



Regione Siciliana



PO FEAMP

PO FEAMP
ITALIA 2014 | 2020

Comunità Europea



ASSESSORATO REGIONALE DELL'AGRICOLTURA, DELLO SVILUPPO RURALE E DELLA PESCA MEDITERRANEA

DIPARTIMENTO DELLA PESCA MEDITERRANEA - BANDO DI ATTUAZIONE DELLA MISURA 1.43 PORTI, LUOGHI DI SBARCO, SALE PER LA VENDITA ALL'ASTA E RIPARI DI PESCA

COMUNE DI LIPARI

PROGETTO

PROGETTO PER L'AMPLIAMENTO DELLA BANCHINA DEL PORTO DI SOTTOMONASTERO, PER LA REALIZZAZIONE DI UN' AREA DESTINATA ALL'ORMEGGIO DELLA MARINERIA, PER LA VENDITA DEL PESCATO FRESCO E ZONA DI ALAGGIO E VARO DELL'ISOLA DI LIPARI.

PROGETTISTA

GIOSA SRL

via Catania, 164 - 98124 Messina (ME)
P.I. 03524570839

DIRETTORE
TECNICO

Architetto Salvatore DIELI

via Nino Bixio, 143 - 97019 Vittoria (RG)
email: studioarchdieli@gmail.com
P.I. 01265050888
PEC: salvatore.dieli@archiviopec.it

GIOSA srl
Via Catania, 164 - 98124 MESSINA
C.F./P.IVA 03524570839

Stampa circolare: Provincia Agrigento, DIELI SALVATORE, N. 252, ANNO 1997. Firma autografa.

IL R.U.P.

Geom. Carmelo Meduri

PROGETTO ESECUTIVO

N. 05

VISTO

1. RELAZIONE TECNICA
2. VALUTAZIONE INCIDENZA AMBIENTALE
3. RELAZIONE IDRAULICO MARINO
4. RELAZIONE ARCHEOLOGICA
5. RELAZIONE GEOLOGICA
6. RELAZIONE DI CALCOLO
7. FASCICOLO DEI CALCOLI
8. RELAZIONE SUI MATERIALI
9. RELAZIONE GEOTECNICA
10. RELAZIONE SULLE FONDAZIONI
11. ZONIZZAZIONE, INQUADRAMENTO TERRITORIALE
12. STATO DI FATTO - PLANIMETRIE
13. STATO DI FATTO - RILIEVO TOPOGRAFICO, PROFILI E SEZIONI
14. STATO DI PROGETTO - PLANIMETRIE E SEZIONI
15. STATO DI PROGETTO - SEZIONI DI PROGETTO
16. STATO DI PROGETTO - PLANIMETRIE CASSONI
17. STATO DI PROGETTO - SEZIONI DEI CASSONI
18. STATO DI PROGETTO - IMPIANTI
19. STATO DI PROGETTO - ESECUTIVI PALI E SOLETTONE
20. ELENCO PREZZI
21. ANALISI PREZZI
22. COMPUTO METRICO
23. INCIDENZA SICUREZZA
24. INCIDENZA MANODOPERA
25. QUADRO TECNICO ECONOMICO
26. PIANO DELLA SICUREZZA
27. CRONOPROGRAMMA
28. PIANO DELLE MANUTENZIONI
29. CAPITOLATO GENERALE E SPECIALE D'APPALTO
30. DISTINTA SPESE TECNICHE
31. SCHEMA DI CONTRATTO

COMUNE DI LIPARI
Piazza Mazzini, 1, 98055 (ME)
ITALIA

COMUNE DI LIPARI - REGIONE SICILIANA - I - UE
Riproduzione vietata, tutti i diritti riservati. Nessuna parte del presente documento può essere riprodotta o diffusa con un mezzo qualsiasi



PREMESSA

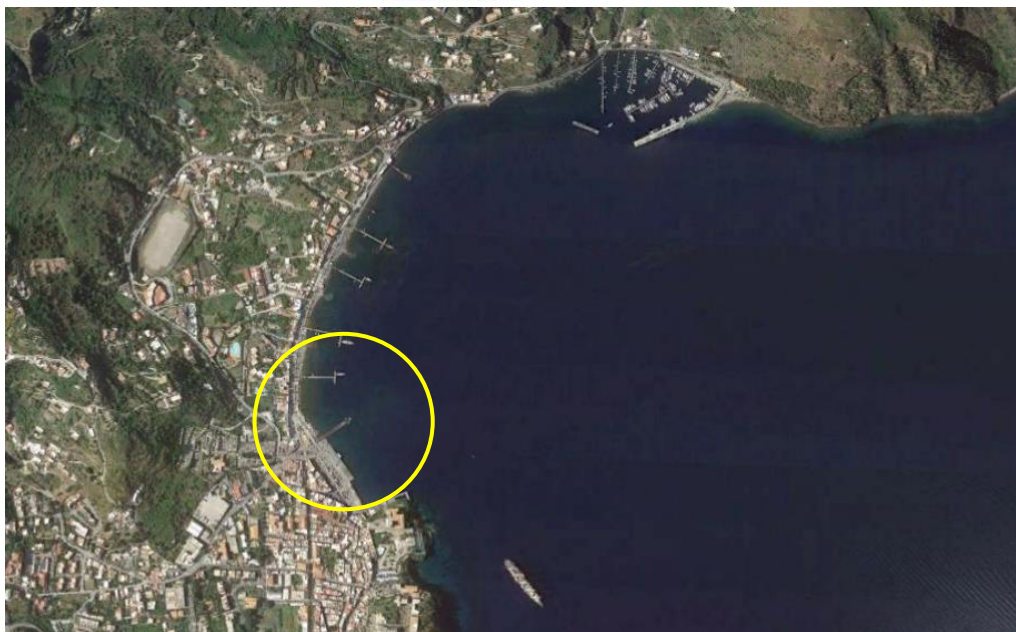
Il sottoscritto Dott. Geologo **Gabriele Fiumara**, iscritto all'Ordine Regionale dei Geologi di Sicilia al n° 2002, Direttore Tecnico della GIOSA srl, ho eseguito uno studio geologico-tecnico per il *progetto di Ampliamento dell'esistente banchina del porto di Sottomonastero - Lipari - Realizzazione di un area destinata all'ormeggio della marineria, per la vendita del pescato fresco e zona di alaggio e varo*. Il progetto prevede la realizzazione di una banchina accanto il pontile di attracco degli aliscafi, prevede la realizzazione di una piastra in cls con parte terminale in cassoni pieni e vuoti nella parte a contatto con il mare. Le opere in progetto prevedono il posizionamento sul fondale dei cassoni, la realizzazione di pali trivellati infissi sul terreno su cui verrà realizzata una soletta in cls.

Lo studio volto ad accertare le caratteristiche geomorfologiche e geologiche-tecniche dei terreni interessati dal progetto, è stato condotto mediante rilievi di superficie, estesi alle aree limitrofe, ed attraverso la consultazione di studi precedenti verificati in loco con traversa sismica e tomografica.

Si è avuto, quindi, particolare riguardo alla valutazione delle condizioni di equilibrio dell'area, alla ricostruzione della successione litostratigrafia, alla circolazione idrica sotterranea e superficiale.

Studi ed indagini sono stati condotti nel rispetto del D.M. 01/03/88 e così articolati:

1. Inquadramento geomorfologico
2. Rilievo geologico.



CARATTERISTICHE GEOMORFOLOGICHE

L'area in oggetto è localizzata nell'area denominata Sottomonastero nell'unità fisiografica che si sviluppa dal Sud verso Nord lungo il litorale da Punta S. Giuseppe fino a Marina di Porto Salvo e al Porto di Pignataro.

Il litorale è caratterizzato dalla presenza di una costa alta, spesso con falesia, esposta alle mareggiate che provocano una corrente litoranea da Sud verso Nord. L'intensità della corrente, superata la Marina di Porto Salvo, diminuisce e si verificano anche inversioni locali della direzione.

La direzione prevalente della corrente litoranea indotta dal moto ondoso dal 135° N e si evidenziano i tratti di costa alta, mentre le modifiche locali indotte alla corrente litoranea dai moli portuali non sono definite (Tav. 1/2).

I tratti di costa alta con versante, secondo i principali schemi classificativi riportati in letteratura (Maracchione et al., 2001; Emery & Khun, 1982), rappresentato:

- La situazione con forze resistenti R (caratteri lito-tecnici) uguali o di poco inferiori alle forze agenti A (moto ondoso):

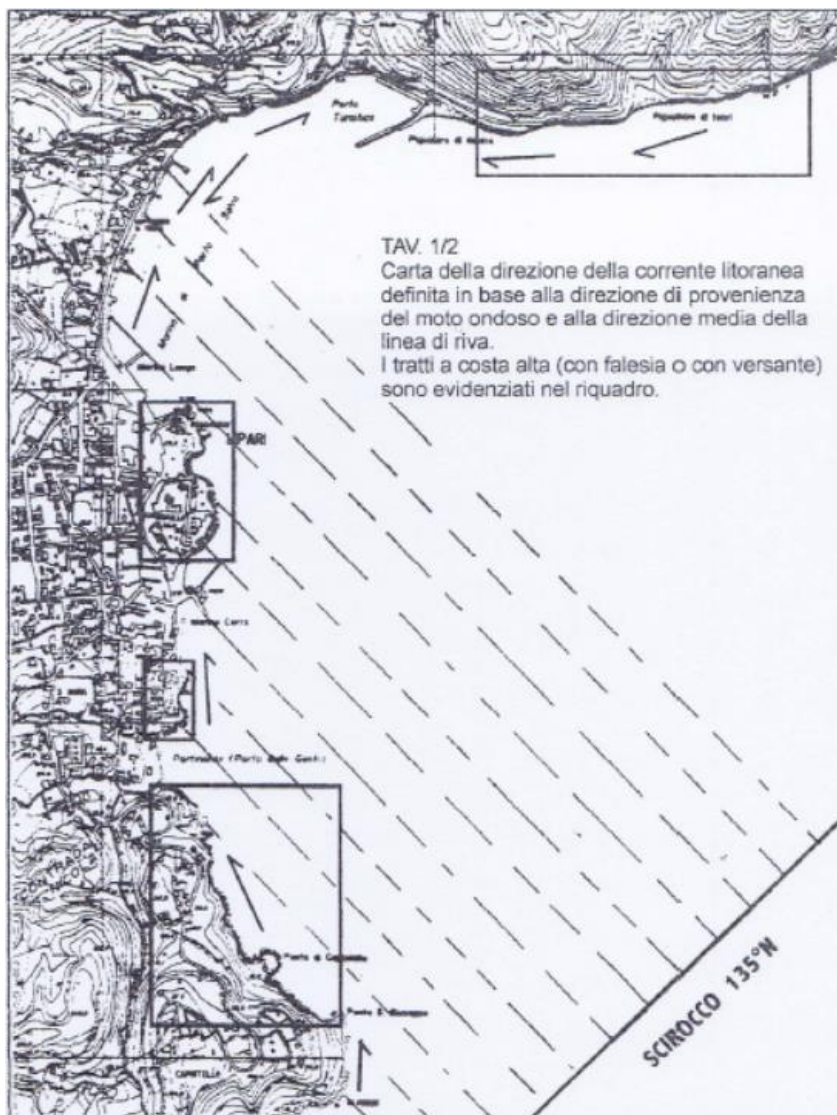
$$R=A \text{ o } R<A$$

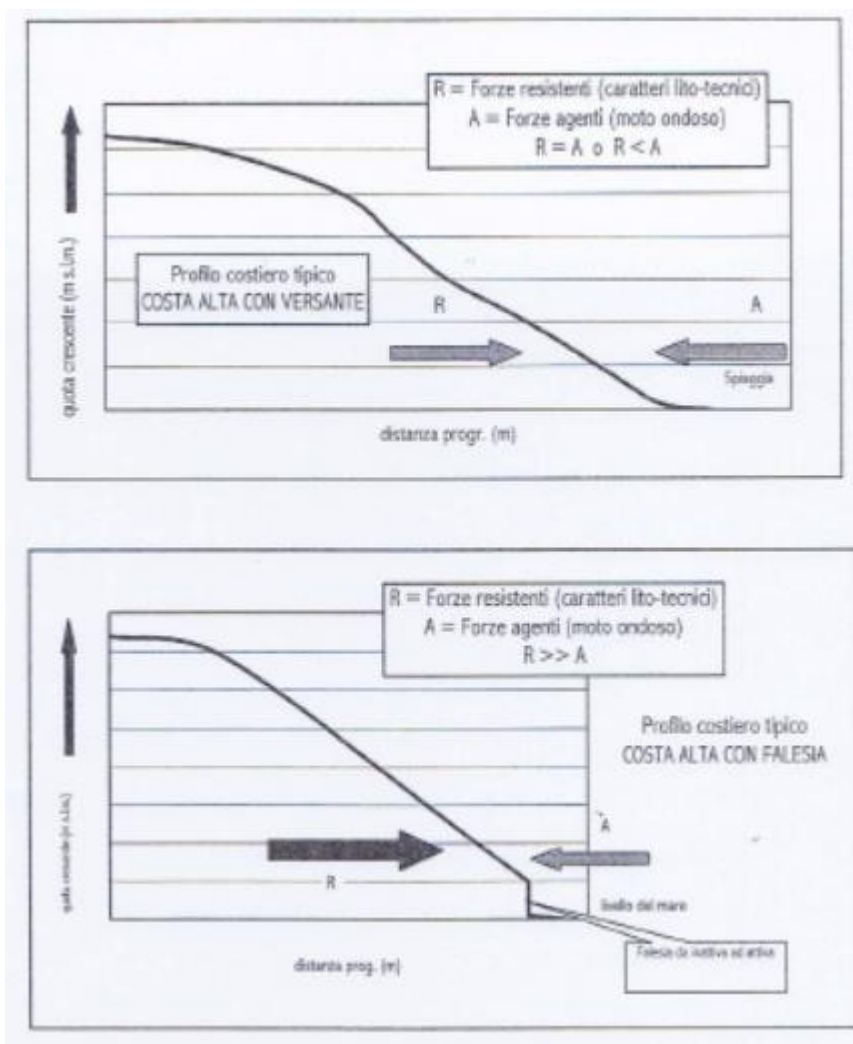
- La condizione con litologia omogenea ed erosione marina generalmente maggiore all'erosione subaerea ($M > SA$).

Il profilo costiero a costa alta con falesia si caratterizza con forza resistenti (caratteristiche lito-tecniche) nettamente prevalenti sull'azione del moto ondoso:

$$R \gg A$$

mentre le falesie risultano attive solo in occasione degli eventi meteo-marini più critici, altrimenti si caratterizzano come falesia inattive, anche per la protezione alla base offerta da grossi lapidei, precedentemente franati.





Le figure rappresentano i profili morfologici schematici delle coste alte con versante e falesia.

Dal confronto tra le cartografie restituite in tempi diversi (IGM 1958 e CTR 1992) non consente di evidenziare variazioni positive o negative della linea di riva che a lungo termine possono essere considerate trascurabili.

Il reticolo idrografico è caratterizzato da bacini a forma allungata con inizio dalle cime più alte; esso si mostra molto fitto in coincidenza dei terreni metamorfici, si dirada invece quando si imposta sui terreni sedimentari.

Il regime è torrentizio e si manifesta nelle tipiche fiumare.

Nella zona in esame, ma, volendo generalizzare, in tutta la zona, si può affermare senza possibilità di errori, che il numero dei thalweg anomali è notevole, ciò è determinato da una fase di ringiovanimento del bacino, da collegare principalmente ai sollevamenti avvenuti in epoche recenti.

Nell'area di progetto, allo stato attuale, non si rilevano elementi morfogenetici attivi.

Per il tipo di configurazione superficiale semplice, riscontrata nei luoghi oggetto di studio si può adottare la seguente classificazione:

Tabella Categorie topografiche

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

Le su esposte categorie topografiche si riferiscono a configurazioni geometriche prevalentemente bidimensionali, creste o dorsali allungate, e devono essere considerate nella definizione dell'azione sismica se di altezza maggiore di 30 m.

Il terreno su cui verranno realizzate le opere in progetto, è localizzato ad una quota media di 35 m.s.l.m. e rientra nella Categoria Topografica T1 (D.M. 17 gennaio 2018 "Nuove norme tecniche per le costruzioni").

Il territorio in studio non è interessato da fenomeni franosi ma vista la tipologia sono probabili, circostanza da tenere in conto per la valutazione degli'interventi da realizzare.



CARATTERISTICHE GEOLOGICHE

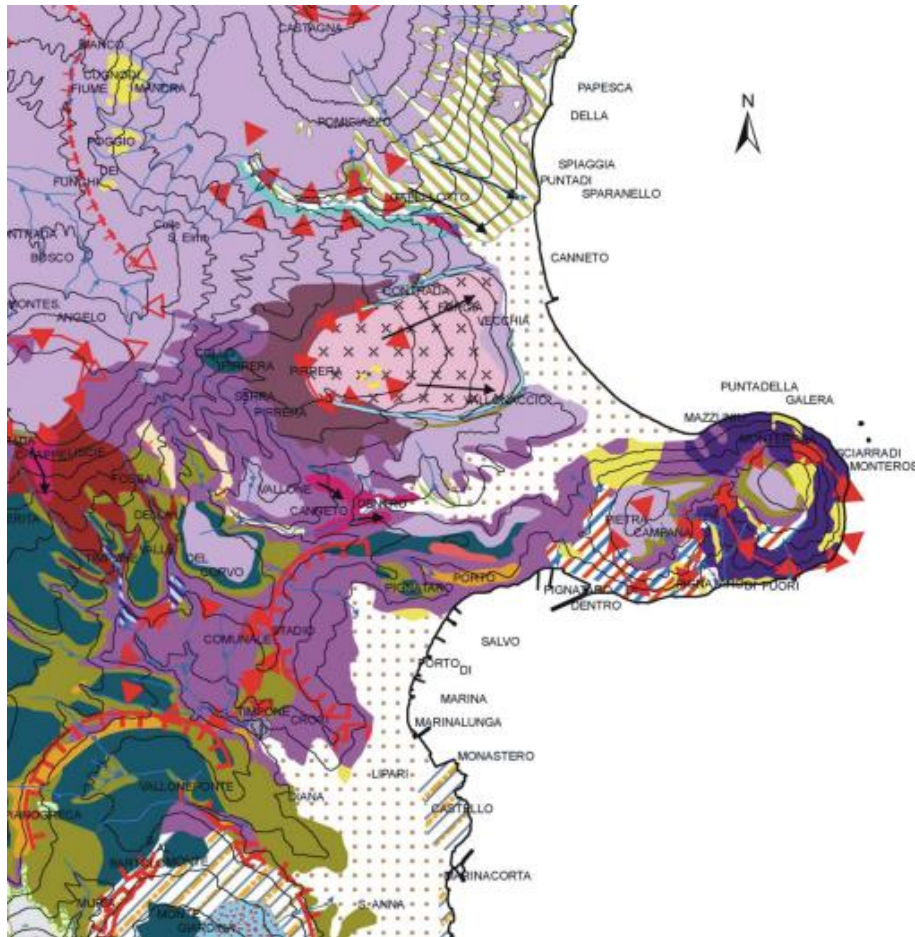
Tenendo conto delle finalità del presente studio è stato eseguito un rilevamento geologico di superficie allargato ad un congruo intorno dell'area di interesse.

La successione stratigrafica dell'area studiata, ricostruita facendo riferimento a studi precedenti, nonché verificata localmente con il supporto di dati originali, è data dai seguenti termini, dall'alto verso il basso:

Il quadro litologico del settore centro - orientale di Lipari (tav 2/2) è rappresentato dalla seguente successione stratigrafica:

- Depositi di spiaggia e alluvioni attuali;
- Piroclastiti rimaneggiate;
- Depositi pomicei di caduta e di flusso a composizione riolitica;
- Colate ossidianacee a composizione riolitica;
- Depositi piroclastici pomicei di caduta e di flusso a composizione da riolitica a dacitica;
- Duomi lavici a composizione riolitica e suborientamento dacitica;
- Depositi cineritici di flusso a composizione prevalentemente andesitica;
- Colate laviche a composizione andesitico-basaltica e depositi piroclastici di caduta a scorie nerastre.

I tratti di costa alta si correlano a duomi endogeni a composizione prevalentemente riolitica, afferenti al III gruppo o alla I fase post-erosiva, mentre in corrispondenza dei tratti a costa bassa si segnalano piroclastiti rimaneggiate



Quadro geodinamico delle Isole Eolie

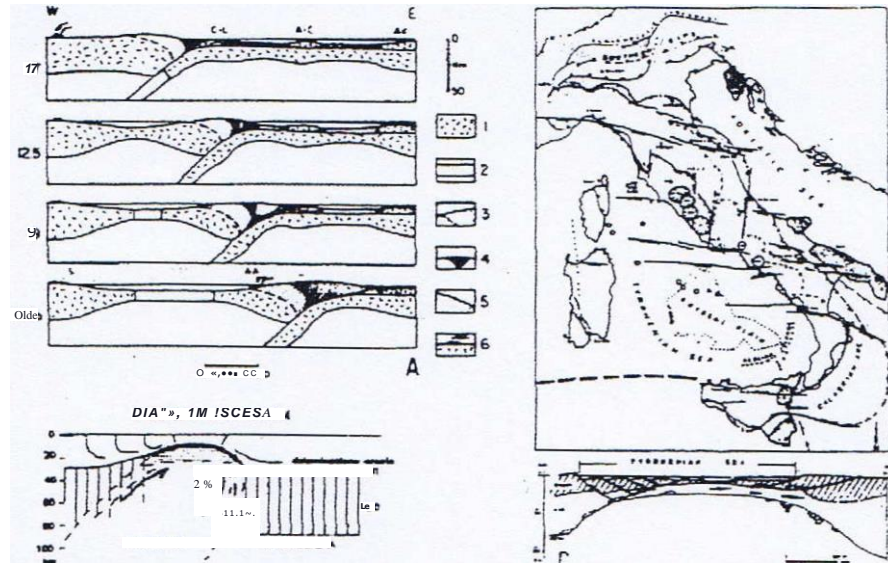
Le isole Eolie sono ubicate sul lato interno dell'arco calabro-peloritano e costituiscono, a loro volta, il margine esterno dei bacini marini peritirrenici: bacino di Cefalu', di Gioia e di Paola. L'arcipelago è costituito da sette isole e da numerosi rilievi sottomarini ("seamount") e la struttura dell'arco eoliano è intersecata da un importante lineamento tettonico regionale ("Linea Eolie-Tindari-Giardini"), che condiziona la distribuzione areale dei centri vulcanici nelle isole piu' meridionali di Vulcano e Lipari (Tav. 1_1.1.1).

Per quanto riguarda il quadro vulcanologico eoliano e il suo significato geodinamico, si definisce in sintesi un vulcanismo di età

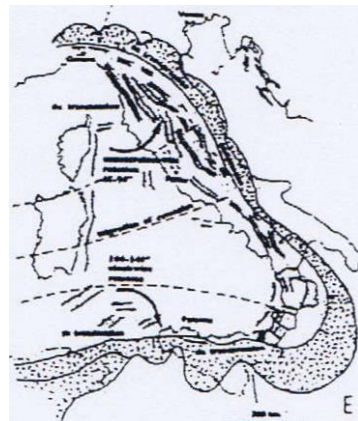
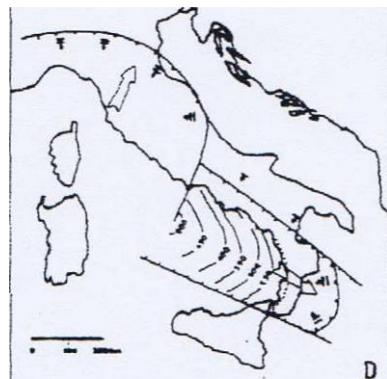
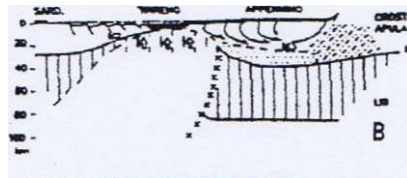


quaternaria, di convergenza tra placche e un tipico sistema arco-fossa-bacino marginale, ove l'arco metamorfico è rappresentato dall'arco calabro-peloritano, le isole Eolie rappresentano il fronte vulcanico e il piano abissale del Tirreno (profondità > 3000 m) è il bacino marginale di retro arco. Il corpo litosferico (placca adriatica) in subduzione sotto l'arco calabro-peloritano ed entro il mantello immerge con direzione WNW e inclinazione di 50-60° (BARBERI et al., 19743; BECCALUVA et al.,19854; SAVELLI & GASPAROTTO,19945) . Altri autori propongono modelli diversi, che rientrano o si discostano anche profondamente dagli schemi della tettonica a placche (Tav. 2_1.1.1)

Il sistema di faglie "Eolie-Tindari-Giardini", regionale e crostale, che prosegue sul margine ionico con la scarpata ibleo-maltese ed ha un'orientazione dominante NNW-SSE, si è progressivamente propagato verso Nord durante la sua evoluzione e ha funzionato, almeno dall'Etna alle Eolie, come trascorrente destra a componente normale (BOUSQUET et al., 1998). L'arco eoliano è stato raggiunto dalla linea tettonica circa 150-200 Ka B.P. in un settore vulcanico già inattivo (Salina Vecchia-Panarea) e le faglie hanno spostato di circa 5 Km verso Sud la porzione dell'arco ad Est della linea tettonica. Le discontinuità del sistema sono state utilizzate dai magmi per ringiovanire l'arco vulcanico e per costruire a ridosso di Salina vecchia il complesso vulcanico Salina giovane-Lipari-Vulcano. Il persistere dell'attività della linea tettonica è testimoniato dalla sua sismicità nel ramo settentrionale e da uno stato di quiescenza sul ramo meridionale, che indicherebbe una attiva propagazione verso Nord delle faglie. La linea tettonica, infine, presenta un vulcanismo estinto e una sismicità solo superficiale ad Ovest, mentre lungo la linea e ad oriente si



COLLASSO APICI DIAPIRO



Principali modelli di evoluzione del sistema Appennino-Tirreno elaborati negli ultimi anni. A. Processi di subduzione classica (Matinverno e Ryan 1986). retroarco-catenaaavanfossa é dovuta alla resistenza della piastra litostericia in subsidenza verso W rispetto al flusso del mantello in movimento verso E (da Doglioni 1991).

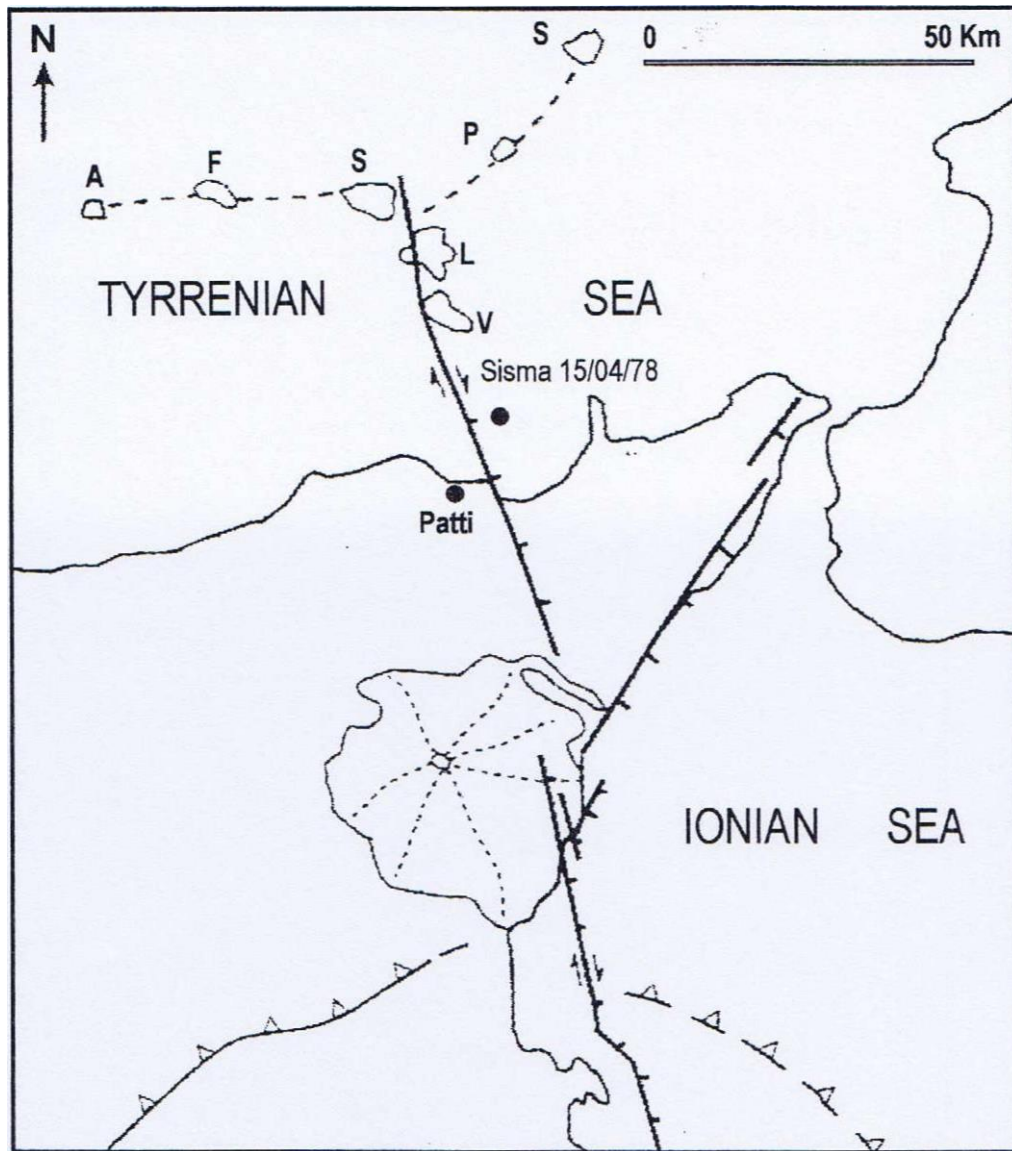


Il vulcanismo delle Eolie, di età probabilmente inferiore a i M.A., si può suddividere in due stadi principali di attività:

- il primo stadio con la formazione delle isole di Alicudi, Filicudi, Panarea e parte di Salina e Lipari;
- il secondo stadio, a seguito di un periodo di interruzione (Pleistocene superiore), con il completamento di Salina, di Lipari e la nascita di Vulcano e Stromboli, ambedue ancora attive.

I prodotti vulcanici più antichi sono rappresentati da una serie calcicalina tipica, che evolve verso una serie andesitica ricca in K, eruttata nella fase iniziale del secondo stadio (Lipari e Stromboli) e, infine, una serie shoshonitica, corrispondente ai prodotti del vulcanismo recente e storico di Vulcano, Lipari e Stromboli. A Vulcano e Vulcanello sono presenti anche lave leucit-tefritiche probabilmente prodotte da differenziazione a debole profondità del basalto shoshonitico.

La natura shoshonitica dei vulcani più recenti, secondo KELLER (1974), indica uno stadio senile di evoluzione dell'arco delle Isole Eolie, in accordo con la natura continentale della crosta su entrambi i lati del contatto tra le placche, e un fenomeno di subduzione ormai in via di ultimazione; mentre la mancanza di sismi tra 100 e 200 Km di profondità potrebbe fare supporre che la litosfera in subduzione sia ormai distaccata e stia sprofondando nell'astenosfera. La natura dei vulcani sottomarini che emergono dal piano abissale del Tirreno è compatibile con l'ipotesi di un bacino marginale in espansione. Si tratta, infatti, di vulcani basaltici, probabilmente legati a fratture distensive ad andamento NNE-SSW, con prodotti tholeitici alla base e più alcalini nelle parti alte.



TAV. 3_1.1.1

Carta tettonica della Sicilia nord-orientale con la faglia Eolie-Tindari-Giardini che sposta in trascorrenza destra di circa 5 Km verso Sud ; la porzione orientale dell'arco eoliano, si raccorda con le faglie che tagliano la base orientale dell'Etna (faglie delle Timpe) e con le faglie della scarpata sottomarina ibleo-maltese, mentre la costa ionica della Sicilia è segnata dalle faglie di Messina.



Nella zona compresa tra le isole di Lipari e Salina, secondo le indagini piu' recenti (GAMBERI *et al.*, 1998)⁸, sono stati localizzati tre piccoli edifici vulcanici, con diametro di 500 m e altezza di 100 metri circa, composti da pillow lava, e posizionati lungo direttrici con direzione variabile da NE-SW a NNE-SSW. L'attività vulcanica sottomarina nell'offshore di Lipari-Salina non ha corrispettivi confrontabili nelle adiacenti aree terrestri.

Quadro morfo-strutturale geo-vulcanologico di Lipari

L'isola di Lipari è la piu' grande delle Isole Eolie (37,6 Km²) ed è la culminazione di un vulcano composito che raggiunge una altezza di 602 m s.l.m. (Monte Chirica), partendo da 1000 m circa sotto il livello del mare. La carta batimetrica del settore centro-meridionale dell'arco eoliano (Tav. 1/1.1.2) dimostra come le isole di Lipari e Vulcano si sviluppino secondo una prevalente direzione NNW-SSE, che coincide con la linea tettonica regionale "Eolie-Tindari-Giardini". Nella carta batimetrico-morfologica dei settori sottomarini circostanti l'isola di Lipari si notano una serie di centri vulcanici secondari, localizzati nell'area occidentale e nel Canale di Salina, e un terrazzo di abrasione marina, che circonda il lato occidentale, mentre su quello orientale si presenta attorno al promontorio del Monterosa (Tav. 2 / 1.1.2).

Il quadro geo-vulcanologico dell'Isola di Lipari è ricostruito da PICHLER (1976)⁹ attraverso la definizione di quattro gruppi di prodotti vulcanici, a cui corrispondono



altrettanti periodi di attività vulcanica tra il Pleistocene superiore e l'Età Romanica:

gruppo I - Pleistocene sup.-Tirreniano (100.000 ? - 60.000 anni B.P.) : parte occidentale di Lipari e i due vulcani di Monterosa;

gruppo II - Pleistocene sup.(60.000-40.000 anni B.P.): vulcani di M. S. Angelo e della Costa d'Agosto;

gruppo III - Pleistocene sup.(40.000-10.000 anni B.P.): parte meridionale di Lipari;

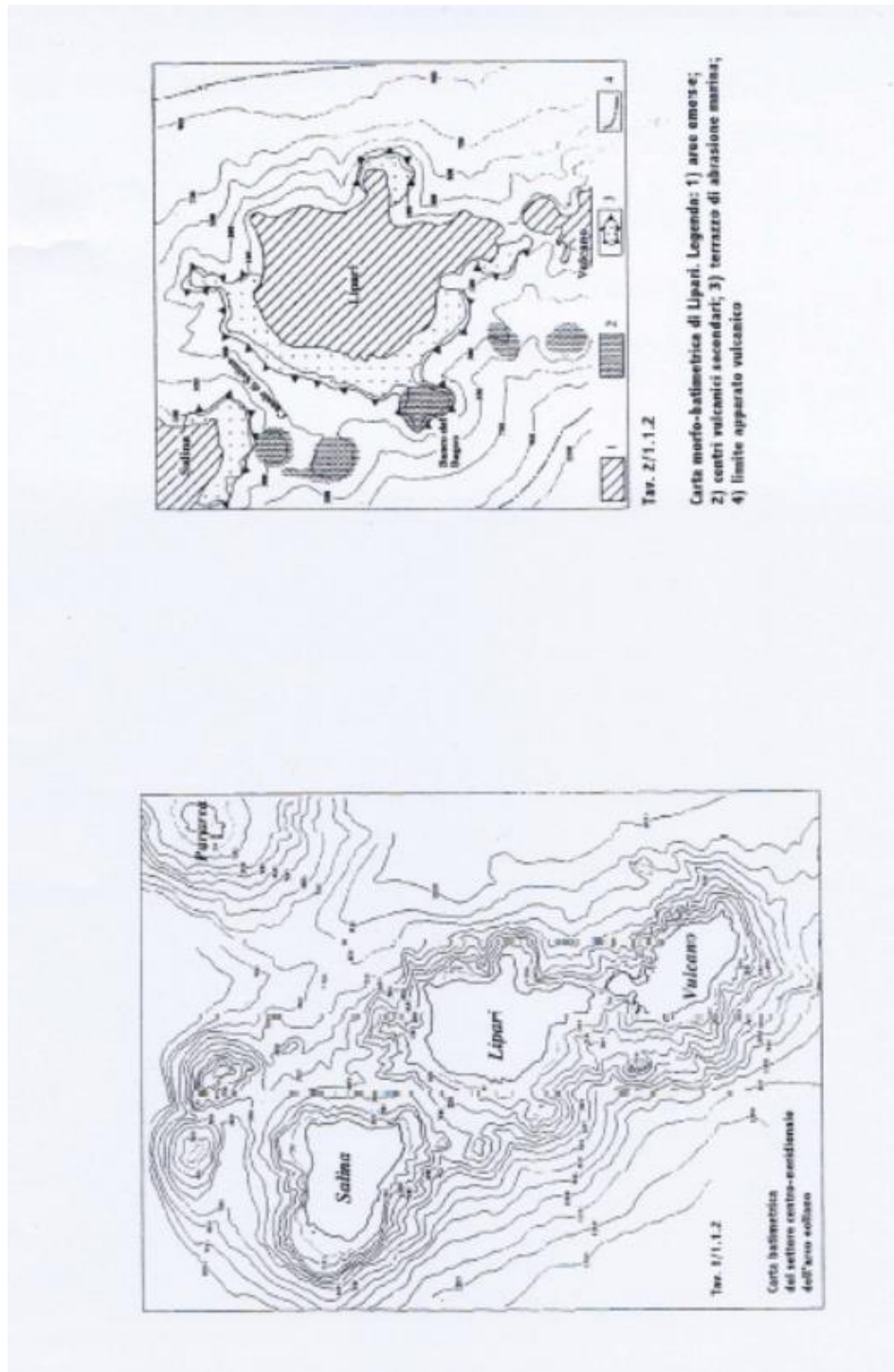
gruppo IV - Post-pleistocene (9.500-1.400 anni B.P.): vulcani di Monte Pilato e di Forgia Vecchia.

Le vulcaniti affioranti rappresentano una tipica associazione calcalcalina, con termini di composizione variabile da quarzo-andesiti a rioliti alcaline (Tav. 3/ 1.1.2), e differiscono sostanzialmente dalle associazioni di arco insulare. I dati sismici e petrochimici, sempre secondo PICHLER (1980), non sono favorevoli nel mettere in relazione le Isole Eolie con un sistema di tipo arco insulare, né può essere sostenuta l'esistenza di una "zona di Benioff" nell'area del Tirreno o l'origine dei magmi da uno "slab" in subduzione.

Nella Tav. 4/ 1.1.2 si riportano la sezione stratigrafica rappresentativa dei depositi con le età assolute e il diagramma K20-5i02 per distinguere le principali caratteristiche chimico-petrografiche dei depositi (DE ROSA et al., 1985).

Più recentemente CALANCHI et al., (1996) definiscono una serie di eventi vulcanici riconducibili a due stadi (pre-erosivo e post-erosivo), separati da una stasi dell'attività

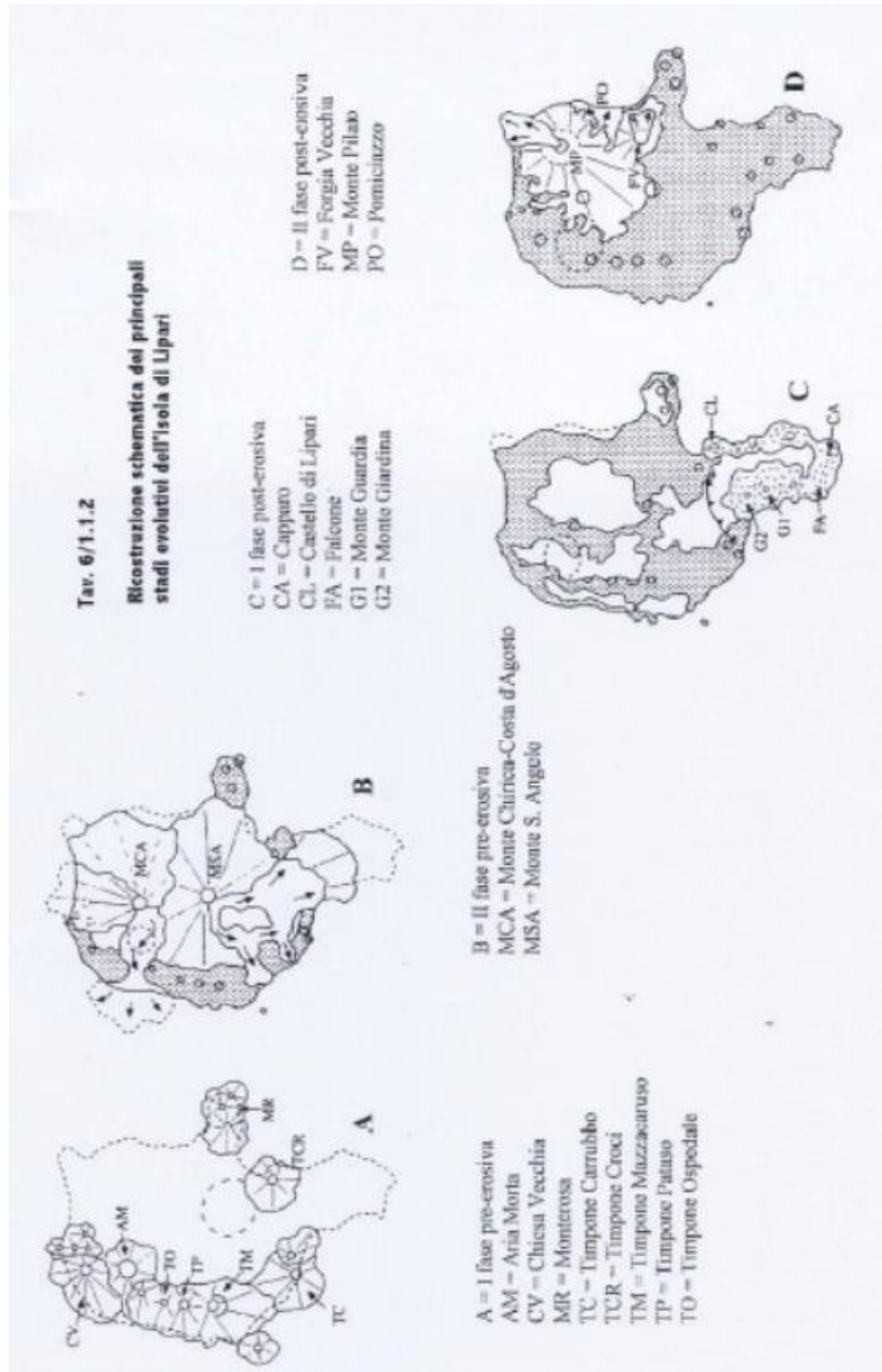
vulcanica + erosione, e quattro fasi, secondo la seguente tabella riassuntiva:



STADIO POST- EROSIVO	II Fase	Colate e duomi ossidianacci, piroclastici pomicee	<i>IV ciclo (M.te Pilato)</i>
			<i>III ciclo (Forgia Vecchia)</i>
			<i>Paleosuolo</i>
			<i>II ciclo (Gabelotto-Fiume Bianco)</i>
	<i>I ciclo (Canneto Dentro)</i>		
Discordanza stratigrafica			
I Fase	Duomi endogeni riolitici e piroclastiti	<i>III ciclo (Punta S. Giuseppe, Castello di Lipari, S. Lazzaro, M.te Guardia, M.te Giardina)</i>	
		<i>II ciclo (Falcone, Capperò, Capistello)</i>	
		<i>I ciclo (Punta di Levante, Scogliera Sotto al Monte, Punta del Berciato)</i>	
STASI DELL'ATTIVITA' VULCANICA + EROSIONE			
STADIO PRE- EROSIVO	II Fase	Colate laviche e piroclastici di M. Chirica, colate andesitiche e piroclastici di M.S. Angelo	<i>M.te Chirica, Costa d'Agosto</i>
			<i>M.te S. Angelo</i>
	Discordanza stratigrafica		
I Fase	Prodotti di Palco-Lipari	<i>Aria Morta, Timpone Carrubo, Mazzacarusò, Petaso, Ospedale, Chiesa Vecchia, ecc.</i>	

La carta geologica schematica e la ricostruzione della successione dei principali stadi evolutivi, che hanno contribuito all'edificazione dell'isola, sono riportati rispettivamente nelle Tavv. 5/ 1.1.2 e 6/ 1.1.2.

Lo stadio pre-erosivo è caratterizzato dall'emissione di prodotti basaltici (subordinati), andesitico-basaltici e andesitici ad affinità calcicalina sino a calcicalina alta in K, mentre nello stadio più recente (post-erosivo) i prodotti emessi sono esclusivamente riolitici (da calcicalini alti in K sino a shoshonitici).





Durante la fase di stasi dell'attività vulcanica (da circa 92 a 45 Ka B.P.) si realizza un importante evento erosivo, testimoniato da una superficie di abrasione marina e da un livello di grossi ciottoli lavici e sabbie di spiaggia ad una altezza variabile tra 10 e 40 metri, lungo la falesia occidentale e nord-occidentale dell'isola.

La ripresa dell'attività vulcanica (I fase post-erosiva) coincide con un importante cambiamento nella evoluzione magmatologica dell'isola: da prodotti andesitico-basaltici e andesitici si passa a prodotti riolitici.

L'attività vulcanica della II fase post-erosiva si concentra nel settore nord-orientale dell'isola e l'ultimo ciclo di attività (datato tra 1.400 e 1.300 anni B.P.) si definisce con una serie di eruzioni esplosive che formano il cono di pomici del Monte Pilato e si concludono con la imponente colata di ossidiana delle Rocche Rosse, che dopo avere distrutto la parte settentrionale dell'orlo craterico raggiunge il mare ad Est di Acquacalda (Tav. 7/ 1.1.2).

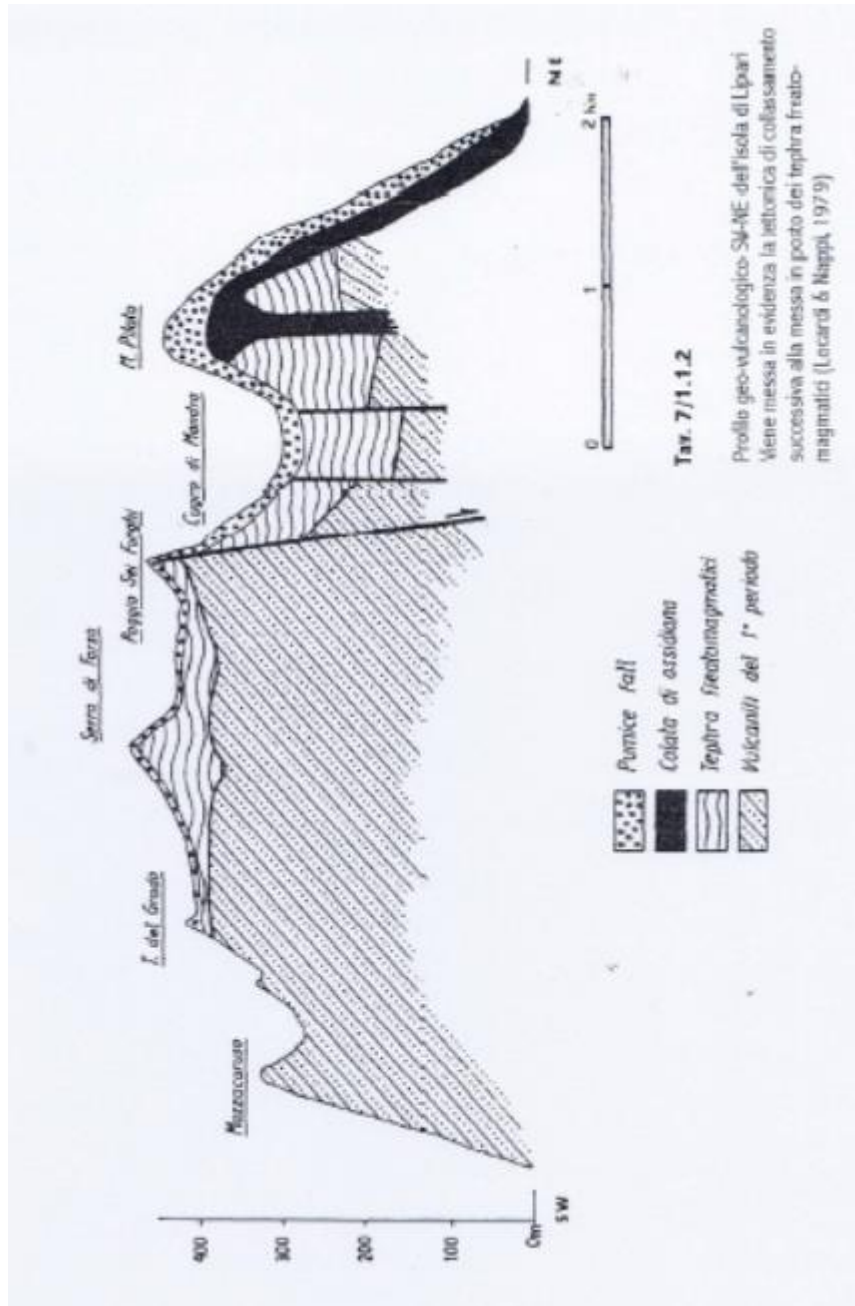
La piu' recente carta geologica di Lipari è riportata da LUCCHI *et al.* (2001)³, ove i prodotti dell'attività vulcanica sono organizzati stratigraficamente secondo una unità informale (*Paleolipari*) e quattro Sintemi (Tav. 8/ 1.1.2):

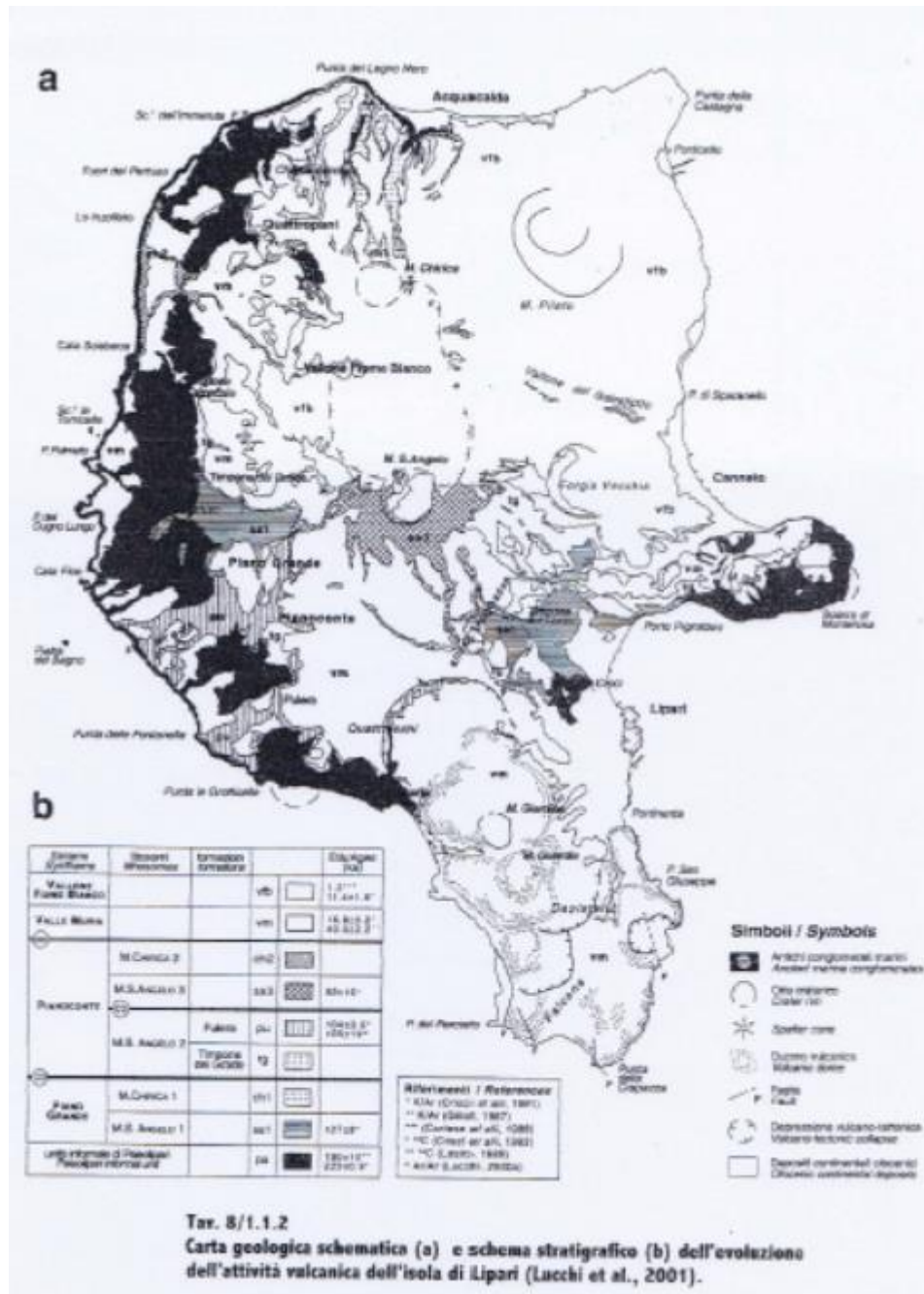
- l'unità di *Paleolipari* comprende le vulcaniti andesitico-basaltiche (da 223 \pm 0.9 Ka a 130 \pm 10 Ka



B.P.), riferite all'attività eruttiva di diversi centri vulcanici ubicati prevalentemente lungo la costa occidentale;

- il *Sintema Piano Grande* comprende le vulcaniti prevalentemente andesitiche della prima fase eruttiva dei centri di Monte S. Angelo (127 +/-8 Ka) e Monte Chirica;
- il *Sintema Pianoconte* si riferisce ai prodotti andesitici che completano l'edificazione degli strato-vulcani di Monte S. Angelo e Monte Chirica; in particolare l'unità comprende i depositi piroclastici della formazione Timpone del Grado ("piroclastici a foglie") e le "lave a cordierite" (formazione Pulera: 105 +/-19 Ka e 104 +/-3.5 Ka);
- il *Sintema Valle Mura* è rappresentato da una successione di depositi lavici e piroclastici riolitici, relativi all'attività eruttiva nel settore meridionale (Brown Tuffs : 40 Ka -16.8 +/-0.2 Ka; livelli piroclastici pomiceo di provenienza esterna all'isola);
- il *Sintema Vallone Fiume Bianco* comprende i depositi piroclastici pomiceo e le lave ossidianoidi riolitiche di età circa 11 e 1,3 Ka, riferiti all'attività eruttiva nel settore nord-orientale





Pericolosità-rischio vulcanico a Lipari

L'ultima eruzione vulcanica a Lipari è avvenuta in epoca basso medioevale (circa 1400 anni fa) e quindi il vulcanismo di Lipari si può considerare ancora attivo. L'attività vulcanica più recente è alimentata da magmi viscosi, ricchi in silice, che



formano delle cupole e delle brevi colate densissime e danno luogo ad attività esplosiva quando incontrano acqua. Le ricerche archeologiche e vulcanologiche hanno confermato che questa leggendaria eruzione, è realmente avvenuta sulla costa nord-orientale dell'antica isola, costruendo il grande cono di pomici riolitiche del Monte Pelato, dal cui cratere effluì, nell'ultima fase eruttiva, la colata ossiadianica delle Pietre o Rocche. Rosse (GASPARINI,1983). La grande potenza del cono di pomici intorno al centro eruttivo e la rapida diminuzione con la distanza dello spessore e della granulometria degli strati alternati di ceneri e pomici, che ricoprono tutta l'isola, dimostrano che la forza esplosiva dell'eruzione fu relativamente moderata. Molte pomici caddero a mare, formando per breve tempo "isole flottanti", mentre la cenere fu probabilmente trasportata dal vento fino a grandi distanze (RrTTMAN,1978).

Le attuali condizioni di pericolosità/rischio di natura vulcanica nell'Isola di Lipari risultano comunque trascurabili in quanto le uniche manifestazioni vulcaniche, in atto, sono:

- fumarole di bassa temperatura (80-90 °C), presenti nella parte occidentale dell'isola (Timponi Pataso e Ospedale) e nella parte meridionale (Vallone Ponte);
- sorgenti di acqua calda (57 °C) che scaturiscono ai Bagni Termali di San Calogero e nella parte alta del vallone di Bagno Secco.

Già nel 1892 il CORTESE (1892) segnala l'assenza di forti fumarole attive e solo testimonianze abbondanti e residue di quelle esistenti in passato. Dallo stesso autore è ripreso un



interessante elenco di sorgenti di acque calde, con le indicazioni topografiche di allora:

- sorgente ad Acqua calda, al Nord dell'isola;
- piccolo stillicidio con emanazione di vapore d'acqua a 400 m dal mare lungo il viottolo da Sparanello a Monte Pilato;
- sorgente a Bagnicello, vicino al mare, assai calda (42° di temperatura);
- piccola sorgente presso la Lanterna di Lipari;
- piccola sorgente a 28° di temperatura da una fessura della lava alle Fontanelle, presso la costa occidentale;
- due o tre punti di acqua leggermente sulfurea e a temperatura di 61° a Bagnosecco;
- sorgente sulfurea a 62° circa di temperatura a S. Calogero, presso Menavento, ove esiste uno stabilimento di bagni;
- a Bagnosecco usciva acqua a bassa temperatura in abbondanza tale da far muovere un mulino, ma in atto si ha solo una scarsa sorgente calda e il mulino è in stato di abbandono.

Tettonica

L'intero arcipelago eoliano è sede di frequente attività sismica di origine tettonica e vulcanica, come risulta dalla presenza di eventi sismici con ipocentri a varia profondità.

I sismi con ipocentro intermedio e profondo e magnitudo fino a 7,0-7,5 sono stati messi in relazione con la placca



adriatica proveniente da SE in subduzione sotto l'arco calabro-peloritano ed entro il mantello (CAPUTO et al., 196918; CAPUTO et al. 197219; PETERSCHMITT, 1972; MCKENZIE, 197220), probabilmente staccata ed ulteriormente sprofondata fino a 500 Km di profondità, per potere dare origine al terremoto del 17/2/1955 a 450 Km di profondità (Tav. 1/ 1.1.4). Studi piu' recenti sulla sismicità profonda nel Mar Tirreno (GIARDINI & VELONA',1988)21, mettono in evidenza (Tav. 2/ 1.1.4):

- la continuità della zona di Benioff dalla superficie fino ad oltre 500 Km di profondità e la sua variazione di pendenza, sub-verticale in superficie e piu' orizzontale in profondità;
- la concentrazione di attività sismica a 250-300 Km di profondità e l'assenza del caratteristico incremento di sismicità a 500-600 Km, tipico di tutte le zone sismiche profonde mondiali;



eventi piu' profondi (oltre 350 Km) registrati in maggioranza nell'ultimo decennio.

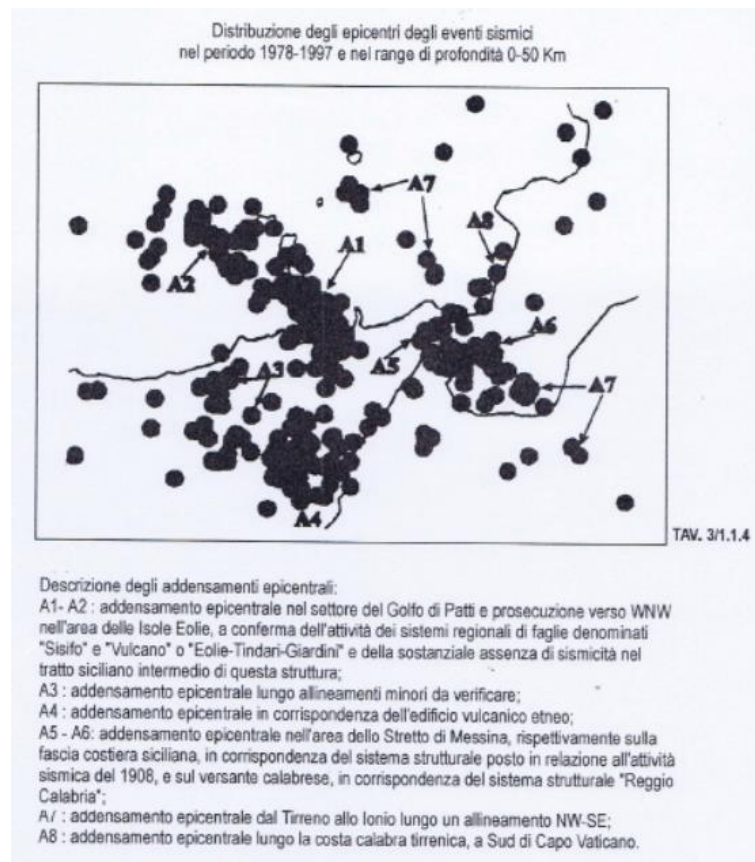
I terremoti superficiali, concentrati tra 8 e 16 Km di profondità, presentano generalmente $M < 6$ e si verificano negli spessori crostali, dovuti principalmente ai movimenti lungo sistemi di faglie regionali Eolie-Tindari e Sisifo.

Gli eventi sismici molto superficiali si presentano con $M < 2,5$ e si concentrano, nell'isola di Vulcano, in corrispondenza del Gran Cratere della Fossa, a causa di attività fluido-dinamiche dovute a variazioni di pressione dei gas magmatici.

Le analisi sulla distribuzione degli eventi sismici recenti (ALOISI *et al.*, 2000), nel range di profondità 0-50 Km e nell'intervallo temporale 1978- 1997, definiscono un addensamento di epicentri nel settore del Golfo di Patti con prosecuzione verso WNW nell'area delle Isole Eolie, a conferma dell'attività dei sistemi regionali di faglie denominati "Sisifo" e "Vulcano" o "Eolie-Tindari-Giardini" e della sostanziale assenza di sismicità nel tratto siciliano intermedio di questa struttura (Tav. 3/ 1.1.4).

Le faglie piu' evidenti che intersecano le vulcaniti di Lipari hanno la stessa direzione NNW della grande faglia Eolie-Tindari-Giardini-Scarpata di Malta, a cui è associato il vulcanismo piu' antico, andesitico; mentre la transizione al vulcanismo riolitico, avvenuta a partire da circa 40 Ka B.P., sembra accompagnata, secondo LOCARDI & NAPPI (1979), da un brusco cambiamento di direzione (N-S) e stile tettonico, da moderatamente distensivo a fortemente tensionale. Questa tettonica finale ha dato il nuovo assetto fisiografico all'isola, specie al suo bordo orientale, che probabilmente, delimita un altro gradino di una serie di zolle di sprofondamento (Tav. 4/ 1.1.4).

Uno studio piu' recente (FRAZZETTA *et al*1982) segnala la presenza di sforzi in distensione, che si sono esercitati e si esercitano tuttora, in due direzioni ortogonali tra loro: una parallela (NE-SW) e l'altra perpendicolare (NW-5E) al fronte dell'arco eoliano (Tav. 4/1.1.4). Questa geometria del campo di *stress* individuato a Lipari e Vulcano da un lato mette in discussione il ruolo delle strutture distensive con andamento- N-S e dall'altro lato può' trovare spiegazione nel contesto geodinamico del Tirreno meridionale, dove coesistono gli sforzi connessi allo *slab* in subduzione (strutture orientate NE-SW) e gli sforzi legati all'inarcamento del belt magmatico in surrezione (strutture orientate NE-SW).



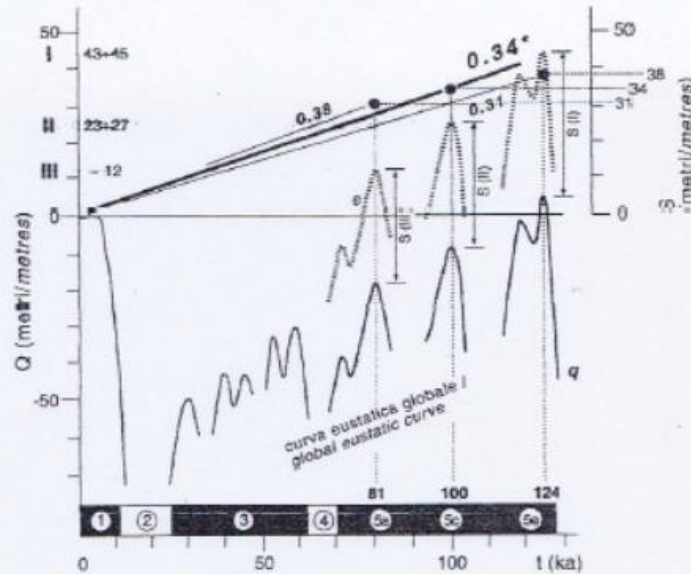
della migliore correlazione tra la quota di antiche linee di riva ed i Picchi della curva eustatica globale (Tay. 5/ 1.1.4). Il processo di sollevamento è caratterizzato da un andamento piuttosto omogeneo, ma si definiscono settori localizzati con significativi movimenti verticali differenziali rispetto alla generale tendenza al sollevamento. Lungo la costa orientale dell'isola, in particolare, si evidenziano processi di subsidenza, come risulta dalla sommersione di diversi siti in età storica e recente.

- In corrispondenza di Marina Corta, la sommersione è stata stimata da ROMAGNOLI et al. (1995) ad un tasso molto elevato (per l'ultimo secolo $10 \text{ mm/a} = 100 \text{ cm/secolo} = 1 \text{ m/secolo}$), che eccede di almeno un ordine di grandezza i valori indicati da PIRAZZOLI (1982) per il tasso secolare di risalita del livello del mare (ANTONIOLI & FERRANTE, 1996).

Intervallo di anni B.P.	Sollevamento l.m.m. (m)	Tasso di sollevamento (m/100 anni)
22.000-oggi	120	0,54
22.000-6.000	120	0,75
8.550-8.300	25	10
2.000-oggi	0,58	0,03
1880-oggi	0,12	0,10

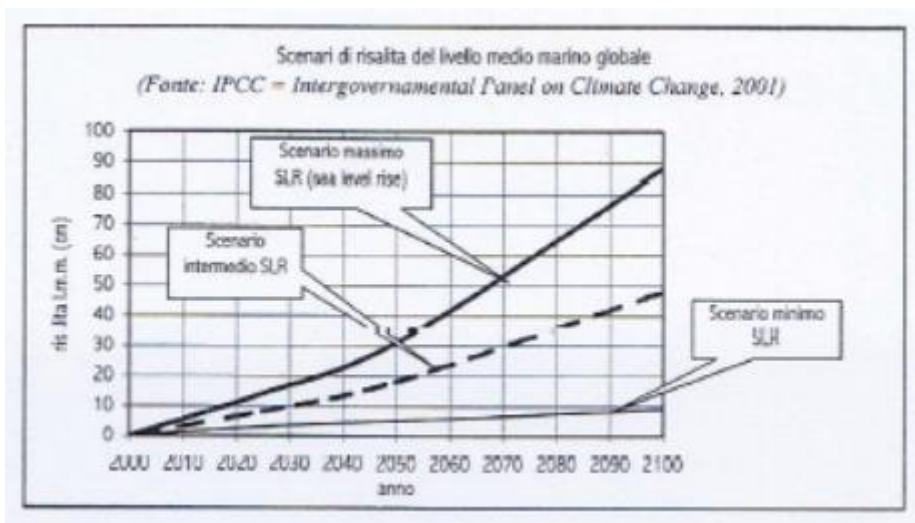
Questa differenza di dati tra tassi di sollevamento e sommersione viene attribuita ad un processo di subsidenza localizzata e probabilmente a breve termine, in relazione a locali processi neo-e/o vulcano-tettonici collegati agli eventi sismici principali che hanno interessato l'arco eoliano nell'ultimo secolo.

1	2	3	4	5	6	7	8
Q	q	S (Q-q)	Sm	t	T=Sm/t		
I 43-45	+6	S (I)	37-39	37-39	38	124	0.31
II 23-27	-9 ± 3	S (II)	32-36 (± 3)	29-39	34	100	0.34*
III -12	-19 ± 5	S (III)	31 (± 5)	26-36	31	81	0.38



Valutazione numerica e grafica degli andamenti della mobilità verticale della costa occidentale dell'isola di Lipari negli ultimi 125 ka. LEGENDA: 1, ordine delle antiche linee di riva; 2 (Q), quota attuale delle antiche linee di riva in metri sim; 3 (q), quota originaria, in metri sim, dei paleolivelli di stazionamento marino corrispondenti alla formazione delle antiche linee di riva (si è fatto riferimento alla curva eustatica globale di CHAPPELL & SHACKLETON, 1986, pur tenendo conto che essa non è effettivamente «tarata» sull'area mediterranea); 4 (S), sollevamento in metri delle tre antiche linee di riva; 5, fasce altimetriche (dedotte dalla colonna 4) di oscillazione dei valori di sollevamento delle tre antiche linee di riva; 6 (Sm), valori medi del sollevamento delle tre antiche linee di riva (dedotti dalla colonna 5); 7 (t), età in ka delle antiche linee di riva con riferimento alla correlazione con gli alti picchi eustatici della curva eustatica globale; 8 (T), valori medi del tasso di sollevamento in m/ka=mm/a per le tre antiche linee di riva (* media dei valori ottenuti).

Tav. 5/1.1.4



- Gli scenari di innalzamento del livello del mare (SILENZI et al., 2003)²⁸ pongono il problema di un aggravamento delle situazioni di squilibrio costiero nel prossimo futuro, con forte arretramento della linea di riva, tenuto conto che il rapporto risalita livello del mare/arretramento linea di riva varia tra 1/50 e 1/200 (BRUUN, 1962)²⁹. Tale situazione diventa ancora più grave se all'innalzamento del livello del mare si sommano gli abbassamenti indotti dalla subsidenza.

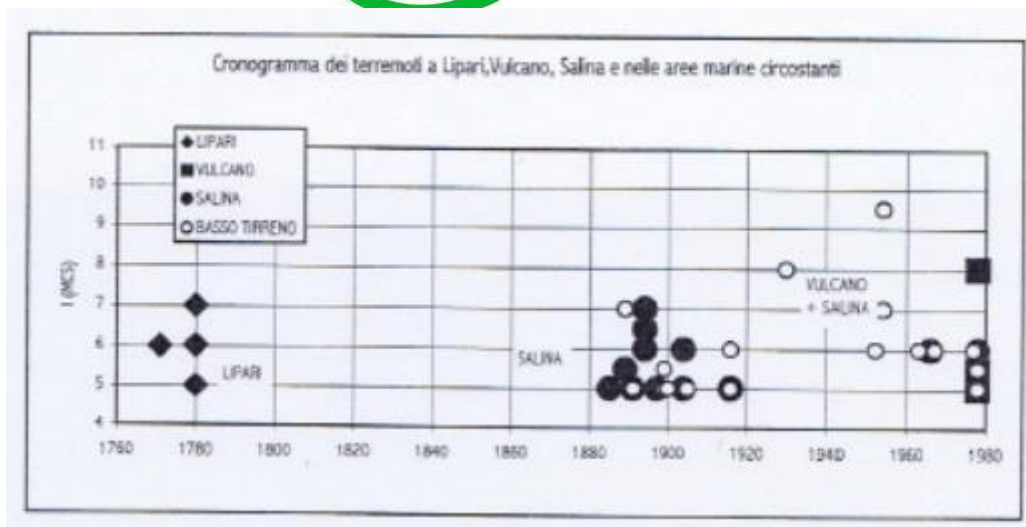
Sismicità storica e pericolosità-rischio sismico

Nel catalogo dei terremoti dal 1000 al 1980 e con intensità osservata $I_o \geq IV-V$ MCS ($0 ML \geq 3,5$), il F° 244 del quadro di unione della cartografia IGM, entro cui ricadono le Isole di Lipari e Vulcano, risulta caratterizzato (POSTPISCHL 1985):

- da una frequenza degli eventi sismici da 60 a 100 (1 evento ogni 9,8-16,6 anni);
- da una profondità massima della sorgente sismica fino a 100 Km;
- da una intensità massima osservata parta a IX-X MCS.

Il cronogramma degli eventi sismici nel periodo 1750-1980 e con area epicentrale nelle isole più meridionali dell'arcipelago eoliano (Vulcano Lipari-Salina) segnala una serie di crisi sismiche con concentrazione degli eventi:

- a Lipari tra il 1770 e il 1780 con $I_{max} = 7$ MCS;
- a Salina ($I_{max} = 7$ MCS) nel periodo 1880-1910;
- a Vulcano ($I_{max} = 8$ MCS) e Salina ($I_{max} = 6$) nel periodo 1960-1980



La massima intensità risentita nelle Isole Eolie dall'anno 1 al 1992, secondo BOSCHI *et al.* (1995), risulta a Lipari I = VII MCS; mentre le altre isole presentano I = VIII MCS.

Nel catalogo dei terremoti al di sopra della soglia del danno (CAMASSI & STUCCHI, 1997), nella zona sismogenetica ZS 74, entro cui ricadono le isole in esame, dall'anno 1823 at 1987, viene segnalato:

- un evento con $M_s > 4$ ogni 4 anni circa;
- un solo evento con magnitudo $M_s > 6$ (15/04/1978 - $M_s = 6,1$).

Gli eventi sismici con area epicentrale nelle Isole Eolie e settore circostante risultano nella seguente tabella

Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	Io (MCS)	M_s
1889	6	30	Basso Tirreno	7	5
1891	6	27	Salina	7	5
1892	3	16	Alicudi	7.5	5.2
1892	8	7	Basso Tirreno	5.5	4.2

1894	8	3	Salina	7	5
1894	12	27	Filicudi	7	5
1899	6	27	Basso Tirreno	5.5	4.2
1904	7	16	Salina	6	4.4
1908	6	30	Basso Tirreno	7	5
1915	6	12	Filicudi-Alicudi	6	4.4
1916	9	3	Basso Tirreno	6	4.4
1926	8	17	Isola di Salina	7.5	5
1930	3	26	Filicudi	7.5	4.3
1939	1	27	Filicudi-Alicudi	6	4.8
1957	5	20	Basso Tirreno	6	4.9
1963	6	13	Basso Tirreno	4	4.2
1971	2	3	Basso Tirreno		4.3
1978	4	15	Golfo di Patti	8.5	6.1
1979	1	16	Basso Tirreno		4
1980	5	28	Basso Tirreno		5.6
1981	6	22	Isole Eolie		4.6
1987	8	13	Golfo di Patti		4

Il "Catalogo dei Forti Terremoti in Italia dal 461 a.C. al 1997" (BOSCHI *et al.*, 2000), riporta i seguenti eventi sismici risentiti a Lipari e Vulcano con $I \geq 6$ MCS:

Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	I_{max} (MCS)	I_{loss} (MCS) (Lipari)	I_{loss} (MCS) (Vulcano)
1693	1	11	Sicilia orientale	11	6	
1783	2	5	Calabria	11	7	
1894	11	16	Calabria merid.	9	6	
1905	9	8	Calabria	10	6.5	
1908	12	28	Calabria merid-Messina	11	7.5	6
1978	4	15	Golfo di Patti	8	7	8 - 7

La descrizione dei danni e gli effetti geosismologici indotti da questi eventi sismici risultano:

- 1693 : la scossa causò grande panico tra la popolazione e danni notevoli nella volta della Cattedrale di Lipari; il mare si agitò riversandosi violentemente sulla spiaggia (maremoto);
- 1783 : il castello di Lipari subì danni alle mura e alcune case vennero lesionate, mentre nella Cattedrale si verificarono crolli; una nave greca, vicino Lipari, avvertì un urto come se avesse toccato fondo, effetto residuo di un violento maremoto;



- 1894 : lievi danni;
- 1905 : qualche danno a Lipari nelle case di campagna; segnalazione di violenta agitazione del mare; lo scuotimento fù forte a Stromboli piu' lieve a Panarea e Lipari, dove fu spezzato ii cavo telegrafico sottomarino di collegamento tra l'isola e Milazzo;
- 1908 : a Lipari crollarono alcune case gia fatiscenti e si aprirono lesioni in molti edifici, tra i quali ii palazzo comunale e la Chiesa di S. Pietro; non furono segnalati effetti del maremoto; a Vulcano la scossa cause lievi danni;
- 1978: danni rilevanti a Lipari con 25 case lesionate e alcuni vecchi edifici crollati; danneggiato it Municipio, la Chiesa dell'Immacolata e la Caserma CC, che fu sgomberata; un uomo di 77 anni mori per lo spavento; si aprirono fenditure sulle scogliere meridionali e occidentali di Lipari; a Vulcano si stacc6 una grande frana in terreni piroclastici dal versante occidentale del Monte Saraceno, mentre si aprirono fenditure nelle scogliere occidentali, lungo la strada provinciale che va dal Porto di Levante e Vulcano Piano e lungo la strada sterrata da Vulcano Piano a Gelso.

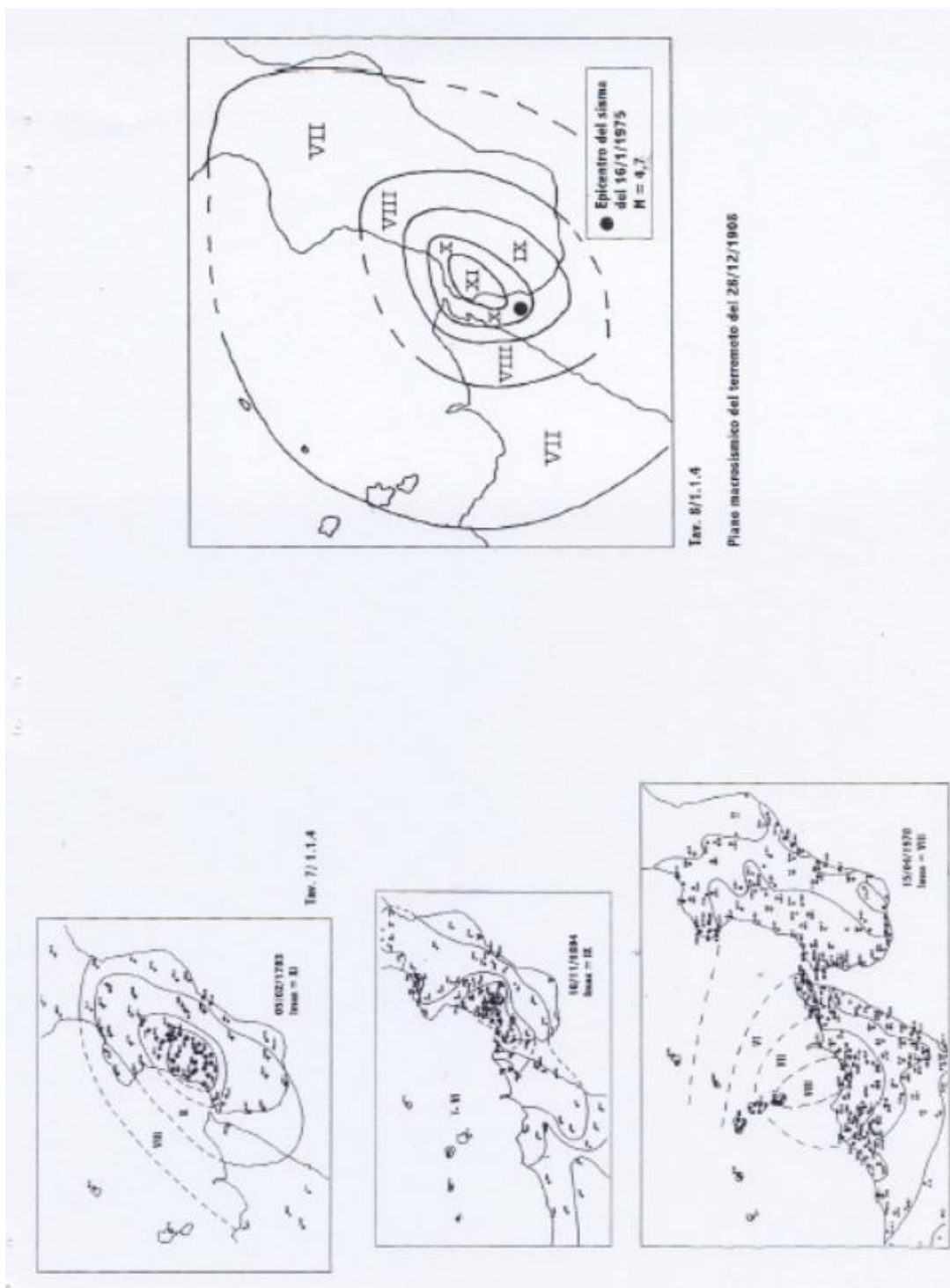
Le carte macrosismiche degli eventi del 1783, 1894 e 1978 sono riportati nella Tab. 7/ 1.1.4 (BARBANO et al., 1978); mentre il piano macrosismico del terremoto calabro-messinese del 1908 (Tay. 8/ 1.1.4) è rappresentato secondo la riconfigurazione proposta da TERAMO et al. (1988).

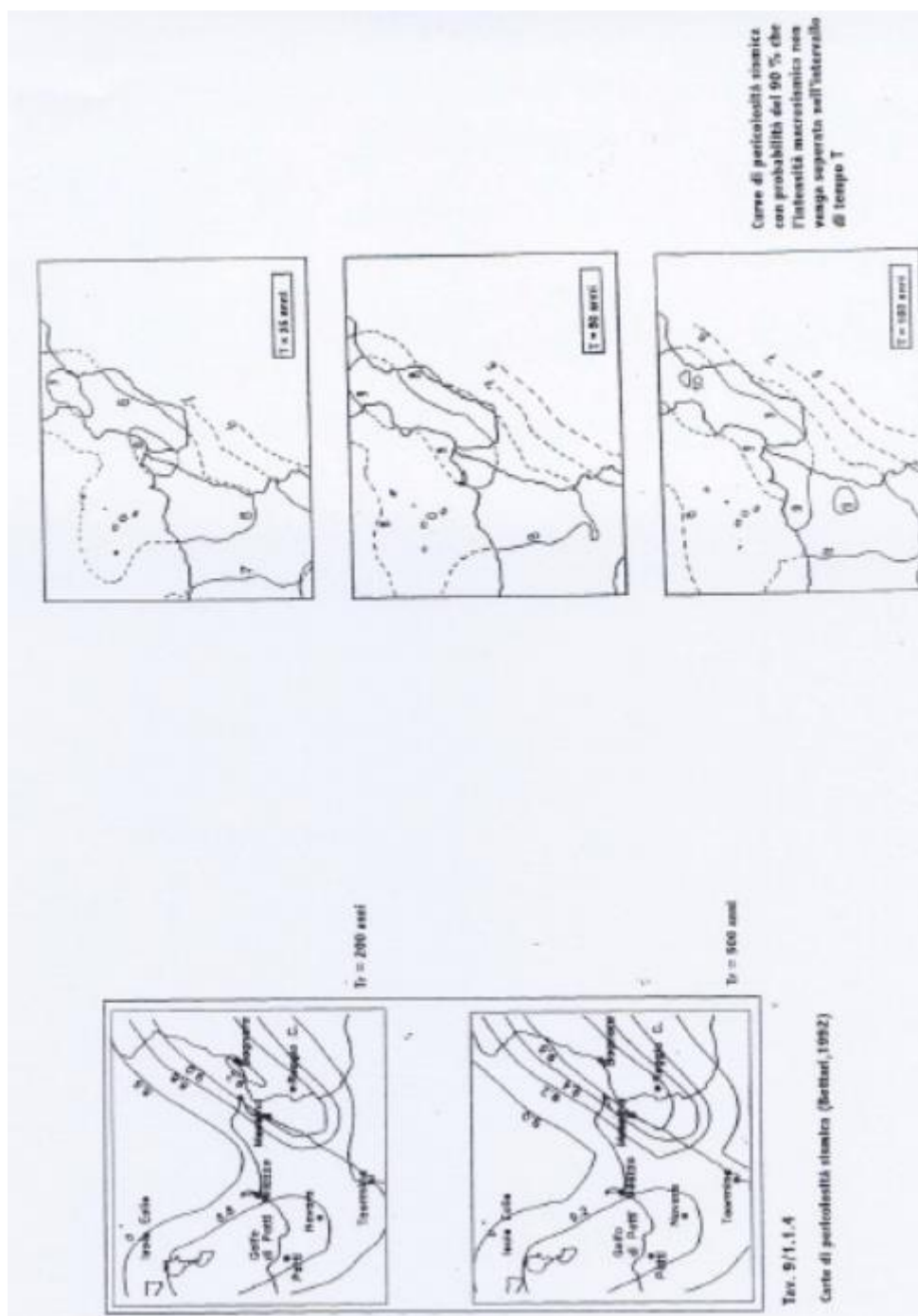
Il terremoto piu' recente e piu' intenso a quello del 15-04-1978, caratterizzato da profondita focale $D = 25$ Km e area mesosismica a sviluppo NNW-SSE, collegabile con la "Linea Eolie-Tindari-Giardini", lungo la quale peraltro si osserva un fitto addensamento dell'attivita sismica almeno negli ultimi 300 anni circa (BARBANO et al., 1979).

Le mappe di pericolosita sismica elaborate da BOTTARI (1992) fanno rientrare le Isole di Vulcano e Lipari all'interno dell'area con intensità sismiche attese pari a 8,8 MCS con $Tr = 200$ anni e 9,2 MCS con $Tr = 500$ anni; mentre CAPOCECERA et al. (1990) definiscono $I_a = 8$ MCS con probability di superamento del 10 % in 25-100 anni (Tay. 9/ 1.1.4).

Gli studi di pericolosita sismica più recenti (LUCANTONI et al., 2001) riportano per Lipari e Vulcano i seguenti valori di intensità sismiche attese e di accelerazione di picco su terreno rigido:

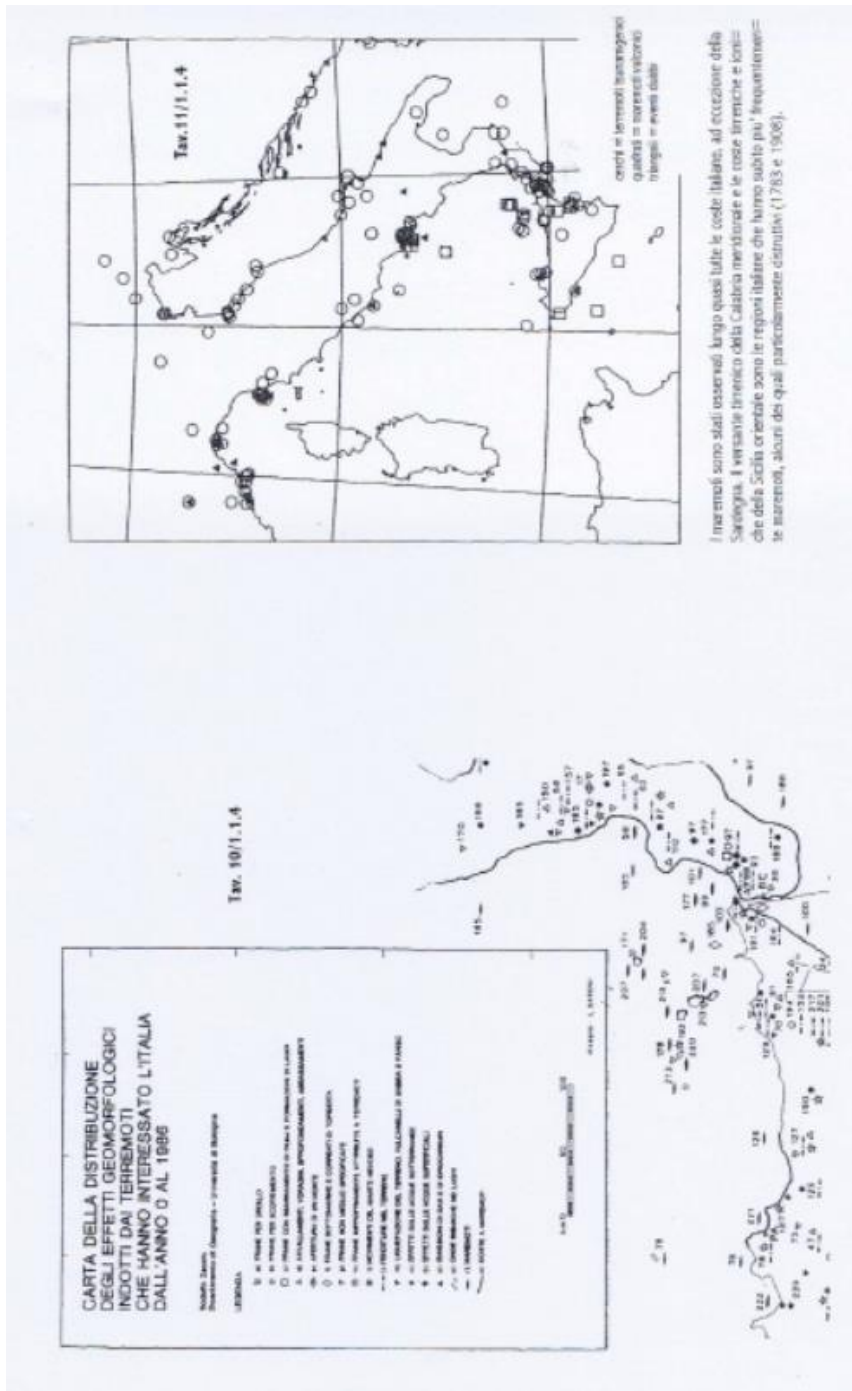
Tr (anni)	47	95	475	975	2475
I_{MCS}	-	6.4	7.4	7.7	8.1
PGA (g)	0,05489	0,07183	0,12407	-	-





Nella carta degli effetti geosismologici indotti dai terremoti dall'anno 1 al 1986, proposta da ZECCHI (1985), sono riportati numerosi eventi nell'arcipelago eoliano con maremoti e frane

indotte e con i settori di litorale orientali di Vulcano, Lipari, Salina e Stromboli classificati come "costa a maremoto" (Tav. 10/ 1.1.4).



Rif.	Anno	Mese	Giorno	Area epicentrale	Imax (MCS)	Effetti sismo-Indotti
70	1693	1	11	Val di Noto	11	M
97	1783	2	5	Calabria e Messina	11	M
103	1784	1	7	Costa calabra e messinese		M
171	1888	2	25	Stromboli	7	F
178	1894	12	27	Basso Tirreno	8	M
192	1909	4	21	Salina	6	M + F
204	1916	7	4	Stromboli	7	M
207	1919	5	22	Stromboli e Vulcano	5	M
213	1926	8	17	Salina	7-8	M + F
220	1939	1	27	Filicudi	6	M

Rif. = numero di riferimento dell'evento sismico riportato nella Tav. 11/2.4;
M = maremoto F = frana di crollo o non meglio specificata
Effetti geosismologici indotti (maremoti e frane) da eventi sismici nelle Isole Eolie, ripreso da ZECCHI (1985), che non riporta gli effetti del sisma del 1978.

Per la valutazione del potenziale tsunamigenico della regione eoliana si fa riferimento alla mappa delle zona di generazione dei maremoti indotti da terremoti o da attivita vulcanica (Tav. 11/1.1.4), ripresa da TINTI (1982), e alla consultazione dell'ultimo aggiornamento del catalogo dei maremoti di TINTI & MARAMAI (1996) da cui sono stati estratti i seguenti dati per le Isole Eolie

A	M	G	Ora	Descrizione	Evento	Causa
1916	7	3	23h21'	Aumento del mare a Stromboli	Certo	Sisma a terra
1919	5	22	17h45'	Inondazione a Stromboli	Certo	Eruzione vulcanica sottomarina
1926	8	17	14h25'	Ritiro anomalo del mare a Salina	Dubbio	Sisma a terra
1930	9	11	19h	Ritiro-inondazione (Stromboli)	Certo	Eruzione vulcanica sottomarina
1954	2	--	--	Debole tsunami a Stromboli	Certo	Eruzione vulcanica sottomarina

L'evento di maremoto piu' recente a quello attivatosi il 30/12/2002 a seguito dell'eruzione dello Stromboli, iniziata nel maggio 2002 con la caratteristica attivita esplosiva e culminata il 28 Dicembre con l'emissione di una colata lavica dalla base dei crateri sommitali. Nei giorni seguenti si aperto un nuovo cratere lungo la Sciara del Fuoco, che ha generato una colata lavica. Il distacco fino al mare di una porzione della Sciara fu interpretato inizialmente come la causa di una serie di onde anomale (tsunami), che interessarono la costa di Stromboli, causando

danno agli edifici e il ferimento di alcune persone, e furono osservate anche lungo la costa siciliana e calabrese. Solo successivamente si è compreso che la sorgente dell'onda anomala era stata una frana sottomarina di dimensioni molto maggiori del crollo osservato lungo la Sciara del Fuoco (APAT, 2003)

Per la progettazione di opere in tali località è necessario tener conto dell'interazione dinamica terreno-struttura in caso di sisma, per la quale risultano decisive le caratteristiche locali del terreno. Infatti, la propagazione dell'energia sismica emessa con un determinato spettro di frequenza dal "fuoco", attraverso il mezzo geologico, determina una modificazione dello spettro originario, mediante effetti relativi che tendono ad amplificare alcune frequenze e ad assorbirne altre.

Nel nostro caso, tale fenomenologia riveste notevole importanza per gli strati superficiali direttamente interessati dalle strutture fondazionali, le cui caratteristiche litologiche ed idrogeologiche, fanno escludere, in presenza di sisma, fenomeni di liquefazione poiché è assente la falda acquifera superficiale e ci si trova al di fuori del campo granulometrico critico. Secondo il D.M. 17/01/2018 il sito ricade in una zona dove i depositi a grana fine determinano in sottosuolo, anche per profondità tra i 30-50 metri, una velocità delle onde di taglio V_{seq} compresa tra 360 e 800 m/sec. Le indagini sismiche attraverso la tomografia sismica (vedasi allegato) eseguita ha confermato quest'ultimo aspetto. Per tali motivi il suolo di fondazione del sito investigato può essere responsabilmente ricondotto alla categoria B di profilo stratigrafico di cui alle seguenti tabelle:

A - Ammassi rocciosi affioranti o terreni molto rigidi caratterizzati da valori di $V_{s,30}$ superiori a 800 m/s, eventualmente comprendenti in superficie uno strato di alterazione, con spessore massimo pari a 3 m..
B - Rocce tenere e depositi di terreni a grana grossa molto addensati o terreni a grana fina molto consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 360 m/s e 800 m/s (ovvero $N_{SPT,30} > 50$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} > 250$ kPa nei terreni a grana fina)
C - Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ compresi tra 180 m/s e 360 m/s (ovvero $15 < N_{SPT,30} < 50$ nei terreni a grana grossa e $70 < c_{u,30} < 250$ kPa nei terreni a grana fina).
D - Depositi di terreni a grana grossa scarsamente addensati o di terreni a grana fina scarsamente consistenti, con spessori superiori a 30 m, caratterizzati da un graduale miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di $V_{s,30}$ inferiori a 180 m/s (ovvero $N_{SPT,30} < 15$ nei terreni a grana grossa e $c_{u,30} < 70$ kPa nei terreni a grana fina).
E - Terreni dei sottosuoli di tipo C o D per spessore non superiore a 20 m, posti sul substrato di riferimento (con $V_s > 800$ m/s)..

Le principali caratteristiche geotecniche sono:

categoria suolo B
coefficiente topografico T1
 $V_{seq} = 632,70$ m/sec
angolo d'attrito 40°
coesione 0
peso di volume $Y = 1.80$ t/mc

CONSIDERAZIONI CONCLUSIVE

Col presente studio per il Comune di Lipari sono state evidenziate le caratteristiche geomorfologiche, geolitologiche, idrogeologiche e meccaniche dell'area in esame.

I sopralluoghi, le misurazioni, i rilievi e le indagini eseguite in situ, hanno evidenziato che per quanto concerne la stabilità del sito

oggetto d'intervento si può serenamente esprimere un giudizio geologico e geotecnico favorevole per le opere da realizzare.

In definitiva, dagli studi e indagini effettuate, si è pervenuti alle seguenti considerazioni:

- dal punto di vista geomorfologico il sito e l'area circostante non presentano segnali evidenti di instabilità; i terreni affioranti possono essere definiti da mediamente a notevolmente coerenti; sono presenti nelle vicinanze dell'area isolati fenomeni di erosione accelerata, non sono stati rilevate zone di inondazione o esondazione, le opere da realizzare non interferiranno con l'idrografia superficiale, né turberanno l'equilibrio geodinamico dell'area stessa ma anzi miglioreranno notevolmente l'azione di difesa del suolo;
- dal punto di vista idrogeologico nell'area affiorano terreni dotati di permeabilità media che permettono una rapida infiltrazione delle acque, con il vantaggio di ridurre i fenomeni di ruscellamento superficiale, la falda superficiale è di scarso potenziale;

Visti tutti gli elementi sopradescritti si può esprimere un giudizio senza dubbio positivo per quanto concerne le opere che saranno realizzate.

Messina li, 8 marzo 2021

IL GEOLOGO

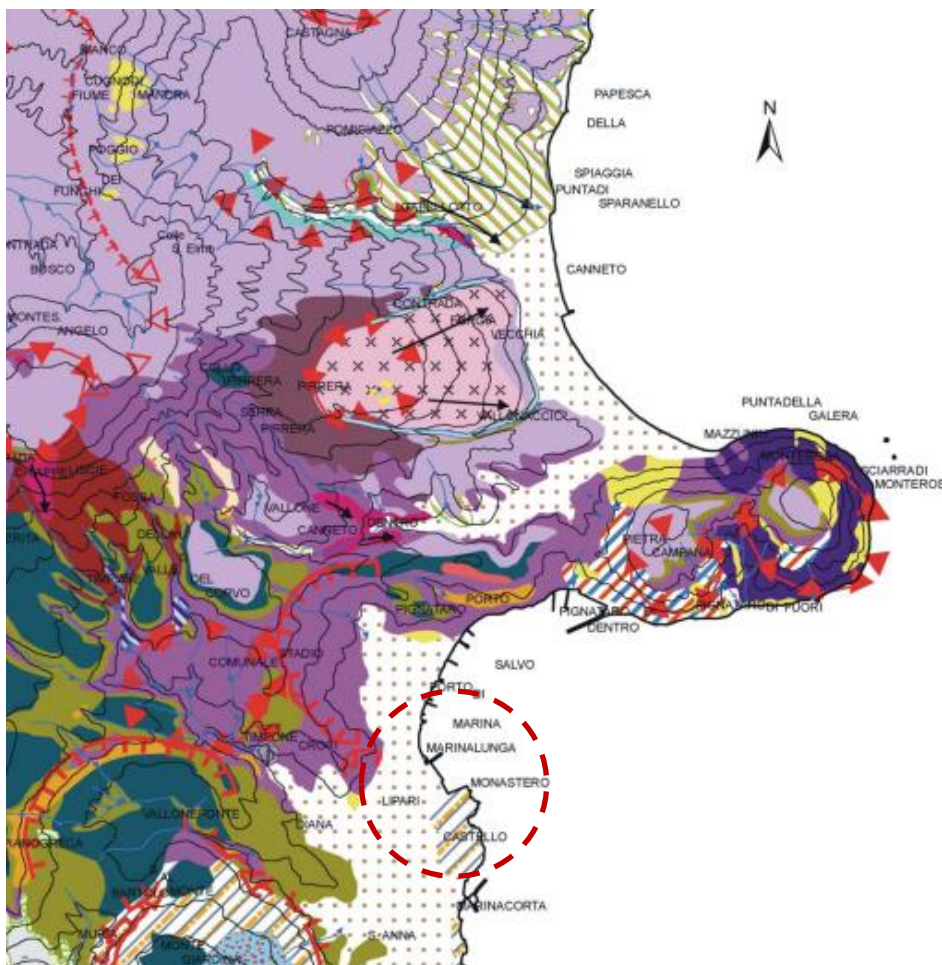
Dott. Gabriele Fiumara


GIOSA srl
Via Catania, 164 - 98124 MESSINA
C.F./P.IVA 03524570839



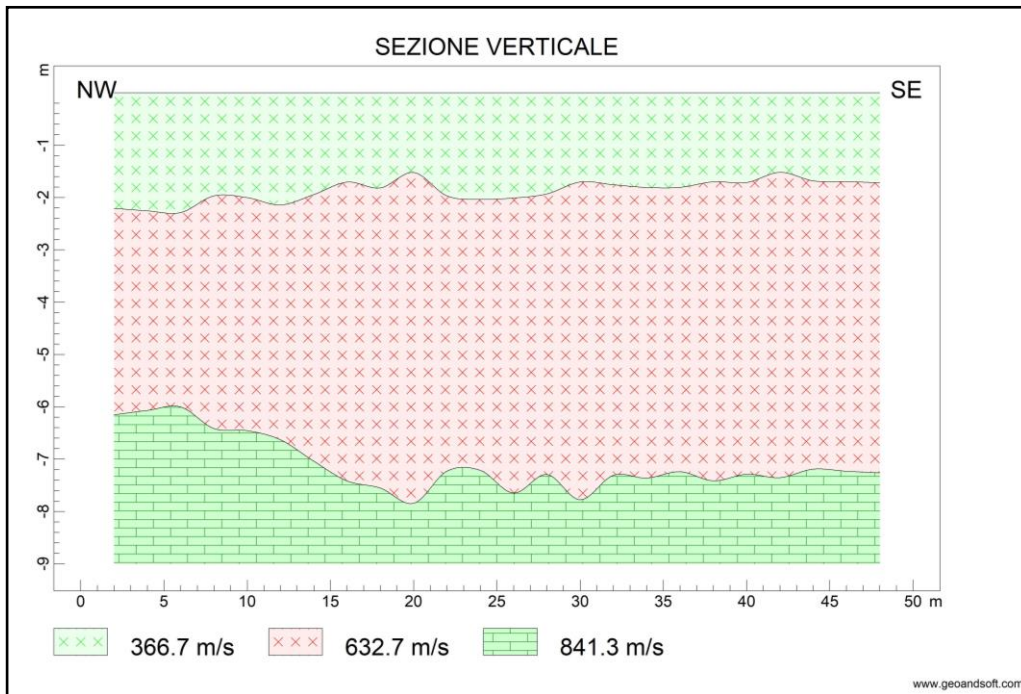


ortofoto



Stralcio carta geologica

- Legenda**
- Litologia**
- Depositi alluvionali e spiagge
 - Depositi alluvionali dei terrazzi di Acquacalda
 - Paleosuoli, suoli con pomici e altri depositi di detriti vulc. sup. di prev. accumulo eolico
 - Contemporanee e/o successive all'attività vulcanica**
 - Vulcaniti del Gruppo I e il più o meno alterati da attività fumarolica
 - Vulcaniti del Gruppo I e il completamente alterati e calcinizzati da attività esalativa
 - Gruppo IV (M. Pilato e Forgia Vecchia) - Post-Pleistocene**
 - Prodotti vulcanici frammentari di un conetto freatico sulla colata di Rocche Rosse
 - Colate di ossidiana superiori (Rocche Rosse e Forgia Vecchia) con zone fumarizzate
 - Breccie d'ipsozione non cementate con abbondanti blocchi di ossidiana
 - Serie superiore di pomici (M. Pilato, Forgia Vecchia)
 - Depositi pipemoldi (scorie saldate, pomici, breccie, ecc.) di un conetto a S di M. Pilato
 - Lave ossidarioidi inferiori (cupola lavica di M. Pilato in prevalenza)
 - Serie inferiore di pomici (Vallone di Gabelotto)
 - Gruppo III (Lipari S) - Pleistocene sup.**
 - Depositi di valanghe incandescenti (M. Giardina)
 - Cupole di lava superiori (M. Guardia, M. Giardina)
 - Depositi di pomici
 - Duomi endogeni più antichi
 - Gruppo II (M. S. Angelo e Costa d'Agosto) - Pleistocene sup.**
 - Lave finali del vulcano di M. S. Angelo
 - Proccidati vari, parzialmente rimarraggiati, del M. S. Angelo
 - Depositi di lahar del M. S. Angelo
 - Lave a cordierite, andalusite, sillimanite e granato (prevalentemente rioclastiche)
 - Lave latit-andesiti quarziferi più antichi del M. S. Angelo
 - Lave latit-andesiti quarziferi di Costa d'Agosto e della parte N di M. S. Angelo
 - Proccidati, parzialmente rimarraggiati (latit-andesiti quarziferi preval.)
 - Gruppo I (Monte Rosa) - Neotirreniano, Wurm I**
 - Lave e diolci dei vulcani di Monte Rosa
 - Depositi di scorie saldate e parzialmente saldate dei due vulcani di Monte Rosa



Sezione geologica

INDICE

1.	PREMESSA.....	2
2.	SISMICA A RIFRAZIONE.....	3
2.1	PRINCIPIO FISICO.....	3
2.2	STRUMENTAZIONE ED ELABORATI FORNITI	3
2.3	PRINCIPALI APPLICAZIONI	4
3.	TRAVERSA SISMICA TS01.....	5
3.1.1	DETTAGLI ACQUISIZIONE	5
3.1.2	METODO DEL RECIPROCO GENERALIZZATO (GRM)	6
3.1.2.1	ELABORAZIONE DATI	6
3.1.1.2.	INTERPRETAZIONE TRAVERSA SISMICA TS01	9

1. PREMESSA

Nel presente documento sono illustrati i risultati di una Tomografia Sismica eseguita, nell'ambito del progetto riguardanti il "progetto di Ampliamento dell'esistente banchina del porto di Sottomonastero - Lipari - Realizzazione di un area destinata all'ormeggio della marineria, per la vendita del pescato fresco e zona di alaggio e varo..", da effettuarsi nel comune di Lipari (ME)".

La prova è stata eseguita effettuando un allineamento secondo una direttrice SW-NE, utilizzando n. 24 geofoni verticali (4,5 Hz), posti tra loro ad una distanza intergeofonica pari a 2.00 m. e n. 07 energizzazioni, di cui due esterne a distanza rispettivamente di 2.0 m dal geofono n. 1 e dal geofono n. 24, con una configurazione di tipo lineare, per complessivi 46.00 metri di stendimento lineare;

Di seguito sono illustrate le metodologie utilizzate per l'esecuzione delle prove e le considerazioni finali sui risultati ottenuti.



FIG. 01 – UBICAZIONE DELLE INDAGINI GEOFISICHE (TOMOGRFIA SISMICA.)

2. SISMICA A RIFRAZIONE

Le indagini geofisiche eseguite con l'impiego di prospezioni sismiche a rifrazione, consistono fondamentalmente nel trasmettere nel terreno un impulso elastico, ed attraverso lo studio della propagazione di tali onde elastiche, generate in superficie e rilevati da una serie di sensori "geofoni", definirne le caratteristiche. Più in particolare, con la sismica a rifrazione, si può determinare con buona approssimazione la stratigrafia del sottosuolo, la geometria, la profondità del substrato roccioso, nonché la possibilità d'individuare eventuali anomalie presenti nei terreni ovvero alla possibile presenza di strutture tettoniche.

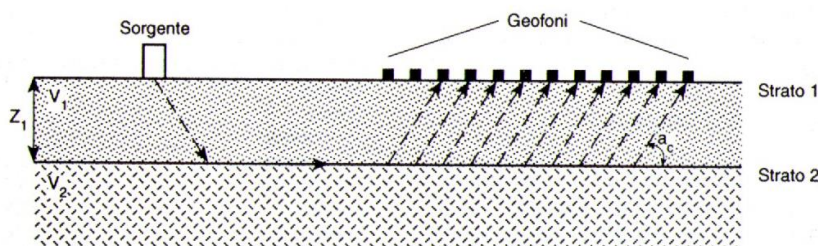


FIG. 02 – ESEMPIO DI TERRENO A DUE STRATI CON $V_1 < V_2$ ED INTERFACCIA PARALLELA ALLA SUPERFICIE TOPOGRAFICA.

2.1 PRINCIPIO FISICO

Il metodo è basato principalmente nell'energizzare il terreno mediante un'onda d'urto prodotta con una massa metallica (generalmente una mazza di alcuni kg), generando in questo modo le onde elastiche.

Il sismografo misura il tempo impiegato dalla perturbazione sismica indotta nel terreno a percorrere la distanza tra la sorgente e ciascun geofono, opportunamente spaziato lungo un profilo, mentre, la velocità di propagazione dell'onda sismica dipende dalle caratteristiche elastiche del sottosuolo e della sua conformazione; la relazione tra velocità dell'onda e distanza sorgente-geofono (dromocrona) consente di risalire agli spessori degli strati esistenti nel sottosuolo.

A seguito dell'energizzazione del terreno mediante l'onda d'urto prodotta dall'impatto di una mazza di battuta (6 kg), su una piastra metallica in alluminio, il sismografo misurerà i tempi impiegati dall'onda sismica indotta per raggiungere i vari geofoni, opportunamente spaziati lungo un profilo.

2.2 STRUMENTAZIONE ED ELABORATI FORNITI

L'apparecchiatura per l'acquisizione per sismica a rifrazione è costituita da un acquisitore sismico computerizzato multicanale "sismografo" MAE A6000S-24 bit, a 12-24 canali (massimo stendimento 115 ml) di alta precisione con segnale incrementale e da un gruppo di geofoni verticali, con frequenza caratteristica di 4.5 Hz.

Le caratteristiche tecniche del sistema sopra descritto sono:

- ✓ campionamento: da 125 a 50.000 c/s;
- ✓ campioni per canale 10.000;
- ✓ Processore 500 Mhz;
- ✓ Hard Disk on C.F. 2 Gb;
- ✓ Risoluzione: 24 bit –largh. Di banda da 0 a 25 Khz –max segnale IN: 2V;

- ✓ sistema di comunicazione e di trasmissione del “tempo zero” (time break)
- ✓ filtri High Pass e Band Reject
- ✓ “Automatic Gain Control”
- ✓ convertitore A/D a 16 bit
- ✓ periodo proprio sensore 4.5 Hz (geofono verticale);



FIG. 03 – SISMOGRAFO UTILIZZATO MAE A6000S

Per le operazioni di campo, inerenti l'esecuzione dell'indagine sismica di superficie con traverse sismiche, sono stati inoltre utilizzati i seguenti accessori:

- ✓ Geofono starter
- ✓ N. 02 Cavo in pur a 12 prese con possibilità di interasse max di 5 m;
- ✓ N. 24 Geofoni verticali da 4,5 Hz;
- ✓ Cavo prolunga per starter da 100 m;
- ✓ Piastra di battuta in alluminio e massa battente da 6 kg per l'energizzazione del terreno.

I dati sono stati inizialmente registrati su pc portatile incluso nel sismografo e/o salvati in una pendrive tramite apposita porta USB, per essere successivamente processati in studio, per l'interpretazione dei dati sismici.

2.3 PRINCIPALI APPLICAZIONI

- ✓ geologia-ambientale (frane e risanamento di zone dissestate, cave, discariche, microzonazioni sismiche).
- ✓ Determinazione della profondità del substrato roccioso (bed-rock)
- ✓ Indagini preliminari;
- ✓ Valutazione depositi di ghiaia, sabbia, argilla;

Nella fase di individuazione dei primi arrivi delle onde, ai fini di ottenere maggiori informazioni di dettaglio i file acquisiti in situ, relativi a tutti gli stendimenti sismici, sono stati processati in studio, utilizzando anche il software INTERSISM 2.1 della Geo&Soft, che permette di fornire oltre alle tabelle, anche i rispettivi modelli sismostratigrafici. Il programma (INTERSISM 2.1), utilizza in modo integrato diverse metodologie, dalla cross-correlation alla wavelet-analysis, reiterando il procedimento per raffinare i risultati ottenuti con continui controlli della compatibilità tra tempi identificati e quelli derivati dall'interpretazione dei geofoni adiacenti. Successivamente, in una seconda fase, è stato effettuato il calcolo delle dromocrone, utilizzando un procedimento di ricerca di minimo, sviluppato in forma analitica, che garantisce il riconoscimento delle dromocrone che in assoluto presentano il miglior coefficiente di correlazione con i tempi di primo arrivo precedentemente determinati. Infine, determinata la velocità di propagazione del segnale

sismico nei diversi strati di terreno, si passa all'applicazione del Metodo del Reciproco Generalizzato (GRM) per l'identificazione della geometria dei rifrattori (≥ 3 spari). Il programma utilizzando una procedura automatizzata che; partendo da un valore di XY di tentativo pari a zero (con cui ottiene la funzione tempo-profondità convenzionale), e dalla profondità presunta (precedentemente calcolata al disotto di ciascun geofono), oltre a sperimentare diversi valori XY, determina la distanza XY ottimale, cioè la distanza per la quale i raggi diretti e inversi emergono in prossimità dello stesso punto sul rifrattore.

L'elaborazione delle traverse sismiche come sopra, pone a volte delle limitazioni interpretative, infatti, le velocità sismiche dei terreni interessati dall'indagine, devono aumentare con la profondità ($V_{P1} < V_{P2} < V_{P3}$), indicando di conseguenza un miglioramento delle caratteristiche meccaniche nella successione stratigrafica, diversamente, non si avranno le condizioni per la riflessione totale e le onde rifratte dallo strato più profondo non potranno tornare in superficie. Questa limitazione è stata ormai superata utilizzando software che applicano l'inversione tomografica e per tale motivo nelle interpretazioni con il metodo GRM si è limitata l'elaborazione esclusivamente al primo strato sismostratigrafico.

3. TRAVERSA SISMICA TS01



FIG. 04 - UBICAZIONE TRAVERSA SISMICA TS01

Coordinate riferite all'ubicazione del geofono G₁
 N 38° 28' 17.02" E 14° 57' 15.40"
 Sistema geodetico di riferimento utilizzato: WGS84 (World Geodetic System, 1984)

3.1.1 DETTAGLI ACQUISIZIONE

TRAVERSA SISMICA

DESCRIZIONE	N° DI GEOFONI UTILIZZATI	DISTANZA GEOFONI	LUNGHEZZA (m)	LUNGHEZZA TOTALE (Compreso gli scoppi esterni) (m)	SHOTS (n°)
TS01	24	2.0 m	46	50	7

TAB. 01 – CARATTERISTICHE DELLO STENDIMENTO TOMOGRAFICO TS01.

Ascissa [m] Shots (riferiti al geof. n. 1)	Nome File
-2.00	Ts1001.sg2
7.00	Ts1002.sg2
15.00	Ts1003.sg2
23.00	Ts1004.sg2
31.00	Ts1005.sg2
39.00	Ts1006.sg2
48.00	Ts1007.sg2

TAB. 02 – POSIZIONE DEGLI SCOPPI NELLA TRAVERSA TS01

3.1.2 METODO DEL RECIPROCO GENERALIZZATO (GRM)

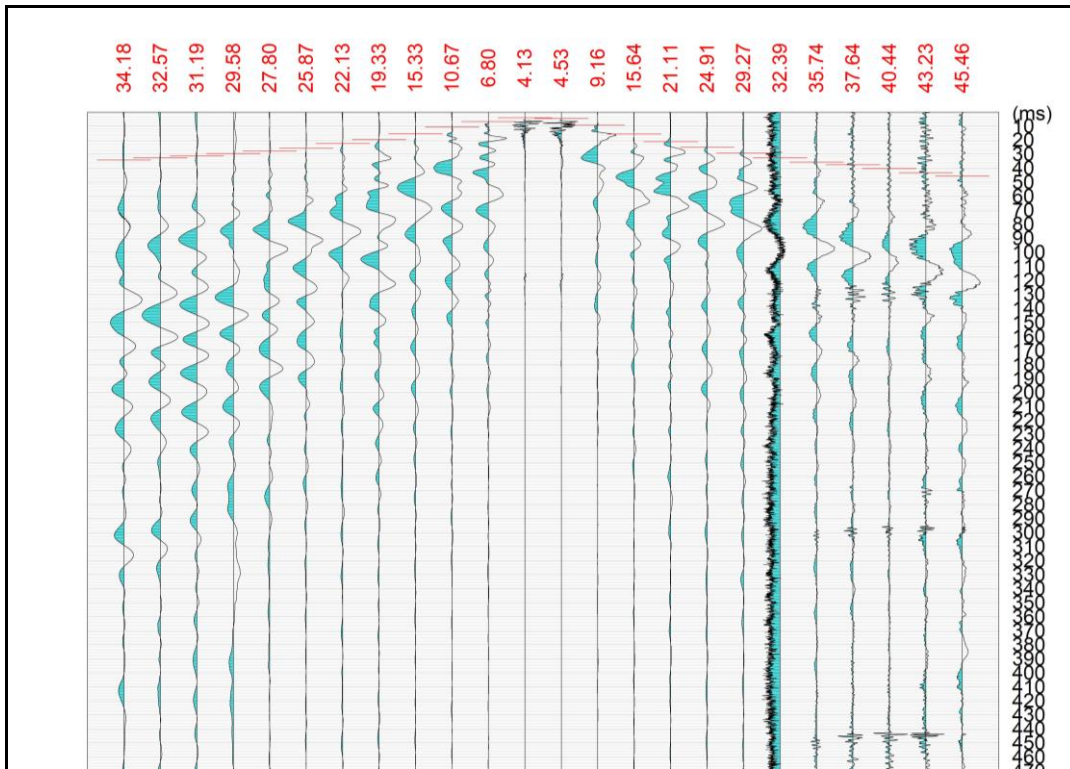


FIG. 05 – ANDAMENTO DEI PRIMI ARRIVI DOVUTI ALLO SCOPPIO "04" (TS01).

3.1.2.1 ELABORAZIONE DATI

GEOF.	DISTANZA	TEMPI DI ARRIVO NEI VARI SCOPPI ESEGUITI
	X	

N°	[m]	FBP da 0 [ms]	FBP da 9 [ms]	FBP da 17 [ms]	FBP da 25 [ms]	FBP da 33 [ms]	FBP da 41 [ms]	FBP da 50 [ms]
1	2.00	6.13	19.83	26.37	34.18	42.13	52.69	73.60
2	4.00	9.20	16.91	24.13	32.57	40.40	51.30	70.44
3	6.00	14.27	12.23	21.41	31.19	38.13	49.60	70.13
4	8.00	20.00	5.48	18.51	29.58	36.53	47.28	68.27
5	10.00	24.80	3.33	15.73	27.80	34.53	45.02	65.87
6	12.00	29.33	8.40	11.73	25.87	32.67	42.67	63.60
7	14.00	33.07	12.40	7.87	22.13	30.40	40.40	60.93
8	16.00	36.13	17.87	3.76	19.33	28.53	38.13	57.87
9	18.00	39.07	23.60	3.33	15.33	26.53	35.20	55.47
10	20.00	42.13	27.73	9.60	10.67	24.80	32.80	52.93
11	22.00	45.07	32.00	15.20	6.80	21.79	30.00	50.53
12	24.00	48.00	35.47	19.60	4.13	19.20	27.20	47.60
13	26.00	51.07	38.27	23.33	4.53	15.73	24.27	45.20
14	28.00	53.07	40.53	26.80	9.16	12.13	21.33	43.07
15	30.00	55.87	43.20	29.90	15.64	8.40	18.61	40.80
16	32.00	59.07	46.27	32.87	21.11	4.67	15.20	38.00
17	34.00	62.65	49.28	35.46	24.91	5.07	11.87	33.87
18	36.00	64.93	51.73	37.68	29.27	7.87	8.13	30.13
19	38.00	66.93	54.00	39.60	32.39	9.20	5.87	26.93
20	40.00	69.55	56.27	42.13	35.74	10.40	3.20	22.80
21	42.00	71.47	58.53	44.53	37.64	11.94	4.97	20.27
22	44.00	72.93	60.80	47.33	40.44	13.46	6.67	17.07
23	46.00	75.60	63.07	49.87	43.23	14.83	7.60	11.33
24	48.00	77.60	64.80	52.80	45.46	16.25	8.67	7.07

TAB. 03 – TABELLA COORDINATE E TEMPI DI ARRIVO AI VARI GEOFONI IN FUNZIONE DEI VARI SCOPPI DEFINITI (TS01).

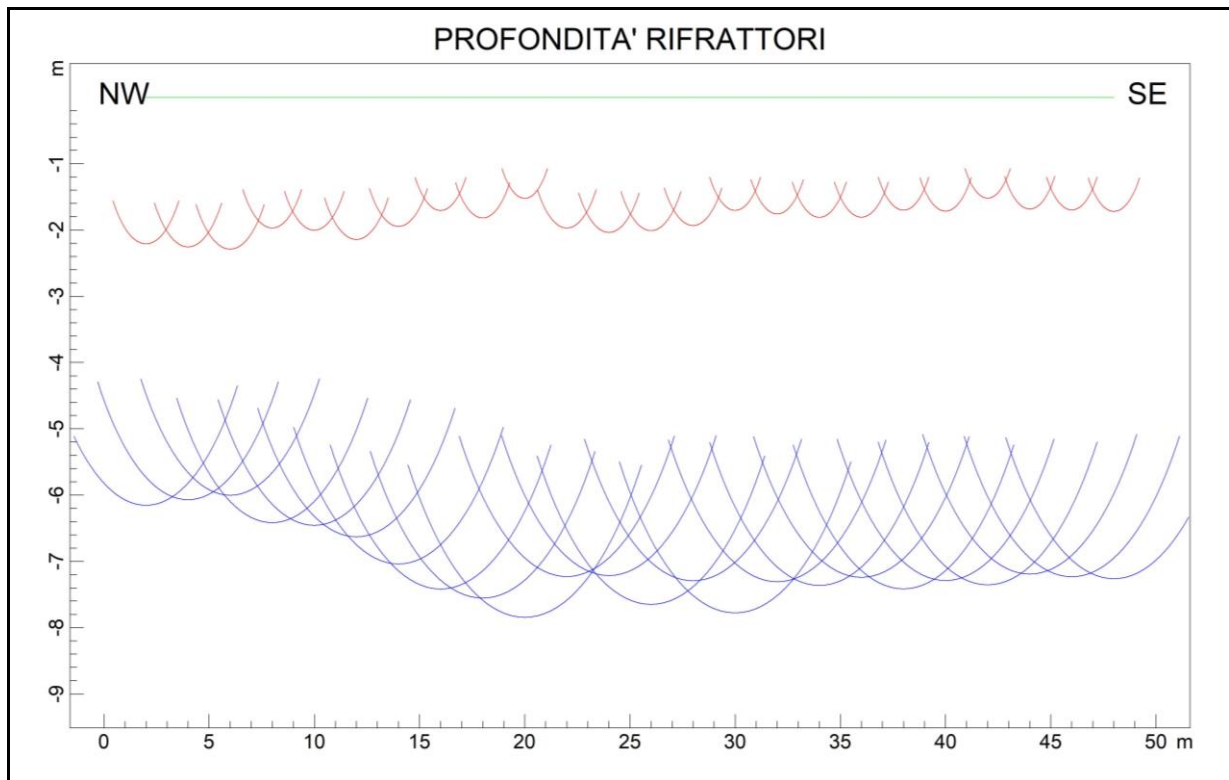


FIG. 06 – RIFRATTORI TS01.

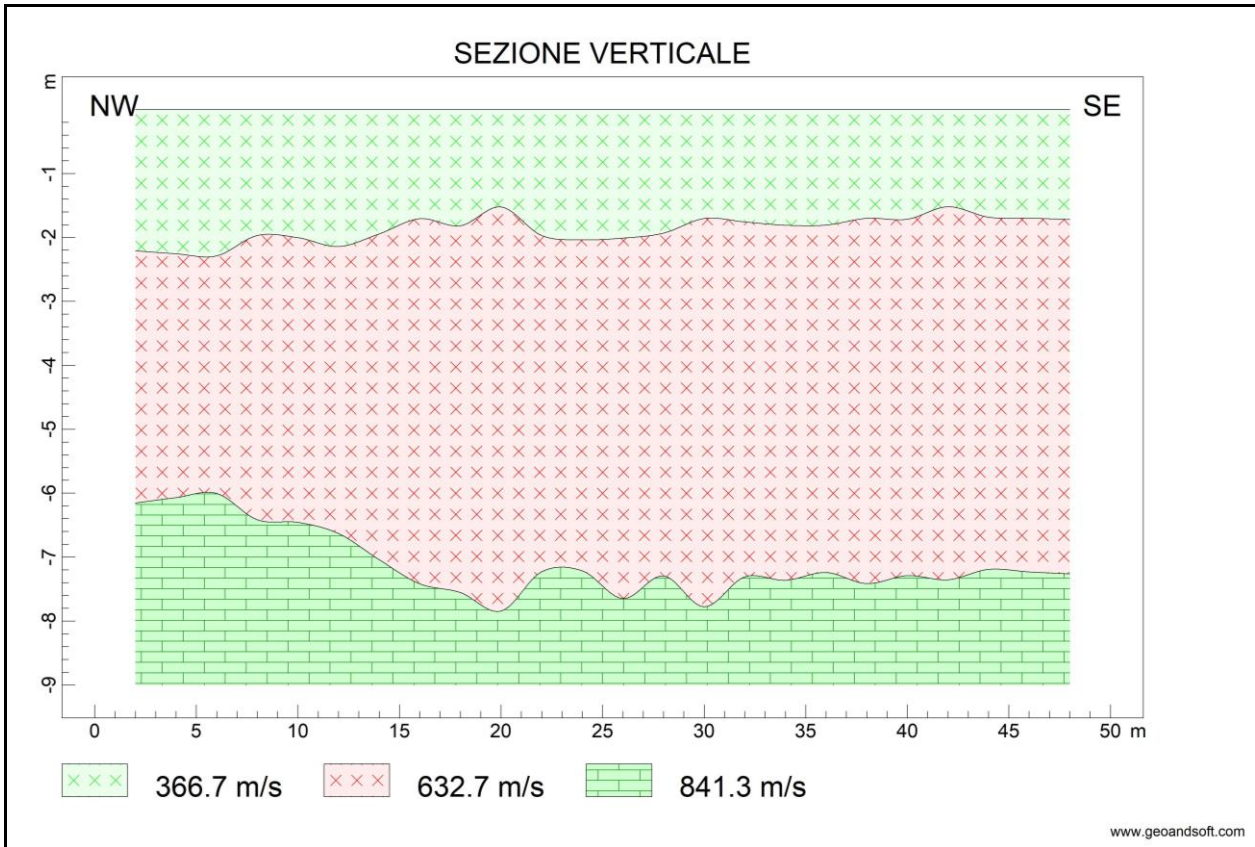


FIG. 07 – INTERPRETAZIONE STRATIGRAFICA UTILIZZANDO I RIFRATTORI DELLO STENDIMENTO TS01.

N. Geof.	Dist. Rifr. 1 [m]	Dist. Rifr. 2 [m]
1	2.2	6.2
2	2.3	6.1
3	2.3	6.0
4	2.0	6.4
5	2.0	6.5
6	2.1	6.6
7	1.9	7.0
8	1.7	7.4
9	1.8	7.6
10	1.5	7.8
11	2.0	7.2
12	2.0	7.2
13	2.0	7.6
14	1.9	7.3
15	1.7	7.8
16	1.8	7.3
17	1.8	7.4
18	1.8	7.2
19	1.7	7.4
20	1.7	7.3
21	1.5	7.4
22	1.7	7.2
23	1.7	7.2
24	1.7	7.3

TAB. 04 – INTERPRETAZIONE DELLA DISTANZA DEI RIFRATTORI DAI GEOFONI (RELATIVA ALLO STENDIMENTO TS01).

N. STRATO	VELOCITÀ V _P [m/s]
1	366.7
2	632.7
3	841.3

TAB. 05 – INTERPRETAZIONE DELLE VELOCITÀ (V_P), NEI VARI STRATI (RELATIVA ALLO STENDIMENTO TS01).

3.1.1.2. INTERPRETAZIONE TRAVERSA SISMICA TS01

Analizzando i dati relativi alla traversa sismica **TS01**, ottenute con il metodo del Reciproco Generalizzato (GRM) ai fini dell'identificazione della geometria dei rifrattori (\geq a 3 spari), è stato possibile individuare sia i valori della velocità "V_P" nei vari sismostrati, sia lo spessore dell'aerato. Si possono osservare zone costituite da terreni aerati con velocità V_P < 450 m/s. aventi spessore medio pari a circa 1.85 m. Tale sismostrato, comprensivo del tratto aerato, raggiunge complessivamente la profondità di 6.2 ÷ 7.8 m. ed è rappresentato da piroclasti incoerenti.

Oltre questa profondità si passa ad un ulteriore sismostrato che presenta velocità superiori a 840 m/s. già dai primi metri di spessore. Le velocità V_P riscontrate indicano anche in questo caso depositi piroclastici (Tufi), ma con un addensamento maggiore (piroclastiti semicoerenti).

Rif. Trav.	Profondità	Spessore (medio)	V _P	Descrizione
<i>Descrizione</i>	<i>m</i>	<i>m</i>	<i>m/s</i>	--
Aerato (1° Sismostrato)	da 0.0 a 1.7 ÷ 2.3	1.87	366.7	Piroclastiti incoerenti
1° Sismostrato	da 1.7 ÷ 2.3 a 6.2 ÷ 7.8	5.23	632.7	
2° Sismostrato	da 6.2 ÷ 7.8	>2.00	841.3	Piroclastiti semicoerenti

TAB. 06 – VALORI DEFINITI TRAMITE LA TRAVERSA SISMICA TS01.

SOFTWARE :

- ✓ INTERSISM Software Versione 5.1.2600.5512, Copyright © 1990-2000 è rilasciato sotto licenza da Geo & Soft International, 1998-2007.