ LITOTECNICA DELLA COPERTURA

A questa unità litotecnica appartengono sia i sedimenti costituiti da litofacies chiaramente postorogene, stratigraficamente collocabili nell'intervallo cronologico che va dal Pleistocene all'Attuale, sia le litofacies di copertura più superficiali. Queste ultime, rappresentate nel **Centro Storico** dai **depositi eluvio-colluviali** pelitico-arenacei, sono costituiti da sedimenti a grana medio fine tipo F2 ed F2c e sedimenti a grana fine e finissima tipo H1 ed H1c, spesso dotati di coesione per legante argilloso (C1).

Dalle **calcareniti bioclastiche**, chiaramente post-orogene, costituiscono, nell'area sopraindicata, dapprima un passaggio verticale ed anche laterale. Tale orizzonte, sabbioso-calcarenitico, è rappresentato da sedimenti a grana medio fine coesivi tipo F2 ed F3 e cementati tipo F3 con medio grado di cementazione.

I livelli più superficiali dell'orizzonte, a luoghi, evolvono a sabbie da sciolte ad addensate o debolmente cementate con rare inclusioni di elementi calcarei e calcareo-marnosi di dimensioni molto variabili, dai ciottoli

alle ghiaie, con spigoli vivi o smussati, inglobati in frazioni limo-argillose di origine colluviale.

Man mano che ci si sposta verso dal Centro Storico di S. Vito Lo Capo in direzione di **via del Secco**, il substrato calcarenitico cede il posto, nel **sito interessato** dalla coltivazione delle **cave a fossa di "spuma di mare"** non più attive ed in auge nel passato (più di 25 anni fa'), **a terreni di riporto il cui spessore, stimato con le indagini geofisiche raggiunge anche potenze superiori agli 8 m.**

Il **detrito di falda**, peculiare litotipo di copertura, **nell'area urbana prossima alla falesia che delimita Piana di Sopra**, è costituito da elementi calcarei e calcareo-marnosi di dimensioni molto variabili, dai ciottoli alle ghiaie, con spigoli vivi o smussati, frammisti a frazioni limo-argillose di origine eluvio-colluviale. Il litotipo è riconducibile ad una successione tipo F (F1 - F2 - F3 - F4 - F5).

### **7.2.1 .- Modello geologico generale del Centro Urbano di S. Vito Lo Capo – Centro Storico**

La successione stratigrafica, desunta dalle indagini geognostiche eseguite, può essere così schematizzata:

#### **➤ Depositi eluvio-colluviali**

Costituiti da elementi pelitico-arenacei e calcareo-marnosi di dimensioni molto variabili, dai ciottoli alle ghiaie, con spigoli vivi o smussati; hanno uno spessore medio variabile da pochi decimetri a 2 metri circa.

#### **➤ Calcareniti bioclastiche**

Il litotipo che caratterizza il substrato del lotto indagato è costituito dalle arenarie bioclastiche terrazzate, già descritte precedentemente.

➤ **Calcarei a Caprine e Rudiste**

La roccia lapidea carbonatica si estende in profondità con continuità sia orizzontale sia verticale, lo spessore è notevole ed indefinito.

Tale ammasso calcareo presenta, come già detto, alterazioni superficiali; infatti, il substrato "lapideo" del Centro Storico può essere caratterizzato, localmente dalla presenza del "mantello detritico" indicato in termine tecnico «regolite».

### **7.2.2 .- Modello geologico generale dell'Area Urbana limitrofa alla Falesia di Piana di Sopra**

La successione stratigrafica, desunta dalle indagini geognostiche eseguite, può essere così schematizzata:

➤ **Detrito di falda.**

Costituito da elementi calcarei e calcareo-marnosi di dimensioni molto variabili, dai ciottoli alle ghiaie, con spigoli vivi o smussati, frammati a frazioni limo-argillose di origine eluvio-colluviale; ha uno spessore medio variabile da pochi decimetri ad alcuni metri circa.

➤ **Calcareniti bioclastiche**

Il litotipo che caratterizza il substrato del lotto indagato è costituito da Arenarie bioclastiche terrazzate in superfici che vanno dal livello del mare a quote prossime ai

20 metri. A tali depositi risultano essere intercalati, seppur in maniera subordinata, livelli a forte componente limosa e/o sabbiosa.

Nel complesso il litotipo possiede una macrostruttura articolata, contraddistinta da una successione di strati e livelli di spessore da decimetrico a metrico.

#### ➤ **Calcarei a Caprine e Rudiste**

La roccia *lapidea* carbonatica si estende in profondità con continuità sia orizzontale sia verticale, lo spessore è notevole ed indefinito.

Osservato in affioramento *in situ* e lungo i fronti delle cave prossime all'abitato, il litotipo si presenta dall'aspetto massivo, o talvolta con deboli accenni di stratificazione e mostra, inoltre, un colore cangiante in diverse tonalità che vanno dal grigio al bianco perla.

Tale ammasso calcareo presenta, a luoghi, alterazioni superficiali; infatti, il substrato "lapideo" del lotto studiato è ricoperto da depositi eluviali che contribuiscono alla formazione del "mantello detritico" indicato in termine tecnico «*regolite*».

### **7.2.3 .- Modello geologico generale dell'Area di cava di via del Secco**

La successione stratigrafica, desunta dalle indagini geognostiche eseguite, può essere così schematizzata:

#### ➤ **Terreno di riporto (Colmata di cava a fossa).**

Costituito, verosimilmente, da elementi calcarei, arenacei e calcareo-marnosi di dimensioni molto variabili, dai blocchi, ai ciottoli alle ghiaie, con spigoli vivi o smussati, frammisti a frazioni limo-argillose di origine

presumibilmente antropica; ha uno spessore medio variabile da pochi decimetri a più di 8 metri.

➤ **Calcareniti bioclastiche**

Il litotipo che caratterizza il substrato del lotto indagato è costituito da Arenarie bioclastiche terrazzate in superfici che vanno dal livello del mare a quote prossime ai 20 metri. A tali depositi risultano essere intercalati, seppur in maniera subordinata, livelli a forte componente limosa e/o sabbiosa.

Nel complesso il litotipo possiede una macrostruttura articolata, contraddistinta da una successione di strati e livelli di spessore da decimetrico a metrico.

➤ **Calcare a Caprine e Rudiste**

La roccia lapidea carbonatica si estende in profondità con continuità sia orizzontale sia verticale, lo spessore è notevole ed indefinito.

Osservato in affioramento in situ e lungo i fronti delle cave prossime all'abitato, il litotipo si presenta dall'aspetto massivo, o talvolta con deboli accenni di stratificazione e mostra, inoltre, un colore cangiante in diverse tonalità che vanno dal grigio al bianco perla.

Tale ammasso calcareo presenta, a luoghi, alterazioni superficiali; infatti, il substrato "lapideo" del lotto studiato è ricoperto da depositi eluviali che contribuiscono alla formazione del "mantello detritico" indicato in termine tecnico «regolite».

### **7.3 .- NUCLEO URBANO DI MACARI ED AREE LIMITROFE**

Le unità litotecniche sono state distinte, anche in questo caso, in due insiemi: l'uno relativo al substrato, l'altro alla copertura (Allegato D.1 - D.2).

## **UNITÀ LITOTECNICA DEL SUBSTRATO**

È rappresentata dalle **Calcilutiti marnose e calcisiltiti** di colore variabile dal bianco al rosso violaceo a foraminiferi planctonici e radiolari, alternate ad **argilliti calcaree fogliettate**, a luoghi calcilutiti e calcareniti con liste e noduli di selce «*Scaglia Auct.*», con intercalazioni lenticolari di **brecce calcaree risedimentate, calcareniti gradate e laminate marnose e calcisiltiti di colore rosso violaceo o bianco a foraminiferi planctonici**.

La roccia a grande scala si presenta abbastanza omogenea dal punto di vista strutturale sia in senso orizzontale che verticale. Il suo apprezzabile grado di consistenza ("lapidea") conferisce all'orizzonte le caratteristiche di livello di base della successione (bedrock) a partire da quote superiori ai 10 ÷ 13 m dal p.c., nella porzione marginale del versante, prossima alla linea di costa. Ancora, il sedimento risulta asciutto e consistente con l'aumentare della profondità.

Da quanto sopra si deducono buone doti di resistenza alla rottura ed alla deformabilità.

Secondo le indicazioni contenute nella "Guida per la definizione di unità litotecniche", allegato "D" alla Circolare, dell'Assessorato Territorio ed Ambiente della Regione Siciliana n° 120/Gab a cui si fa riferimento nel presente studio geologico, Il litotipo è classificabile come A2 - A3.

## **UNITÀ LITOTECNICA DELLA COPERTURA**

A queste unità litotecniche appartengono sia i sedimenti costituiti da litofacies chiaramente postorogene, stratigraficamente collocabili nell'intervallo cronologico che va dal Pleistocene all'Attuale, sia le litofacies di copertura più superficiale, rappresentate dai **depositi detritici di versante**, costituiti da sedimenti a grana da grossa F1, F2, F3, F4, F5, medio fine tipo G1 ed G1c e sedimenti a grana fine e finissima tipo H1 ed H1c, spesso dotati di coesione per legante argilloso (C1).

Il **Detrito di falda**, nella porzione più superficiale, eluvio-colluviale, si presenta come un orizzonte mediamente addensato, sia per le caratteristiche intrinseche (granulometria, struttura e tessitura) sia per quelle dipendenti dalle condizioni al contorno.

Tale orizzonte, sabbioso-conglomeratico, è rappresentato da sedimenti a grana medio fine coesivi tipo G2 ed G2c e, a luoghi, cementati tipo G3 con grado di cementazione C2.1.

I livelli più superficiali dell'orizzonte evolvono a sabbie da sciolte ad addensate o debolmente cementate con inclusioni di elementi conglomeratici di natura prevalentemente calcilutitica di dimensioni molto variabili, dai ciottoli alle ghiaie, con spigoli vivi o smussati, inglobati in frazioni limo-argillose.

### **7.3.1. - Modello geologico generale del nucleo urbano di Macari**

La successione stratigrafica, desunta dalle indagini geognostiche eseguite, può essere così schematizzata:

➤ **Depositì detritici di versante,**

Costituiti da sedimenti a grana da grossa, a media, a fine e sedimenti a grana fine e finissima, spesso dotati di coesione per legante argilloso. Il **Detrito di falda**, nella porzione più superficiale, eluvio-colluviale, si presenta come un orizzonte mediamente addensato, sia per le caratteristiche intrinseche (granulometria, struttura e tessitura) sia per quelle dipendenti dalle condizioni al contorno.

I livelli più superficiali dell'orizzonte generalmente evolvono a sabbie da sciolte ad addensate o debolmente cementate con inclusioni di elementi conglomeratici di natura prevalentemente calcilutitica di dimensioni molto variabili, dai ciottoli alle ghiaie, con spigoli vivi o smussati, inglobati in frazioni limo-argillose.

#### ➤ **Calcilutiti marnose e calcisiltiti**

Di colore variabile dal bianco al rosso violaceo a foraminiferi planctonici e radiolari, alternate ad **argilliti calcaree fogliettate**, a luoghi calcilutiti e calcareniti con liste e noduli di selce «*Scaglia Auct.*», con intercalazioni lenticolari di **brecce calcaree risedimentate, calcareniti gradate e laminate marnose e calcisiltiti di colore rosso violaceo o bianco a foraminiferi planctonici**.

La roccia a grande scala si presenta abbastanza omogenea dal punto di vista strutturale sia in senso orizzontale che verticale. Il suo apprezzabile grado di consistenza ("lapidea") conferisce all'orizzonte le caratteristiche di livello di base della successione (bedrock).

## 7.4 .. NUCLEO URBANO DI CASTELLUZZO ED AREE LIMITROFE

Le unità litotecniche sono state distinte, anche in questo caso, in due insiemi: l'uno relativo al substrato, l'altro alla copertura (Allegato D.1 - D.2).

### **UNITÀ LITOTECNICA DEL SUBSTRATO**

A questa unità litotecnica appartengono le ***Doloareniti e doloruditi bianco-grigie spesso vacuolari*** riconducibili ad una successione tipo A1 - A2 - A3 - A4 costituita da blocchi carbonatici giustapposti. Il bedrock dolomtico presenta, a luoghi, alterazioni superficiali in facies di depositi eluviali formanti il «regolite» che trae origine dall'azione degli agenti esogeni durante i fenomeni di weathering.

All'interno del bedrock roccioso, si distingue, generalmente, una fascia superiore più alterata e fratturata, di spessore variabile (da pochi dm a qualche m), in cui le caratteristiche meccaniche, seppur apprezzabili, appaiono inferiori a quelle della parte sottostante (meno alterata e più coerente) che sono ragguardevoli.

Da quanto sopra si deducono buone doti di resistenza alla rottura ed alla deformabilità.

### **UNITÀ LITOTECNICA DELLA COPERTURA**

A questa unità litotecnica appartengono sedimenti costituiti da *litofacies* chiaramente *postorogene*, stratigraficamente collocabili al tetto della successione.

La caratterizzazione litotecnica dei "terreni" presenti nel lotto, oggetto del presente studio geologico-tecnico, è stata eseguita sia sulla base dei numerosi dati fruibili dalla letteratura tecnica specifica, sia con l'analisi dei risultati delle ***indagini geognostiche*** eseguiti nel territorio.

La **Coltre detritico-alluvionale** ricopre la maggior parte dell'estensione areale su cui si articola l'abitato di Castelluzzo. Tale litotipo è formato da frazioni granulometriche variabili, da conglomeratico-arenacee a limosabbiose, inglobanti ciottoli di natura poligenica. È, infatti, rappresentata da terreni rimaneggiati ed alterati contraddistinti nel complesso da matrice limoso-argillosa con locali arricchimenti in frazione sabbiosa.

Tale sedimento risulta essere, in armonia con le caratteristiche deposizionali, alterato e rimaneggiato, a luoghi, anche in matrice costituita da terre rosse residuali. Questa copertura è caratterizzata da un livello più superficiale ove la componente humica è preponderante; esso è contraddistinto da uno scarso grado di addensamento ed uno spessore quantificabile mediamente intorno a 1 ÷ 1.5 m circa.

Il litotipo, classificabile come F1, D2, G1c, G2, G2c, H1, H1c, rappresenta sedimenti recenti, verosimilmente mai gravati da carichi esterni; è dotato di un grado di consolidazione contenuto (sedimenti NC).

Al disotto di tale coltre superficiale è presente **l'orizzonte calcarenitico terrazzato**, che è stato **"testato"** in **condizioni dinamiche**, vale a dire che è stata misurata la **velocità di propagazione delle onde sismiche longitudinali**, che opportunamente correlata con il **coefficiente di Poisson** ha permesso, nel corso di precedenti consulenze geologiche, il calcolo analitico dei moduli elastici della "roccia". I risultati così ottenuti, elaborati e mediati a vantaggio della sicurezza, consentono di classificare il litotipo come G3.1, G3.2, F2.1, F 2.2.

#### **7.4.1 .- Modello geologico generale del nucleo urbano di Castelluzzo e zone limitrofe**

Alla luce di quanto esposto, si perviene alla seguente classificazione dei "terreni" basata sulla natura petrografica, sulla composizione granulometrica e sulla consistenza litotipi:

##### **➤ Coltre detritico-alluvionale**

Rappresentata da terreni rimaneggiati ed alterati in superficie, è costituita da frazioni granulometriche variabili, da conglomeratico-arenacee a limo-sabbiose, inglobanti ciottoli di natura poligenica, a luoghi, la matrice è costituita da terre rosse residuali

#### ➤ **Depositi calcarenitici terrazzati**

Nella parte più superficiale mostrano presenza di intercalazioni di limi sabbiosi e sabbie limose mediamente addensate, mentre verso il basso passa ad orizzonti più addensati e/o cementati. Lo spessore, rilevato lungo la fascia costiera attraverso perforazioni meccaniche per ricerche idriche, prossimo ai 20 ÷ 25 m circa.

#### ➤ **Doloareniti e doloruditi bianco-grigie spesso vacuolari**

È questa la litofacies arealmente più diffusa e che costituisce il basamento lapideo dell'area studiata; il bedrock dolomtico presenta, a luoghi, alterazioni superficiali in facies di depositi eluviali formanti il «regolite» che trae origine dall'azione degli agenti esogeni durante i fenomeni di weathering.

All'interno del bedrock roccioso, è verosimile ipotizzare, anche in questo caso, una fascia superiore più alterata e fratturata, di spessore variabile (da pochi dm a qualche m), in cui le caratteristiche meccaniche, seppur apprezzabili, appaiono inferiori a quelle della parte sottostante (meno alterata e più coerente) che sono ragguardevoli.



## 8 .- CONCLUSIONI E CONSIDERAZIONI SULLA SUSCETTIVITÀ DEL TERRITORIO

Obiettivo di questo **studio geologico**, eseguito **a supporto della Piano Urbanistico Generale del Comune di S. Vito Lo Capo**, è quello di fornire tutte le informazioni tecniche, nonché le eventuali prescrizioni, utilizzabili dal progettista ai fini della gestione e della redazione dello **"strumento urbanistico"**, in rapporto alle problematiche geologiche, geomorfologiche, idrogeologiche e di riduzione del rischio sismico, così come auspicato con il **D.A. n° 120/GAB del 14.07.2021**.

Con le varie fasi di studio fin qui condotte che hanno compreso, la raccolta, l'analisi e l'elaborazione dei dati geologici, geomorfologici, idrogeologici e sismici, è stata realizzata, quale cartografia di sintesi, la **carta delle pericolosità geologiche**.

Tale strumento, in questa sede contribuisce alla definizione della **carta della suscettività del territorio** che evidenzia, nell'ambito del P.U.G., le **sub-aree idonee all'edificazione**, le **sub-aree non idonee alla edificazione** nonché **le aree idonee all'edificazione a "condizione"**.

### 8.1 .- AREE IDONEE ALL'EDIFICAZIONE

Sono le aree in cui le "condizioni di pericolosità geologica" sono tali da non porre limitazioni alle scelte urbanistiche.

Infatti, la condizione di bassa acclività, rischio idraulico molto basso e buone caratteristiche litotecniche dei litotipi del substrato, fanno sì che le stesse si ritengano **"a bassa energia"** dal punto di vista dell'innescarsi di fenomeni gravitativi, inoltre, la presenza del bedrock sismico in sub-affioramento, rende poco probabili fenomeni di amplificazione sismica o di instabilità indotta da azioni sismiche.

Inoltre, queste aree mostrano:

- ◆ presenza di rocce e terreni dotati di buone caratteristiche tecniche e di buone caratteristiche drenanti;
- ◆ morfologia piana o poco acclive (pendenza < 5%);
- ◆ assenza di frane di qualunque tipo sia attive che inattive;
- ◆ assenza di qualunque interferenza o rischio da parte della dinamica fluviale (erosione o esondazione) riferita sia a corsi d'acqua principali che secondari.

Tutti gli interventi edilizi dovranno comunque essere supportati da studi, indagini geologiche e geotecniche previste dal **D.M. 16.01.1996**, dalla **Legge n° 64 del 1974** (determinazione delle caratteristiche morfologiche, stratigrafiche ed idrogeologiche del sito, oltre alla valutazione della profondità ottimale di fondazione, tipo di strutture fondali, determinazione del carico massimo ammissibile del terreno e valutazione della stabilità del rapporto opera-terreno di fondazione), e previste dalle recenti **Norme Tecniche delle Costruzioni** sancite con il **D.M. 17.01.2018** e con la **Circolare n. 7 C.S.LL.PP. del 21.01.2019**.

Rientrano in questa classe, dal punto di vista geologico, le aree del **Centro urbano di S. Vito Lo Capo** e le aree ad esso limitrofe; rientrano inoltre le aree edificabili della frazione di Castelluzzo e quelle individuate nel basso versante del territorio di Macari.

### **8.1.1 Interventi ammessi dal punto di vista geologico**

Non si prevedono limitazioni particolari alle tipologie di interventi di carattere edilizio ammissibili.

### **8.1.2 Prescrizioni di carattere geologico**

Su tali aree in fase di progettazione andranno eseguite le indagini e le verifiche previste dal **D.M. 17/01/2018**.

## **8.2 .- AREE NON IDONEE ALL'EDIFICAZIONE**

Tali aree sono individuate sulla scorta del **Piano per l'Assetto Idrogeologico (P.A.I. 2006 ed aggiornamento di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04.2021)**, in quei siti soggetti a rischi naturali inaccettabili, e sono state recepite nella redazione di tutte le cartografie tematiche, anche perché il P.A.I. stesso assume valore giuridico preminente rispetto alla pianificazione di settore, compresa quella urbanistica, ed ha carattere immediatamente vincolante per le Amministrazioni.

Sono, infatti, le aree con condizioni di pericolosità geomorfologica, idraulica e di rischio tali da porre forti limitazioni alle scelte urbanistiche e che richiedono,

invece, interventi per il riassetto territoriale ed il consolidamento. Come, ad esempio, le aree in cui è stata descritta:

- ◆ presenza di rocce e terreni dotati di mediocri o scadenti caratteristiche tecniche e di scarse caratteristiche drenanti;
- ◆ morfologia caratterizzata da sensibile acclività (pendenza > 15 - 20%)
- ◆ presenza di frane attive e quiescenti, di soliflussi e piccole frane, presenza di indizi morfologici diffusi, collegabili a instabilità potenziali;
- ◆ presenza di coltri eluviali di spessore notevole;
- ◆ presenza di rischi di erosione ed esondazione di corsi d'acqua: nel caso dei corsi minori, in cui è meno evidente la definizione delle aree soggette a dinamica fluviale, sono comprese le zone di sponda o di scarpata a forte acclività; nel caso dei canali artificiali o dei canali naturali profondamente modificati dall'uomo bisogna prevedere una idonea fascia di rispetto per sponda, a tutela nei confronti di eventuale tracimazione.

Si tratta, quindi, delle aree interessate da fenomeni di dissesto attivi, quali singoli corpi di frana e scarpate di erosione attiva di dimensioni non modeste ecc... Per queste aree l'importanza e le dimensioni del fenomeno attivo sono tali da ritenere prioritario il recupero dell'area prima di qualunque scelta urbanistica. Ed ancora, aree instabili con pendenze superiori ai 35° interessate da fenomeni di crollo o ribaltamento attivo e dalla presenza di forti accumuli di detriti e blocchi in condizioni di stabilità precaria.

In ogni caso, qualsiasi intervento di consolidamento, o miglioramento delle caratteristiche geomeccaniche dei "terreni" dovrà essere preceduto da uno specifico studio geologico e da una peculiare campagna di indagini geognostiche, prodromico al "progetto" che dovrà prevedere un programma di controlli e monitoraggio necessari per verificare l'esito favorevole degli interventi.

Rientrano in questa classe, dal punto di vista geologico, le aree individuate a **Rischio geomorfologico R3 (elevato) ed R4 (molto elevato)** e le aree immediatamente a ridosso delle scarpate, sia nel territorio di Macari, sia in quello peculiare alla "Riserva dello Zingaro".

### **8.2.1 Interventi ammessi dal punto di vista geologico**

Su tali aree si esclude la possibilità di realizzare nuovi insediamenti edilizi.

### **8.2.2 Prescrizioni di carattere geologico**

Per quanto riguarda gli edifici esistenti si ritiene siano da escludere gli interventi che comportino incremento del carico antropico, consentendo interventi di difesa e consolidamento, quali ad esempio, opere di ingegneria naturalistica, drenaggi, opere di regimazione e sostegno.

## **8.3 .- AREE IDONEE ALL'EDIFICAZIONE "A CONDIZIONE"**

Comprendono anche le aree individuate con il contributo del Piano per l'Assetto Idrogeologico **(P.A.I. 2006 ed**

**aggiornamento di cui al D.S.G. n. 89 del 13.04.2021**), in quei siti in cui l'edificabilità è condizionata a preventivi interventi di **mitigazione del rischio** (consolidamenti, regimazioni, bonifiche ecc...).

Appartengono a questa classe di suscettività anche le aree in cui le "condizioni di pericolosità geologica" sono tali da richiedere la verifica puntuale della stabilità e l'adozione di accorgimenti ed interventi tecnici di consolidamento, preliminari all'urbanizzazione.

A questa classe corrispondono, dal punto di vista geomorfologico tutte quelle zone, con fenomeni gravitativi e/o erosivi non in atto, segno di una passata dinamica morfologica, le zone in pendio, le principali linee di impluvio e le aree di scarpata, ed inoltre le aree con:

- ◆ presenza di rocce e terreni dotati di buone-medie caratteristiche tecniche, ma talora con limitata capacità drenante;
- ◆ morfologia sub pianeggiante o caratterizzata da debole acclività (pendenza < 15 - 20%)
- ◆ Assenza di frane di qualunque tipo sia attive che quiescenti sull'area stessa ed in suo intorno geologicamente significativo;
- ◆ distanza e posizione altimetrica rispetto ai corsi d'acqua principali e secondari, sufficiente per escludere rischi di fenomeni di erosione o esondazione, dotati di forte energia e tali da determinare rischi di instabilità sul terreno di fondazione e/o sui manufatti.

Inoltre, fanno parte le aree caratterizzate dalla presenza di materiali detritici superficiali a granulometria varia, scarsamente addensati con spessori superiori ai 5 m, e caratteristiche geotecniche variabili in virtù delle caratteristiche deposizionali del sedimento. In queste aree gli interventi edificatori sono vincolati alla attenta valutazione dello spessore dello stato di addensamento e delle proprietà geotecniche, in generale, dei litotipi, anche in prospettiva sismica.

Rientrano in questa classe le aree del nucleo urbano di Macari e del versante collinare sotteso all'abitato, ed in generale le aree di versante caratterizzate da bassi valori di acclività.

Fanno parte di questa classe di suscettività del territorio alcune AREE INTERESSATE DA FAGLIE, in particolare quelle che si articolano all'interno ed in prossimità dei nuclei urbani di S. Vito Lo Capo, Makari e Castelluzzo.

Per tali aree lo studio della **Pericolosità sismica di base** (**cfr. § 6 dello Studio Geologico**) ed in particolare la sismicità storica del territorio comunale (**cfr. § 6.2.1 dello Studio Geologico**) non ha evidenziato condizioni di sismogenesi per le discontinuità tettoniche indicate nella carta geologica. Tale "**non pericolosità**" è stata ribadita nelle conclusioni dello **studio speleo-tettonico** commissionato dall'Amministrazione comunale, redatto da altro gruppo di professionisti, ed allegato alla presente. **L'edificazione è**

**subordinata alla preventiva realizzazione degli studi geologici e delle indagini geognostiche-geotecniche**, previste dalle **Norme Tecniche delle Costruzioni** sancite con il **D.M. 17.01.2018** ed esplicitate con la **Circolare C.S.LL.PP. n° 7 del 21 gennaio 2019**.

Infine, lo studio speleo-tettonico finalizzato alla verifica puntuale delle strutture "tettoniche" nelle aree interne dei centri abitati del Comune, ha evidenziato la presenza di un contatto tettonico definito FPAC (Faglia Potenzialmente Attiva e Capace) identificato nel settore di studio denominato "settore B" (// via P.S. Mattarella).

Tale contatto risulta incluso all'interno di una fascia di rispetto ampia complessivamente 30 m, nell'ambito della quale, ai fini edificatori, dovranno essere condotte, per ogni singolo intervento di cui al § 2.4.2 delle N.T.C. - D.M. 17.01.2018, le indagini di microzonazione sismica di "livello 3". Le indagini sono costituite da campagne di acquisizione di dati sismometrici, sondaggi, prove in foro e in superficie per la determinazione delle Vs, prove geotecniche in sito e in laboratorio, sia statiche che dinamiche, campagne di microtremori. Le elaborazioni sono costituite da analisi numeriche 1D e 2D per la quantificazione delle amplificazioni locali e analisi dinamiche per i casi di instabilità di versante e suscettibilità di liquefazione. È tipico di questo livello lo studio paleosismologico delle faglie attive e

capaci ... da "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, Roma 2008.

### **8.3.1 Interventi ammessi dal punto di vista geologico**

Non si prevedono limitazioni particolari alle tipologie di interventi di carattere edilizio ammissibili.

### **8.3.2 Prescrizioni di carattere geologico**

Su tali aree in fase di progettazione andranno programmate, oltre alle indagini e le verifiche previste dalle **Norme Tecniche delle Costruzioni** sancite con il **D.M. 17.01.2018** e con la **Circolare n.7 C.S.LL.PP. del 21.01.2019**, approfondimenti specifici volti a definire, nelle zone di versante:

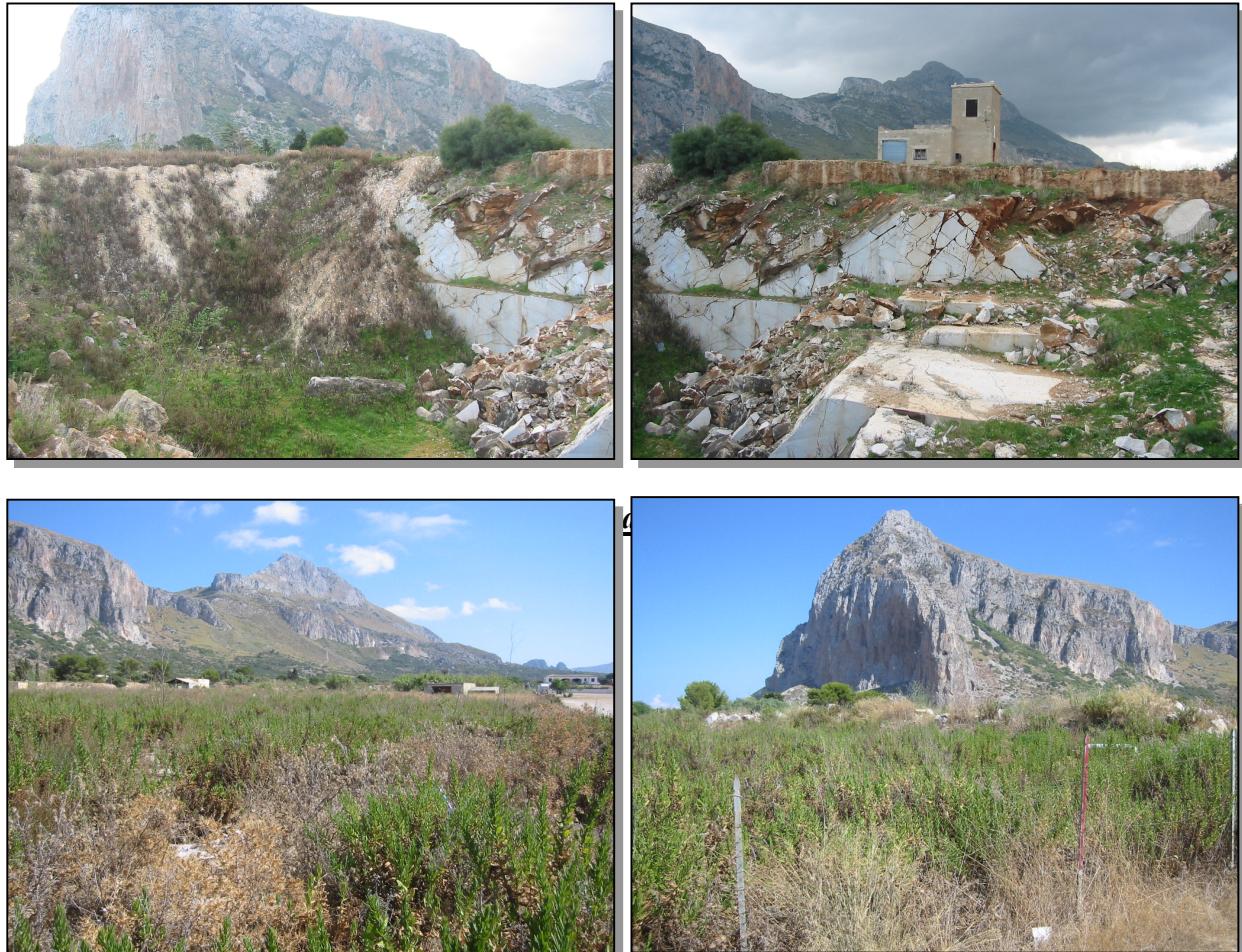
- ◆ lo studio geomorfologico di dettaglio dell'area compresa in un congruo intorno del sito di intervento, finalizzato a valutare gli elementi che condizionano la stabilità del versante (caratteristiche e spessori delle coperture, profondità della falda, assetto del reticolo idrografico, ...)
- ◆ la caratterizzazione geotecnica dei terreni interessati dall'intervento;

- ◆ la verifica delle interazioni tra l'intervento in progetto e la stabilità del versante e la valutazione della compatibilità dell'intervento stesso con le condizioni geomorfologiche locali;
- ◆ la verifica delle opere in progetto in relazione agli effetti determinati sul terreno di fondazione.

Inoltre, fanno parte di questa classe, dal punto di vista geologico, le aree del **Centro urbano di S. Vito Lo Capo** prossime alla falesia di "Piana di Sopra" e l'area, prospiciente la costa, lungo via Del Secco, in passato interessata dalla coltivazione di "cave a fossa".



foto aerea  
realizzata  
dalla  
**COMPAGNIA  
GENERALE  
RIPRESE AEREE** di  
Parma nel 1987



### Area di cava – porzione ricolmata

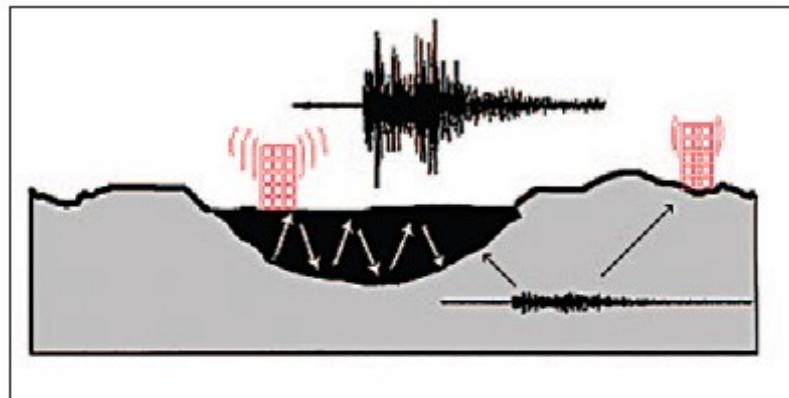
In particolare, per quest'area interessata, nel passato, dalla coltivazione di cava a fossa, la vocazione all'edificabilità è fortemente condizionata alla:

- ◆ caratterizzazione geotecnica ed idrogeologica dei terreni interessati dall'intervento (caratteristiche e spessori delle coperture, presenza e dinamica della falda) attraverso perforazioni meccaniche, sondaggi geofisici (tomografia sismica, profili georadar), prove e misure dirette sul terreno e in laboratorio;

- ◆ estensione dell'area da indagare in dettaglio, che andrà valutata in base all'inquadramento ricavato con il rilievo geomorfologico-geofisico, e che dovrà identificare i limiti dell'area instabile e la zona potenzialmente influenzabile dall'intervento;
- ◆ profondità di indagine, che dovrà consentire di valutare con sicurezza la quota del substrato roccioso inalterato;
- ◆ al raggio di indagine intorno al sito di progetto, che dovrà essere esteso ad un'area sufficiente per consentire lo studio della stabilità dei manufatti;
- ◆ verifica delle interazioni tra l'intervento in progetto e la stabilità del sito in condizioni dinamiche;
- ◆ la progettazione delle eventuali opere di prevenzione delle instabilità.

Inoltre, dovrà essere verificata la compatibilità dell'azione edificatoria, in particolare per il sito di che trattasi, ed in generale per tutte le aree destinate all'edificazione, in merito agli **"effetti di sito"**.

Gli effetti di sito ***sono amplificazioni locali delle onde sismiche*** dovute a particolari condizioni geologiche e topografiche sono decisamente più difficili da caratterizzare rispetto agli elementi di instabilità dei suoli. Il caso tipico è quello della risonanza delle coltri sedimentarie (Figura 1), dove l'onda sismica incidente dal basso sulla coltre di sedimenti li mette in oscillazione alla frequenza propria con un'ampiezza limitata solo dal fattore di dissipazione intrinseca.

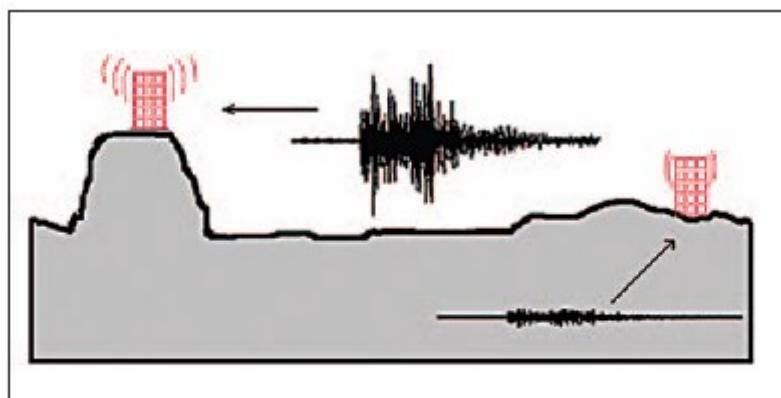


*Figura 1 - Effetti di sito I. Un bacino sedimentario racchiuso da un substrato rigido è una tipica situazione geologica in grado di amplificare il moto del suolo a causa dell'intrappolamento, per riflessione, delle onde sismiche. Si noti la diversa ampiezza dei sismogrammi registrati sui siti in roccia rispetto a quelli sulla superficie del deposito di bacino.*

*da Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L. (2010)*

Quanto appena illustrato, congiuntamente al fenomeno della **focalizzazione degli effetti sismici**, è verosimilmente ipotizzabile per la coltre di riporto, spessa anche 8 m (secondo i rilievi geofisici eseguiti), che colma l'ex area di cava prospiciente via Del Secco.

Un effetto analogo di amplificazione è anche possibile per la topografia (Figura 2), nel quale caso l'onda sismica mette in oscillazione un piccolo rilievo topografico alla sua frequenza propria.



*Figura 2 - Effetti di sito II. Anche siti collocati sullo stesso litotipo (affiorante in classica superficie di erosione) possono amplificare il moto del suolo in modo diverso in funzione della morfologia circostante.*

*da Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L. (2010)*

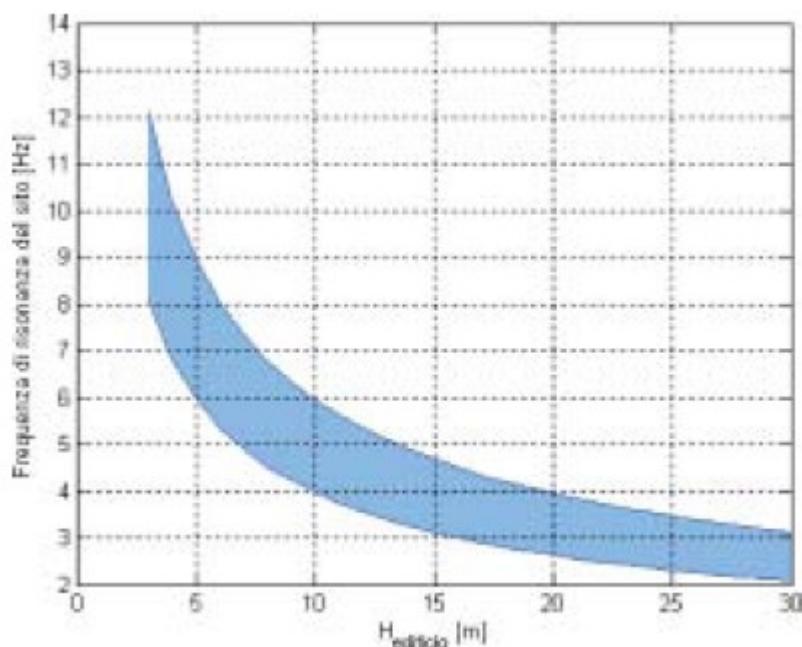
Se la frequenza di risonanza del suolo coincide con quella degli edifici, si produce un'amplificazione molto grande delle onde sismiche e vengono indotte sollecitazioni con forte potere distruttivo (**fenomeno della doppia risonanza**).

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, così come già detto, secondo la formula:

$$\text{freq. naturale edificio} \approx 10 \text{ Hz/numero dei piani}$$

da Pratt, <http://faculty.washington.edu/tpratt/frequencies.htm>

Tuttavia, nei casi reali le relazioni sono più complesse e nella figura che segue, tratta da Castellaro S. 2008, ne è esemplificata una, dove la fascia azzurra indica le frequenze attese per il primo modo flessionale di vibrare di strutture in c.a. in funzione della loro altezza.



Da quanto sopra descritto si evidenzia come la **tecnica dei rapporti spettrali H/V**, realizzata attraverso la registrazione di rumore sismico, quale indagine geofisica peculiare per questo studio geologico, rappresenti un valido supporto nell'individuare la presenza di strati (*bedrock o assimilabili al bedrock*) che possono indurre amplificazioni particolari, anche quando questi risultino molto profondi e non raggiungibili dalle indagini convenzionali.

Inoltre, la stessa tecnica, fornisce poi risultati immediati nel dominio delle frequenze, che rappresenta il dominio di interesse dell'ingegneria sismica, in cui le strutture vengono viste come oscillatori armonici sottoposti ad una ampiezza massima in funzione della frequenza.

Con la procedura di **Microzonazione Sismica di livello 1** raccomandata, per studi di pianificazione urbanistica, dal **Gruppo di lavoro MS "Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica" della Conferenza delle Regioni e delle Province autonome e del Dipartimento della Protezione Civile, Roma 2008**, è stato possibile, attraverso l'utilizzo della **tecnica dei rapporti spettrali H/V**, eseguire anche le misure della **frequenza naturale del sito** con tecniche passive a stazione singola, nonché di fornire tra i prodotti finali dello studio stesso anche una "**Carta delle frequenze fondamentali**".

In definitiva la tecnica HVSR trova ampia applicazione sia nell'ambito degli studi di microzonazione sismica(MS) a livello di pianificazione urbanistica e territoriale, sia in fase di progettazione esecutiva in ottemperanza alle Norme Tecniche delle Costruzioni di cui al D.M. 17.01.2018.

Per un'acquisizione più dettagliata dei punti sinteticamente riassunti nel presente capitolo si rimanda ai

risultati esposti nelle varie parti del presente studio geologico e negli allegati elaborati cartografici che illustrano, nel complesso, il **modello geologico del territorio comunale di S. Vito Lo Capo (TP)**.

*Paceco (TP), il 12.08.2022*

*Il Geologo*



*Credits:*

<https://geologoangelostrazzera.jimdofree.com/il-professionista/>



## 9 . - BIBLIOGRAFIA

- \* Abate B., Incandela A., Renda P. (1990) - "Elementi strutturali dei rilievi del Monte Erice e Rocca Giglio" - Rend. Soc. Geol. It. n° 13, pp. 99 - 102.
- \* Abate B., Di Maggio C., Incandela A. & Renda P. (1991) - "Nuovi dati sulla geologia della Penisola di Capo San Vito (Sicilia nord occidentale)" - Mem. Soc. Geol. It. n° 47, pp. 15 - 25.
- \* Associazione dei Geologi e Dottori in Scienze Geologiche della provincia di Trapani (1998) - "Le Falesie di Capo San Vito" – Grafiche Campo, Alcamo.
- \* Boschi E., Ferrari G., Gasperini P., Guidoboni E., Smriglio G., Valensise G. (1995) - "Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1980" – Istituto Nazionale di Geofisica – SGA Storia Geofisica Ambiente, Bologna.
- \* Boschi E., Guidoboni E., Ferrari G., Valensise G., Gasperini P. (1997) - "Catalogo dei forti terremoti in Italia dal 461 A.C. al 1990" – Istituto Nazionale di Geofisica – SGA Storia Geofisica Ambiente, Bologna.
- \* Brancato F.S. & Argento A. (1972) - "Trapani dopo il terremoto del Gennaio 1968" - Vol. II, Facoltà di Architettura dell'Università di Palermo, Istituto di costruzioni, Ed. Grafindustria Editoriale, Palermo.
- \* Catalano R. e D'Argenio B. (1978) - "An essay of palinspastic restoration across the Western Sicily" Geologica Romana n° 17, pp. 145 - 159.
- \* Catalano R. e D'Argenio B. (1982) - "Schema geologico della Sicilia" - In : Guida alla geologia della Sicilia occidentale, Guide Geologiche Regionali della S.G.I., suppl. A vol. XXIV, Mem. Soc. Geol. It., 9 - 41, Palermo.

- \* Catalano R. & D'Argenio B., Montanari L., Morlotti E. & Torelli L. (1985) - "Marine geology of the NW Sicily offshore (Sardinia Channel) and its relationships with mainland structures. Boll. Soc. Geol. It., n° 104, pp. 207 - 215.
- \* Catalano R., Agate M., Basilone L., Di Maggio C., Mancuso M., Sulli A. (2011) - "Note illustrative della Carta Geologica d'Italia alla scala 1:50.000 – foglio 593 CASTELLAMMARE DEL GOLFO". Servizio Geologico d'Italia – ISPRA – Regione Siciliana – Assessorato Territorio ed ambiente, Palermo.
- \* Ciaranfi N. - Ghisetti F. et al. (1983) - "Carta neotettonica dell'Italia meridionale" - Pubbl. n° 515 del P.F. Geodinamica, Bari.
- \* Collalti M. – Monteleone S. – Pipitone G. (2002) – "Atlante dei Centri Abitati Instabili della Regione Sicilia Vol. I – Provincia di Trapani" – Consiglio Nazionale delle Ricerche, Gruppo Nazionale per la Difesa delle Catastrofi Idrogeologiche – Pubblicazione n° 2509 – Officine Grafiche Riunite Spa", Palermo.
- \* Coggi L. (1965) - "Il Pleistocene della Sicilia occidentale" - Riv. Min. Sic., n° 91 - 93, pp. 3 - 12, Palermo.
- \* Cosentino P. (1983) - "Seismic microzoning in areas of western Sicily: Results compared with macroseismic data" – Atti del 2° Convegno annuale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida., pp. 615 - 624, Roma 12 – 14 dicembre 1983.
- \* Cosentino P. – De Domenico R. – Fradella P. (1984) - "Attenuazione macrosismica in Sicilia occidentale: primi risultati" – Atti del 3° Convegno annuale del Gruppo Nazionale di Geofisica della Terra Solida., pp. 1113 - 1129, Roma 14 – 16 novembre 1984.

- \* Cosentino P. – Carapezza E. – Fradella P., Gagliano Candela E. (1985) - "Macroseismic Study and Seismic microzoning of the area damaged by the 1981 Earthquake (Mazara del Vallo, Sicily" – Collana Studi e Ricerche dell'Accademia Ligure di Scienze e Lettere, pp. 129 – 148 Vol. VI, Genova 1985.
- \* Dal Moro G. (2012) - "ONDE DI SUPERFICIE IN GEOFISICA APPLICATA" Acquisizione e analisi di dati secondo tecniche MASW e HVSR - Dario Flaccovio Editore s.r.l., Palermo.
- \* D'Angelo U., Ruggeri G., Unti M. (1980) - "Neotettonica del foglio 248, Trapani" - In P. F. Geodinamica, sottoprogetto neotettonica, 203 - 208, C.N.R..
- \* Giunta G. & Liguori V. (1972) - "Geologia dell'estremità Nord-occidentale della Sicilia" - Riv. Min. Sic. n° 136 - 138, pp. 165 - 226.
- \* Giunta G. & Liguori V. (1973) - "Evoluzione paleotettonica della Sicilia Nord-occidentale" - Boll. Soc. Geol. It., n° 92 , pp. 903 - 924.
- \* Gruppo di lavoro MS (2008) - "Indirizzi e criteri per la microzonazione sismica" Conferenza delle Regioni e delle Province autonome- Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. e Dvd.
- \* Marguglio T. (1972) - "La conservazione dell'Ambiente nella provincia di Trapani" In : Trapani (Rassegna della provincia) Anno XVII, n° 183
- \* Mengarelli D., Tomassoli C., (2010) - "La sismica passiva a stazione singola negli studi di microzonazione sismica (MS) e nell'applicazione delle NTC 2008" – Geologi Marche n° 47 – settembre – dicembre 2010.
- \* Meyerof G.G. (1956) - "Penetration Tests and Bearing Capacity of Cohesioneless Soils" - ASCE J. SMFD, 82SM1.

- \* Meyerhof G.G. (1957) - "Discussion of Session 1 ", Proc. IV, ICSMFE, London.
- \* Montanari L. (1987) - "Lineamenti stratigrafico paleogeografici della Sicilia durante il Ciclo Alpino" - Mem. Soc. Geol. Ital. n° 38, pp. 361 - 406.
- \* Mulargia F., Castellaro S., Rossi P.L. (2010) - "Effetti di sito e Vs30: una risposta alla normativa antisismica" – Il Geologo dell'Emilia-Romagna “rivista periodica dell'Ordine Regionale dei Geologi dell'Emilia”, pp. 25 - 38.
- \* Peck R.B., Hanson W.E., Thorburn (1974) - Foundation Engineering" - J. Wiley & Son, New York, 2nd Ed.
- \* Riga G. (2008) – "MICROZONAZIONE SISMICA" Procedure di I, II e III livello –Dario Flaccovio Editore s.r.l., Palermo.
- \* Riga G. (2008) - "HAZARD" Stima del rischio sismico e del rischio di frane –Dario Flaccovio Editore s.r.l., Palermo.
- \* Ruggeri G. (1966) - "Appunti sul Miocene della Sicilia occidentale" - Riv. Min. Sic., n° 97 - 99, pp. 18 - 24, Palermo.
- \* Ruggeri G. e Torre G. (1973) - "Geologia delle zone investite dal terremoto del Belice – 1) La tavoletta Gibellina" - Riv. Min. Sic., n° 139 - 141, pp. 27 - 48, Palermo.
- \* Ruggeri G., Buccheri G., Rendina M. (1968) - "Segnalazioni di Tirreniano Fossilifero a Trapani" - Riv. Min. Sic., n° 112 - 124, pp. 216 - 218, Palermo.
- \* Ruggeri G. (1969) - "Studi per il serbatoio Rigattisi (TP)" - Università degli Studi di Palermo, Istituto di Geologia.

- \* Ruggeri G., Unti A., Unti M., (1975) - "La calcarenite di Marsala (Pleistocene inferiore) ed i terreni contermini" - Bol. Soc. Geol. It., n° 94, pp. 1623 - 1657.
- \* Ruggeri G. & Unti M., (1988) - "Una malacofauna del Tirreniano di Birgi Novo (TP)" - Natur. Sic., s. IV, XII (1 - 2), pp. 19 - 32.
- \* Shioi Y., Fukui J. (1982) - " Application of N-Value to Design of Foundations in Japan" - Proceedings of the Second European Symposium on Penetration Testing, Amsterdam.
- \* Strazzera A. (1995) - "Le Ammoniti, testimoni fossili della storia geologica del Monte Erice" - Ed. Centro Studi e Ricerche del C.S.I. (Erice) - XIII Mostra Malacologica ericina Erice 10 - 31.08.1995.
- \* Terzaghi K., Peck R.B., (1948) - "Soil Mechanics in Engineering Practice" Ediz. J. Wiley & Son, New York.
- \* Wendt J. (1971) - "Geologia del Monte Erice" - Geologica Romana, vol. X, pp. 53 -