



COMUNE DI LIPARI

PROVINCIA DI MESSINA

“Eolie, patrimonio dell’umanità”

III SETTORE - Tecnico, Urbanistico, Sviluppo e Tutela Territoriale - 1° e 2° Servizio

MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI LEVANTE E DI PONENTE NELL'ISOLA DI VULCANO CON LA SISTEMAZIONE DEL MOLO FORANEO E COLLEGAMENTO TRA LE BANCHINE PORTUALI E RADICE PONTILE ATTRACCO ALISCAFO

RELAZIONE GEOLOGICA

Data: 20/10/2018

Dott. Geologo
Vincenzo Pinizzotto



Id. file:

LP_18_E606_VULC_PORT_RELAZ_GEO

Approvazioni e visti:

INDICE

1.0 - PREMESSA	2
2.0 - CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE	3
3.0 - GEOLOGIA	10
4.0 - CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE	16
5.0 - CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE	18
6.0 - PERICOLOSITA' VULCANICA	20
7.0 - CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI	23
8.0 - SISMICITA' DELL'AREA	28
9.0 - VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE	33
10.0 - CONCLUSIONI	40

ALLEGATI

- ALL. 1 – Corografia generale (scala 1:10.000)
- ALL. 2 – Planimetria generale di progetto (scala 1:1.000)
- ALL. 3 – Carta geologica (scala 1:10.000)
- ALL. 4 – Carta geomorfologica-idrografica (scala 1:10.000)
- ALL. 5 – Profilo litologico (scala 1:250)
- ALL. 6 – Carta ubicazione indagini (scala 1:1.000)

1.0 - PREMESSA

Il presente studio geologico è stato eseguito su incarico dell'Amministrazione Comunale di Lipari - III Settore Tecnico, Urbanistico, Sviluppo e Tutela Territoriale, con determina n° 110 del 20/06/2018 *“Affidamento del servizio tecnico per la redazione dello studio geologico e relative indagini geognostiche relativamente ai lavori di Messa in sicurezza del porto di levante e di ponente nell'isola di Vulcano con la sistemazione del molo foraneo e collegamento tra le banchine portuali e radice pontile attracco aliscafo”*

Lo studio in oggetto ha lo scopo di individuare ed evidenziare le problematiche che possono influenzare le scelte progettuali per la realizzazione del pontile attracco aliscafi del Porto di Levante di Vulcano, in dipendenza delle caratteristiche fisico meccaniche e sismiche dei terreni interessati dall'intervento, fornendo contestualmente gli elementi e le informazioni necessarie per prevedere correttamente tutti gli oneri e le indicazioni occorrenti a dare l'opera finita e a regola d'arte.

In ottemperanza alle disposizioni relative alla normativa vigente (D.M. 17.01.2018 Aggiornamento delle “Norme Tecniche per le Costruzioni”), ed in relazione alla finalità del progetto, così come lo stato dei luoghi, sono stati effettuati i rilievi e le indagini necessarie.

Per la redazione dello studio ci si è avvalsi di una ricerca bibliografica e cartografica relativa alla geologia locale e alla sismicità dell'area, unitamente ai rilievi di superficie dei litotipi affioranti nelle aree limitrofe, esteso ad un intorno di territorio significativo, per consentire una ricostruzione più attendibile del modello geologico ivi presente.

Successivamente mediante una campagna di indagini geognostiche e geofisiche, sono stati quantificati tutti quegli elementi indispensabili per una definizione più puntuale delle caratteristiche geologiche, meccaniche e sismiche del “Volume significativo” di terreno presente, cioè la parte di sottosuolo influenzata, direttamente e indirettamente, dalla costruzione del manufatto e che influenza lo stesso.

Sulla base dei dati acquisiti dai rilievi di superficie, al fine di fornire al progettista i dati utili per un'opportuna verifica delle soluzioni da adottare, è stato necessario predisporre ed attuare un programma particolareggiato d'indagini geognostiche. Sono state, quindi, eseguiti: n° 1 perforazione a rotazione a carotaggio continuo, con prelievo di n° 6 campioni e successive analisi e prove di laboratorio, n° 5 prove penetrometriche dinamiche discontinue SPT, un sondaggio sismico in foro del tipo Down Hole Onde P (fase longitudinale), oltre prospezioni geofisiche eseguite a mare consistite in una tomografia sismica, due profili elettrici tomografici e una prova sismica attiva MASW.

La campagna di indagini geofisiche ha contribuito a quantificare tutti quegli elementi indispensabili per una definizione puntuale del “Modello Geologico” e della definizione della “Classificazione e Categoria di sottosuolo” attraverso il “VS,eq” del sito di cui in oggetto.

2.0 - CONDIZIONI GEOMORFOLOGICHE

Vulcano presenta una superficie di circa 21 km², ha una forma ovale orientata NW-SE, salvo l'appendice di Vulcanello che ne costituisce l'estremità settentrionale e che è unito al resto dell'isola da un sottile istmo.

L'isola viene rappresentata cartograficamente sulla tavoletta (scala 1:25.000) della Carta d'Italia edita dall'I.G.M. al F. 244 "Vulcano" III SE, e sulle sezioni 581160 (Vulcano Nord) e 586040 (Vulcano Sud) in scala 1:10.000 della Carta Tecnica Regionale.

Da un punto di vista geomorfologico viene inquadrata, come le altre isole dell'arcipelago Eoliano, nel contesto della morfologia vulcanica. Lo stato di attività, sottolineato dall'eruzione di fine '800 e dalle continue manifestazioni fumaroliche, pone l'isola in una fase giovanile. L'emissione di prodotti lavici e piroclastici tende alla costruzione dei rilievi e ad una continua modificazione delle forme esistenti; la stessa edificazione del cratere di Vulcanello, iniziata nel II sec. a.C., ha portato allo stato odierno alla formazione di un cono vulcanico alto 123 m. e collegato al resto dell'isola da un tappeto detritico alluvionale. Quanto appena detto mette in luce l'estrema rapidità con la quale cambia la morfologia isolana, apprezzabile secondo una scala storica e a volte anche umana.

Ad un'attività costruttrice degli agenti endogeni in evoluzione, fa da contrasto l'azione morfogenetica distruttrice degli agenti esogeni, i quali modellano le forme generate dal vulcano aggredendone i rilievi, e asportandone le porzioni apicali che vengono allontanate verso le zone di accumulo e sedimentate laddove consentito da condizioni di bassa acclività. L'aggressione meteorica delle acque sui rilievi, che può avvenire localmente in maniera accelerata, e l'azione demolitrice operata dalle mareggiate sulle falesie, sono sicuramente i due elementi morfodinamici dalla cui analisi puntuale e approfondita è possibile delimitare, entro il perimetro dell'isola, quelle aree a maggiore instabilità geomorfologica il cui utilizzo antropico è fortemente limitato.

Le litologie di substrato affioranti nell'Isola di Vulcano sono costituite da rocce effusive, tra le quali si segnalano diverse varietà di rioliti (ossidiana) e colate laviche trachitiche. Si riscontrano anche rocce piroclastiche più o meno cementate e risaldate. L'ampia insenatura con spiagge tipo pocket beach, entro cui ricade il Porto di Levante, risulta compresa tra l'edificio di Vulcano e quello di Vulcanello.

La struttura del Porto è costituita da una banchina per un tratto costiero di 150 m dalla cui estremità nord si diparte un molo banchinato che si aggetta 100 m in direzione est, protetto sopraflutto da scogliera radente. Alla terminazione sud del Porto è presente il pontile in acciaio destinato all'attracco degli aliscafi di cui è prevista la demolizione e la ricostruzione.

A sud del porto la costa si presenta bassa per un tratto di circa 200 m (località il Faraglione), ed ospita una spiaggia sabbiosa-ciottolosa larga una ventina di metri che

verso sud si chiude in corrispondenza del passaggio morfologico tra il pianoro e l'edificio del Cratere La Fossa che si erge a sud-est.

Lo studio geomorfologico dell'isola di Vulcano è stato realizzato attraverso un'analisi attenta della cartografia esistente, sia di tipo ortofotografico che a curve di livello in scala 1:10.000, e mediante il rilievo sul posto condotto secondo i classici metodi della geologia di superficie. Deriva da questo studio la comprensione delle principali forme del territorio, che vengono di seguito esposte:

Orli di cratere

Il principale orlo di cratere dell'isola è quello della Fossa di Vulcano, una cintura leggermente ellittica e inclinata verso N; a partire da una quota massima di 390 m. posta a levante, l'altitudine di questo orlo di cratere degrada verso NE fino ad una sella ubicata a quota 275, per un perimetro complessivo di 1650 m.

Oltre a questo cratere, che presenta un diametro massimo di 600 m., ne è appena riconoscibile un altro a NE denominato Forgia Vecchia del quale resta soltanto il bordo settentrionale, mentre il suo interno è ormai obliterato a causa delle piroclastiti del ciclo eruttivo del 1888-90 che lo hanno riempito e delle linee di deflusso superficiale scarsamente organizzate che si sono impostate.

Caldere

Sono perfettamente visibili due caldere legate a due distinti stadi evolutivi dell'isola. La prima si trova nel corpo meridionale dell'isola, presenta una forma a ferro di cavallo slabbrato a NW e raggiunge una quota di 500 m. s.l.m. in corrispondenza di M.te Aria, che è anche la cima più elevata dell'intera isola. La Caldera del Piano si è delineata in seguito al collasso della parte sommitale del Vulcano Primordiale, riempita successivamente dai prodotti dei centri eruttivi che si sono impiantati al suo interno e che le hanno conferito la morfologia subpianeggiante che osserviamo oggi.

Un'altra caldera invece è visibile più a N, formatasi più recentemente in relazione a collassi vulcano-tettonici successivi avvenuti a spese di diversi centri eruttivi collocati al suo interno. Questa caldera, denominata Caldera della Fossa dal nome del cratere che si è sviluppato successivamente al suo interno, entra in contatto con quella del Piano in corrispondenza di M.te Saraceno, ad una quota di 480 m. s.l.m. , degradando verso NE fino a M.te Luccia e verso NW fino alla falesia di Capo Grosso.

Falesie

Sono visibili per buona parte del periplo dell'isola pareti rocciose frastagliate e subverticali, impiantate su colate laviche che sono state ripetutamente colpite dall'azione demolitrice del moto ondoso. L'erosione marina si esplica anche attraverso caratteristiche forme della morfologia costiera quali solchi di battente, grotte e scogli. Ripetuti sono i fenomeni di crollo che si succedono lungo la costa, che mettono in luce l'evidente situazione di precarietà geomorfologica di questi settori dell'isola, soprattutto a

occidente a causa delle mareggiate spinte dai venti di Ponente e Maestrale, che rappresentano i venti predominanti nell'isola.

Non sono presenti piattaforme di abrasione marina a parte quella sommersa al largo del tratto di costa compreso tra Capo secco e Gelso, che si approfondisce fino ad una profondità di -100 m.

Piana alluvionale

Peculiare nell'isola di Vulcano è la presenza di una piana alluvionale. Si è formata in relazione allo sviluppo del cratere di Vulcanello attraverso il rimaneggiamento delle ceneri vulcaniche, da esso eruttate, ad opera del moto ondoso; tali prodotti sono stati nei secoli trasportati e modellati comportando la costruzione di un istmo, alto rispetto al livello del mare meno di un metro, che collega Vulcanello con il resto dell'isola.

Un contributo alla formazione della piana alluvionale viene dato anche dai prodotti sedimentati dal più importante corso d'acqua dell'isola che borda i settori meridionali e occidentali del Gran Cratere; il materiale trasportato viene dapprima depositato sul fondovalle lungo la linea d'incisione, quindi sedimentato a ventaglio nella piana antistante ai porti di levante e ponente, interdigitando così i prodotti di Vulcanello elaborati dal moto ondoso ai quali si è accennato poc'anzi.

La carta geomorfologica allegata (All. 4) riassume le analisi sulla geomorfologia del territorio di più stretto interesse, che in parte sono già state esposte. Tra le forme caratteristiche ivi riportate sono mostrate quelle riconducibili all'azione erosiva delle acque meteoriche che si esplica sia per mezzo di un deflusso superficiale non incanalato, vale a dire attraverso un'azione areale ed estensiva, che di tipo incanalato; quest'ultima si manifesta quando i filetti idrici si organizzano secondo linee di scorrimento preferenziali, che vengono via via approfondite a causa della maggiore energia delle acque.

Per completezza vengono anche riportate le linee di spartiacque superficiali, in modo da evidenziare i principali bacini idrografici nell'area cartografata.

In riferimento invece alla stabilità geomorfologica, il territorio è stato diviso in 4 aree, in funzione della tipologia degli agenti morfodinamici attivi, e della loro potenzialità nel turbare l'equilibrio geomorfologico e nell'innescare possibili scenari di pericolosità. In ordine, a partire dalle situazioni di maggiore stabilità, vengono rappresentate:

AREE PIANEGGIANTI STABILI

(Dinamica geomorfologica bassa)

Sono rappresentate da un tavolato sub-pianeggiante che tocca un'altezza massima di circa 15 m. sul livello del mare, degradante verso le baie di levante e di ponente con una pendenza che raggiunge al massimo i 3-4°.

Geologicamente corrisponde a quel tratto di piana alluvionale posto a ridosso della penisola di Vulcanello. Quest'area è praticamente stabile da un punto di vista morfologico: sono assenti infatti variazioni operate dagli agenti morfogenetici, il cui regime peraltro negli ultimi decenni è stato fortemente condizionato e modificato dall'intensa antropizzazione tuttora in atto.

AREE AD ORDINARIA EVOLUZIONE GEOMORFOLOGICA CON PREVALENTE EROSIONE LAMINARE

(Dinamica geomorfologica media)

Vengono comprese con questa dicitura i terreni alluvionali di fondovalle e le porzioni più basse e meno acclivi dei versanti ai quali si raccordano, spesso caratterizzate da materiale accumulato sotto forma di detrito di falda che si interdigita agli stessi depositi alluvionali. Fanno parte di questa classe anche le colate laviche di Piano Menichedda.

Queste aree subiscono un'ordinaria evoluzione geomorfologica che si esplica principalmente attraverso fenomeni di erosione laminare: il risultato è l'asportazione più o meno uniforme di una pellicola di suolo, senza che si formino canalicoli e incisioni di una certa rilevanza. Queste modificazioni sono comunque limitate ai settori più acclivi di questa classe, con pendenze comunque inferiori ai 15°, al contrario delle aree di fondovalle che risultano modellate da azioni di trasporto e sedimentazione in quanto caratterizzati da più bassi valori di pendenza.

AREE DI EROSIONE PER RUSCELLAMENTO SUPERFICIALE INTENSO

(Dinamica geomorfologica medio-alta)

E' raggruppata in questa classe quella parte di territorio che rappresenta un punto di passaggio tra le aree a ordinaria evoluzione geomorfologica e le aree di erosione accelerata che verranno esposte successivamente, e che rappresentano la situazione più gravosa dal punto di vista dell'equilibrio geomorfologico.

I terreni vengono aggrediti preferenzialmente in corrispondenza di linee di incisione del tipo "a rigagnoli", ossia canalicoli con sezione a V mediamente sviluppati entro i quali si concentra il deflusso superficiale. Le acque si muovono con maggiore forza erosiva, approfondendoli e trasportando il materiale detritico verso le linee di ricapito principali e al piede del versante.

Sono state accomunate in questa classe parte delle piroclastiti antiche della Fossa e le colate laviche relative allo stadio della Caldera del Piano. Le pendenze generali dell'area sono nettamente più alte, e si attestano mediamente sui 25°-30°

AREE A PREVALENTE EROSIONE ACCELERATA E/O CONCENTRATA

(Dinamica geomorfologica alta)

Interessa la maggior parte del territorio esaminato ed in particolare l'area di stretto interesse. Verrà esposta con maggiore chiarezza e dettaglio data l'importanza

che essa riveste in riferimento agli interventi programmati dal presente studio.

Diversi sono i fattori che concorrono alla perimetrazione di queste aree particolarmente gravose sotto il profilo dell'assetto geomorfologico.

Innanzitutto la natura dei litotipi: ricadono in questa classe i tufi cineritici della "Fossa Rossa", e più estesamente le piroclastiti riferibili alle eruzioni del ciclo eruttivo del 1888-90 che ricoprono quasi per intero i versanti del cratere della Fossa. Quest'ultimi, a causa della loro giovane età, sono scarsamente costipati e dotati di conseguenza di un'altissima ricettività nei confronti dell'erosione che si fa strada con facilità anche in virtù della favorevole pezzatura granulometrica dei costituenti.

Un altro fattore non trascurabile è l'energia del rilievo: la pendenza generale del versante orientale e meridionale del cratere della Fossa si aggira attorno ai 25°-30° con punte di 35°, valori molto alti che portano all'intensificazione dei fenomeni erosivi delle acque superficiali che incidono i versanti con maggiore velocità e turbolenza.

Il terzo fattore preso in considerazione è relativo alla presenza della vegetazione: in diversi settori si può notare la totale assenza di vegetazione, la quale non riesce a svilupparsi sia per l'età molto recente dei depositi sia per gli estesi fenomeni erosivi, che si esplicano a velocità troppo rapide per permettere il suo attecchimento. Deriva da quanto appena detto anche l'assenza di suolo agrario.

L'ultimo fattore che può essere considerato è invece legato alla piovosità media annua dell'isola, un valore non trascurabile che concorre al frazionamento di un'aliquota di ruscellamento superficiale cospicua.

Tutti questi dati pongono le aree di questa classe in una posizione di estrema suscettività nei confronti dell'aggressione meteorica, che avviene in maniera particolarmente violenta. Si parla infatti di erosione accelerata, ossia del deflusso rapido e turbolento delle acque superficiali entro solchi d'erosione e fossi molto sviluppati sia in senso lineare che in profondità, che vengono facilmente approfonditi. Gli ingenti volumi di materiale detritico vengono trasportati verso valle e depositati in maniera caotica, provocando situazioni di pericolo e disagio laddove siano presenti opere viarie e civili abitazioni.

Sono stati delimitati 3 bacini idrografici (vedi carta geomorfologica-idrografica - allegato 4). Il sito presenta un settore particolarmente acclive, dato dal fianco occidentale e nord-occidentale del Cono della Fossa di Vulcano, che si raccorda piuttosto bruscamente ad un settore a morfologia sub-pianeggiante rappresentato prevalentemente da depositi alluvionali e di spiaggia che costituiscono la valle compresa tra il Cono della Fossa di Vulcano (a est) e l'area di Monte Lentia (a ovest). Questo settore sub-pianeggiante si raccorda, a sua volta, all'istmo che collega Vulcanello e Vulcano, ha una forma più o meno triangolare che degrada verso NNE e ospita gran parte dell'abitato di Vulcano e il porto.

Dal punto di vista della dinamica morfogenetica questa zona sub-pianeggiante rappresenta l'area di recapito di buona parte dei prodotti di erosione incanalati dal vallone del Bacino A. Il vallone principale parte dall'area di Grotta dei Palizzi - Cava di Pomice - Passo del Piano, procede verso ovest per circa 1,5 Km per poi curvare bruscamente verso nord (Sotto Lentia). A questo punto lo sbocco del vallone trova la sua naturale continuazione ostacolata dalla presenza dell'incrocio tra le due strade principali di Vulcano. È così che le strade, trovandosi allo sbocco del vallone, si fanno carico delle acque che sopraggiungono in occasione di importanti eventi meteorici, divenendo esse stesse parte del reticolo idrografico e trasformandosi, in occasione di forti piogge, in assi di drenaggio preferenziali. Queste vie, pertanto, ricevono anche il carico solido che le acque trasportano e dove il gradiente morfologico diminuisce bruscamente, risultano invase da ingenti quantità di materiali che lì si depositano. La forte urbanizzazione, peraltro piuttosto recente, ha fatto sì inoltre che anche fenomeni eccezionali non trovino giusto sfogo e perdita di energia, espandendosi, nell'area alluvionale. Infatti la superficie della pianura alluvionale risulta oggi non più libera ma piena di strutture antropiche (muri, recinzioni, terrapieni ecc.) che non permettono e ostacolano il naturale deflusso superficiale delle acque meteoriche.

2.1 - PIANO DI ASSETTO IDROGEOLOGICO

Il Piano di Assetto Idrogeologico (P.A.I.) costituisce un importante strumento di conoscenza e di programmazione per l'intero territorio siciliano. Esso si compone essenzialmente di due parti: il PAI continentale suddiviso per bacini idrografici ed il PAI coste ripartito in unità fisiografiche.

PAI COSTE (Piano di assetto idrogeologico delle coste)

UNITÀ FISIOGRAFICA N. 26 "ISOLE EOLIE"

Questa unità costiera, comprende la fascia costiera dell'arcipelago delle Isole Eolie, localizzate nel Tirreno meridionale, a largo della costa del settore nordorientale della Sicilia. L'arcipelago è rappresentato da sette isole che sono, da ovest verso est, Alicudi, Filicudi, Salina, Lipari, Vulcano, Panarea e Stromboli.

Il litorale che si sviluppa per una lunghezza di circa 135,14 Km (140,35 Km se si escludono le articolazioni della linea di costa delle opere portuali) è rappresentato in netta prevalenza da coste alte rocciose (76%) e solo per il 17% da coste basse sabbiose e/o ciottolose. In particolare presenta 102,985 Km (76%) di coste alte rocciose, 3,527 km (2,6%) di coste basse rocciose, 11,028 km (8,2%) di coste basse ciottolose, 11,327 km (8,4%) di coste basse sabbiose-ciottolose, 0,576 km (0,4%) di coste basse sabbiose ed infine 5,630 km (4,2%) di costa irrigidita da opere.

Da un punto di vista amministrativo, l'Unità Fisiografica in esame ricade nella Provincia di Messina e comprende 4 comuni: Lipari, che riguarda tutte le isole a esclusione di Salina che ospita invece i comuni di Leni, Malfa e Santa Marina Salina. In particolare la lunghezza della costa dell'isola di Vulcano è di 30.330 metri e la lunghezza

dei tratti di costa in erosione è di 25.943 metri, corrispondente ad una percentuale del 85,5 %. In relazione alla configurazione costiera le mareggiate sono prevalentemente legate ai venti provenienti da N (tramontana) e da E (Levante).

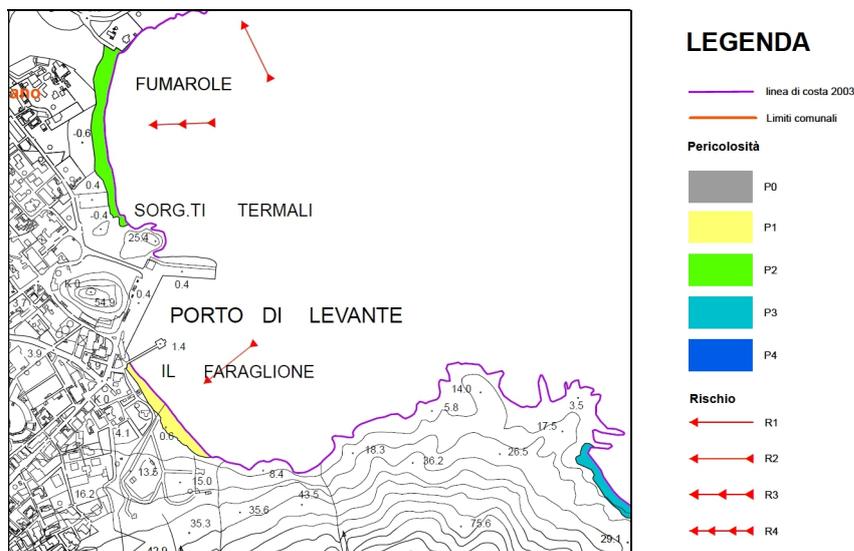
Valutazione della pericolosità ed individuazione delle aree a rischio

Nei tratti di costa bassa, sulla base del numero di mareggiate segnalate dalla Capitaneria di Porto e dagli Enti Locali, è stato definito lo stato di sollecitazione al moto ondoso (S0, S1, S2 e S3) subito dalle spiagge ricadenti nell'Unità fisiografica interessata. Dall'incrocio tra velocità di arretramento annuo delle spiagge, ricavata riferendosi alla variazione della linea di riva tra gli anni 1992 e 2003, e larghezza media di spiaggia, si è ottenuto un valore di Magnitudo (M). Intersecando i valori di S e quelli di M sono stati ricavati i gradi di Pericolosità. Il livello di Pericolosità dell'erosione è individuato da un poligono a cui è stato assegnato un valore compreso tra P0 e P4 (P0= pericolosità nulla; P1 = pericolosità moderata; P2 = pericolosità media; P3 = pericolosità elevata; P4 = Pericolosità molto elevata).

In base alla classificazione degli elementi a rischio, inserendo tra i beni da proteggere anche le spiagge sono state distinte due tipologie di spiagge: E2 ed E3, a seconda della valenza turistico-ambientale. In tal modo, per ogni tratto costiero individuato, si è giunti così alla valutazione del grado di rischio, rappresentato da una freccia a cui è associato un valore compreso tra R1 e R4 (R1 = rischio moderato; R2 = rischio medio; R3 = rischio elevato; R4 = rischio molto elevato).

Nello stralcio della "Carta della pericolosità e del rischio" del PAI (Unità Fisiografica n° 26 "Isole Eolie - CTR 581160 "Vulacno Nord"), sono rappresentate le condizioni di pericolosità e di rischio delle coste. Il tratto di spiaggia immediatamente a SE del pontile risulta classificato come aree a pericolosità P1 (pericolosità moderata) e rischio R1 (rischio moderato).

STRALCIO DELLA CARTA DELLA PERICOLOSITÀ E DEL RISCHIO



3.0 - GEOLOGIA

L'isola di Vulcano fa parte dell'arcipelago delle Eolie, un comprensorio di 7 isole con estensioni comprese tra i 3,4 e i 37,6 km² e di numerosi isolotti, scogli e faraglioni, disposti secondo una geometria ad arco al largo della costa tirrenica della Sicilia orientale. In realtà le isole Eolie rappresentano soltanto la porzione centrale emersa di un importante arco vulcanico sottomarino sviluppato in misura più ampia, che interessa esternamente i bacini di Cefalù, di Gioia e di Paola, e che comprende, oltre ai rilievi emersi, diversi seamounts localizzati a NNE dell'isola di Stromboli e a NW dell'isola di Alicudi, ubicati in modo tale da prolungarne ed accentuarne la loro disposizione arcuata che si sviluppa così per complessivi 200 km lineari.

Il fondale marino dal quale si ergono le isole Eoliane è profondo tra i 1500 e i 2000 m.; considerate le quote raggiunte dai rilievi emersi, l'altezza complessiva degli edifici vulcanici può raggiungere i 3000 m.

L'arco Eoliano da un punto di vista geodinamico si inserisce nel contesto di un processo di subduzione ancora in atto che si sviluppa al di sotto dell'arco calabro-peloritano, e che comporta la consumazione della crosta oceanica ionica attraverso l'approfondimento di uno slab litosferico a forma di "cucchiaio", immergente verso i quadranti orientali con inclinazioni di 50° - 60°, la cui conformazione sembra ricalcare la disposizione geometrica dello stesso arco Eoliano. Secondo quest'ottica geodinamica il complesso vulcanico delle Eolie rappresenta l'arco vulcanico che si sviluppa, compatibilmente ad un sistema "arco-fossa", al fronte della placca in subduzione, confermato anche dal chimismo dei prodotti magmatici emessi e dalla loro evoluzione da magmi tholeiitici a calcalkalini fino a shoshonitici. L'arco vulcanico Eoliano è in attività a partire dal Pleistocene medio, tuttavia il magmatismo legato a fenomeni di convergenza crostale si era già sviluppato in precedenza in posizione più esterna, a ridosso del bacino oceanico del Vavilov-Magnaghi, lungo un arco insulare sommerso attivo durante il Pliocene.

Dal punto di vista geologico-vulcanologico, Vulcano è una delle isole più recenti dell'arcipelago Eoliano, insieme a Stromboli che si è formata ancora più tardi. I prodotti più antichi localizzati in corrispondenza di Sisifo, un rilievo sommerso ubicato a NW dell'isola di Alicudi, presentano un'età variabile tra 1.3 e 0.9 Ma, mentre quelli affioranti a Vulcano mostrano un'età pari a poco più di un centinaio di migliaia di anni.

Vulcano insieme a Lipari e Salina risulta allineata lungo la linea Eolie - Tindari - Giardini che secondo alcuni autori rappresenta una struttura litosferica responsabile del ribassamento del basamento ercinico (*Barberi et al.*, 1994) e della trascorrente Tindari - Letojanni (*Ghisetti*, 1979; *Fabbri*, 1980)

Per quanto riguarda l'attività vulcanica che ha generato Vulcano gli studiosi riconoscono almeno 5 fasi nella formazione dell'isola:

L'attività vulcanica sub-aerea dell'isola ha inizio dopo l'ultimo grande evento eustatico Tirreniano. Le rocce sub-aeree più antiche hanno un'età (da datazioni assolute K/Ar) non più antica di 113.000 anni (*Frazzetta et al.*, 1983). Queste prime manifestazioni sub-aeree danno luogo alla formazione dello strato-vulcano di "Vulcano primordiale", ubicato nell'attuale settore meridionale dell'isola. Questo edificio è costituito dall'alternanza di colate e di livelli piroclastici di composizione compresa tra i basalti shoshonitici e le shoshoniti. Il primo ciclo di attività si concludeva con il collasso della parte sommitale dell'edificio, che si stima possa aver raggiunto i 1000 metri di altezza, e con la conseguente formazione della Caldera del Piano con un diametro di circa 2,5 Km, parzialmente colmata dai prodotti di un'intensa attività intracalderica.

Un secondo stadio evolutivo, compreso tra gli 80.000 e i 50.000 anni fa, è caratterizzato da attività piroclastica e colate composizionalmente simili ai prodotti della prima fase. Essa si concentra nell'area della caldera dando origine ad una serie di centri intracalderici che probabilmente si impostano nelle discontinuità tettoniche legate alla formazione della caldera stessa.

Dopo un periodo di limitata attività eruttiva (50.000 - 15.000 anni fa), si ha una terza fase ad intensa attività vulcanica compresa tra 14.000 e 15.000 anni fa. Questa terza fase è all'origine della importante struttura tettonico-vulcanica della Caldera della Fossa. Questa struttura non è il risultato di un singolo evento ma nasce dal susseguirsi di una serie di collassi succedutesi nel tempo e migranti da est verso ovest. I più antichi collassi, riferibili a circa 50.000 anni fa, riguardano il settore di Punta Luccia. La progressiva migrazione verso ovest si conclude con dei collassi che investono i centri appena formati di Lentia, prodotti da una ripresa attività vulcanica ma da un cambio nello stile eruttivo dominante fino a quel momento. I centri di Lentia sono infatti dominati da lave molto viscosi e duomi a composizione riolitica. A conclusione di questa fase si ha la messa in posto dei prodotti leuciti-tefriti di Punta Roia. Questo evento conclude la formazione della Caldera della Fossa.

Nella quarta fase si ha la nascita del cono attuale della Fossa di Vulcano che si imposta nella parte centrale della Caldera della Fossa a partire da circa 10.000 anni fa. Attualmente il Cono, alto circa 390 m s.l.m., presenta solamente attività fumarolica.

La composizione dei prodotti magmatici va dalle trachiti alle rioliti con una prevalenza, almeno nei prodotti finali, di prodotti più evoluti acidi. L'ultima attività eruttiva registrata dal cono della Fossa di Vulcano risale al 1888-90. Questo evento fu caratterizzato da una attività data da eruzioni idromagmatiche con depositi piroclastici di "surge" conclusa con effusioni laviche. Questo tipo di comportamento eruttivo è stato definito, da Mercalli e Silvestri (1891), di tipo vulcaniano.

Il quinto stadio evolutivo dell'isola è rappresentato dalla nascita dell'edificio autonomo di Vulcanello formatasi tra il 183 a.C. e il XVI secolo d.C.. La natura dei prodotti effusivi dati da leuciti-tefritiche contrasta con i coevi prodotti evoluti delle manifestazioni finali della Fossa di Vulcano.

Formatasi inizialmente come isola autonoma si è successivamente collegata a Vulcano per la formazione di una lingua di terra ad opera del rimaneggiamento, da processi esogeni (mare, piogge, venti ecc.), dei prodotti dello stesso Vulcanello e della Fossa.

Vulcano è l'unica isola dell'arcipelago Eoliano, oltre all'isola di Stromboli, che ad oggi presenta segnali di attività. A partire dall'ultima fase eruttiva che si concluse nel 1890, è costante una fase fumarolica limitata alla parte esterna del Gran Cratere, e alla zona ricadente presso i faraglioni del porto di levante, dove si trovano i resti di un edificio vulcanico quasi del tutto smantellato. Nel tratto di mare antistante il porto di levante e attorno ai faraglioni sono visibili inoltre fenomenologie connesse ad un'attività fumarolica sottomarina, quali gorgoglii delle acque e depositi di zolfo colloidale sui fondali marini.

Occasionali sono invece altre attività solfatariche che si sono verificate nel secolo scorso in corrispondenza del cratere di Vulcanello, oggi estinte.

Relativamente all'area d'interesse, l'insenatura del Porto di Levante resta limitata a Nord dal plateau lavico di Vulcanello e a Sud delle colate laviche e trachitiche della Fossa di Vulcano e dei depositi di colata e di flusso che hanno contribuito a formare l'istimo di collegamento tra Vulcanello e Vulcano.

L'area d'interesse è caratterizzata dalla presenza di piroclastiti rimaneggiate che si trovano tra le lave trachitiche di Vulcanello e le colate laviche di Vulcano.

3.1 Caratteristiche geolitologiche

L'area d'interesse riguarda terreni appartenenti all'attività della Fossa di Vulcano ed in particolare, dall'alto verso il basso, si hanno i seguenti terreni (carta geologica - allegato 3):

- depositi di spiaggia
- depositi alluvionali
- tufi e lave fumarolizzate dell'edificio vulcanico del Faraglione
- piroclastiti recenti riferibili principalmente al ciclo eruttivo del 1888-90;
- colate laviche di ossidiana riolitica;
- tufi cineritici varicolori della Forgia Vecchia;
- tufi cineritici ben stratificati di colore rossastro ("Fossa rossa");
- colate laviche trachitiche della Fossa;
- piroclastiti antiche della Fossa.

Depositi di spiaggia

Si tratta di materiali granulometricamente molto eterogenei prodotti dallo smantellamento delle vulcaniti, prevalentemente dei prodotti piroclastici più erodibili, di

cui ne riflettono la natura. I materiali deposti in prossimità della costa sono per lo più grossolani, di natura sabbiosa con trovanti ciottolosi, in relazione alla rielaborazione e selezione subita da parte del moto ondoso. Sono prevalentemente sedimenti sciolti con basso grado di costipamento e saturi al di sotto della quota di circa 1,00 metri dal p.c..

Depositi alluvionali

I Depositi alluvionali sono affioranti nell'area compresa tra la base del bordo nord e nord-orientale del Cono della Fossa di Vulcano e il bordo orientale della Caldera della Fossa (a ovest di Sotto Lentia - M. Lentia) fino all'istmo che collega Vulcano a Vulcanello.

I depositi alluvionali presenti nell'area sono il prodotto dello smantellamento trasporto e rideposizione, ad opera principalmente delle acque meteoriche, dei prodotti vulcanici affioranti nei fianchi del vallone prodotto dalla Caldera della Fossa, e soprattutto dall'erosione dei terreni affioranti nei fianchi del Cono della Fossa.

Tali depositi sono principalmente rappresentati da alternanza di strati lenticolari di sabbie, sabbie limose, limi e sabbie-ghiaiose con evidenti strutture di corrente trattive che indicano deposizione ad opera di correnti di flusso. È presente anche un piccolo affioramento di ghiaie da deposito di massa tipo debris nel settore meridionale della spiaggia del porto di levante.

Tufi e lave fumarolizzate dell'edificio vulcanico del Faraglione

La formazione del Faraglione di Vulcano Porto, si fa risalire alle prime fasi di Vulcanello, formatosi come una piccola isola nel 183 a.C. e successivamente collegato a Vulcano da un istmo sabbioso. Trattasi di un blocco di lave e piroclastiti completamente fumarolizzato; proprio sotto al paese di Vulcano Porto e lungo tutto l'istmo che collega Vulcano a Vulcanello, è possibile notare la presenza di manifestazioni termali (fumarole e fanghi caldi).

Piroclastiti recenti riferibili principalmente al ciclo eruttivo del 1888-90

Le "piroclastiti recenti riferibili principalmente al ciclo eruttivo del 1888-90" sono principalmente costituite da sabbia vulcanica scarsamente addensata e ad elevato grado di erodibilità, di colore grigio scuro. All'interno sono dispersi elementi grossolani di dimensione da centimetrica a decimetrica. Nell'insieme rappresentano gran parte dei terreni affioranti lungo i fianchi del cono della Fossa di Vulcano. Lo spessore di questi prodotti, almeno lungo i fianchi del cono è piuttosto modesto e dell'ordine al massimo di 3 metri.

Lave riolitiche

Le lave riolitiche sono riconoscibili in due affioramenti rispettivamente nell'area nord-ovest e sud-ovest del Cono della Fossa di Vulcano. Dal punto di vista della struttura in grande le lave riolitiche si presentano attraversate da superfici di discontinuità parallele

alle originarie linee di flusso, e da fratture sub-verticali che dividono la roccia in lioni eterometrici. All'interno della massa rocciosa sono presenti talvolta livelli pomicei di estensione e spessore variabili. Macroscopicamente (campione a mano) queste lave si presentano con una struttura afirica.

Tufi cineritici varicolori

I "tufi cineritici varicolori" della Forgia Vecchia, affiorano nel fianco settentrionale del Cono della Fossa. Questi terreni presentano una colorazione piuttosto variabile che va dal biancastro al grigio cenere al giallognolo. È visibile un sensibile dissesto che ha interessato anche il vecchio sentiero, distruggendolo, che si arrampicava sul vulcano. Alla base dell'affioramento si riconosce, anche se fortemente obliterata dagli insediamenti antropici, un conoide alluvionale che prende origine ed è stata alimentata dalle tufiti cineritiche varicolori.

Tufi cineritici stratificati di colore rossastro ("Fossa rossa")

I "tufi cineritici stratificati" di colore rossastro ("Fossa rossa") si presentano con una struttura ben stratificata con livelli dell'ordine dei decimetri ricchi di strutture di flusso. Si alternano prevalentemente livelli a granulometria arenitica medio-fine a livelli a granulometria da arenitico fine ad arenitico-siltosa. di colore è bruno – rossastro, presentano un certo grado di addensamento e sono mediamente erodibili con grado di erodibilità più alta o più bassa in funzione, rispettivamente, della maggiore o minore granulometria.

Colate laviche trachitiche della Fossa

Le "colate laviche trachitiche della Fossa" sono rappresentate da colate laviche subaeree di colore scuro. Esse sono ben rappresentate in affioramento nei pressi del campo sportivo, nell'area di Grotta dei Palazzi e a Punte Nere.

Al disotto delle colate laviche trachitiche della Fossa, nel margine sud della spiaggia del porto di levante, si osserva un piccolo affioramento, non cartografabile, di piroclastiti brune riferibili probabilmente alle "piroclastiti antiche".

Piroclastiti antiche della Fossa

Le "piroclastiti antiche della Fossa" sono distribuite nell'area a sud e a ovest del Cono della Fossa. Esse sono costituite prevalentemente da depositi arenitici vulcanici a granulometria medio-fine.

Gli altri litotipi affioranti in aree di modesta estensione e compresi all'interno dello spartiacque del vallone oggetto dello studio inclusi nella carta geolitologica allegata (allegato 2) sono rispettivamente, dall'alto verso il basso, le lave tefritiche leucitiche e le piroclastiti da caduta (della Caldera della Fossa di Vulcano), le lave rioltiche e latitiche dei Monti di Lentia e infine i prodotti della Caldera del Piano (piroclastiti post-caldera,

scorie di M. Luccia e le lave basaltiche iniziali). Anche se in minor misura, questi terreni offrono il loro contributo all'apporto solido che defluisce insieme alle acque meteoriche, nel vallone in occasione di precipitazioni meteoriche intense.

In funzione della litologia si ha che mentre le lave contribuiranno a fornire blocchi, i prodotti piroclastici e tufitici forniscono prevalentemente materiali fini (sabbie e limi).

4.0 - CARATTERISTICHE IDROGRAFICHE

In area vulcanica così recente non si può parlare di reticolo idrografico ben gerarchizzato poiché le acque meteoriche sono strettamente confinate a defluire, almeno per l'area esaminata, e seguire l'andamento della base del cono della Fossa e l'andamento semicircolare della Caldera della Fossa. A questa asta "principale" si innestano in riva destra i canali che interessano il cono della Fossa e in riva sinistra quelli che partono dall'orlo della Caldera della Fossa.

Il naturale sbocco del canale principale è l'area compresa tra il bordo nord-est della base del cono della Fossa di Vulcano e il Monte Lentia evidenziato con cerchio arancione nell'allegato grafico (all. 2). Qui le acque non trovano un adeguato sistema che le prende in carico incanalandole verso il mare. E di contro, quella che era l'area naturale di espansione di questi flussi (con conseguente perdita di energia e di carico), è oggi un'area antropizzata e sede di reticolo stradale. Proprio il reticolo stradale, innestandosi allo sbocco della valle che ospita il vallone principale, diviene esso stesso continuazione dell'asta principale in occasione di eventi meteorici di una certa intensità. Le acque meteoriche con il loro carico solido, raggiunta un'area con minori pendenze cominciano a depositare i sedimenti con il risultato, durante e subito dopo l'evento di pioggia, di avere grossi mucchi di terra e blocchi nelle strade. Un sensibile contributo di materiali di dilavamento da parte delle acque meteoriche e conseguente apporto di materiale verso le strade, si ha dai versanti settentrionali del Cono della Fossa. Le forti pendenze e i materiali estremamente erodibili dei fianchi del Cono, principalmente costituite dalle piroclastiti recenti, favoriscono il processo.

In pratica le acque una volta raggiunta la zona pianeggiante si innestano e seguono l'andamento del reticolo stradale che diviene, di fatto, parte integrante del reticolo idrografico.

Nell'area di stretto interesse non è stato svolto un vero studio idrogeologico tale da verificare quale sia la dinamica della circolazione idrica sotterranea. Comunque dai sopralluoghi e dalle informazioni acquisite è emerso che, oltre alle note zone di fanghi termali dell'area del porto, talvolta attraverso scavi di poca profondità si hanno venute di acque calde e fanghi caldi di tipo idrotermale, specialmente nei pressi della base nord del Cono della Fossa di Vulcano.

5.1 Coefficiente di deflusso

Le precipitazioni meteoriche che arrivano al suolo non contribuiscono nella loro totalità al deflusso idrico superficiale e sotterraneo. Una parte di esse infatti viene persa per fenomeni di evapotraspirazione, pertanto andrà considerata soltanto un'aliquota delle precipitazioni totali, che prende il nome di precipitazione efficace o deflusso idrico globale. Per comprendere in quale entità le precipitazioni efficaci andranno a rifornire il deflusso superficiale e sotterraneo viene utilizzato un parametro che prende il nome di coefficiente di deflusso. Esso può essere valutato attraverso diverse metodologie di

calcolo; ai nostri scopi viene preso in considerazione il metodo di Kennessey (1930), di larga applicazione e ritenuto molto affidabile, che consente di determinarne il valore in funzione di tre grandezze fisiografiche (acclività topografica, copertura vegetale, permeabilità delle rocce affioranti) dipendenti a loro volta dalle condizioni meteorologiche dell'area esaminata sintetizzate dall'indice di aridità.

La successiva tabella mostra i parametri che entrano in gioco nella determinazione del coefficiente di deflusso secondo il metodo di Kennessey:

PERMEABILITA' (CF)	COEFFICIENTI		
Molto scarsa	0.21	0.26	0.30
Mediocre	0.12	0.16	0.20
Buona	0.06	0.08	0.10
Elevata	0.03	0.04	0.05
ACCLIVITA' (CA)	COEFFICIENTI		
> 35%	0.22	0.26	0.30
10% < p < 35%	0.12	0.16	0.20
3.5% < p < 10%	0.01	0.03	0.05
<3.5%	0.00	0.01	0.03
COPERTURA VEGETALE (CV)	COEFFICIENTI		
Roccia nuda	0.26	0.28	0.30
Pascoli	0.17	0.21	0.25
Terra coltivata	0.07	0.11	0.15
Bosco d'alto fusto	0.03	0.04	0.05
INDICE DI ARIDITA'	< 25	25 - 40	> 40

Il primo passo da compiere è calcolare l'indice di aridità. Esso viene valutato attraverso l'applicazione della formula di De Martonne già vista in precedenza.

Si calcola pertanto:

$$Ia = 619.7 / (18 + 10) = 22.1$$

La classe alla quale verrà fatto riferimento è quella mostrata dalla colonna di sinistra ($Ia < 25$) nella tabella precedente.

Il valore del coefficiente di deflusso va calcolato tenendo conto della permeabilità dei litotipi affioranti nell'area d'interesse, dell'acclività del versante e della copertura vegetale.

In funzione del grado di dettaglio richiesto e della variabilità spaziale del coefficiente di deflusso, l'area in esame può essere divisa in diverse sottoaree caratterizzate ognuna da un preciso intervallo nei valori del Cd, facilmente quantificabile con la seguente formula:

$$Cd = Cf + Ca + Cv$$

5.0 - CARATTERISTICHE IDROGEOLOGICHE

La circolazione idrica sotterranea è regolata da diversi fattori. Alcuni di essi riguardano intrinsecamente i terreni entro i quali avviene il deflusso, altri invece dipendono dall'assetto morfo-strutturale e quindi dalla presenza e giacitura delle eventuali superfici di discontinuità litologica e idrogeologica.

La quantità d'acqua che scorre attraverso la sezione di un acquifero, definita in termini di portata, dipende dall'ampiezza di tale sezione, dal gradiente idraulico (e quindi dalla differenza di pressione che mantiene in movimento i filetti idrici), e da un parametro che caratterizza intrinsecamente l'acquifero, sia in riferimento alla sua struttura che alle caratteristiche fisico-chimiche delle acque che lo attraversano, che prende il nome di coefficiente di permeabilità K . Tale parametro, essendo espresso in termini di velocità, permette di valutare la facilità con cui l'acquifero fa circolare acqua al suo interno. Il suo valore è strettamente dipendente da alcuni dati caratteristici dell'acquifero quali porosità, stato di fatturazione, diametro dei grani e assortimento granulometrico, cementazione, stato di addensamento.

La distribuzione in sottosuolo della permeabilità, legata ai litotipi presenti e alla geometria dei rapporti giacitureali che essi presentano, unitamente alla presenza di discontinuità tettoniche, regolano lo schema della circolazione idrica sotterranea.

Nel caso dell'isola di Vulcano, l'affioramento di terreni dotati di discreti valori di permeabilità e l'assenza di termini impermeabili comporta un regolare deflusso delle acque sotterranee dalle zone di ricarica verso i punti di sbocco rappresentati dal livello del mare. Sono infatti completamente assenti manifestazioni sorgentizie di acqua dolce, e la superficie freatica presenta una forma simile ad una menisco a lente biconvessa, tipica delle isole vulcaniche. L'andamento del pelo libero della falda viene così assimilato ad una cupola la cui geometria ricalca grosso modo la fisiografia del cono vulcanico, poggiante in corrispondenza della linea di costa su un'altra superficie cupoliforme ad essa speculare e a sviluppo verticale più esagerato che rappresenta l'interfaccia acqua dolce – acqua marina.

I valori non trascurabili della precipitazione efficace che affluiscono nelle isole Eolie comportano secondo l'equazione del bilancio idrico volumi di infiltrazione efficace interessanti; nell'isola di Vulcano è presente una copertura alluvionale in corrispondenza dell'istmo che collega Vulcanello con il corpo principale dell'isola, che costituisce una risorsa per l'emungimento idrico tramite pozzi, al contrario delle altre isole Eoliane per le quali sarebbero necessari studi dettagliati per la valutazione puntuale dei deflussi sotterranei mirati alla localizzazione di aree idonee allo sfruttamento. Va considerata comunque la modesta potenzialità dell'acquifero alluvionale, e che il suo eventuale sovrasfruttamento, soprattutto nei periodi di maggiore afflusso turistico coincidenti con il periodo estivo, potrebbe comportare fenomeni di insalinamento della falda idrica, turbando l'equilibrio idrogeologico dell'isola.

I litotipi affioranti nell'area di stretto interesse, sono strati raggruppati in 3 classi in funzione del grado di permeabilità che essi presentano.

Terreni a permeabilità alta

Ad eccezione dei tufi associati alle lave dell'edificio vulcanico del Faraglione presso il porto di Levante, caratterizzati da una permeabilità per porosità, questa classe raggruppa essenzialmente prodotti lavici di diversa composizione e chimismo, accomunati per la presenza di sistemi di fratture di raffreddamento entro le quali le acque sotterranee circolano in via preferenziale. Caratteristica di questa classe pertanto è la presenza di litotipi dotati di permeabilità per fessurazione singenetica.

Terreni a permeabilità medio-alta

In questa classe sono compresi terreni caratterizzati da una permeabilità per porosità. Ne fanno parte i depositi piroclastici legati all'attività della Fossa di Vulcano e alle manifestazioni esplosive più antiche della Caldera del Piano.

Fanno parte di questa classe di permeabilità anche i depositi alluvionali che bordano le pendici orientali del Gran Cratere a partire dalla Cava di Pomice fino alla penisola di Vulcanello, poggianti sulle stesse piroclastiti del cui disfacimento meteorico derivano.

Terreni a permeabilità medio - bassa

Rientrano in questa classe i prodotti scoriacei legati all'attività esplosiva della Caldera del Piano. Affiorano in misura limitata immediatamente a sud di C.da Vallonazzo, in corrispondenza del bordo meridionale della Caldera della Fossa di Vulcano.

Compatibilmente alle dimensioni dei meati di tali depositi, meno ampie rispetto a quelle caratterizzanti gli altri depositi piroclastici, viene associato un valore del coefficiente di permeabilità più basso, in maniera tale da differenziarli da essi, ma che comunque rimane significativo ai fini della circolazione idrica sotterranea.

6.0 - PERICOLOSITA' VULCANICA

Risulta chiaro come non si possa prescindere da una valutazione della pericolosità vulcanica alla quale è soggetta il territorio isolano.

Ben diversa è la sua determinazione rispetto a quella già vista nel capitolo precedente riguardante la pericolosità sismica: la circoscrizione dell'evento vulcanico, la comprensione della modalità con cui esso può avvenire (colate laviche, caduta di materiali pesanti, flussi piroclastici, esalazioni di gas, collassi locali) sulla base della ricostruzione di quelli già accaduti in passato, lo studio della morfologia del sito, consentono di tracciare una precisa zonazione del territorio in funzione dell'esposizione, su base probabilistica, ai pericoli attesi. La pericolosità vulcanica (hazard) consente di stabilire semplicemente la possibilità che un certo tipo di manifestazione vulcanica accada in un dato intervallo spazio-temporale, e va distinta dal concetto di rischio vulcanico al quale comunque è collegata. Il rischio vulcanico (risk) è definito (Unesco 1972, Fournier d'Albe 1979) come il prodotto della pericolosità, del valore esposto, che raggruppa l'insieme dei beni esposti in termini di vite umane e beni materiali, e della vulnerabilità, che tiene conto della percentuale del valore esposto che si suppone andrà perduto in concomitanza dell'evento vulcanico atteso. Ovviamente le stesse considerazioni vanno fatte riguardo i significati di rischio sismico e pericolosità sismica.

In generale si può affermare che la pericolosità vulcanica in una data area è tanto più alta quanto maggiore è il periodo di quiescenza dell'edificio vulcanico. Ne è la prova il fatto che Stromboli, in attività costante, presenta una bassa pericolosità vulcanica (dovuta anche alla direzione di flusso dei materiali eruttati che avviene prevalentemente lungo un versante disabitato) rispetto a Vulcano, dove si hanno soltanto manifestazioni idrotermali e fumaroliche. Lo stato di quiescenza (l'ultima eruzione significativa è quella del 1888-90) pone l'isola in uno stato di allarme in riferimento ad una possibile ripresa dell'attività vulcanica.

L'edificio vulcanico attuale nell'isola è il cono "La Fossa", strettamente legato all'area di interesse oggetto del presente studio. Come noto storicamente, il carattere principale delle manifestazioni vulcaniche nell'isola è di tipo esplosivo: lo stato di quiescenza del vulcano è regolato attualmente dall'ostruzione del cratere da parte di un tappo di lava solidificato, al di sotto del quale le pressioni dei gas liberati dal magma si accumulano fino a quando sono in grado di vincere lo sbarramento in superficie. Quando questo avviene, l'esplosione è particolarmente violenta, con la conseguente frantumazione della sommità del cono vulcanico e la ricaduta dei materiali eruttati. Tipici di questo stile episodico e violento, noto in letteratura come eruzione di tipo vulcanico, sono i flussi piroclastici già avvenuti in passato lungo le pendici del vulcano, che si muovono ad alta velocità e con un notevole potere distruttivo. Da un'analisi a lungo periodo possono anche manifestarsi eruzioni idromagmatiche, nel caso in cui il magma in risalita entra in contatto con le acque di falda che si muovono in sottosuolo: l'energia con la quale i materiali vengono proiettati è in questo caso particolarmente alta, con la

conseguente formazione di flussi piroclastici che si muovono con grande velocità anche contro barriere morfologiche che potrebbero essere incontrate durante il loro percorso. Successivamente viene riportata una sintesi della storia eruttiva di Vulcano. Si può osservare come gli eventi siano riconducibili, in epoca storica, agli apparati vulcanici della Caldera della Fossa e di Vulcanello. L'indice VEI (Volcanic Explosivity Index) esprime una misura dell'energia delle eruzioni esplosive su una scala che in letteratura è compresa tra 8 ordini di grandezza.

Area di attività	Data inizio eruzione	VEI
La Fossa	300 AC	2
Vulcanello	183 AC	4
Vulcanello	91 AC	3
La Fossa e Vulcanello	526	3
La Fossa	925	3
Vulcanello	1550	3
La Fossa	1727	3
La Fossa	1731	3
La Fossa	1771	3
La Fossa	1780	2
La Fossa	1786	3
La Fossa	1812	1
La Fossa	1822	2
La Fossa	1831	1
La Fossa	1873	3
La Fossa	1886	3
La Fossa	1888	3

La pericolosità vulcanica in una data area non è necessariamente vincolata all'attività di un vulcano: anche durante lo stato di quiescenza possono essere innescate situazioni di pericolosità legate a fenomenologie di vulcanismo secondario. Si è già accennato infatti alle emissioni di gas che si verificano sulla sommità del cratere e nella zona di Vulcano Porto. Dal punto di vista del rischio è in quest'ultima che si ha il maggior numero di elementi a rischio coinvolti, soprattutto nei mesi estivi quando ai residenti si aggiunge l'alta affluenza di turisti; attualmente i livelli di tossicità (SO₂, CO₂), costantemente tenuti sotto controllo, sono abbastanza bassi, all'incirca di 2 ordini di grandezza rispetto alla soglia di allarme.

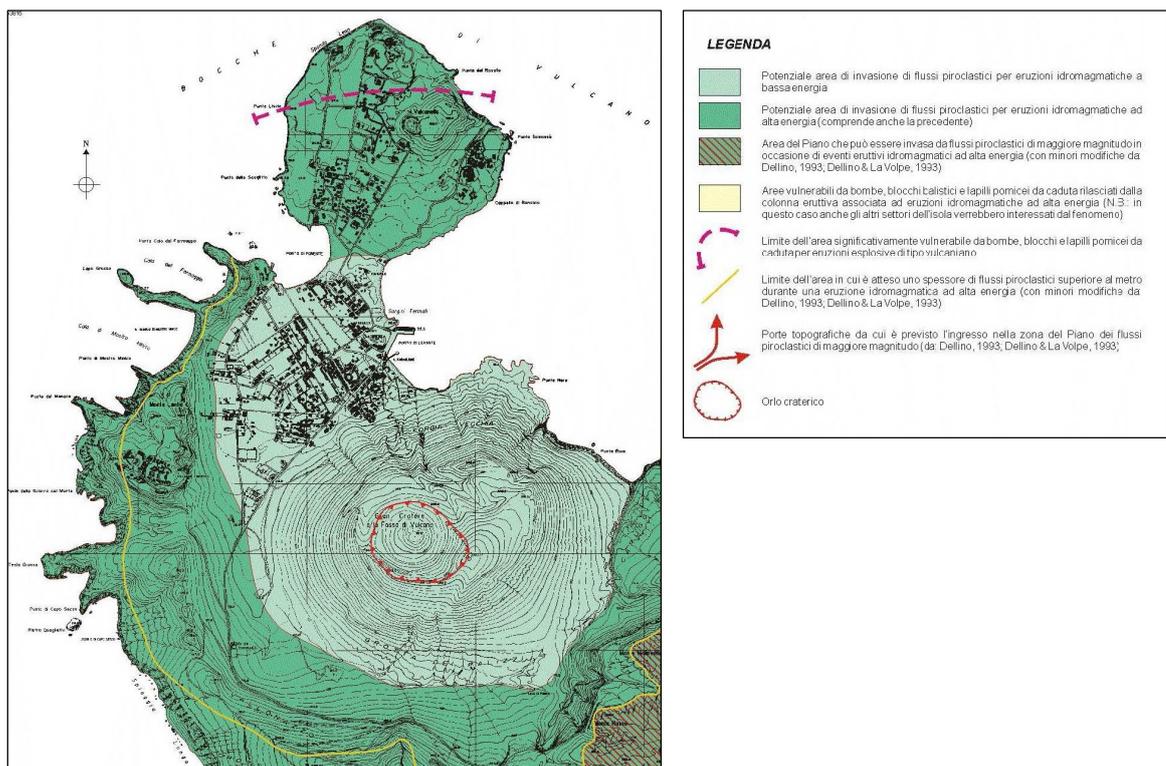
Attraverso uno studio dei possibili scenari di pericolosità vulcanica che potrebbero verificarsi entro il perimetro dell'isola, condotto sia nel breve-medio periodo (eruzione vulcaniana associata a manifestazioni idromagmatiche a bassa energia) che nel lungo periodo (eruzioni idromagmatiche ad alta energia), è stata redatta la carta della pericolosità vulcanica dell'isola di Vulcano, nell'ambito della Convenzione Regione Siciliana - Assessorato Territorio e Ambiente e Dipartimento di Scienze della Terra dell'Università degli Studi di Messina (1999), finalizzata all'elaborazione del Piano Territoriale Regionale della Sicilia. Solo la parte meridionale dell'isola in corrispondenza

della Caldera del Piano andrebbe incontro, secondo questo schema, a conseguenze meno devastanti legate alla ripresa dell'attività esplosiva (caduta di bombe e blocchi associati alla colonna eruttiva che si formerebbe in seguito a esplosioni idromagmatiche ad alta energia). L'area dell'isola pertinente agli scopi del presente studio è maggiormente esposta invece ai pericoli derivati dall'invasione di flussi piroclastici che si verificherebbero in seguito ad eventi sia di breve-medio che lungo periodo; se però da un'analisi di pericolosità si passa ad un'analisi del rischio vulcanico, appare evidente come l'area di Vulcano Porto e le zone circostanti urbanizzate siano legate ad un grado di vulnerabilità vulcanica estremamente alto, anche nei confronti di un evento a bassa energia.

L'isola di Vulcano, come anche gli altri vulcani attivi nell'area siciliana (Etna, Stromboli), è tenuta sotto stretta sorveglianza dalle reti di monitoraggio dell'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV). L'attività di controllo sismico e geodetico è costantemente visionata da stazioni remote, i cui dati vengono trasferiti in tempo reale al centro di acquisizione della Sala Operativa di Catania e al Centro di Acquisizione Dati di Roma. Periodici sono invece i rilievi di carattere vulcanologico e geochimico condotti in sito.

Il cratere è inoltre ripreso da una rete di telecamere fisse, le cui immagini costantemente registrate consentono di visionare senza soluzione di continuità l'attività del vulcano, al fine di informare tempestivamente la Protezione Civile nel caso si verificano segnali indicativi di un'evoluzione dell'attuale stato di quiescenza.

Si riporta di seguito uno stralcio della carta della pericolosità vulcanica dell'isola di Vulcano.



7.0 - CARATTERIZZAZIONE GEOMECCANICA DEI TERRENI

Per la caratterizzazione geomeccanica dei terreni di fondazione e per la definizione di dettaglio della stratigrafia locale, sono state eseguite nell'ambito del presente studio delle specifiche indagini in sito. L'ubicazione di tali indagini è riportata nell'allegato "Carta ubicazione indagini". La campagna geognostica e geofisica ha comportato l'esecuzione di una perforazione a carotaggio continuo, spinta fino alla profondità di 30 metri dal p.c., nel corso della quale sono state effettuate n° 5 prove penetrometriche dinamiche "S.P.T." e prelevati n° 6 campioni, sottoposti a prove ed analisi di laboratorio. Quindi è stato eseguito un sondaggio sismico in foro del tipo Down Hole (Onde P), oltre prospezioni geofisiche eseguite a mare, consistite in una tomografia sismica, due profili elettrici tomografici e una prova sismica attiva MASW.

Per la consultazione integrale dei risultati delle indagini e delle prove effettuate, si rimanda all'elaborato "Indagini geognostiche" allegato al presente studio.

DESCRIZIONE STRATIGRAFICA

Il sondaggio "Sg1", eseguito ad andamento verticale fino alla profondità di 30 metri dal p.c., ha evidenziato la seguente successione stratigrafica, costituita essenzialmente da piroclastiti sabbioso-limose alternate, negli strati più profondi, a brecce e lave.

Profondità dal p.c. (m.)	Descrizione
0,00 - 0,90	Sabbie medio-grossolane debolmente ghiaiose
0,90 - 3,00	Sabbie fini con limo
3,00 - 3,30	Livello ciottoloso
3,30 - 4,00	Sabbie fini con limo
4,00 - 4,30	Sabbie grossolane con ciottoli
4,30 - 5,00	Sabbie fini
5,00 - 7,40	Sabbie limose e limi sabbiosi di colore grigio
7,40 - 7,80	Brecce vulcaniche
7,80 - 9,60	Pomici
9,60 - 17,00	Sabbie medio fini limose, di colore grigio scuro
17,00 - 22,00	Brecce vulcaniche
22,00 - 25,00	Lave fessurate a struttura porfirica
25,00 - 29,60	Sabbie medio fini
29,60 - 30,00	Limi sabbiosi

CARATTERISTICHE FISICHE

Nel corso dello sondaggio "Sg1" sono stati prelevati 6 campioni rimaneggiati, gli stessi sono stati poi sottoposti ad analisi e prove di laboratorio. Nella tabella che segue sono riportati le caratteristiche fisiche generali determinate:

Campione	Descrizione	Profondità dal p.c.	Peso volume naturale (γ_{nat}) KN/m ³	Peso specifico parte solida (γ_s) g/cm ³	Contenuto d'acqua allo stato naturale (w_n)	Peso volume saturo (γ_{sat}) KN/m ³
C1	sabbia limosa	2,00 - 2,20	16,3	2,67	10,8 %	19,00
C2	sabbia limosa	3,80 - 4,00	17,0	2,62	17,5 %	18,75
C3	limo sabbioso	5,35 - 5,50	18,0	2,47	26,6 %	18,26
C4	sabbia limosa	6,30 - 6,50	17,4	2,56	18,7 %	18,73
C5	sabbia limosa	12,00 - 12,20	18,9	2,59	17,8 %	19,65
C6	sabbia limosa	13,50 - 14,00	16,9	2,62	20,5 %	18,47

GRANULOMETRIA

I suddetti campioni sono stati sottoposti ad analisi granulometriche mediante stacciatura a secco, al fine di classificare il terreno secondo la composizione percentuale delle sue particelle solide suddivise per classi granulometriche.

Campione	Profondità da p.c. (m.)	Ghiaia (%)	Sabbia(%)	Limo (%)	Argilla (%)
C1	2,00 - 2,20	7,3	61,6	23,7	7,4
C2	3,80 - 4,00	8,0	63,2	25,4	3,4
C3	5,35 - 5,50	2,2	27,9	54,9	15,0
C4	6,30 - 6,50	3,1	68,3	25,3	3,3
C5	12,00 - 12,20	3,5	71,5	22,1	2,9
C6	13,50 - 14,00	8,2	52,5	33,6	5,7

L'esame delle percentuali evidenzia che la granulometrica preponderante dei campioni sia riconducibile alla classe delle sabbie, ad eccezione del campione "3" che presenta un maggior contenuto di limo.

INTERPRETAZIONE SISMOSTRATIGRAFICA

L'interpretazione dei dati acquisiti dalle indagini sismiche ha consentito di individuare cinque sismostrati; i tre più profondi sono stati accorpati, nell'elaborazione del

modello geologico, in un unico sismostrato individuato fino alla profondità di circa 30 metri. Sono stati quindi distinti 3 sismostrati:

- il primo più superficiale con valori di Vs di 233 m/s, caratterizzato da uno spessore di circa 1 metro, pressoché costante lungo tutta la stesa;
- il secondo spesso circa 7-8 metri, con valori di Vs pari a 310 m/s;
- il terzo più profondo, con valori di Vs compresi tra 321 m/s e 641 m/s.

INTERPRETAZIONE DELLE PROVE PENETROMETRICHE DINAMICHE SPT

Le 5 prove S.P.T. (Standard Penetration Test) sono state effettuate facendo riferimento a "Standard" esistenti : ASTM 1586, "Penetration Test an Spilt Barrel Sampling of Soil". Le caratteristiche strumentali possono essere così riassunte:

- *Campionatore tipo Raymond apribile longitudinalmente $\phi = 50.8-35$ mm, lunghezza utile $L = 630$ mm, munito di valvola a sfera alla sommità.*
- *Massa battente di peso pari a 63.4 kg con altezza di caduta pari a 750 mm, munito di dispositivo di sganciamento automatico.*
- *Aste collegate al campionatore aventi peso pari a 6.5 kg/ml.*
- *Centratore di guida installata tra la testa di battuta in sommità alle aste ed il piano di campagna.*
- *Differenza tra il diametro esterno e il diametro interno della tubazione di rivestimento minore di 60 mm.*
- *Utensile di perforazione campionatore Raymond, munito di scarpa standard conica $\phi=51$ mm e/o punta conica.*

La suddetta prova consiste nell'infiggere nel terreno, alla base del sondaggio, l'utensile per tre tratti consecutivi di 15 cm ciascuno, rilevando il numero di colpi necessario per la penetrazione di ciascun tratto. Il valore di N è dato dalla somma dei colpi ottenuti per il 2° e 3° tratto. Prima di eseguire la prova è stata controllata, con adeguato scandaglio, la quota del fondo foro confrontandola con quella raggiunta con la manovra di perforazione precedentemente eseguita. Le particolari modalità di esecuzione delle prove S.P.T. richiedono che ai valori di N siano apportate delle correzioni, che tengano conto delle variabili esistenti nel caso specifico. Solitamente occorre considerare i seguenti elementi:

1. *eventuale uso di punta conica in luogo della scarpa standard;*
2. *Influenza della pressione litostatica;*
3. *Influenza della presenza di falda acquifera.*

Relativamente al punto 1, i valori di N ottenuti con uso di punta conica al posto della scarpa "standard", vanno corretti apportando una riduzione del 30 % in accordo con Palmer e Stuart:

$$N1 = 0,7 N$$

Nella prova S.P.T. il numero di colpi è influenzato dalla pressione litostatica (punto 2), di conseguenza è necessario normalizzare le misure riportandole al valore corrispondente alla pressione litostatica efficace (Gibbs e Holtz 1957; Seed e Idriss 1981).

Per quanto concerne l'influenza della falda sul valore del numero di colpi Terzaghi e Peck (1948) consigliano di adottare, in presenza di sabbie fini e/o limose molto addensate (NSPT >15) la seguente relazione:

$$N_{\text{corretto}} = 15 + 0.5 (NSPT - 15)$$

Per la caratterizzazione meccanica dei terreni sono state quindi utilizzate alcune correlazioni di carattere empirico che legano i valori del numero di colpi normalizzato, ai parametri geotecnici.

CORRELAZIONE TRA NSPT ED ANGOLO DI ATTRITO INTERNO (ϕ')

E' stato utilizzato un metodo di correlazione diretta tra il valore di Nspt e ϕ' , proposto da Yukitake & Jiro Fukuni (1982), attualmente utilizzato in Giappone dal Road Bridge Specification e Japanese National Railway, valido per le sabbie medie grossolane e sabbie ghiaiose, espressa dalla seguente funzione:

$$\phi' = \sqrt{Nspt \times 15} + 15$$

I valori di Nspt così ottenuti e opportunamente corretti sono riportati nella seguente tabella riassuntiva:

N° Sondaggio	N° SPT	Profondità dal p.c. (m)	N° colpi	Correzione punta conica N1 = N*0.7	Pression e litostatica (Kg/cmq)	Cn	N2 (Cn*N1)	Correzione per falda (per N>15)	NS.P.T. corretto	Angolo attrito interno ϕ' (°)
Sg1	1	2,00-2,45	56	39,20	0,50	1,00	39,20	27,10	27,1	35,2
Sg1	2	3,80-4,25	72	50,40	0,80	1,00	50,40	32,70	32,7	37,1
Sg1	3	6,30-6,58	Rifiuto							
Sg1	4	12,00-12,20	Rifiuto							
Sg1	5	13,50-13,60	Rifiuto							

MODELLO GEOLOGICO

Da quanto osservato in sito sulla geologia locale e da quanto rilevato dalle indagini è possibile schematizzare il sottosuolo nel seguente modello geologico:

Orizzonte A. Profondità da 0,00 a 0,90/0,98 metri. Terreni sciolti a prevalente grana fine, costituiti principalmente da sabbie vulcaniche medio-grossolane scarsamente addensate di colore grigio scuro.

Orizzonte B. Profondità da 0,90/0,98 a 7,40/9,23 metri. Piroclastiti sabbioso-limose compatte e addensate, così come comprovato dalle prove penetrometriche effettuate, nelle quali il numero dei colpi si è attestato su valori medio-alti.

Orizzonte C. Profondità da 7,40/9,23 a 30,00 metri circa. Piroclastiti sabbioso-limose addensate, alternate a livelli di breccie vulcaniche e lave fessurate (vedi stratigrafia allegato "Indagini geognostiche"). Questi litotipi, nell'elaborazione del modello geologico sono stati accorpati in un unico orizzonte, individuato fino alla profondità di circa 30 metri, all'interno del quale è stato riscontrato un aumento delle velocità delle onde S con la profondità, tipico di terreni compatti e con un buon grado di addensamento.

I diversi orizzonti sono stati quindi distinti e classificati tenendo conto del loro comportamento geomeccanico. Nella tabella che segue si riportano il modulo di elasticità, la velocità delle onde S e i valori medi dei parametri geotecnici assunti, in termini di tensioni efficaci.

Descrizione	Profondità (m.l.)	Angolo d'attrito interno Φ' (°)	Peso di volume naturale γ_{nat} (KN/m ³)	Peso di volume saturato γ_{sat} (KN/m ³)	Coesione C' (KN/m ²)	Modulo di Young E (Kg/cm ²)	Vs (m/s)
Sabbie vulcaniche medio-grossolane poco addensate	da 0,00 a 0,90-0,98	--	--	--	--	--	--
Piroclastiti sabbioso- limose addensate	da 0,90-0,98 a 7,40-9,23	35,2° - 37,1°	16,30 - 18,00	18,26 - 19,00	0,00	6.039,14	310
Piroclastiti sabbioso- limose addensate alternate a breccie e lave vacuolari	da 7,40-9,23 a 30,00	35,2° - 37,1°	16,90 - 18,90	18,47 - 19,65	0,00	6.479,53 - 26.140,17	321- 641

8.0 - SISMICITA' DELL'AREA

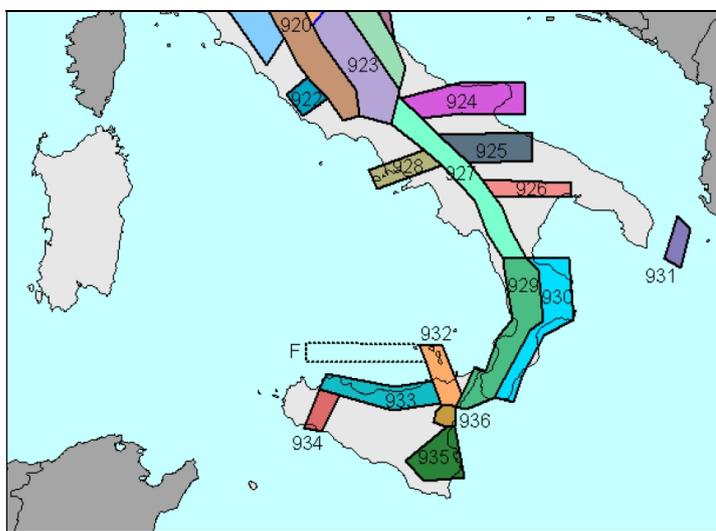
L'isola di Vulcano è ubicata in un'area fortemente instabile da un punto di vista sismico, di conseguenza essa va incontro a possibili scenari di pericolosità sismica, oltre che naturalmente vulcanica.

La pericolosità sismica viene valutata solitamente attraverso metodi probabilistici che consentono di calcolare la probabilità con la quale un determinato parametro del sisma si ripresenti con le stesse caratteristiche in un dato intervallo di tempo, definito tempo di ritorno. Alcuni parametri che possono essere presi in considerazione sono, ad esempio, il picco di accelerazione del moto del suolo e l'intensità macrosismica. Nel calcolo della pericolosità sismica vanno considerati due gradi di incertezza: uno è legato all'impossibilità di stabilire una sequenzialità degli eventi sismici, l'altro invece è funzione del metodo di calcolo da adottare. Mentre nel primo caso l'incertezza non può essere ridotta, in quest'ultimo caso è invece variabile a seconda dell'efficienza del metodo utilizzato.

L'OPCM n. 3274 del 20 marzo 2003, in seguito al disastroso terremoto nel Molise del 31 ottobre 2002, promuove uno schema di riclassificazione sismica del territorio italiano. Non si fa più riferimento quindi alle categorie sismiche, ma vengono considerate nuove classi di sismicità denominate zone sismiche: in totale vengono considerate 4 zone, a differenza delle 3 categorie stabilite dalle norme precedenti.

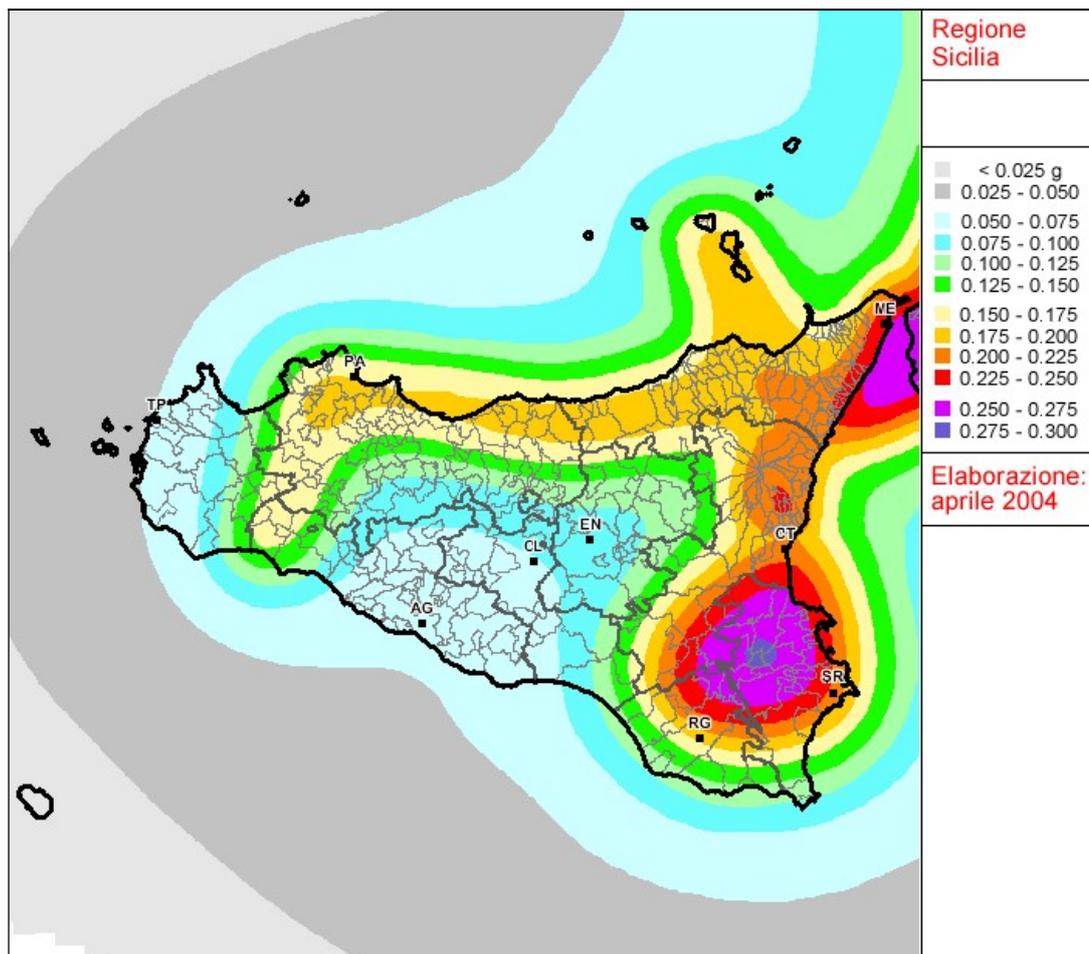
L'isola di Vulcano, così come tutto il territorio comunale di Lipari risulta inserito nell'elenco dei comuni della Sicilia classificati sismici con i criteri adottati nella delibera di Giunta Regionale n. 408 del 19 dicembre 2003. Ai sensi del Decreto della Regione Siciliana 15 gennaio 2004 pubblicato sulla G.U.R.S. N. 7 del 13 febbraio 2004, relativo all'individuazione, formazione ed aggiornamento dell'elenco delle zone sismiche ed adempimenti connessi al recepimento ed all'attuazione dell'O.P.C.M. 3274/2003, il comune di Monforte San Giorgio risulta classificato in "zona 2".

Con l'O.P.C.M. 3519/2006 si introduce un nuovo concetto di classificazione sismica



del territorio nazionale, concettualmente più valida delle precedenti, che non tiene più conto dei limiti comunali, ma di dati d'ingresso puramente sismici e geologici, rappresentati dal catalogo parametrico dei terremoti italiani (CPTI04) e dalla nuova zonazione sismogenetica "ZS9", secondo la quale il territorio italiano risulta suddiviso in 36 diverse zone, numerate da 901 a 936, più altre 6 zone, identificate con le lettere da "A" a "F". Per zone sorgente, o sismogenetiche, si intendono quelle aree che si possono considerare omogenee dal punto di vista geologico strutturale e soprattutto cinematico.

Attraverso l'analisi della geometria delle strutture attive e lo studio dei meccanismi di movimento crostale e della distribuzione degli eventi sismici a seconda dei valori di magnitudo, si definisce la mappatura della penisola italiana e di alcune aree adiacenti mediante la suddivisione in zone sismiche, i cui contorni sono stabiliti da una corretta associazione di criteri geologici e sismologici. Di seguito viene rappresentata la mappa di pericolosità sismica del territorio regionale, la quale tiene conto di ben 12 zone sismiche in funzione dei valori dell'accelerazione massima del suolo (a_g), espressa con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni, e riferita a suoli di tipo A.



Per quanto riguarda i dati del sisma di progetto, essi possono essere ricavati attraverso l'analisi probabilistica dei dati del Catalogo Sismico Nazionale. In particolare si

fa riferimento alla magnitudo massima attesa nella zona sismogenetica di competenza.

Si considera sempre la zonazione sismogenetica “ZS 9”, secondo la quale la sismicità può essere distribuita in 36 zone, a ciascuna delle quali è associata una magnitudo massima M_{wmax} .

Valori di M_{wmax} per le zone sismogenetiche di ZS9 (estratto da Gruppo di lavoro, 2004)		
Nome ZS	Numero ZS	M_{wmax}
Colli Albani, Etna	922, 936	5.45
Ischia-Vesuvio	928	5.91
Altre zone	901, 902, 903, 904, 907, 908, 909, 911, 912, 913, 914, 916, 917, 920, 921, 926, 932, 933, 934	6.14
Medio-Marchigiana/Abruzzese, Appennino Umbro, Nizza Sanremo	918, 919, 910	6.37
Friuli-Veneto Orientale, Garda-Veronese, Garfagnana-Mugello, Calabria Jonica	905, 906, 915, 930	6.60
Molise-Gargano, Ofanto, Canale d'Otranto	924, 925, 931	6.83
Appennino Abruzzese, Sannio – Irpinia-Basilicata	923, 927	7.06
Calabria tirrenica, Iblei	929, 935	7.29

Per i siti che cadono in una delle 36 zone sismogenetiche predette si assume come M il valore di M_{wmax} .

Ai fini della verifica a liquefazione e per i siti che non ricadono in alcuna zona sismogenetica si determinano le minime distanze (R_i) dalle zone (i) circostanti e si controlla per ciascuna di esse se la magnitudo M_i della zona è inferiore alla magnitudo fornita dalla relazione $M_s = 1 + 3 \log(R_i)$. Se ciò accade, la verifica a liquefazione non è necessaria. Se invece è necessaria, si assume il valore di magnitudo M_i più alto fra quelli per i quali la verifica è necessaria.

CATEGORIE DI SOTTOSUOLO (D.M. 17.01.2018)

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, l'effetto della risposta sismica locale si valuta mediante specifiche analisi. In alternativa, qualora le condizioni stratigrafiche e le proprietà dei terreni siano chiaramente riconducibili alle categorie definite nella Tab. 3.2.II, si può fare riferimento a un approccio semplificato che si basa sulla classificazione del sottosuolo in funzione dei valori della velocità di propagazione delle onde di taglio, V_s . I valori dei parametri meccanici necessari per le analisi di risposta sismica locale o delle velocità V_s per l'approccio semplificato costituiscono parte integrante della caratterizzazione geotecnica dei terreni compresi nel volume significativo.

I valori di V_s sono ottenuti mediante specifiche prove oppure, con giustificata motivazione e limitatamente all'approccio semplificato, sono valutati tramite relazioni empiriche di comprovata affidabilità con i risultati di altre prove in sito, quali ad esempio

le prove penetrometriche dinamiche per i terreni a grana grossa e le prove penetrometriche statiche.

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

$$V_{s,eq} = \frac{H}{\sum_{strato=1}^N \frac{h(strato)}{V_s(strato)}}$$

dove h_i e V_i indicano rispettivamente lo spessore (in m) e la velocità media delle onde di taglio dello spessore i -esimo per un totale di N strati presenti e H indica la profondità del substrato, definito come quella formazione costituita da roccia o terreno molto rigido, caratterizzata da V_s non inferiore a 800 m/s.

Per le fondazioni superficiali, la profondità del substrato è riferita al piano di imposta delle stesse, mentre per le fondazioni su pali è riferita alla testa dei pali. Nel caso di opere di sostegno di terreni naturali, la profondità è riferita alla testa dell'opera. Per muri di sostegno di terrapieni, la profondità è riferita al piano di imposta della fondazione.

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

Le categorie di sottosuolo che permettono l'utilizzo dell'approccio semplificato sono definite nella seguente tabella:

Categorie di sottosuolo (D.M. 17.01.2018 - Tabella 3.2.II)

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

Per qualsiasi condizione di sottosuolo non classificabile nelle categorie precedenti, è necessario predisporre specifiche analisi di risposta locale per la definizione delle azioni sismiche.

In relazione a quanto sopra esposto e sulla scorta dei dati acquisiti dall'indagine MASW effettuata ($V_{s,eq} = 401,92$ m/s), è possibile assimilare i terreni di fondazione dell'opera in oggetto alla classe "B".

CONDIZIONI TOPOGRAFICHE (D.M. 17.01.2018)

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

Categorie di topografiche (D.M. 17.01.2018 - Tabella 3.2.III)

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

Le suesposte 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 metri.

Sulla base delle caratteristiche morfologiche del sito si associa l'area di progetto alla categoria topografica "T2".

9.0 - VALUTAZIONE DEL POTENZIALE DI LIQUEFAZIONE

Il fenomeno della liquefazione dei terreni durante i terremoti, interessa in genere i depositi sabbiosi e/o sabbioso limosi sciolti, a granulometria uniforme, normalmente consolidati e saturi. Durante una sollecitazione sismica, infatti, le sollecitazioni indotte nel terreno, possono determinare un aumento delle pressioni interstiziali fino ad eguagliare la pressione litostatica e la tensione di sconfinamento, annullando la resistenza al taglio e inducendo fenomeni di fluidificazione.

La probabilità che un deposito raggiunga tali condizioni dipende:

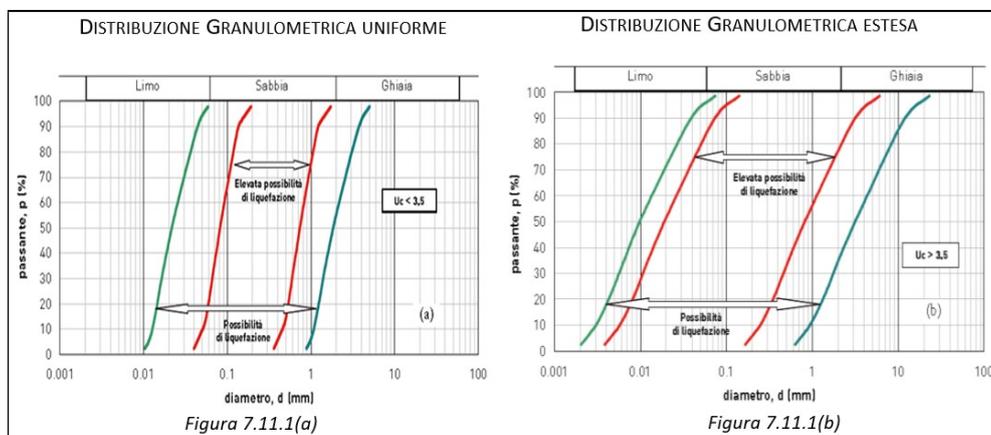
- dal grado di addensamento;
- dalla granulometria e forma dei granuli;
- dalle condizioni di drenaggio;
- dall'andamento ciclico delle sollecitazioni sismiche e loro durata;
- dall'età del deposito;
- dalla profondità della linea di falda.

Per quanto stabilito dal D.M. 17/01/18 [§.7.11.3.4.2], nei confronti della liquefazione, la verifica a liquefazione può essere omessa quando si manifesti almeno una delle seguenti circostanze:

1. accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizioni di campo libero) minori di 0,1g;
2. profondità media stagionale della falda superiore a 15 m dal piano campagna, per piano campagna sub-orizzontale e strutture con fondazioni superficiali;

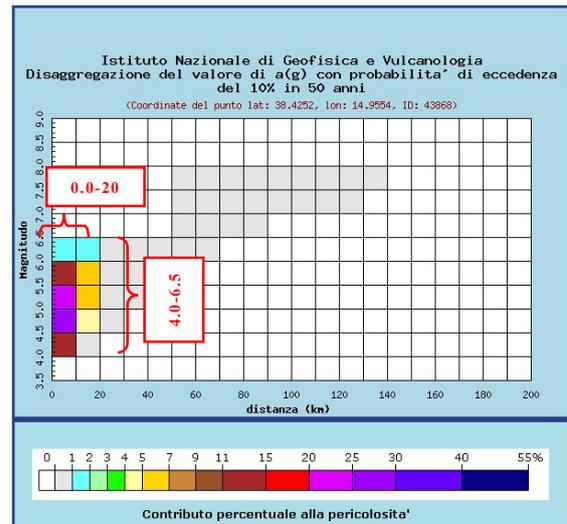
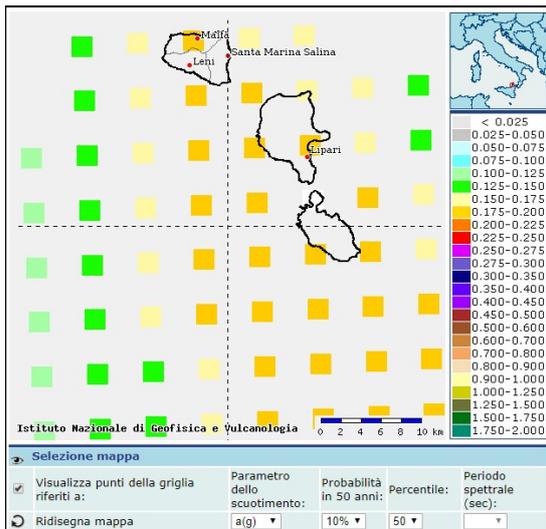
3. depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ oppure $qc_{1N} > 180$ dove $(N_1)_{60}$ è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche dinamiche (Standard Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa e qc_{1N} è il valore della resistenza determinata in prove penetrometriche statiche (Cone Penetration Test) normalizzata ad una tensione efficace verticale di 100 kPa;

4. distribuzione granulometrica esterna alle zone indicate nella Figura 7.11.1(a) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c < 3,5$ ed in Figura 7.11.1(b) nel caso di terreni con coefficiente di uniformità $U_c > 3,5$.



Tab. 01 – Fusi granulometrici critici

Una prima analisi speditiva è stata eseguita mettendo a confronto la Magnitudo momento (M_w), e la distanza epicentrale, al fine di definire i fenomeni di liquefazione attraverso l'utilizzo del diagramma di Obermeier, 1996. A tal fine è stato necessario a priori, determinare la Magnitudo e la Distanza epicentrale attraverso un'applicazione fornita dall'I.N.G.V. (esse1-gis.mi.ingv.it), che consente di calcolare il terremoto di scenario sulla base della mappa della pericolosità sismica del territorio italiano, a partire dalle coordinate del sito: 38.414813 N – 14.961036 E (riferite al sondaggio Sg1 in ED50).



Distanza in km	Disaggregazione del valore di $a(g)$ con probabilità' di eccedenza del 10% in 50 anni (Coordinate del punto lat: 38.4252, lon: 14.9554, ID: 43868)										
	Magnitudo										
	3.5-4.0	4.0-4.5	4.5-5.0	5.0-5.5	5.5-6.0	6.0-6.5	6.5-7.0	7.0-7.5	7.5-8.0	8.0-8.5	8.5-9.0
0-10	0.000	12.400	28.500	21.800	14.100	1.990	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
10-20	0.000	0.898	4.120	6.130	6.660	1.260	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
20-30	0.000	0.000	0.038	0.390	0.821	0.201	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
30-40	0.000	0.000	0.000	0.008	0.096	0.033	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
40-50	0.000	0.000	0.000	0.000	0.019	0.011	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
50-60	0.000	0.000	0.000	0.000	0.002	0.008	0.052	0.110	0.029	0.000	0.000
60-70	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.031	0.099	0.028	0.000	0.000
70-80	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.012	0.081	0.026	0.000	0.000
80-90	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.040	0.015	0.000	0.000
90-100	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.014	0.007	0.000	0.000
100-110	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.005	0.004	0.000	0.000
110-120	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.002	0.000	0.000
120-130	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.001	0.000	0.000
130-140	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
140-150	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
150-160	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
160-170	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
170-180	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
180-190	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000
190-200	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000	0.000

Valori medi		
Magnitudo	Distanza	Epsilon
5.120	7.280	0.883

La disaggregazione eseguita per il sito, ha permesso di definire con una percentuale di eventi sismici analizzati pari a più del 97,8%, le seguenti grandezze:

$M_L = 5.10$ $R = 7.280\text{km}$ (valori medi in condizioni SLV)

Poiché il "terremoto di scenario sulla base della mappa della pericolosità sismica del territorio italiano", utilizzabile ai fini progettuali nelle verifiche allo stato SLU e SLE, deve fare riferimento alla magnitudo del momento sismico (M_w) e non a quella delle onde di superficie (M_L), le due grandezze (M_L e M_w), sono state correlate tra loro utilizzando l'equazione di Gutenberg e Richter :

$$M_w = 0,63M_L + 2,50$$

Pertanto ai fini della verifica alla Liquefazione si prenderanno come riferimento la

magnitudo momento $M_w = 5.713$ e la distanza epicentrale $R = 7.28 \text{ km}$, riferibili entrambi allo stato limite di riferimento SLV analizzato.

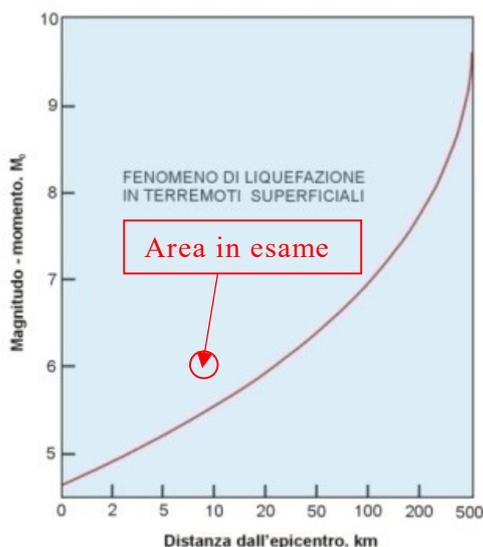


FIG. 11 – DISTANZA EPICENTRALE MASSIMA FINO A DOVE SONO STATE OSSERVATE STRUTTURE DI LIQUEFAZIONE IN TERREMOTI SUPERFICIALI IN FUNZIONE DELLA MAGNITUDO DEL SISMA (OBERMEIER, 1996). IN ROSSO EVIDENZIATA IL COLLOCAMENTO DELL'AREA IN ESAME.

L'analisi così condotta colloca il sito in un punto posto a sinistra della curva di separazione tra (liquefazione-non liquefazione). In una situazione così fatta, è possibile che si inneschino fenomeni di liquefazione.

Tuttavia, poiché tale analisi non tiene conto dell'altezza della falda, della tipologia e caratteristiche dei terreni presenti è necessario quindi eseguire in maniera più dettagliata ulteriori verifiche.

VERIFICHE DA PROVE DI LABORATORIO

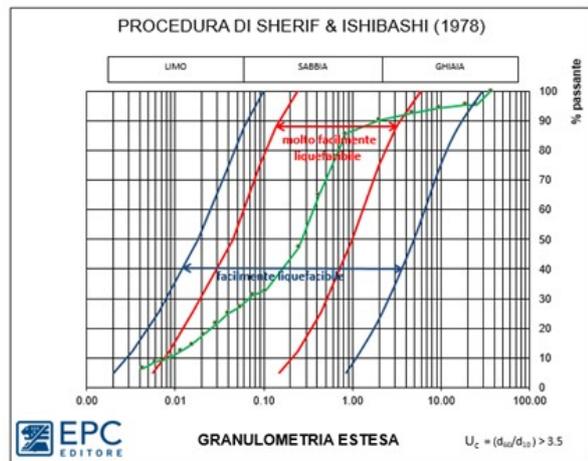
Le prove granulometriche eseguite in laboratorio sui campioni di terreno prelevati durante il sondaggio geognostico, hanno definito le seguenti curve granulometriche:

a) Campione C1 (2.0-2.20 m)

con: FC (%) = 31.08; $N_{SPT} = 56$;

$D_{60} = 0.37$; $D_{10} = 0.0085$;
 $U_C = D_{60}/D_{10} = 43.5$ (Granulometrie Estese)

Diam. (mm)	% passante
37	100.00
25	95.49
19	95.49
9.52	94.38
4.75	92.67
2	90.19
0.841	85.67
0.420	64.94
0.25	47.28
0.1050	32.71
0.0750	31.08
0.0542	27.25
0.0394	24.92
0.0290	21.43
0.0212	17.95
0.0155	14.46
0.0116	12.14
0.0084	9.81
0.0060	8.65
0.0043	6.33

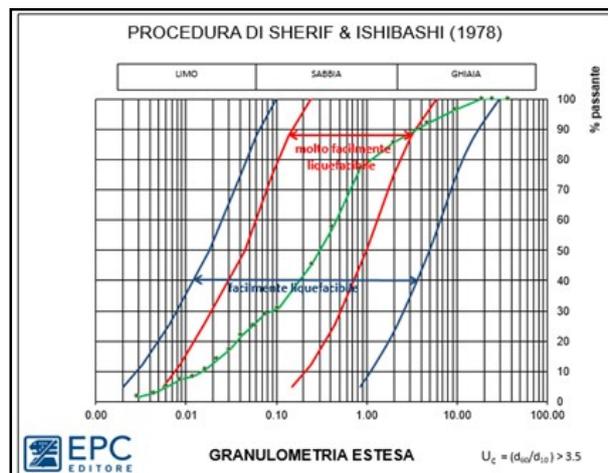


b) Campione C2 (3.8-4.0 m)

con: FC (%) = 28.83; $N_{SPT} = \text{Rifiuto}$;

$D_{60} = 0.46$; $D_{10} = 0.015$;
 $U_C = D_{60}/D_{10} = 30.66$ (Granulometrie Estese)

Diam. (mm)	% passante
37	100.00
25	100.00
19	100.00
9.52	96.50
4.75	92.03
2	85.64
0.841	77.07
0.420	57.63
0.25	45.32
0.1050	30.85
0.0750	28.83
0.0559	25.12
0.0411	21.76
0.0305	17.27
0.0223	13.91
0.0163	10.55
0.0121	8.31
0.0087	7.19
0.0062	4.95
0.0045	2.71
0.0029	1.59

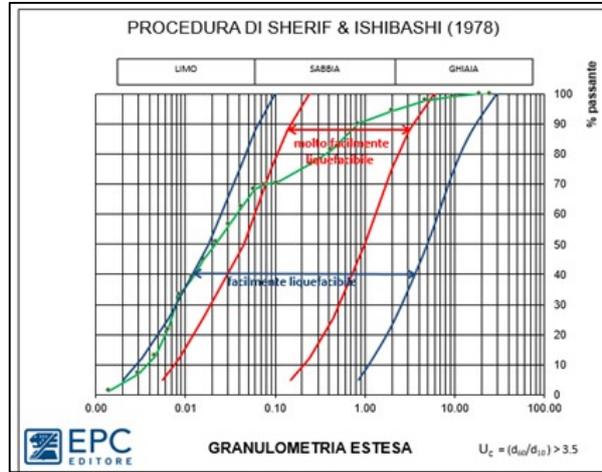


c) Campione C3 (5.35-5.50 m)

Diam. (mm)	% passante
25	100.00
19	100.00
9.52	99.27
4.75	97.78
2	94.44
0.841	90.05
0.420	81.30
0.25	78.62
0.1050	70.57
0.0750	69.88
0.0578	68.19
0.0420	62.36
0.0305	56.54
0.0221	50.71
0.0180	44.89
0.0120	39.07
0.0085	33.24
0.0064	21.59
0.0048	12.86
0.0030	7.03
0.0014	1.21

con: FC (%) = 69.86;

$D_{60} = 0.037$; $D_{10} = 0.003$;
 $U_C = D_{60}/D_{10} = 12.37$ (Granulometrie Estese)

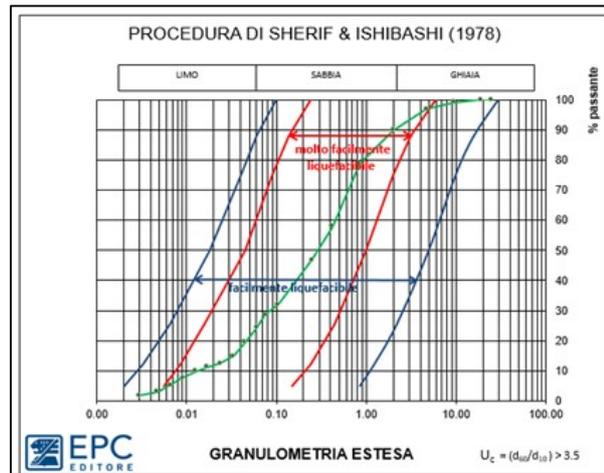


d) Campione C4 (6.30-6.50 m)

Diam. (mm)	% passante
25	100.00
19	100.00
9.52	99.18
4.75	98.91
2	90.00
0.841	78.87
0.420	57.95
0.25	48.82
0.1050	32.00
0.0750	28.58
0.0602	24.24
0.048	19.49
0.0331	14.74
0.0239	12.37
0.0171	11.18
0.0125	9.89
0.0091	7.82
0.0066	5.24
0.0047	2.87
0.0030	1.88

con: FC (%) = 28.58;

$D_{60} = 0.45$; $D_{10} = 0.012$;
 $U_C = D_{60}/D_{10} = 37.5$ (Granulometrie Estese)

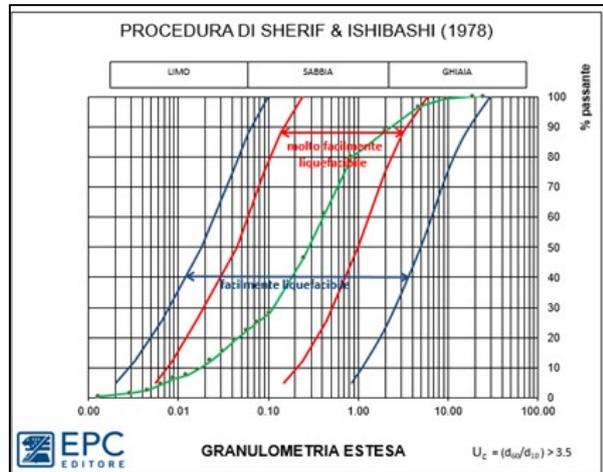


e) Campione C5 (12.0-12.20 m)

con: FC (%) = 24.98;

Diam. (mm)	% passante
25	100.00
19	100.00
9.52	99.33
4.75	96.55
2	88.48
0.841	79.93
0.420	60.96
0.25	46.36
0.1050	28.22
0.0750	24.98
0.0571	22.14
0.0420	19.18
0.0312	15.23
0.0228	12.26
0.0166	9.30
0.0124	7.33
0.0089	6.34
0.0064	4.36
0.0046	2.39
0.0029	1.40
0.0013	0.41

$D_{60} = 0.40$; $D_{10} = 0.02$;
 $U_C = D_{60}/D_{10} = 20.0$ (Granulometrie Estese)

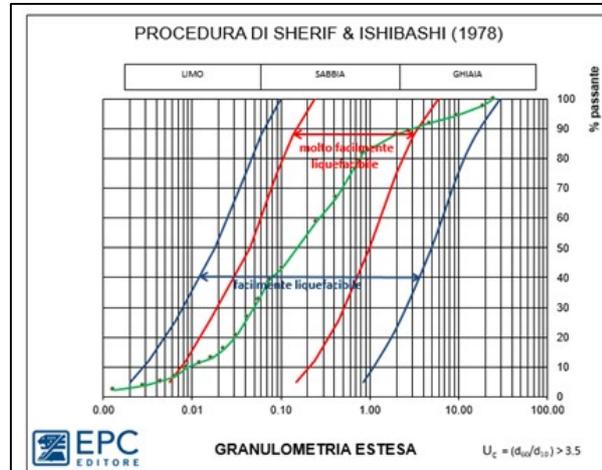


f) Campione C6 (13.50-14.00 m)

con: FC (%) = 39.26;

Diam. (mm)	% passante
25	100.00
19	97.66
9.52	94.42
4.75	91.82
2	88.15
0.841	81.84
0.420	66.92
0.25	58.71
0.1050	43.31
0.0750	39.26
0.0568	32.72
0.0422	26.60
0.0313	20.49
0.0229	15.91
0.0165	12.86
0.0122	11.33
0.0087	9.80
0.0063	6.74
0.0045	5.22
0.0028	3.69
0.0013	2.16

$D_{60} = 0.28$; $D_{10} = 0.009$;
 $U_C = D_{60}/D_{10} = 31.1$ (Granulometrie Estese)



Considerazioni sulle prove granulometriche e penetrometriche

Tutte le granulometrie presentano un coefficiente di uniformità (C_U) superiore al 3.5, per cui tutte le curve sono state analizzate in condizioni di “Granulometria Estesa”. Certamente i terreni con percentuale di fine molto alta (FC= 69.86 %), vedi campione n. 3 da 5.35 m a 5.50 m, appartengono alle argille e/o limi, pertanto sono troppo fini per poter liquefare.

I terreni analizzati con i campioni C1 (da 2.00 a 2.20 m), C2 (da 3.80 a 4.00 m), C3 (da 5.35 a 5.50 m), presentano una curva granulometrica rientrante all'interno dei “fusi granulometrici critici per la liquefazione”. Tali livelli si possono tuttavia ritenere

esclusi dal fenomeno, in quanto presentano una resistenza penetrometrica $(N_1)_{60} >$ di 30, con valori iniziali di N_{SPT} pari a 56 / 72 e a tratti maggiori di 100 in corrispondenza della prova SPT andata rifiuto (da 6.30 a 6.58 m).

Inoltre, è possibile escludere, in prima battuta, fenomeni di liquefazione anche nei terreni compresi tra le profondità 12.00 m e 13.60 m., in quanto anche in questo caso, le prove penetrometriche eseguite (andate a rifiuto) presentano valori di $N_{SPT} >$ 100 e conseguente $(N_1)_{60} >$ 30.

Tuttavia, a prescindere dalle condizioni del terreno su cui è eseguita una prova SPT, i risultati di tale prova risentono dell'influenza di numerosi fattori. Infatti, poiché la stessa non viene eseguita ovunque con la medesima tecnica e/o attrezzatura, si rende, necessario introdurre dei fattori correttivi.

Nelle verifiche alla liquefazione la resistenza penetrometrica di un terreno sabbioso, oltre che in termini di $N_{SPT} = N_{60}$, deve essere espressa da un valore opportunamente corretto dell'indice N_{SPT} , normalizzato ad una pressione litostatica approssimativa di 100 kPa e per un'energia efficace di battuta del 60% (coefficiente di efficienza)

Con $(N_1)_{60}$ calcolato nel modo seguente:

$$(N_1)_{60} = N_{SPT} \cdot C_N \cdot C_E \cdot C_B \cdot C_R \cdot C_S$$

dove:

N_{SPT} = numero di colpi della prova SPT;

C_N = coefficiente che tiene conto dell'influenza della pressione verticale efficace alla profondità della prova;

C_E = coefficiente che tiene conto dell'efficienza del sistema di battuta della prova;

C_B = coefficiente che tiene conto dell'influenza dovuta al diametro del sondaggio;

C_R = coefficiente che tiene conto della lunghezza della batteria di aste utilizzate per la prova;

C_S = coefficiente che tiene conto del tipo di campionatore utilizzato

Calcolo $(N_1)_{60}$					
Profondità prova (m.)	2,00	3,80	6,30	12,00	13,50
N_{SPT}	56	72	100 (Rif.)	100 (Rif.)	100 (Rif.)
C_N	1,75	1,24	0,95	0,66	0,66
C_E	1	1	1	1	1
C_B	1	1	1	1	1
C_R	0,75	0,75	0,95	1	1
C_S	0,9	0,9	0,9	0,9	0,9
$(N_1)_{60}$	66,15	60,26	81,22	59,40	59,40

Alla luce di quanto esposto è possibile quindi escludere fenomeni di liquefazione, in quanto i valori di $(N_1)_{60}$ risultano tutti maggiori di 30. In queste circostanze, così come previsto dal § 7.11.3.4.2 del D.M. 17.01.2018, è possibile omettere la verifica.

10.0 - CONCLUSIONI

Le analisi e i risultati esposti nei capitoli della presente relazione hanno consentito la ricostruzione del “modello geologico” (D.M. 17/01/2018) e l’individuazione delle condizioni geomorfologiche e idrogeologiche, definendo gli aspetti legati al comportamento meccanico e sismico del sottosuolo interessato dai lavori per la realizzazione del pontile attracco aliscafi del Porto di Levante di Vulcano.

La struttura del porto nel suo complesso è costituita da una banchina per un tratto costiero di 150 metri, dalla cui estremità nord si diparte un molo banchinato che si aggetta 100 m in direzione Est, protetto sopraflutto da una scogliera radente. Alla terminazione sud del porto è presente l’attuale pontile metallico di cui è prevista la demolizione.

A sud del porto la costa si presenta bassa per un tratto di circa 200 m (località il Faraglione), ed ospita una spiaggia sabbiosa-ciottolosa larga una ventina di metri che verso sud si chiude in corrispondenza del passaggio morfologico tra il pianoro e l’edificio del Cratere La Fossa che si erge a sud-est.

Sull’arenile accanto al pontile in oggetto è stato effettuato un carotaggio continuo spinto fino a 30 metri di profondità, prelevati di n° 6 campioni con successive analisi e prove di laboratorio, eseguite di n° 5 prove penetrometriche SPT, effettuato un sondaggio sismico in foro, oltre prospezioni geofisiche, eseguite a mare, consistite in una tomografia sismica, due profili elettrici tomografici e una prova sismica attiva MASW.

Sulla base dei dati acquisiti è stato possibile schematizzare il sottosuolo nel seguente modello geologico:

Orizzonte A. Profondità da 0,00 a 0,90/0,98 metri. Terreni sciolti a prevalente grana fine, costituiti principalmente da sabbie vulcaniche medio-grossolane scarsamente addensate di colore grigio scuro.

Orizzonte B. Profondità da 0,90/0,98 a 7,40/9,23 metri. Piroclastiti sabbioso-limose compatte e addensate, così come comprovato dalle prove penetrometriche effettuate, nelle quali il numero dei colpi si è attestato su valori medio-alti.

Orizzonte C. Profondità da 7,40/9,23 a 30,00 metri circa. Piroclastiti sabbioso-limose addensate, alternate a livelli di brecce vulcaniche e lave fessurate. Questi litotipi, nell’elaborazione del modello geologico sono stati accorpati in un unico orizzonte, individuato fino alla profondità di circa 30 metri, all’interno del quale è stato riscontrato un aumento delle velocità delle onde S con la profondità, tipico di terreni compatti e con un buon grado di addensamento.

I diversi orizzonti sono stati quindi distinti e classificati tenendo conto del loro comportamento geomeccanico. Nella tabella che segue si riportano il modulo di

elasticità, la velocità delle onde S e i valori medi dei parametri geotecnici assunti, in termini di tensioni efficaci.

Descrizione	Profondità (m.l.)	Angolo d'attrito interno Φ' (°)	Peso di volume naturale γ_{nat} (KN/m ³)	Peso di volume saturato γ_{sat} (KN/m ³)	Coesione C' (KN/m ²)	Modulo di Young E (Kg/cm ²)	Vs (m/s)
"A" - Sabbie vulcaniche medio-grossolane poco addensate	da 0,00 a 0,90-0,98	--	--	--	--	--	--
"B" - Piroclastiti sabbioso-limose addensate	da 0,90-0,98 a 7,40-9,23	35,2°- 37,1°	16,30 - 18,00	18,26 - 19,00	0,00	6.039,14	310
"C" - Piroclastiti sabbioso-limose addensate alternate a brecce e lave vacuolari	da 7,40-9,23 a 30,00	35,2°- 37,1°	16,90 - 18,90	18,47 - 19,65	0,00	6.479,53 - 26.140,17	321- 641

Quanto sopra ha lo scopo di fornire al calcolista le indicazioni indispensabili per una valutazione dei criteri di calcolo e di verifica delle strutture.

Ne scaturisce che l'orizzonte "C" sia quello più idoneo per attestare le fondazioni dell'opera in oggetto, in quanto dotato di superiori proprietà meccaniche che migliorano con la profondità. Ciò è testimoniato dagli incrementi dei parametri meccanici ed elastici, nonché dagli esiti delle prove penetrometriche effettuate a varie profondità (vedi cap.7).

Pertanto, si consiglia la realizzazione di fondazioni di tipo indiretto mediante "pali trivellati" che consentirebbero di sfruttare come piano di appoggio un orizzonte compatibile con le sollecitazioni esercitate dalla struttura.

Ai fini della definizione dell'azione sismica di progetto, ai sensi del D.M. 17.01.2018, è stata individuata la categoria di sottosuolo "B" ($V_{S,eq} = 401,92$ m/s) e la categoria topografica "T2".

I terreni di fondazione indagati non risultano potenzialmente liquefacibili, in quanto le prove S.P.T. effettuate hanno dato valori di resistenza penetrometrica normalizzata $(N_1)_{60} > 30$ (vedi cap. 9). Pertanto, in queste circostanze, così come previsto dal § 7.11.3.4.2 del D.M. 17.01.2018, è possibile omettere la verifica.

Le informazioni riportate nella presente relazione potranno essere valutate dal progettista in fase di adozione dei criteri di calcolo e di verifica delle strutture. Risultano pertanto ovvie le implicazioni di carattere geotecnico e sismico che orienteranno la scelta delle soluzioni da adottare.

Si rimanda quindi al progettista la scelta del tipo di struttura fondale da realizzare e del relativo dimensionamento in base alla caratterizzazione e modellazione geotecnica definita.

IL GEOLOGO
dott. Vincenzo Pinizzotto



COROGRAFIA GENERALE

Scala 1:10.000



Area in studio (C.T.R sezione 581160 "Vulcano Nord")

**PLANIMETRIA GENERALE
DI PROGETTO**

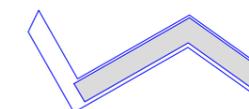
Scala 1:1.000



COMUNE DI LIPARI

“MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI
LEVANTE E DI PONENTE NELL'ISOLA DI
VULCANO CON LA SISTEMAZIONE DEL
MOLO FORANEO E COLLEGAMENTO
TRA LE BANCHINE PORTUALI E RADICE
PONTILE ATTRACCO ALISCAFO”

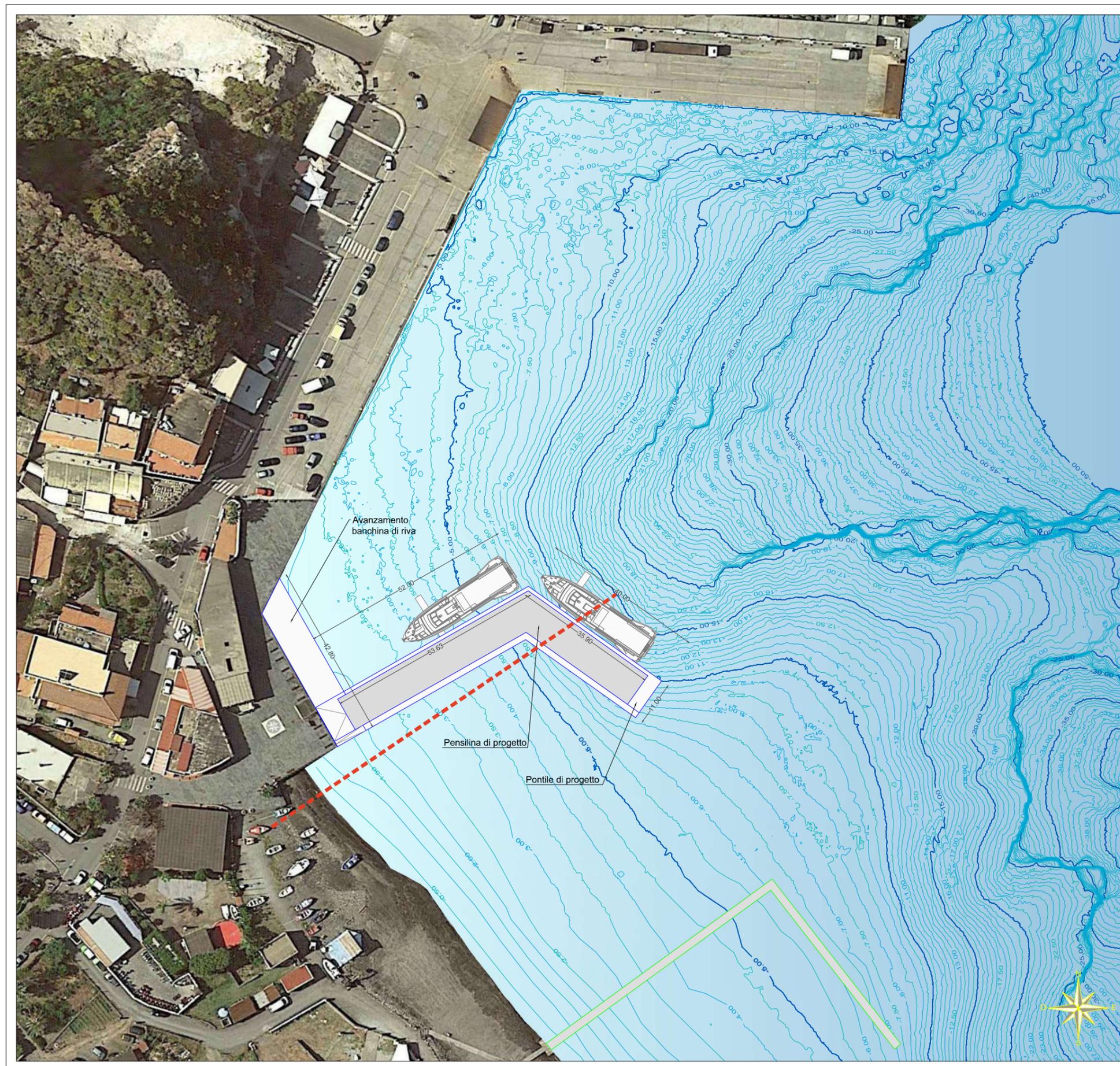
LEGENDA



Opera in progetto

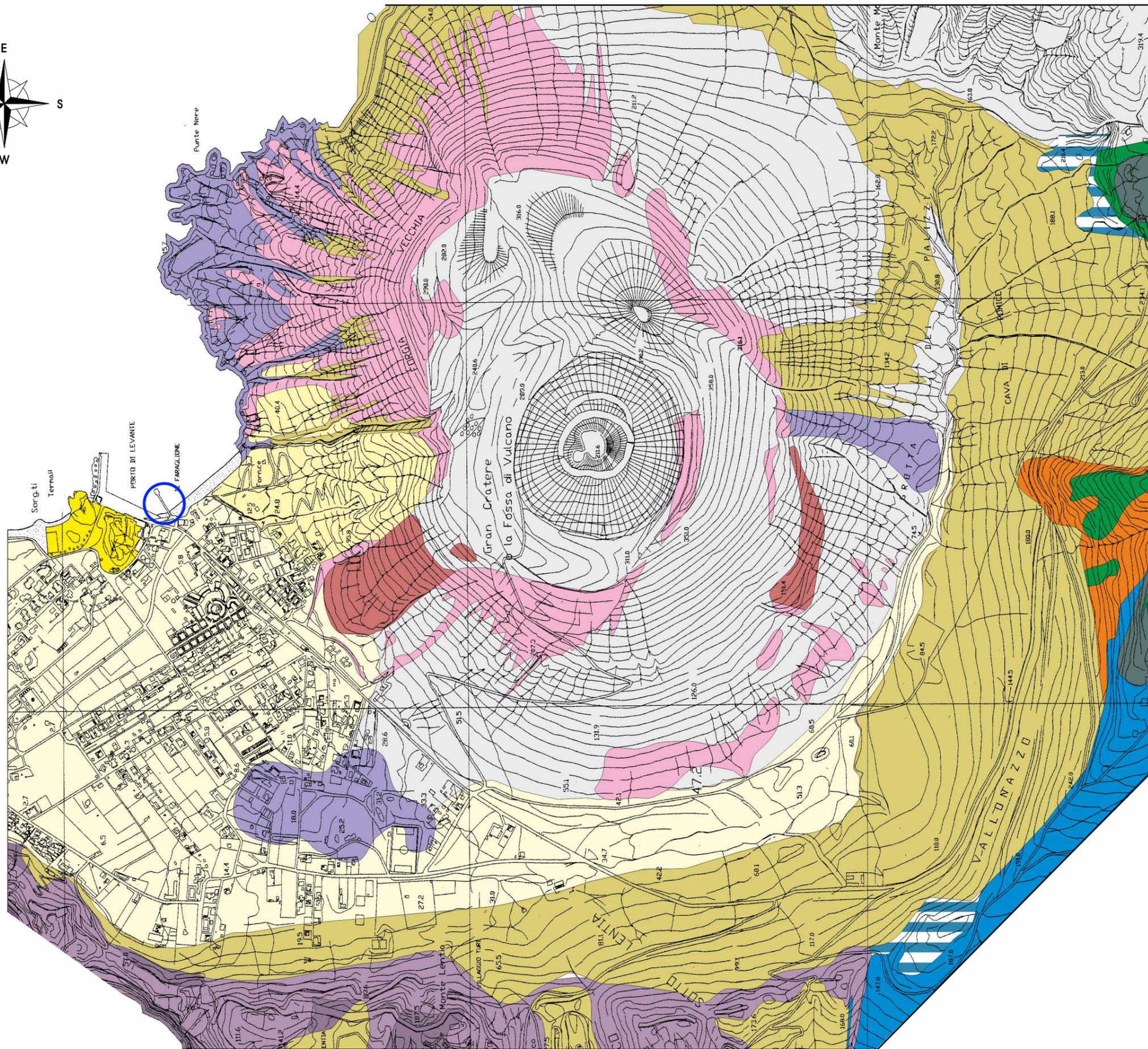
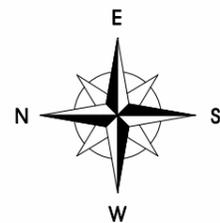


Ubicazione traccia
sezione stratigrafica



CARTA GEOLOGICA

Scala 1:10.000



LEGENDA

-  Depositi di spiaggia
-  Depositi alluvionali
- Vulcanello**
-  Tufi e lave fumarolizzate dell'edificio vulcanico del Faraglione
- La Fossa di Vulcano**
-  Piroclastiti delle eruzioni recenti riferibili principalmente al ciclo eruttivo del 1888-90
-  Colate di ossidiana riolitica della Fossa di Vulcano
-  Tufi cineritici varicolori dei crateri della Forgia Vecchia
-  Tufi cineritici stratificati di colore rossastro ("Fossa Rossa")
-  Colate laviche trachitiche della Fossa
-  Piroclastiti antiche della Fossa
- Caldera la Fossa**
-  Lave tefritiche leucitiche
-  Piroclastiti da caduta
- M. Lentia**
-  Lave riolitiche
-  Lave latitiche
- Caldera del Piano**
-  Piroclastiti post-caldera
-  Scorie di Monte Luccia
-  Lave basaltiche iniziali
-  Area in studio



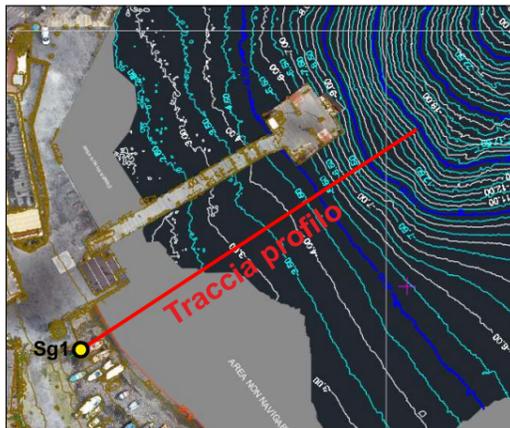
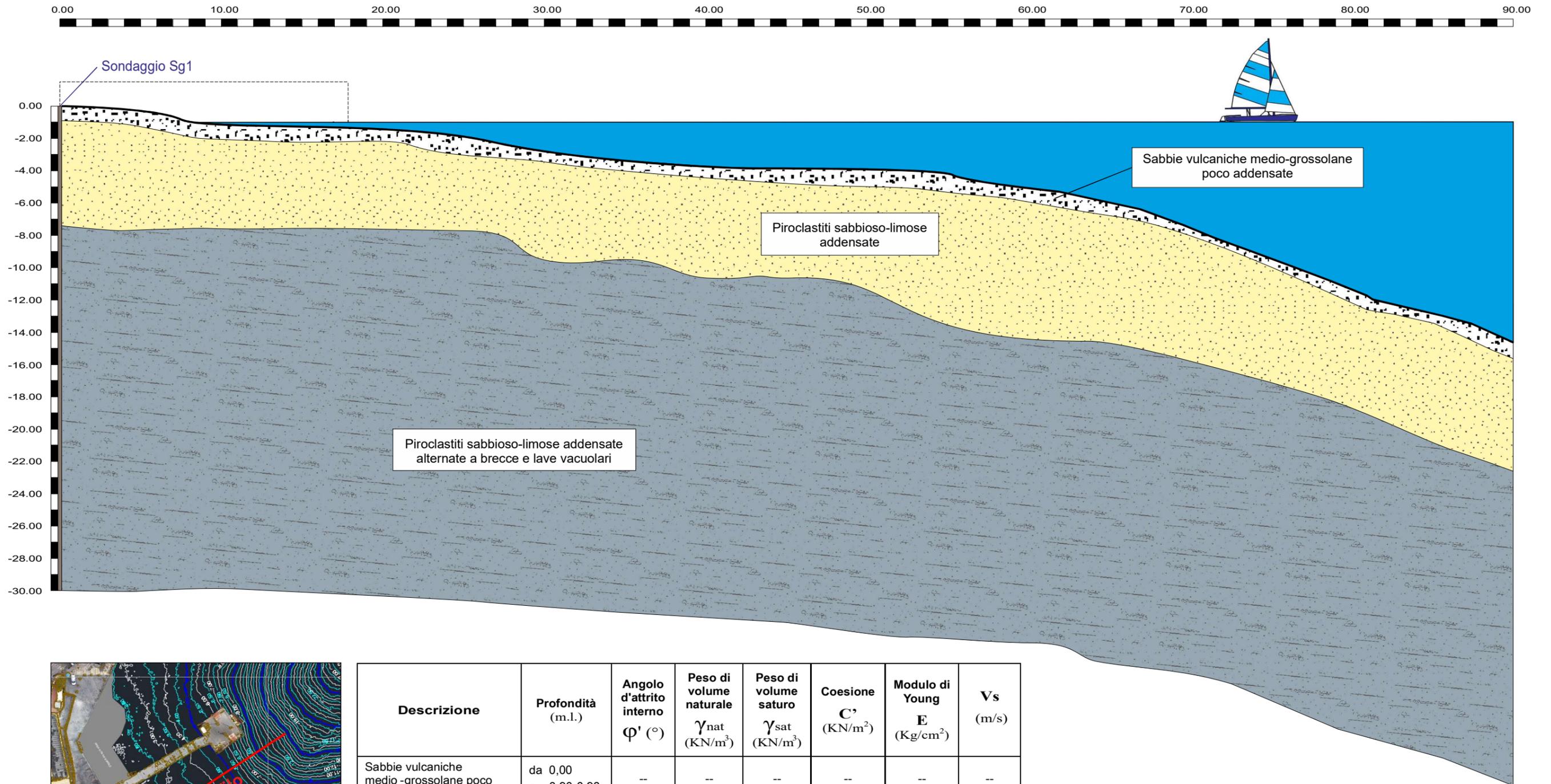
COMUNE DI LIPARI

“MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI LEVANTE E DI PONENTE NELL'ISOLA DI VULCANO CON LA SISTEMAZIONE DEL MOLO FORANEO E COLLEGAMENTO TRA LE BANCHINE PORTUALI E RADICE PONTILE ATTRACCO ALISCAFO”

ALLEGATO 5

PROFILO LITOLOGICO SW-NE

Scala 1:250



Descrizione	Profondità (m.l.)	Angolo d'attrito interno Φ' (°)	Peso di volume naturale γ_{nat} (KN/m ³)	Peso di volume saturo γ_{sat} (KN/m ³)	Coesione C' (KN/m ²)	Modulo di Young E (Kg/cm ²)	Vs (m/s)
Sabbie vulcaniche medio-grossolane poco addensate	da 0,00 a 0,90-0,98	--	--	--	--	--	--
Piroclastiti sabbioso - limose addensate	da 0,90-0,98 a 7,40-9,23	35,2°- 37,1°	16,30 - 18,00	18,26 - 19,00	0,00	6.039,14	310
Piroclastiti sabbioso - limose addensate alternate a breccie e lave vacuolari	da 7,40-9,23 a 30,00	35,2°- 37,1°	16,90 - 18,90	18,47 - 19,65	0,00	6.479,53 - 26.140,17	321- 641

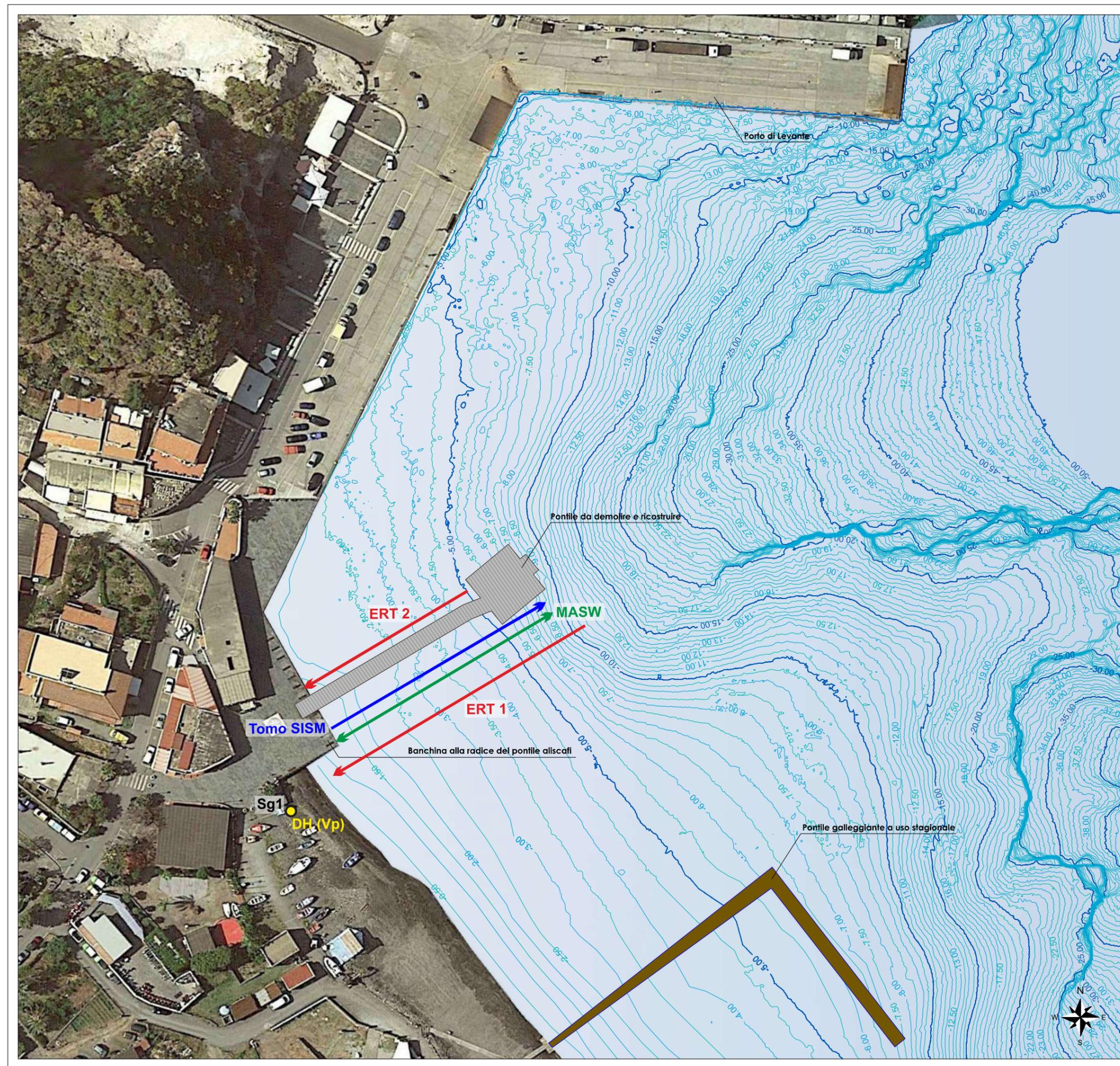
CARTA UBICAZIONE INDAGINI

Scala 1:1.000



COMUNE DI LIPARI

“MESSA IN SICUREZZA DEL PORTO DI LEVANTE E DI PONENTE NELL'ISOLA DI VULCANO CON LA SISTEMAZIONE DEL MOLO FORANEO E COLLEGAMENTO TRA LE BANCHINE PORTUALI E RADICE PONTILE ATTRACCO ALISCAFO”



LEGENDA

- Sondaggio geognostico
- Sismica in foro DH
- Tomografia sismica 2D
- Tomografia elettrica 2D
- MASW