



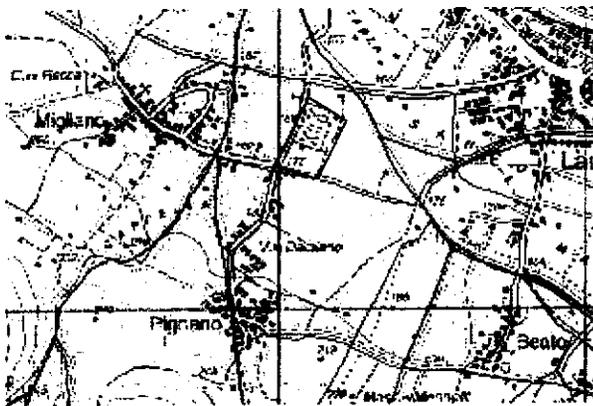
COMUNE DI LAURO

Provincia di Avellino

*Progetto per lavori di abbattimento di strutture
fatiscenti poste all'ingresso del cimitero e la
realizzazione di nuovo ingresso e di nuovi loculi*

Committente: Comune di Lauro (AV)

RELAZIONE GEOLOGICO - TECNICA
RELAZIONE SULLE INDAGINI
RELAZIONE SISMICA



COPIA ASSEVERATA

DATA

Maggio 2019

San Paolo Belsito (NA) VIA Provinciale per Nola TEL. 0815105501 CELL. 3281434274

P.E.C. geologomanganiello@epap.sicurezzapostale.it

email geocarmine@alice.it



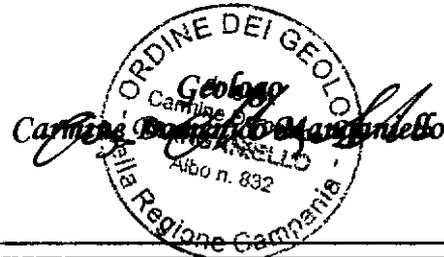
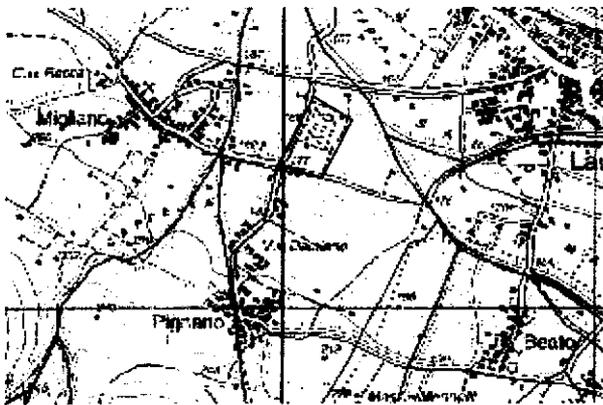
COMUNE DI LAURO

Provincia di Avellino

*Progetto per lavori di abbattimento di strutture
fatiscanti poste all'ingresso del cimitero e la
realizzazione di nuovo ingresso e di nuovi loculi*

Committente: Committente: Comune di Lauro (AV)

RELAZIONE GEOLOGICO-TECNICA



				DATA	Maggio 2019

San Paolo Belsito (NA) VIA Provinciale per Nola TEL. 0815105501 CELL. 3281434274

P.E.C. geologomanganiello@epap.sicurezzapostale.it

email geocarmine@alice.it

Sommario

RIFERIMENTI NORMATIVI.....	2
PREMESSA	3
UBICAZIONE E CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE.....	3
IDROGEOLOGIA	4
RISCHIO NATURALE DELL'AREA.....	5
RISCHIO VESUVIO	8
RISCHIO CAVITÀ.....	12
INDAGINI ESEGUITE	13
CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI.....	13
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO.....	14
VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE.....	15
ELABORATI CARTOGRAFICI.....	18
CONCLUSIONI.....	18

RIFERIMENTI NORMATIVI

- Normative e raccomandazioni tecniche

- *Circolare Min. LL.PP. 31/10/1986 – “Istruzioni relative alle norme tecniche per l'esecuzione delle opere in cemento armato normale, precompresso e per le strutture metalliche”*
- *L. 18 maggio 1989 n.183 - Norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*
- *L. 7 agosto 1990 n.253 Disposizioni integrative alla legge 18 maggio 1989 n.183, recante norme per il riassetto organizzativo e funzionale della difesa del suolo*
- *D.M. 11/03/1988 – “Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione”*
- *Circ. LL.PP. n. 30483 (Pres. Cons. Sup. – Servizio Tecnico Centrale) 24/09/88 “legge 2/2/64 n.64 art.1 – D.M. 11/03/88 Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione ed il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazione. Istruzioni per l'applicazione”.*
- *O.P.C.M. n. 3274 del 20/03/03 – “Primi elementi in materia di criteri generali per la classificazione sismica del territorio nazionale e di normative tecniche per le costruzioni in zona sismica” e successive modificazioni ed integrazioni.*
- *D.M. 14/09/2005 – “Norme tecniche per le costruzioni”*
- *L.R. n.9/83 - Norme per l'esercizio delle funzioni regionali in materia di difesa del territorio dal rischio sismico.*
- *Deliberazione N. 5447/2002 - Aggiornamento della classificazione sismica dei comuni della Regione Campania.*
- *Decreto GRC n. 195 del 27 marzo 2003 - Regolamento per la disciplina della fase transitoria di applicazione delle norme tecniche nei comuni dichiarati o riclassificati sismici con delibera di giunta regionale n. 5447 del 7.11.2002.*
- *L. R. n. 8 del 7-02-1994 - Norme in materia di difesa del suolo attuazione della Legge 18 Maggio 1989, n. 183 e successive modificazioni ed integrazioni.*
- *Piano Stralcio per l'Assetto Idrogeologico dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale.*
- *A.G.I. – Associazione Geotecnica Italiana – 1977 – “Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche”.*
- *A.G.I. – Associazione Geotecnica Italiana – 1994 – “Raccomandazioni sulle prove geotecniche di laboratorio”.*

- Aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. del 17/01/2018,(GU supplemento n. 8 del 20-2-2018)

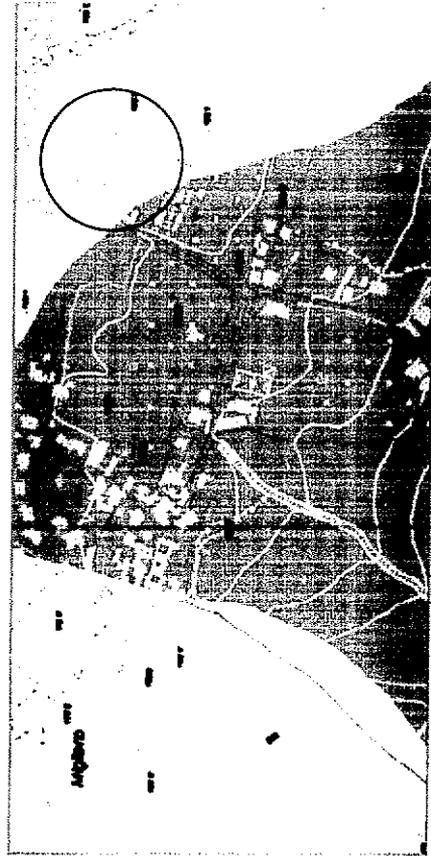
PREMESSA

Il Comune di Lauro con determina n° 442 del 18-11-2015 ha incaricato lo scrivente Geologo Carmine Domenico Manganiello di redigere uno studio geologico nell'ambito del progetto [*Lavori di abbattimento di strutture fatiscenti poste all'ingresso del cimitero e la realizzazione di nuovo ingresso e di nuovi loculi*]. Scopo del presente studio sarà quello di riportare le caratteristiche geomorfologiche del sito, di conoscere l'assetto geologico strutturale, di studiare il sito dal punto di vista sismico e di conoscere la successione stratigrafica del substrato in modo da definire le caratteristiche idrogeologiche e fisico meccaniche dei terreni interessati dall'opera. Il Comune di Lauro presenta diverse aree a rischio idrogeologico così come individuate dal Piano Stralcio dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, l'area di cui trattasi ricade per una parte in zona a rischio frana molto elevato con pericolosità P4, vedi cartografia tematica dell'autorità di bacino foglio 448124 (fig. 1 e 2).

UBICAZIONE E CARATTERISTICHE MORFOLOGICHE

Il Comprensorio comunale di Lauro (AV) è compreso nel Foglio 185 IV NO (NOLA) della Carta Topografica d'Italia redatta dall' I.G.M. (*vedi fig. 3*). Il comprensorio di Lauro è ubicato ai margini della piana campana e quindi parte integrante della valle alluvionale dei Regi Lagni. Le quote altimetriche dell'area oggetto del mio intervento ricavate dai rilievi topografici del comune in scala 1:2000 indicano valori che variano da circa 216 a circa 172 metri s.l.m. Data la sua posizione topograficamente l'area in oggetto risulta con leggera pendenza Sud – Nord.

Dal Foglio 448 - [ERCOLANO] della Carta Geologica d'Italia IN SCALA 1:50.000 (*vedi Fig. 4*) i terreni del comune di Lauro e quindi anche quelli dell'area in oggetto sono rappresentati da una successione carbonatica cretacea di età mesozoica (calcari grigi,



AREA D'INTERESSE



PERICOLOSITA' FRANA

P4 - RISCHIO MOLTO ELEVATO



P3 - RISCHIO ELEVATO



P2 - RISCHIO MEDIO



P1 - RISCHIO MODERATO



AREE DI ATTENZIONE PER INTERVENTI DI SISTEMAZIONE IDROGEOLOGICA



AREA DI CAVA



RISCHIO FRANA

LEGENDA

R4 - RISCHIO MOLTO ELEVATO



R3 - RISCHIO ELEVATO



R2 - RISCHIO MEDIO



R1 - RISCHIO MODERATO

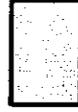
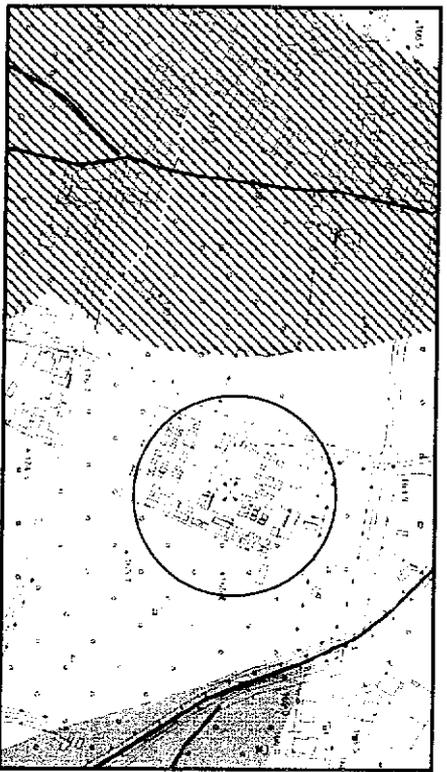


FIG. N. 1



PERICOLOSITA' IDRAULICA

LEGENDA	Esondazione	Area di attenzione	Elevato trasporto solido	Falda sub affriante conche endoreliche
P3 - PERICOLOSITA' ELEVATA				
P2 - PERICOLOSITA' MEDIA				
P1 - PERICOLOSITA' BASSA				

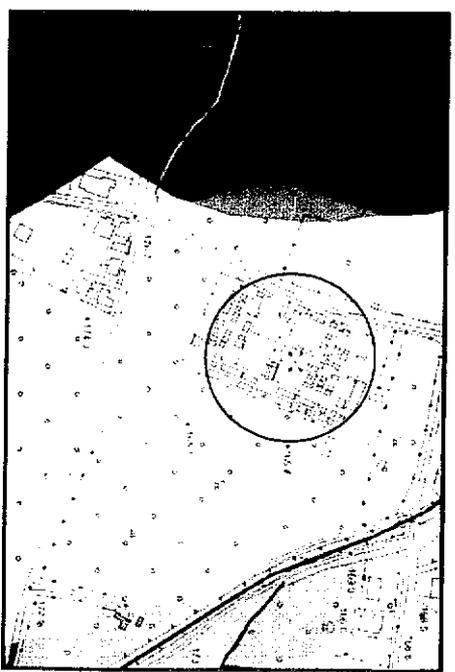
Pericolosità da esondazione - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali riconducibili a esondazione del reticolo idrografico

Pericolosità per elevato trasporto solido - pericolosità idraulica dovuta a fenomeni alluvionali caratterizzati da elevato trasporto solido (flussi iperconcentrati, colate detritiche, debris flow, etc.)

Area di alta attenzione - "aree ad elevata suscettibilità di allagamento ubicate ai piedi di valloni" "puntifasce di possibile crisi idraulica localizzata/diffusa", "fasce di attenzione per la presenza di alvei strada".

FIG. N. 2

AREA D'INTERESSE



RISCHIO IDRAULICO

LEGENDA	
R4 - RISCHIO MOLTO ELEVATO	
R3 - RISCHIO ELEVATO	
R2 - RISCHIO MEDIO	
R1 - RISCHIO MODERATO	

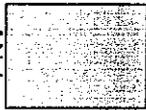
STRALCIO CARTOGRAFICO "PROGETTO CARGO"



CPL

LEGENDA

PNV

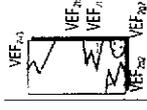


UNITA' PIANO DELLE SELVE

Depositi detritico-colluviali sabbiosi-limosi a vario grado di coesione, di natura prevalentemente vulcanica (conietti, pomici e scorie), con presenza di livelli argillosi di clasti carbonatici. Si riconoscono livelli piroclastici di caduta in posto (Mascio-PNR, Avellino-PNV, Polzano-PNA, 1531-PNA). I depositi dell'unità coprono in maniera discontinua i versanti e le paleosuperfici sommitali dei rilievi appenninici, Obisena.

CALCARI A RADOLITI

Calcarei dolomitici, ricchi di noduli, di colore grigio, biancastro o avana. In strati da spessi a medi, con frequenti intercalazioni di dolomite grigia. Contengono fossiliferi: Radiolites, Hippuridites, Acrotretes, conica FARINACCI, Monotrematis appenninica (DE CASTRO), Spondylites Spondylika (DE CASTRO), Psilodopodina sphaeroides GENDROT, Sclerolites TORRE, Roridolites scarpae TORRE, Dorydina Schullerbergi MUNIER-CHALMAS, Cuneolites parvona parva HENSON, Acantholites Kohn, RADOICIC, Synsphaerites parvona parva DE CASTRO, Thaumastopora parvovacuolata (RANIERI), Roridites, Micidites, Discoidites, rari Strombolites planoides. La successione passa verso il basso ad un'alternanza di dolomite ostesilline grigie, calcari micoidi e biotritici avana, grigi e marroni con rare intercalazioni di conglomerati intrabedati con matrice marnosa verdastro. Il contenuto fossilifero è rappresentato da Radiolites, Requienella, Gasteropodi (tra cui Nibirinella), Clisivalina fraasi (GLABELL), limitatamente alla parte bassa della successione, e Acantholites richeti (DE CASTRO). Stratigraficamente dipende RADOICIC e cuneolite "imitate". La formazione è spessa oltre 600 m, si è deposita in un ambiente di piattaforma interna a scarse perturbazioni, localmente con circolazione ristretta e pessa stratigraficamente ai calcari e merne a Obisena. APTIAMD SUP. Pro parte CENOMANIANO



VEF_{7a}

CCM

CPL

DEPOSITO DI DEBRIS FLOW

Depositi di colate di detrito e fusi (pericentri, ghiaie-sabbie) da matrice sabbiosa e clasto scostati, da mescolati a grossolanamente stratificati, formati da pomici e ceneri misce a fusi prevalentemente limosi anche della dimensione dei blocchi, originali sui fianchi del Somma-Mesuro dopo l'eruzione del 1531 d.c. Nella zona di Torre Baszano e Lido Azzurro sono anche presenti depositi analoghi successivi all'eruzione di Pompei (7 d.c.) e precedenti a quella del 1531 d.c. Nella zona di Torre Guinelli colate di fango e detrito del 1566 d.c. TARDO OLOCENE - ATTUALE

SUBSISTEMA SCANZANO

Il subsistema è compreso tra il letto dell'ignimbrite Campana e la discontinuità erosiva o di non deposizione rionocivica alla transizione tra Pliocene superiore e Oligocene. Al suo interno sono riconoscibili depositi tefrichi e diversi sistemi deposizionali freati ed in parte terrazzi (depositi alluvionali e di conete alluvionali, VEF-7b) ed alimentazione messa da depositi matrice-sabbiosi a clasti di scorie vulcaniche non categorizzabili. I conoidi sono spesso formati da componenti vulcanici e sono talmente invariati nei conoidi lungo la valle di Guinelli e l'area Nord della collina di Mesiano. Questi conoidi sono spesso formati da depositi mediamente porosi grossolanamente stratificati originali da fusi periconcentri. Altri conoidi del subsistema sono spesso frequenti depositi prodotti da colate appartenenti alle formazioni PLEISTOCENE SUPERIORE (TVA 59 E 12.4 15).

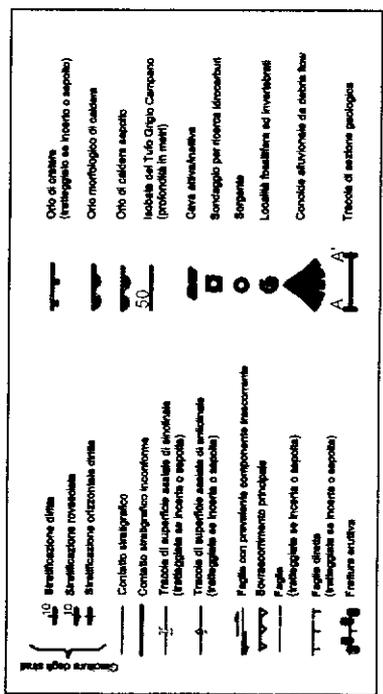
CALCARI CON CLADOCORPUS E CLYPEINA

Calcarei e calcari dolomitici, spesso pseudotitici, a luoghi sbrucati e laterali, mudstone, wackestone e packstone grigi, beige o bianchi, in strati da medi a spessi. La formazione raggiunge 1.400-500 metri. L'ambiente deposizionale è di tipo lagunare proloco con circolazione ristretta per la parte inferiore, con tendenza, nella parte superiore ad episodi di maggiore apertura e più elevato tiridamento.

CALCARI A PALAEOADYSYLADUS

Calcarei biotritici, con frequentissime strutture da disseccamento, dolomiti cristalline grigie, calcari biotritici spesso biotritici, a paleodepressive mediano-mesure (PMA), in strati da medi a spessi, di colore grigio, avana oltocastoreo, in cui si riconoscono frequentemente dolomiti cristalline grigie. Nella parte sommitale si intercalano livelli marginali argillosi verdastri, in corrispondenza dei quali gli strati carbonatici, e talora la stessa matrice, si presentano ricchi di Limbula.

Fig. 4



bianchi e avana, detritici), e da una formazione rappresentata da prodotti vulcanici. Quest'ultima formazione, di età compresa tra il tardo Neogene ed il Quaternario, non è presente in maniera omogenea in tutta la sua estensione ed è formata da tufi incoerenti, da suoli e materiale piroclastico. Le rocce carbonatiche sono affioranti nei rilievi (esse risultano ben visibili in diversi posti del territorio comunale) nella piana alluvionale rappresentano il basamento rigido sul quale poggiano i terreni quaternari.

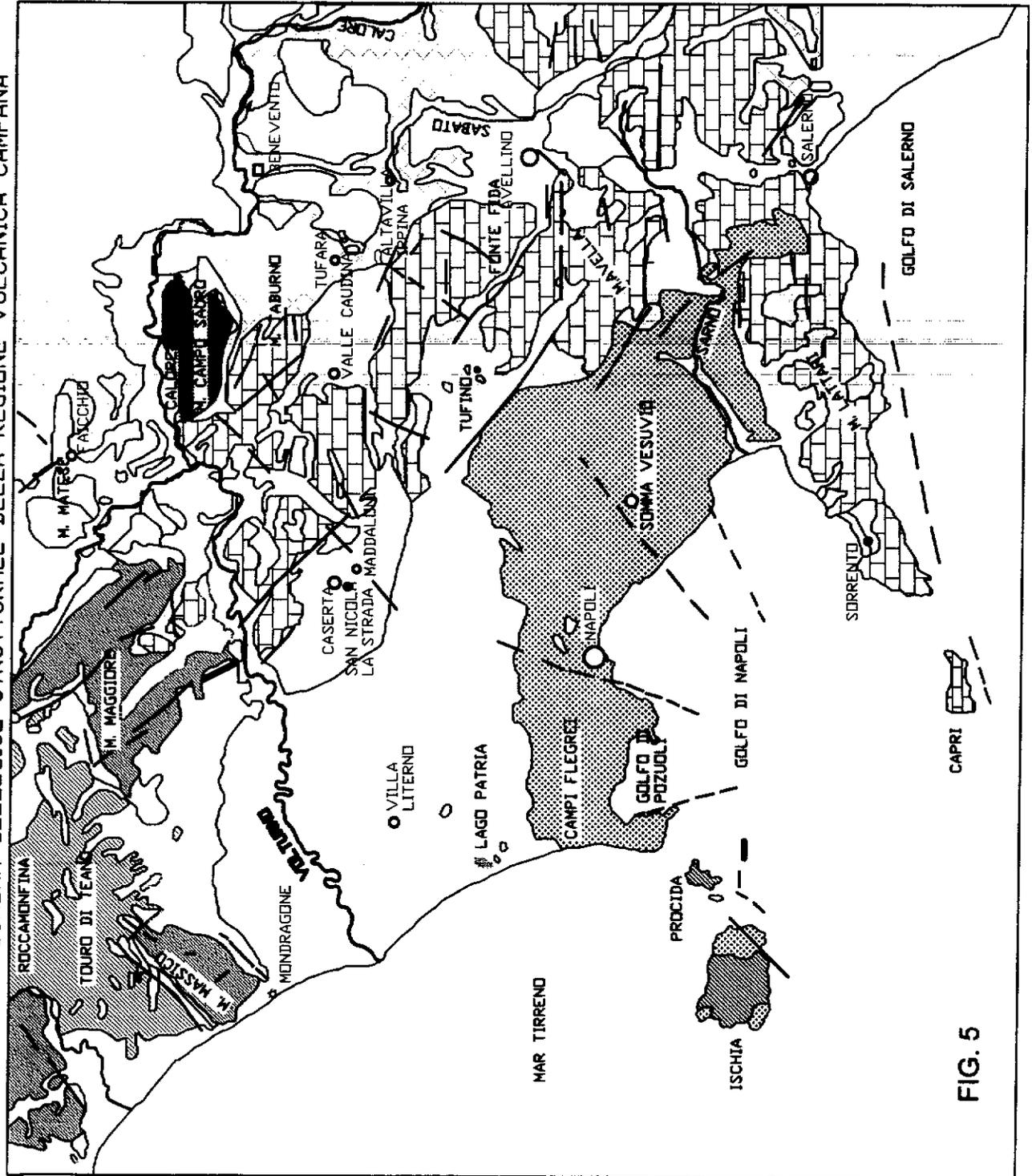
Gli Appennini meridionali sono una catena montuosa costituita dalla sovrapposizione di falde continentali a vergenza orientale e nord-orientale. A seguito del sollevamento della parte centrale della catena, avvenuto a partire dal Pliocene superiore, e dello smembramento del suo margine occidentale, dovuto alle intense fasi tettoniche a carattere distensivo connesse con l'apertura del Mar Tirreno, si è formata la vasta depressione della Piana Campana (vedi Fig. 5). Questa, a sua volta suddivisa in una serie di horst e graben a direzione NE-SW, è delimitata da faglie dirette e verticali orientate in direzione NE-SW e NW-SE. Il campo di stress regionale cui si deve la formazione della Piana Campana, ha altresì determinato le condizioni per la formazione e per la risalita dei magmi ad affinità alcalino-potassica che hanno alimentato l'attività eruttiva quaternaria dei vulcani campani.

IDROGEOLOGIA

I principali complessi idrogeologici di tutta l'area del comprensorio municipale, sono riconducibili a:

- a) complesso carbonatico di età mesozoica comprendente tutti i terreni dei rilievi bordivi del vallo di Lauro, caratterizzato da una permeabilità che va da media a medio alta per fratturazione;
- b) strati di ghiaia in matrice sabbiosa, questi strati hanno una buona permeabilità e costituiscono dei veri letti drenanti per le acque percolanti all'interno degli strati superiori.
- c) terreni comprendenti la valle alluvionale costituiti prevalentemente da prodotti piroclastici, a granulometria variabile, molto aerati e di bassa densità eruttati dal complesso vulcanico "Somma-Vesuvio" e dall'apparato dei campi Flegrei, questi terreni sono sciolti o molto sciolti ed hanno anch'essi una elevata permeabilità. Spesse volte ed in luoghi e profondità diverse dei tenimenti comunali, questi terreni sono molto addensati, questa

SCHEMA GEOLOGICO-STRUTTURALE DELLA REGIONE VULCANICA CAMPANA



-  Alluvioni e depositi lacustri
-  Complessi vulcanici formati dopo l'eruzione dell'ignimbrite Campana (Somma-Vesuvio e Campi Flegrei)
-  Ignimbrite Campana
-  Complessi vulcanici formati prevalentemente prima dell'eruzione dell'ignimbrite Campana (Roccamorfinina, Ischia, Procida)
-  Unità di Ariano: Depositi prevalentemente clastici
-  Unità Irpine (Miocene Medio): Depositi terrigeni di mare profondo; Unità Sicilidi (Cretaceo Sup. Miocene Inf.); argilliti variegata, arenarie e calcari.
-  Unità di Matese - Monti Maggiore: dolomie, calcari e complessi di scogliera (Tifis sup. Cretaceo sup.); Calcareniti sfumanti verso l'alto a Filisich (Langhiano - tortontiano)
-  Unità Alburno-Cervati: Dolomie, calcari e complessi di scogliera (Tifis sup. Cretaceo Sup.) calcareniti e calciniditi sfumanti verso l'alto a Filisich (Langhiano - Aquilano-Langhiano)
-  Faglia
-  Faglia detotta da dati geofisici

FIG. 5

peculiare deposizione granulometrica fa sì che laddove questo strato (localmente chiamato "tostata") presenta una elevata densità è poco permeabile.

La principale fonte di alimentazione idrica alla piana, oltre che dalle acque di filtrazione diretta, è assicurata dalle substrutture idrogeologiche dei rilievi che orlano la piana alluvionale del Vallo di Lauro. L'assenza di sorgenti importanti lungo i rilievi e alla base di essi è una conferma che essi costituiscono la principale alimentazione della falda sottostante. Infatti, al di sopra di una certa quota non si notano più i classici segni di una circolazione idrica esoreica (canali, solchi di ruscellamento ecc.), perciò si presume che sia predominante la circolazione endoreica. La falda è stata misurata con una sonda acustica in un pozzo esistente, e la piezometrica è stata captata alla profondità di 140 metri dal livello campagna. La circolazione superficiale del territorio comunale è assicurata da diversi canali che vanno ad immettersi nel Lago di Quindici che fa parte del sistema di bonifica dei Regi Lagni.

RISCHIO NATURALE DELL'AREA

L'attività del nostro Pianeta è regolata dall'azione contemporanea dei processi endogeni ed esogeni che modellano il paesaggio che ci circonda. I processi endogeni, che si sviluppano all'interno della terra, si manifestano attraverso le attività vulcanica, tettonica e sismica, capaci di sprigionare enormi quantità di energia. Al contrario, i processi esogeni, che operano sulla superficie terrestre, modificano la topografia attraverso l'erosione, il trasporto e la sedimentazione. Talvolta l'aspetto del paesaggio naturale è modificato da questi processi con velocità non apprezzabile dall'occhio umano. La dinamica delle placche e quindi la formazione di orogeni o di bacini, i fenomeni di subsidenza (dovuti a tettonica o generati dalla diagenesi dei sedimenti, sia naturale sia indotta da processi antropici) i movimenti eustatici (variazione del livello del mare causata dalle oscillazioni climatiche) e quelli isostatici (come il sollevamento del terreno a seguito dello scioglimento delle calotte glaciali) si manifestano, di norma, con velocità di qualche millimetro/centimetro l'anno. In

altri casi la morfologia del territorio viene mutata in pochi attimi, in occasione di frane, valanghe, alluvioni, terremoti ed eruzioni vulcaniche, eventi naturali catastrofici che si sviluppano rapidamente e con grande violenza. La superficie del Pianeta è pertanto sottoposta a un ciclo ininterrotto di genesi e trasformazione del proprio aspetto. Tale evoluzione naturale, entrando in relazione con l'uomo e le sue attività, genera l'insorgere del "Rischio Naturale", che è funzione della distribuzione territoriale dei fenomeni geologico-idraulici, sismici e vulcanici, della loro pericolosità e frequenza, e della presenza di strutture antropiche. La particolare conformazione geologica del nostro Paese e la sua elevata densità di popolazione fanno sì che gran parte del nostro territorio nazionale sia interessato da situazioni di rischio naturale. La "tettonica attiva" comprende i processi di tipo endogeno che producono movimenti e deformazioni della crosta terrestre su una scala temporale significativa, in relazione alla vita e alle attività umane. Alla tettonica attiva sono associati i terremoti e l'attività vulcanica.

La complessità geodinamica del bacino Mediterraneo si riflette nella forte variabilità del vulcanismo italiano, in cui sono presenti praticamente tutti i tipi di eruzione e i cui prodotti coprono quasi interamente lo spettro delle rocce magmatiche. L'attività dei vulcani italiani è attualmente molto intensa e produce una serie di fenomeni che, talvolta, rappresentano un serio pericolo per l'uomo, le sue attività e l'ambiente. Le principali fonti di pericolosità associate all'attività vulcanica sono rappresentate dal lancio e caduta di proiettili magmatici e ceneri dal cratere, dall'emissione di colate laviche, dallo scorrimento di flussi piroclastici (nubi ardenti) e colate di fango (lahars) lungo i fianchi del vulcano, dalla fuoriuscita di gas, e infine da terremoti e maremoti (tsunami) indotti da collassi nell'edificio vulcanico. La regione Campania oltre ai rischi prima descritti presenta anche il rischio idrogeologico che come definito all'art.54 del D.Lgs. 152/06, è "la condizione che caratterizza aree ove processi naturali o antropici, relativi alla dinamica dei corpi idrici, del suolo o dei versanti, determinano condizioni di rischio sul territorio". Il territorio della regione

Campania è caratterizzato da una forte propensione al dissesto idrogeologico, da un elevato rischio sismico e da un elevato rischio vulcanico, che peraltro coinvolge una delle zone più densamente popolate. Nell'ambito del rischio idrogeologico è da evidenziare che, oltre ai fenomeni di frane, colate rapide, alluvioni ed erosione costiera, sono presenti anche crolli sotterranei in cavità, dovuti prevalentemente ad antiche attività antropiche e localizzati diffusamente nelle aree urbane.

Nella Regione Campania le aree con tali caratteristiche sono numerose e l'esposizione al rischio geologico-idraulico (con questo termine si fa riferimento al rischio derivante dal verificarsi di eventi meteorici estremi che inducono a tipologie di dissesto tra loro strettamente interconnesse, quali frane ed esondazioni) costituisce un problema di grande rilevanza sociale, sia per il numero di vittime, che per i danni prodotti alle abitazioni, alle industrie e alle infrastrutture, che desta ancor più preoccupazione se si pensa ai potenziali futuri scenari connessi al cambiamento climatico. La Campania è un territorio geologicamente "giovane" e pertanto soggetto a intensi processi morfogenetici che ne modellano in modo sostanziale il paesaggio. I frequenti fenomeni di dissesto idrogeologico sono una diretta conseguenza dell'estrema eterogeneità degli assetti geologico-strutturali, geomorfologici, idrogeologici e geologico-tecnici e di un'ampia gamma di condizioni microclimatiche differenti anche in aree limitrofe o apparentemente simili. In conseguenza di tale naturale predisposizione, il dissesto si manifesta nella nostra regione con molteplici combinazioni e modalità: frane (crolli, ribaltamenti, scorrimenti, espansioni laterali, colamenti, debris e mud flow, movimenti complessi), esondazioni e dissesti morfologici di carattere torrentizio, trasporto di massa lungo le conoidi nelle zone montane e collinari, esondazioni e sprofondamenti nelle zone collinari e di pianura. Il rischio idrogeologico in Campania, tuttavia, è stato fortemente condizionato dall'azione dell'uomo e dalle continue modifiche del territorio che hanno, da un lato, incrementato la possibilità di accadimento dei fenomeni e, dall'altro, aumentato la presenza di beni e di persone nelle zone dove tali

eventi erano possibili e si sono poi manifestati, a volte con effetti catastrofici. L'abbandono dei terreni montani, il continuo disboscamento, gli incendi boschivi, le numerose piste montane, l'uso di tecniche agricole invasive e poco rispettose dell'ambiente, l'estrazione incontrollata di fluidi dal sottosuolo, l'apertura di cave di prestito, la trasformazione degli alvei in strade, l'abusivismo edilizio, l'eccessiva espansione urbanistica con impermeabilizzazione dei suoli, l'occupazione di zone di pertinenza fluviale, il prelievo abusivo di inerti dagli alvei fluviali, discariche abusive di rifiuti in alvei, la mancata manutenzione dei versanti e dei corsi d'acqua, sono le principali concause che hanno sicuramente aggravato il dissesto del già fragile territorio campano. Tali rischi possono essere suddivisi in due aree tematiche: Rischio tettonico e vulcanico con i quali è associato anche il rischio sismico e Rischio geologico-idraulico. I rischi tettonico e vulcanico, generalmente, non mostrano trend di miglioramento o peggioramento ambientale, in quanto sono rappresentativi di fenomeni e processi naturali la cui origine non è in alcun modo controllabile dall'uomo. Solo la Classificazione sismica presenta un trend positivo dovuto al miglioramento del quadro normativo nazionale. Analogamente, nel caso del rischio geologico-idraulico, è presente un trend evolutivo dovuto all'evoluzione della normativa relativa alla pianificazione territoriale. (La fig.6 riporta le sorgenti di rischio vulcanico e sismico che influenzano l'area di studio ed il grado di rischio vulcanico dell'area indagata). L'area in esame come si evidenzia dalla cartografia tematica dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale è considerata a rischio frana molto elevato (R4) e non a rischio idraulico. (vedi stralci in allegato fig. 1 e 2).

RISCHIO VESUVIO

Il Vesuvio, il più pericoloso tra i vulcani attivi italiani, è noto nel mondo soprattutto per l'eruzione del 79 d.C., che interruppe un periodo di quiescenza durato sette secoli; per circa mille anni dopo il 79 d.C. il Vesuvio continuò, con frequenti eruzioni, a riversare i suoi prodotti sulle aree circostanti. Seguì poi un periodo di quiescenza che durò circa cinque

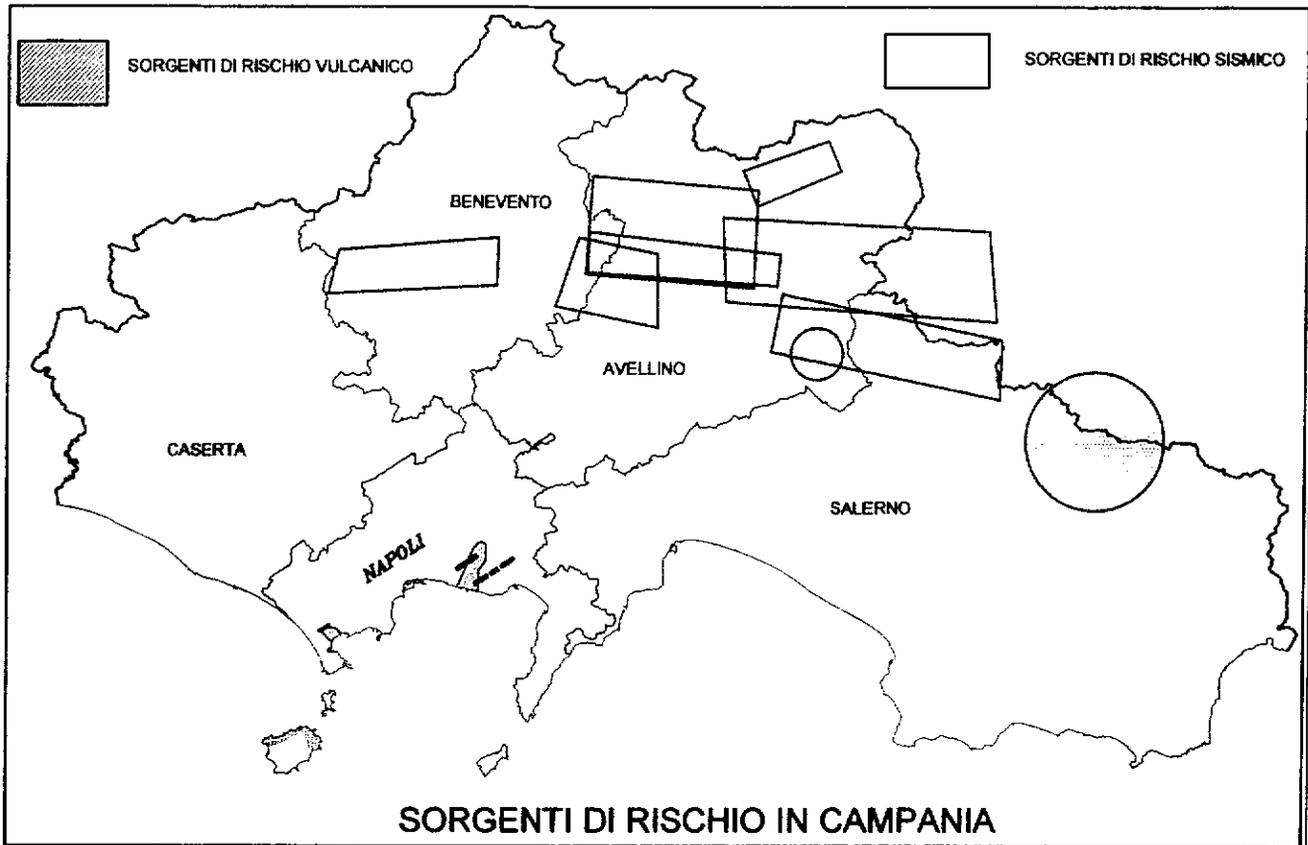
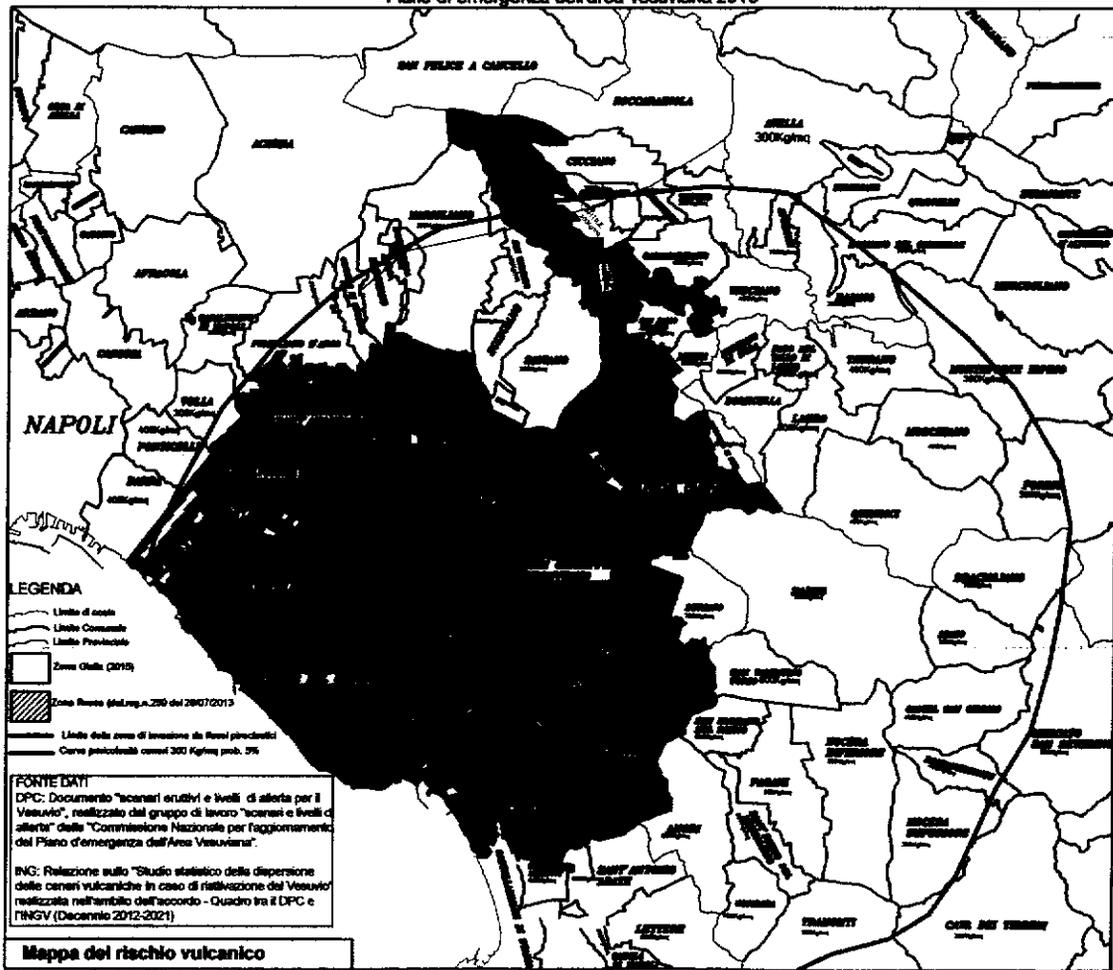


FIG. N. 6

VESUVIO MAPPA DI DELIMITAZIONE DELLA "ZONA GIALLA"
 Piano di emergenza dell'area vesuviana 2015



secoli, dal 1139 al 1631. Dopo la tragica eruzione del 1631, ha avuto inizio un periodo di attività eruttiva durante il quale si sono alternate fasi caratterizzate da prevalente attività stromboliana, brevi periodi di riposo che non sono mai stati superiori a sette anni e violente eruzioni miste (effusive ed esplosive). Questo periodo si concluse con l'eruzione del 1944 (*Figura 3*), che ha segnato la fine di un periodo di attività eruttiva a condotto aperto (che durava fin dalla grande eruzione del 1631) e l'inizio di un periodo di quiescenza a condotto ostruito. All'interno del documento "Scenario eruttivo dell'eruzione massima attesa al Vesuvio" – aggiornato al 2015 – è stata meglio definita l'area di probabile deposizione delle piroclastiti: è stata determinata la distribuzione in peso del deposito prodotto dalla colonna eruttiva e la configurazione delle aree che dovrebbero essere investite da carichi superiori a 200, 300 e 400 kg/m². Sulla base di questi dati è stato deciso di ritenere utile la curva di isocarico 300 e di considerare a rischio tutta l'area compresa all'interno di tale curva e di quella inferiore (400 kg/m²). Successivamente la curva 300 è stata trasformata in un limite amministrativo, individuando i comuni rientranti nell'area sottesa a tale curva.

Il territorio del comune di Palma Campania (NA) come si evince dalla cartografia ricade in zona rossa; essa corrisponde all'area che potrebbe essere interessata dalla ricaduta di particelle piroclastiche (ceneri e lapilli) che possono, fra l'altro, apportare un sovraccarico eccessivo sui tetti degli edifici fino a determinarne il crollo. Come riportato nel documento redatto dal Gruppo di lavoro "Scenari e livelli di allerta" della "Commissione Nazionale per l'aggiornamento del Piano d'emergenza dell'Area Vesuviana", lo scenario di un'eruzione sub-Pliniana è caratterizzato da emissione esplosiva di ceneri e gas vulcanici che si innalzano per 10-20 Km sopra la bocca del vulcano. Una volta raggiunta tale altezza, la nube eruttiva è normalmente piegata dal vento e il materiale solido ricade al suolo, nell'area sottovento, dando luogo ad una continua pioggia di cenere e lapilli. La ricaduta di particelle, inoltre, può causare problemi alle vie respiratorie, in particolare in soggetti predisposti non adeguatamente protetti, danni alle

coltivazioni e problemi alla circolazione aerea, ferroviaria e stradale. L'emissione della cenere è molto abbondante durante la fase eruttiva di colonna sostenuta che, in poche ore, può portare ad accumuli considerevoli entro distanze di 10-15 Km dal vulcano. Spessori di deposito maggiori di 10 cm possono coprire aree di 300-1000 Km² e distanze di 20-50 Km dal vulcano. L'estensione dell'area esposta alla ricaduta di ceneri vulcaniche dipende dall'altezza della colonna eruttiva, dalla direzione e dalla velocità del vento presente al momento dell'eruzione.

Nel corso del fenomeno di caduta delle ceneri, la luce del giorno sarebbe oscurata e l'aria risulterebbe satura di polvere; tali condizioni ambientali richiedono normalmente alle persone di permanere in luoghi riparati e chiusi. La principale fonte di pericolo per l'incolumità delle persone è prodotta dall'eventuale collasso delle coperture laddove queste non fossero adeguate a sopportare l'aumento di peso prodotto dall'accumulo delle ceneri.

L'aumento di peso può essere ulteriormente aggravato da eventuali piogge che dovessero inumidire le ceneri stesse. ~~Il gruppo di studio prima menzionato riporta anche indicazioni~~ circa la determinazione dei carichi dovuti alla caduta delle ceneri:

Prime indicazioni per la determinazione dei carichi verticali conseguenti alla ricaduta di ceneri vulcaniche

1. Per la progettazione degli interventi strutturali e la verifica delle strutture esistenti in "Zona rossa" e "Zona gialla" del Piano Nazionale di Emergenza del Vesuvio si suggerisce di considerare anche il carico verticale conseguente all'accumulo di ceneri vulcaniche.
2. Il carico da cenere è una "azione eccezionale", così come definita al paragrafo 3.6 delle Norme Tecniche per le Costruzioni di cui al D.M. del 14 gennaio 2008.
3. I valori di calcolo si definiscono in base allo scenario subpliniano di riferimento, considerando il carico da cenere asciutta, riportato nella cartografia di fig. n° 7, che ha probabilità di superamento del 10%, così come valutato dall'Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia (INGV) e dal Centro Studi plinius dell'Università di Napoli Federico II – Centro di Competenza del Dipartimento della Protezione Civile (DPC) - in base alle statistiche del vento in quota.
4. Il carico da cenere asciutta deve essere opportunamente maggiorato per tener conto dell'effetto di possibili piogge concomitanti o successive all'eruzione vulcanica. Tale incremento è pari a 1,5 KN/mq, ovvero al corrispondente carico da cenere asciutta se inferiore.

5. Per tener conto degli effetti delle pendenze delle coperture, si applicano le medesime regole che le Norme Tecniche indicano per il carico da neve.

Oltre al problema del collasso dei tetti, (nella fattispecie del comune di Lauro sono previsti 500 Kg/m² oltre all'incremento dovuto all'acqua in caso di pioggia (VEDI FIG. 10 IN ALLEGATO)) la deposizione delle ceneri vulcaniche, può produrre, a livello locale, l'intasamento delle fognature, difficoltà di circolazione degli automezzi, interruzione di linee elettriche e di comunicazione, possibilità di arresto di motori, ecc.. Nella Tabella n° 5 – tratta dal documento redatto dal Gruppo di lavoro “Scenari e livelli di allerta” – sono elencati i principali problemi che possono essere causati dalla deposizione delle ceneri vulcaniche.

Probabili danni sulle infrastrutture prodotti da ricaduta di ceneri vulcaniche

(tratto da Auckland Engineering Lifelines Project, Final Report, 1999).

Infrastrutture	Spessore < 1 mm	Spessore 1-5 mm	Spessore 5-100 mm	Spessore >100 mm
CONDUTTURE Sistemi aperti (es. acque meteoriche)	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Sistemi chiusi	trascurabile	trascurabile	trascurabile	trascurabile
EDIFICI Tetto a terrazza	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
EDIFICI Tetto a falda >(20%)	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
SERVIZI PER GLI EDIFICI Aria condizionata	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Grondaie	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
RETE ELETTRICA Linee di alta tensione	Trascurabile	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità
Linee isolate - bassa tensione - alta tensione	Trascurabile trascurabile	Moderata probabilità Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità Alta probabilità
Linee sotterranee		Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
STRUTTURE CMLI Strade	Bassa probabilità		Alta probabilità	Alta probabilità
Ferrovie	trascurabile	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
ACQUE REFLUE Liquami	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
SISTEMI IDRICI Fiumi/Ruscelli	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Riserve prive di copertura	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Riserve con copertura/Falde erbato sui tetti	trascurabile	trascurabile	trascurabile	trascurabile
TELECOMUNICAZIONI Dispositivi di scambio	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Linee	trascurabile	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità

Ponti radio a microne	Bassa probabilità	Moderata probabilità	Moderata probabilità	Alta probabilità
INFRASTRUTTURE SPECIFICHE Porti	Bassa probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità
Aeroporti -trasporto aereo	Moderata probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità	Alta probabilità

Tabella n° 1

RISCHIO CAVITÀ

Nel sottosuolo del territorio di diversi Comuni della provincia di Napoli, negli ultimi duemila anni esigenze pratiche e la particolare costituzione geologica dei terreni, hanno indotto alla realizzazione di cavità, pozzi, cunicoli, cisterne e cave. La presenza di tali vuoti, condiziona in maniera pesante l'uso del territorio, limita le attività umane, rende precaria la sicurezza e la stabilità delle strutture esistenti in superficie. Infatti appena le condizioni in superficie cambiano, condizioni meteorologiche particolari, lavori edili, traffico pesante ecc., si assiste a fenomeni gravissimi con sprofondamenti e conseguenti crolli di intere strutture, che solo per pura fortuna non si trasformano sempre in tragedia con perdita di vite umane, ma comunque con notevoli danni economici e disagi per interi nuclei familiari ed interruzione di qualsiasi attività economica e sociale. Il rilevante impatto territoriale di questi fenomeni ha prodotto un crescente e sotto certo aspetto irreversibile degrado ambientale, con disfacimento del patrimonio abitativo, delle cavità e della rete dei sottoservizi, fattori che sommati rendono il rischio altissimo per le popolazioni residenti. Purtroppo, di questo stato dell'uso del suolo, non si tiene in nessun conto nella programmazione territoriale ed ambientale, nonostante le ultime catastrofi.

La stabilità delle strutture urbane può essere infatti compromessa dalla presenza di vuoti sotterranei assumendo tale fenomeno una gravità particolare in alcune aree del territorio dove il sottosuolo tufaceo è sede di una rete di cavità, eccezionalmente sviluppata, prodotta da due millenni di attività estrattiva e di scavo. L'assenza del banco tufaceo nell'area di interesse fa escludere il rischio cavità.

INDAGINI ESEGUITE

Il rilevamento di dettaglio è stato completato dalla consultazione di varie indagini eseguite dallo scrivente per altri lavori, quelle eseguite per i piani di zona e specifiche indagini in situ (prove sismiche col metodo dei microtrmori.). Tutto ciò ha permesso di risalire alla stratigrafia presente nell'area (vedi relazione sulle indagini). Da analisi di laboratorio e prove penetrometriche eseguite in diverse occasioni si è risaliti alla composizione granulometrica dei materiali sciolti. Essi presentano un assortimento granulometrico che va dalla ghiaia ai limi attraverso tutti i termini intermedi (ghiaia, sabbie ghiaiose, sabbie limose, limi sabbiosi e/o ghiaiosi). Le prove penetrometriche eseguite in più occasioni hanno consentito di stabilire inoltre che questi materiali fino a piccole profondità sono generalmente sciolti o molto sciolti mentre a profondità maggiori sono alquanto compatti.

Inoltre 1 profilo sismico realizzato col metodo dei microtrmori tarate con un'indagine di tipo Down Hole eseguita per il P.U.C. hanno permesso di risalire al tipo di suolo in prospettiva sismica e quindi alla Vs30 secondo le norme D.M. 17-01-2018.

CARATTERIZZAZIONE GEOTECNICA DEI TERRENI

Dai dati acquisiti dalla campagna di rilevamento geologico, a mezzo di correlazioni con dati dedotti da lavori in possesso dello scrivente eseguiti in zone limitrofe e con terreni congruenti con quelli in predicato, aventi caratteristiche geologico – tecniche simili, rappresentanti il complesso in oggetto, oltre alle indagini eseguite in situ, è stato possibile individuare diversi orizzonti geotecnici, costituiti da terreni in prevalenza sabbiosi Ghiaiosi. Nella tabella che segue sono riassunti i principali parametri geotecnici che possono essere attribuiti ai terreni presenti nei primi metri a partire dal piano campagna e ricavati dalla consultazione, come già detto in precedenza, di numerose indagini in situ. Nella fattispecie si è tentato di fornire, per i terreni o gruppi di terreni individuati, una serie di parametri in grado di rappresentarli al meglio. Questi terreni hanno una compattazione

variabile, medio bassa nella maggior parte dei litotipi presenti, elevata in corrispondenza di livelli ghiaiosi e/o cineritici particolarmente addensati. I valori riportati in tabella n° 1 rappresentano i valori caratteristici dei terreni presenti nell'area.

<i>Litologia</i>	ϕ (°)	γ (KN/mc)	Dr (%)	Ed. Kg/cm ²	Young Kg/cm ²
Terreno vegetale	23	14	14	38	43
Sabbia con piroclastiti	26	16	40	47	79
Pomici in matrice sabbiosa	22	13	19	50	70

Tabella n° 2

Dove

ϕ Angolo di attrito interno γ Peso di volume asciutto Dr Densità relativa
Ed. Modulo edometrico Young Modulo di Young

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

L'aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. del 17/01/2018,(GU supplemento n. 8 del 20-2-2018 ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Tra le importanti novità relative alle metodologie di calcolo delle strutture è stato introdotto la risposta sismica locale ma dove ne ricorrono i presupposti, in modo semplificato, si può ricorrere all'uso di coefficienti per la determinazione dello spettro elastico di risposta che dipende dalla classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, in 5 categorie principali (dalla A alla E) da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}), Per V_{S30} si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano delle fondazioni, determinata secondo la

seguinte formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

Dove
 h_i = spessore in metri dello strato i-esimo
 V_i = Velocità dell'onda di taglio i-esima
 N = Numero di strati

Per il calcolo della V_{S30} si fa riferimento all'indagine col metodo dei microtremori eseguita. In effetti facendo riferimento a tale indagine e non considerando la profondità delle fondazioni abbiamo:

INDAGINI SISMICHE METODO DEI MICROTREMORI		
	Frequenza di amplificazione del sito	Vs30 m/s
S1	1.31 Hz	315

CAT. C

Descrizione:

<p>Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s</p>
--

Vedi anche relazione sismica**VALUTAZIONE DELLA SUSCETTIBILITÀ ALLA LIQUEFAZIONE**

Il fenomeno di vibrazione prodotto da un evento sismico in un sito è il risultato della propagazione a distanza dalla sorgente di onde di volume che in profondità attraversano ammassi di roccia lapidea e in superficie interessano formazioni di terreni sciolti. I caratteri del moto sismico in un determinato sito dipendono quindi sia dal meccanismo focale del terremoto sia dalle proprietà dei materiali interessati dalla propagazione delle onde sismiche. La varietà dei meccanismi di generazione e propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo e la natura granulare e multifase dei terreni rendono dunque estremamente difficoltosa la caratterizzazione del comportamento meccanico di un deposito soggetto ad azioni sismiche. Innanzitutto il moto generato da un terremoto in un sito dipende dalla complessa interazione tra le onde sismiche e le particolari condizioni locali (caratteristiche morfologiche e stratigrafiche di depositi di terreno e ammassi rocciosi e proprietà fisiche e meccaniche dei materiali che li costituiscono). Questa interazione determina una specifica **risposta sismica locale** (insieme delle modifiche in termini di ampiezza, frequenza e durata che un moto sismico subisce propagandosi attraverso un deposito di materiali sciolti e degli spostamenti indotti dal moto ondoso nel deposito stesso) rispetto a quella che si avrebbe in un sito di riferimento ideale (rigido con piano campagna orizzontale). Siti con differenti condizioni locali manifestano quindi differenti risposte sismiche ad uno stesso

terremoto e uno stesso sito risponde in maniera diversa a terremoti differenti. Le modifiche del moto sismico prodotte dalle condizioni locali vengono indicate come *effetti di sito*.

Gli effetti di sito possono riguardare sia i terreni a comportamento sismico stabile, i quali sotto le sollecitazioni dinamiche si mantengono lontani dalla rottura e sono soggetti a deformazioni permanenti limitate, sia i terreni a comportamento instabile, che viceversa giungono a rottura e si deformano permanentemente in maniera significativa. Nel primo caso si parla di effetti stratigrafici (amplificazione sismica dovuta a fenomeni di risonanza tra onde sismiche e terreni) e topografici (modifiche del moto sismico causate da fenomeni di focalizzazione delle onde a causa delle irregolarità del terreno) e risulta oggetto di studio l'entità dell'amplificazione che le onde possono subire propagandosi verso la superficie, ma non il grado di sicurezza rispetto ad una eventuale condizione di rottura. Nel caso di terreni a comportamento instabile, per effetti di sito si intendono invece i cedimenti per liquefazione ed addensamento ed i fenomeni di instabilità dei versanti, e il compito preminente della verifica sismica risulta essere la valutazione del grado di sicurezza nei riguardi della rottura. La previsione delle modificazioni locali del moto sismico e degli spostamenti e deformazioni che il passaggio delle onde sismiche può indurre nel terreno risulta perciò di particolare interesse per la progettazione e la verifica sismica delle opere dell'ingegneria civile. In particolare, relativamente ai terreni a comportamento instabile, il termine liquefazione indica una considerevole o addirittura totale riduzione della resistenza a taglio delle terre sabbiose sature con conseguente accumulo di deformazioni plastiche permanenti. La causa eccitatrice è da ricondurre ad azioni di carattere dinamico, quali quelle indotte dai terremoti che, agendo in condizioni non drenate, determinano l'accumulo di sovrappressioni interstiziali positive ed una conseguente riduzione della tensione media efficace. La riduzione della resistenza può rappresentare solo una condizione temporanea, seguita da un successivo recupero, o può indurre nel terreno una condizione di collasso generalizzato e definitivo. Quando il fenomeno di liquefazione è innescato, la riduzione di

capacità portante ed il prodursi di deformazioni significative sono funzioni di diversi parametri, tra cui lo spessore e l'estensione areale dello strato liquefatto, lo spessore del materiale non soggetto a liquefazione che ricopre lo strato liquefatto, la pendenza del terreno e l'eventuale prossimità di una superficie libera. Per i terreni a grana grossa sopra falda, per i quali è possibile escludere l'evenienza che si verifichino fenomeni di liquefazione, possono comunque verificarsi fenomeni di addensamento del terreno per effetto delle vibrazioni sismiche e conseguenti cedimenti e deformazioni permanenti. Allo stesso modo in depositi di terreni a grana fine molto soffici e plastici durante uno scuotimento sismico è possibile prevedere un consistente incremento delle pressioni interstiziali e quindi conseguenti cedimenti di riconsolidazione in fase post-sisma dovuti alla dissipazione delle sovrappressioni accumulate. Il DM 14.01.2008 (paragrafo 7.11.3.4) e successiva Circolare esplicativa n. 617/2009 (paragrafo C7.11.3.4) impongono che sia valutata la stabilità nei confronti della liquefazione mediante il ricorso a metodologie analitiche o a carattere semiempirico. Tali verifiche, secondo le NTC 2008, devono essere condotte tutte le volte che il manufatto in progetto interagisce con terreni saturi a prevalente componente sabbiosa ed in presenza, ovviamente, di sollecitazioni cicliche e dinamiche per le quali il sottosuolo tende a comportarsi come un sistema idraulicamente chiuso, ovvero come un sistema non drenato; nel contempo, al fine di facilitare le procedure di analisi, al paragrafo 7.11.3.4.2 è ribadito che **tali analisi possono essere omesse** in presenza dei seguenti casi:

- eventi sismici di magnitudo inferiore a 5 ($M < 5$);
- accelerazioni massime attese al piano campagna in assenza di manufatti (condizione di *free-field*) inferiori a 0.1g ($a < 1 \text{ m/sec}^2$);
- profondità media stagionale della falda superiore a 15 metri dal piano di campagna, quest'ultimo inteso ad andamento sub-orizzontale e con strutture a fondazioni superficiali;
- depositi costituiti da sabbie pulite con resistenza penetrometrica normalizzata $N_{1,60} > 30$;
- elevata presenza, nel fuso granulometrico, di terreni a componente fine (limi e argille) o di ghiaie.

Nel nostro sito la falda si rinviene a oltre 100 metri dal piano campagna per cui si può affermare che il sito è scevro da fenomeni di liquefazione.

ELABORATI CARTOGRAFICI

Il rilevamento effettuato su quasi tutto il territorio comunale, le indagini eseguite e la ricerca bibliografica hanno consentito di elaborare alcune carte tematiche.

CARTA UBICAZIONE INDAGINI: dove sono individuati i punti in cui sono state eseguite le indagini.

CARTA GEOLOGICA: dove sono riportati le varie formazioni geologiche affioranti.

CONCLUSIONI

L'analisi dei luoghi ha consentito di delineare le caratteristiche geomorfologiche, geologiche, stratigrafiche del sito oggetto dell'indagine e la determinazione delle caratteristiche geotecniche e geomeccaniche dei terreni presenti nell'immediato sottosuolo.

Sotto il **profilo geomorfologico** l'area dell'intervento risulta pianeggiante con pendenza media che non supera il 5-6 % è classificata dall'autorità di Bacino zona in parte a rischio molto elevato da frana (R4).

Sotto il **profilo geologico** l'immediato sottosuolo è caratterizzato dalla presenza di piroclastiti sciolte a granulometria variabile rielaborate dagli agenti esogeni e risedimentate. Gli elementi più diffusi sono a frazione sabbiosa. L'origine primaria di tutti i prodotti è da ascrivere all'attività dei vulcani dell'area flegrea.

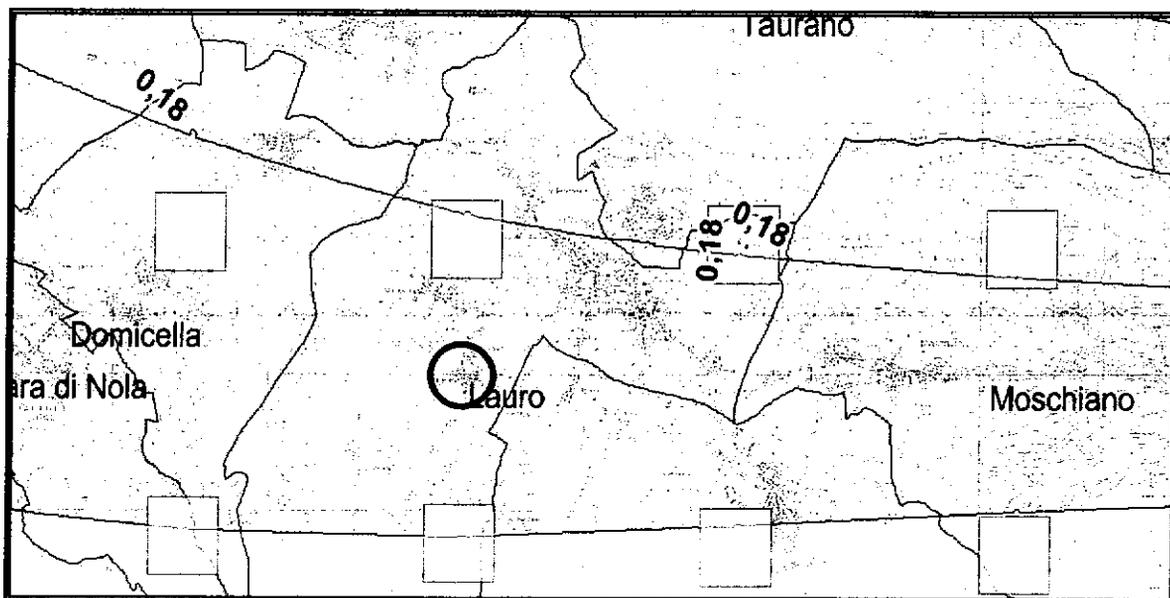
La struttura geologica del sito è stata dedotta dalla stratigrafia in allegato realizzata da un sondaggio eseguito durante la campagna di indagini del P.UC.:

Sotto il **profilo idrogeologico** non esistono particolari problemi d'interazione con la falda idrica in quanto si rinviene oltre i 100 metri dal piano campagna.

Sotto il **profilo geotecnico** i parametri dei terreni analizzati in più occasioni su tutto il territorio di Lauro, e visto anche le indagini eseguite sull'area d'interesse, prevedono coesione bassa o nulla, peso medio dell'unità di volume γ pari a 1,4 – 1,6 g/cm³ e angolo di attrito interno ϕ variabile intorno a 22-26 gradi con valori di resistenza di rottura alla punta da medio-bassi a buoni a secondo dei livelli prospettati.

Il rischio vulcanico è riportato in alcune carte tematiche riportate in allegato alla presente relazione.

Sotto il *profilo geomeccanico e dell'adeguamento sismico*, si può assumere un valore di accelerazione al suolo e pari a 0,177 (vedi cartografia appresso riportata).



Rappresentazione delle accelerazioni al suolo, Cartografia prodotta dall'Autorità di Bacino della Campania Centrale

e con una Vs30 di circa 315 m/s e quindi con un tipo di suolo C *Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti* con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s.

La ricerca bibliografica ha consentito di accertare che il territorio del Comune di Lauro può essere colpito da eventi sismici che hanno la loro origine nella fascia appenninica che va dall'Abruzzo alla Basilicata e nell'area vulcanica, questi eventi possono avere come massima intensità il IX grado della scala MCS con possibilità di eventi del X grado ogni mille anni. Il rischio vulcanico è stato sintetizzato in una carta tematica che è parte integrante della presente relazione. Le varie problematiche dell'area di studio, inoltre, sono state sintetizzate in una serie di schede che vengono allegate alla presente relazione.

Concludendo lo scrivente può asserire che, sotto l'aspetto morfologico, geolitologico e idrogeologico, considerando i risultati ottenuti dai dati geotecnici, dalle indagini eseguite in sito, e alla luce di quanto illustrato ai fini della prevenzione del rischio sismico e vulcanico l'area di interesse è idonea per il progetto da realizzare.

San paolo Belsito Maggio 2019





COMUNE DI LAURO

Provincia di Avellino

*Progetto per lavori di abbattimento di strutture
fatiscenti poste all'ingresso del cimitero e la
realizzazione di nuovo ingresso e di nuovi loculi*

Committente: Comune di Lauro (AV)

RELAZIONE SULLE INDAGINI



				DATA	Maggio 2019

San Paolo Belsito (NA) VIA Provinciale per Nola TEL. 0815105501 CELL. 3281434274

P.E.C. geologomanganiello@epap.sicurezzapostale.it

email geocarmin@alice.it

Per compensare S_e dello spettro della sorgente, Nakamura (1989)

suggerisce di calcolare uno spettro modificato S_m come:

$$S_m(f) = \frac{S_e(f)}{A_s(f)} = \frac{H_s}{V_s} \frac{H_B}{V_B}$$

L'assunzione finale è che si verifichi per tutte le frequenze di interesse:

$$\frac{H_s}{V_s} = 1$$

Pertanto, una stima degli effetti di sito è data dal rapporto spettrale tra il moto orizzontale e verticale sulla superficie. Numerosi studi, tra i quali quelli di Lermo and Chavez-Garcia (1994), Lachet and Bard (1994), Field and Jacob (1993), Fäh et al. (2001) hanno concluso che la frequenza del picco massimo del rapporto H/V è correlato con l'ellitticità sulla superficie del modo fondamentale delle onde superficiali di Rayleigh. Alla frequenza di risonanza l'ellisse dello spostamento di Rayleigh cambia segno e il rapporto di Nakamura tende teoricamente all'infinito, per cui l'ampiezza del rapporto non può essere correlato all'amplificazione delle onde di taglio. In conclusione, i migliori risultati per predire gli effetti di sito con le misure di rumore sismico sono ottenuti con il metodo del rapporto H/V e riguardano solo la frequenza di risonanza del modo fondamentale dello strato di sedimenti, quando non ci sono effetti laterali 2D o 3D.

Uno studio sugli effetti di sito, condotto con le modalità assunte in questo lavoro, è di rilevante importanza nella progettazione di nuove strutture e nella ricostruzione del vecchio patrimonio edilizio. Fornisce, infatti, in chiave di spettro di risposta locale, il reale comportamento dei terreni del sito investigato in caso di sisma e, dal confronto con gli spettri di riferimento dell'EC8 (1988), si può verificare quali frequenze vengono notevolmente amplificate per una determinata classe di terreni. Inoltre, con l'utilizzo della tecnica di Nakamura, si è in grado di determinare con ottima approssimazione la frequenza fondamentale del sito, parametro da non sottovalutare per non incorrere in problemi di risonanza con la struttura.

Il complesso delle nuove norme tecniche per le costruzioni in zona sismica è stato varato con ordinanza n.° 3274 del presidente del consiglio dei ministri del 20 Marzo 2003 ed è stato pubblicato sulla gazzetta Ufficiale l'8 maggio e successivamente ripreso dalle Norme Tecniche per le Costruzioni del 14 Gennaio 2008. Le nuove norme si compongono di quattro argomenti ed in particolare la n° 2 evidenzia *le norme tecniche per il progetto, la valutazione e l'adeguamento sismico degli edifici*. Come si legge nel documento esplicativo, la principale finalità del corpo delle nuove norme è quella di rinnovare profondamente le norme tecniche per le zone sismiche adottando, in modo omogeneo per tutto il paese, soluzioni coerenti con il sistema di norme già definito a livello Europeo (Eurocodice8). Per comprendere pienamente il significato della nuova normativa è necessario rifarsi al concetto di **risposta sismica locale**. Dal punto di vista strettamente fisico, per effetto di sito (risposta sismica locale) si intende l'insieme delle modifiche in ampiezza, durata e contenuto in frequenza che un moto sismico, relativo ad una formazione rocciosa di base R, subisce attraversando gli strati di terreno sovrastanti fino alla superficie (S).

Nel presente lavoro si sfrutterà la teoria di Nakamura che relaziona lo spettro di risposta del substrato roccioso (rapporto spettrale $H/V = 1$) con quello effettivamente misurato in superficie. La rappresentazione di un moto sismico può essere espressa sia nel campo del tempo che delle frequenze. Il moto sismico è amplificato in corrispondenza di determinate frequenze, che corrispondono alle **frequenze naturali f_n** di vibrazione del deposito

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

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

$$f_1 = 1/T_1 = V_s / 4H$$

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

Dal punto di vista empirico, è noto che la frequenza di risonanza di un edificio è governata principalmente dall'altezza e può essere pertanto calcolata, in prima approssimazione, dal grafico riportato in Figura 1 o dal numero dei piani così come riportato in Figura 2.

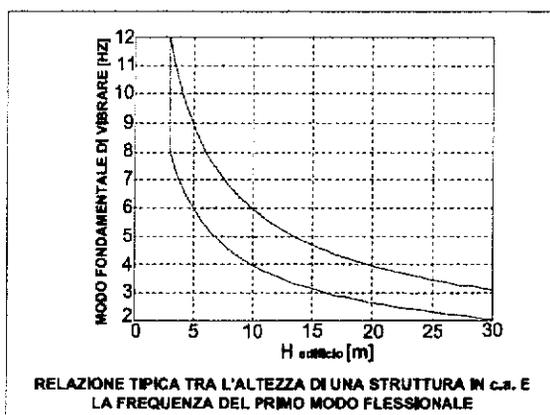


Fig. 1

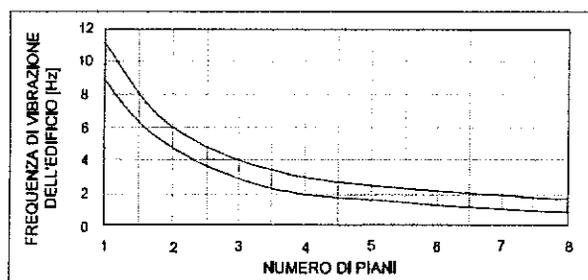


Fig. 2

È la coincidenza di risonanza tra terreno e struttura ad essere particolarmente pericolosa, poiché dà luogo alla massima amplificazione e deve quindi essere oggetto di studi approfonditi.

STRATIGRAFIA SISMICA

Le misure di microtremori possono inoltre essere utilizzate per valutazioni stratigrafiche o, alternativamente, di velocità delle onde di taglio (V_s). Il metodo risulta molto semplice ed intuitivo nell'ipotesi di un sottosuolo stratificato orizzontalmente e i cui parametri variano solo con la profondità (sistema monodimensionale 1D). Nel caso ideale di un sottosuolo formato da due soli strati quali quello della copertura (1) e quello del bedrock (2), separati da una superficie orizzontale e distinguibili per un diverso valore di impedenza sismica, ovvero per differenti densità e/o velocità delle onde sismiche, un'onda che viaggia nel mezzo (1) viene parzialmente riflessa dall'orizzonte che separa i due strati. L'onda così riflessa interferisce con quelle incidenti, sommandosi e raggiungendo le massime ampiezze di oscillazione (condizione di risonanza), quando la sua lunghezza d'onda λ è 4 volte (o suoi multipli dispari) lo spessore h del primo strato. In altre parole la frequenza fondamentale di risonanza f_r della copertura (mezzo (1)), relativa alle onde P è pari a: $f_r = VP1 / (4 h)$ (5) mentre quella relativa alle onde S è: $f_r = VS1 / (4 h)$ (6)

Sostanzialmente maggiore è lo spessore (H) della coltre fino al tetto del bed rock, maggiore sarà l'amplificazione H/V alle basse frequenze. Minore sarà lo spessore (H) degli strati soprastanti il bed rock, maggiore sarà l'amplificazione H/V alle alte frequenze.

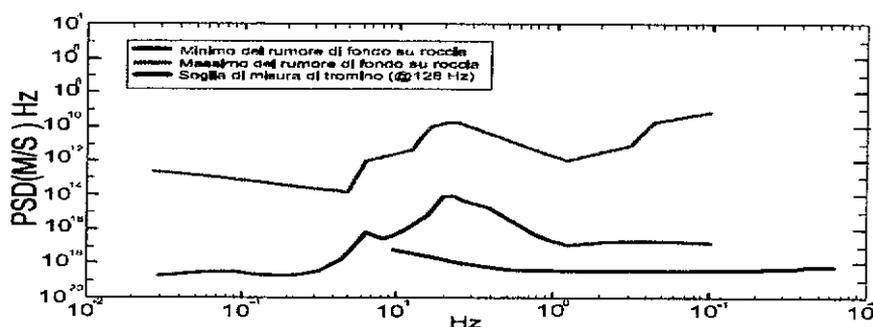
Teoricamente questo effetto è sommabile cosicché la curva H/V mostra come massimi relativi le frequenze di risonanza dei vari strati alle varie profondità. Questo, insieme ad una stima degli spessori degli strati, che è solitamente disponibile almeno a livello di massima, è in grado di fornire previsioni sulle velocità di propagazione delle onde sismiche nel sottosuolo. Il problema principale di questa visione è che i microtremori sono solo in parte costituiti da onde di volume, P o S. Essi sono costituiti in misura molto maggiore da onde superficiali e in particolare da onde di Rayleigh, tuttavia ci si può ricondurre a risonanza delle onde di volume poiché le onde di superficie sono prodotte dall'interferenza costruttiva di queste ultime. Per affinare il risultato interpretativo in termini di sismostrati si procede creando curve sintetiche H/V simulando il campo di onde di superficie (Rayleigh e Love) in sistemi multistrato a strati piani e paralleli secondo la teoria descritta in Aki (1964) e Ben-Menahem Singh (1981). Il modello, opportunamente applicato, può essere considerato uno stimatore del profilo di V_s con errori confrontabili a quelli di metodi più tradizionali, per lo meno nei primi 30 metri di profondità.

Nel caso in esame è stato utilizzato il risultato di un'indagine geognostica quale una prova penetrometrica dinamica continua superpesante (DPSH) spinta ad una profondità di circa metri 7.60 m, che ha permesso di effettuare la taratura del modello.

ESECUZIONE DI MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE

Per le registrazioni del "noise" è stata utilizzata una stazione sismica digitale compatta e leggera, equipaggiata con sismometro a banda larga e ad alta sensibilità (Tromino – Micromed S.p.a.), costituito da una terna di velocimetri a breve periodo smorzati criticamente. Le caratteristiche tecniche della strumentazione utilizzata (masse ridotte, struttura rigida non risonante costituita da

materiali non-diffrangenti, dinamica di oltre 23 bit, ottimizzazione automatica del guadagno per ogni campione, frequenza di campionamento fino a 1.024 campioni per secondo, accuratezza relativa $> 10^{-4}$ nell'intervallo di frequenze 0.1-200 Hz) garantiscono una buona qualità del segnale sismico acquisito sulle tre componenti (verticale, longitudinale e trasversale). Nella figura seguente si riporta la curva di rumore di "Tromino" a confronto con i modelli standard di rumore sismico massimo (in verde) e minimo (in blu) per la terra. Gli spettri di potenza sono espressi in termini di accelerazione e sono relativi alla componente verticale del moto.



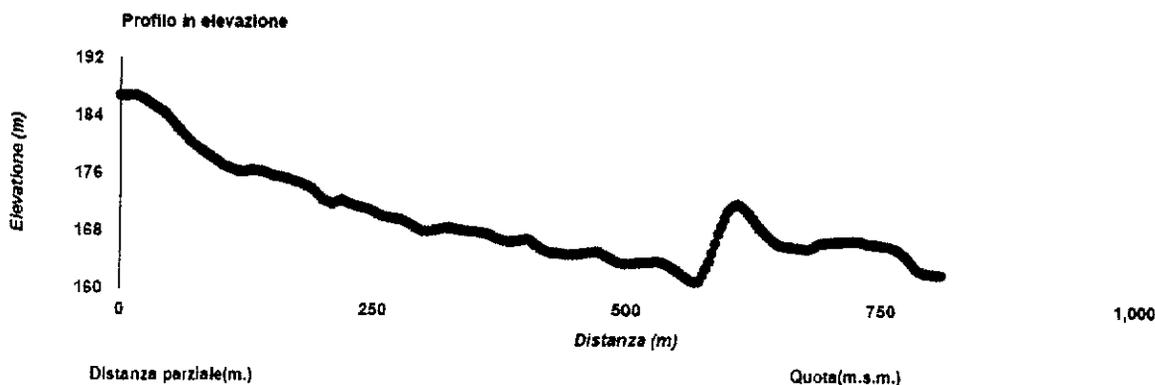
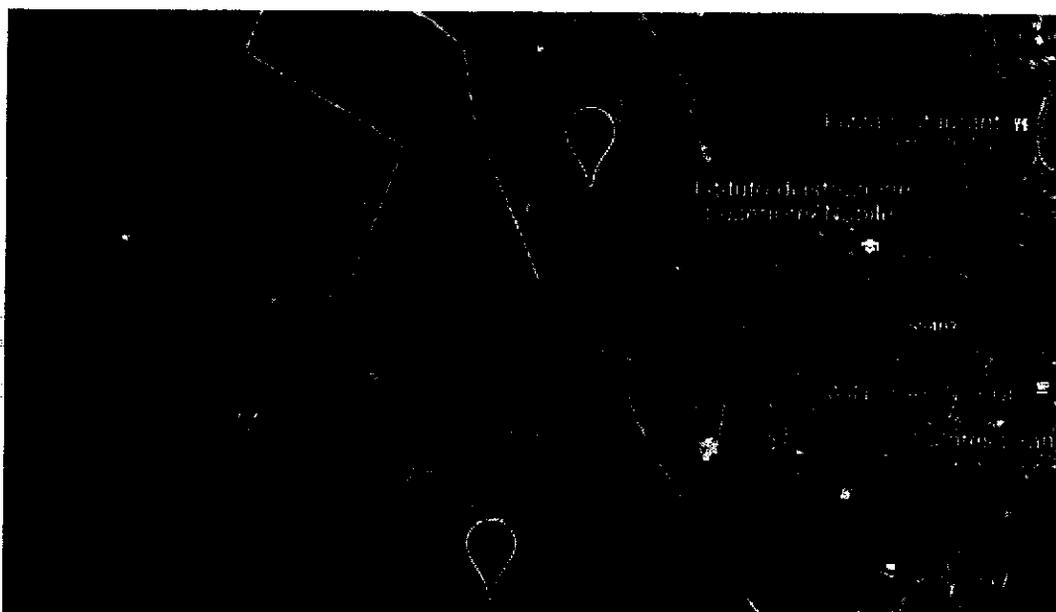
Le acquisizioni sono state eseguite in assenza di vento e in sostanziali condizioni di basso rumore ambientale, scegliendo una finestra temporale di acquisizione di 10 minuti, per garantire la stabilità del segnale e filtrare eventuali fenomeni transienti. Attraverso l'utilizzo di una bussola professionale da geologo, inoltre, la componente longitudinale N-S viene orientata verso Nord nella registrazione del rumore sismico al suolo, al fine di confrontare e valutare eventuali amplificazioni polarizzate. I dati registrati su supporto magnetico sono quindi elaborati mediante applicativi software commerciali specifici ed altri appositamente predisposti, che operano il trattamento matematico e l'analisi spettrale del segnale. Le registrazioni sono ottenute in "velocità" con la possibilità di ricavare comunque la trasformazione in "spostamento" ed in "accelerazione" del moto del suolo. Per l'elaborazione dei dati viene seguita la procedura consigliata nelle linee guida del SESAME (Site Effects assessment using Ambient Excitations), un progetto di ricerca europeo condotto nel triennio 2003-2005 al fine di standardizzare e migliorare le tecniche di microzonazione sismica attraverso le misure del rumore ambientale. Preliminarmente alla procedura di analisi dei rapporti spettrali, le tracce sismiche registrate sono verificate eliminando i disturbi transienti e quelle parti di registrazioni non adatte all'analisi. Una volta selezionata la parte di segnale stabile si calcolano, per ognuna delle tre componenti del moto, le ampiezze spettrali e gli spettri di potenza del "noise", procedendo successivamente, per il "rumore naturale", alla valutazione della distribuzione energetica in frequenza. I dati spettrali risultanti dalle elaborazioni numeriche effettuate si analizzano in genere entro l'intervallo 0.1-20.0 Hz, in quanto oltre tale limite si ritiene che non vi siano frequenze significative dal punto di vista geologico-geotecnico.

La risposta sismica di sito, attraverso il calcolo della frequenza di risonanza, è investigata applicando la tecnica di Nakamura (1989), valutando quindi, nell'intervallo di frequenze 0.1 - 20.0 Hz, i rapporti spettrali tra le componenti orizzontali e la componente verticale del moto del suolo (H/V). Tale tecnica, secondo le procedure validate dal SESAME, viene applicata valutando

preliminarmente il valore medio (media geometrica) delle due distinte componenti orizzontali N-S (HL) e E-W (HT). Attraverso l'inversione dei rapporti spettrali H/V può essere inoltre ricavato il profilo sismostratigrafico medio delle onde Vs, legata alla frequenza (f) dalla relazione $V_s=4 \cdot H \cdot f$. Durante la campagna di indagine è stata eseguita una prova sismica (vedi planimetria ubicazione indagini).

PREMESSA SULLE ELABORAZIONI

Il sopralluogo eseguito ha messo in evidenza che l'area, ove sarà realizzato il progetto di ristrutturazione, dal punto di vista morfologico si presenta subpianeggiante. Ne consegue che la categoria topografica secondo le NTC è T1, ossia "superficie pianeggiante, pendii e rilievi isolati con inclinazione media $\leq 15^\circ$ ". (vedi profilo) Il report generato dal programma Grilla con il quale è stata elaborata la prospezione sismica è in allegato alla presente relazione.



INTERPRETAZIONE HVSR

I risultati delle misure realizzate con il tromografo (Tromino) sull'area oggetto della presente indagine hanno permesso di correlare per ogni prospezione il diagramma che rappresenta il rapporto tra H/V, le

frequenze delle onde sismiche e la stratigrafia dell'area. In particolare si nota una notevole omogeneità dei profili dei grafici HVSR con la presenza di deboli riflettori in superficie ed un picco importante di origine stratigrafica alla profondità di oltre **80** metri con una corrispondente frequenza massima di **1.22**, (vedasi grafici "RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE" e "H/V SPERIMENTALE VS H/V SINTENTICO"). Alle altre frequenze il rapporto H/V è sempre al di sotto di **2** con andamento sinuoso ed a tratti frastagliato. Il confronto tra i grafici spettrali e le colonne stratigrafiche ha mostrato una buona congruenza dei dati ed una buona correlabilità dei picchi con la stratigrafia dei primi 30 metri di sottosuolo, **caratterizzata da terreno di riporto, depositi distali e medio-distali e vulcano-sedimentari presenti nelle parti esterne all'edificio vulcanico Somma – Vesuvio, includendo depositi fluviali di piana di esondazione limoso-sabbiosi, di fondovalle e di conoide di deiezione alluvionale mista sia carbonatica che vulcanoclastica, prevalentemente sabbioso-ghiaiosi e depositi colluviali delle conche endoreiche e dei fondovalle**, oltre ad aver fornito informazioni sulla litologia profonda.

Schematicamente:

1.31 Hz riflettore evidente che rappresenta presumibilmente il bed rock – basamento carbonatico - dalla profondità di circa **140** metri a partire dal livello campagna. La curva sintetica H/V creata, applicando i riferimenti teorici esposti nelle pagine precedenti, ha fornito un'ideale sovrapposizione con la curva misurata.

La bontà dell'indagine HVSR è testimoniata anche dal grafico "DIREZIONALITÀ DEL RAPPORTO H/V" (vedasi Elaborazioni): i massimi soddisfano le condizioni di isodirezionalità.

Attraverso il grafico "SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI", l'andamento dello spettro della componente verticale (in magenta), in relazione a quello delle componenti orizzontali (in blu ed in verde), permette di avere un'indicazione sulla natura dei picchi evidenziati dal rapporto H/V nel grafico "RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE", ossia se di origine naturale o antropica. Ebbene, il massimo significativo riscontrato a **1.31 Hz** nei grafici "RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE" e "H/V SPERIMENTALE VS H/V SINTENTICO", è un puro picco lito-stratigrafico poiché:

1. si verifica lungo un non limitato range di frequenze [**0.9; 1.8**] Hz,
2. ha la classica forma ad ogiva;
3. la componente verticale, essendo minore di quelle orizzontali, nel grafico "SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI", determina nel range suddetto un incremento del rapporto H/V.

Per tale motivi, il massimo è dovuto alla stratigrafia del sottosuolo e non a disturbi antropici e rappresenta pertanto la f_0 , ossia la frequenza fondamentale del picco H/V.

Si nota altresì un netto incremento di velocità di propagazione delle onde sismiche di taglio V_{S30} con l'aumentare della profondità. Visto che il Bed Rock si rinviene abbondantemente oltre i 30 metri di

profondità il parametro Vs30 richiesto dalle Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni, (D.M. 17/01/2018) computato **a partire dal piano campagna**, è pari a ≈ 315 metri al secondo di conseguenza la categoria di suolo di fondazione è la C.

Precisamente: *“Depositi di terreni a grana grossa mediamente addensati o terreni a grana fina mediamente consistenti con profondità del substrato superiori a 30 m, caratterizzati da un miglioramento delle proprietà meccaniche con la profondità e da valori di velocità equivalente compresi tra 180 m/s e 360 m/s”.*

FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DINAMICA

Nei siti ove è prevista la costruzione di fabbricati, particolare attenzione deve essere posta alla parametrizzazione geotecnica del sottosuolo in esame e precisamente a quei fattori che, influenzando le caratteristiche spettrali di un evento sismico, andranno a condizionare le sollecitazioni a cui potrà essere sottoposto il manufatto da edificare.

Infatti, la composizione spettrale di un evento sismico, legata al meccanismo focale dell'evento stesso, subisce una prima modifica nel percorso tra il punto focale ed il basamento rigido ed una seconda invece attraverso i materiali non rigidi presenti tra il basamento e la superficie.

L'esatta valutazione di quest'ultima modifica è di fondamentale importanza per la caratterizzazione sismica del sito e metterà in evidenza eventuali fenomeni di amplificazione o risonanza del raggio sismico con la struttura da edificare.

Per tale scopo, per un sottosuolo a struttura regolare, ci si può basare sulla soluzione dell'equazione d'onda legata alla propagazione verso l'alto di un'onda di taglio, calcolando così il Fattore di Amplificazione Dinamico (F.A.D.) ossia il rapporto tra l'ampiezza (accelerazione, velocità o spostamento) in superficie rispetto a quella misurabile su un basamento rigido.

Tenendo conto dello smorzamento a cui è soggetta l'onda sismica, l'espressione del F.A.D. nel caso semplice di uno strato più basamento è:

$$F.A.D. = \frac{1}{\cos K_1 H + i \gamma \sin K_1 H}$$

ove:

$$K_{1,2} = \gamma \omega^2 / \mu_{1,2} + i \omega \xi_{1,2}$$

$$\gamma = K_1 (\mu_1 + i \omega \xi_1) / K_2 (\mu_2 + i \omega \xi_2)$$

essendo μ_1 e μ_2 i moduli di taglio rispettivamente dello strato di copertura e del basamento rigido e ξ_1 , ξ_2 i relativi coefficienti di viscosità.

Per la risoluzione di tale fattore, viene preso in considerazione un modello fisico unidimensionale a

strati piani e paralleli con comportamento di tipo viscoelastico. Ogni strato, considerato omogeneo ed isotropo, è caratterizzato dallo spessore h , dalla densità γ , dalla velocità delle onde di taglio V_s e dal rapporto di smorzamento D . Definiti questi parametri ed assegnata l'eccitazione (input motion) al basamento rigido, usando un accelerogramma digitalizzato ad intervalli di tempo costanti, viene così calcolata la funzione di trasferimento tra uno strato e l'altro del modello utilizzato.

Un modo più speditivo e con buoni risultati è quello della *tecnica HVSR (Horizontal to Vertical Spectral Ratio)* proposta dal Prof. Yutaka Nakamura negli anni 80 per la stima, appunto, delle frequenze di oscillazione degli strati superficiali dei terreni.

Precisamente: dall'analisi dei picchi della funzione di amplificazione è possibile ricavare informazioni circa le frequenze di oscillazione del sistema sul quale è stata effettuata la misura e quindi si può dedurre che la tecnica HVSR consente una stima speditiva e sufficientemente accurata della risposta dinamica di un sistema (Prof. Ing. Felice Carlo Ponzo e Ing. Rocco Di Tommaso).

Il valore del F.A.D. lo si evince dalla lettura del grafico "RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE" relativo ALL'elaborazione HVSR.

Il valore corrisponde al picco massimo della curva di confidenza superiore, ottenuto attraverso il prodotto tra il valore del rapporto H/V medio inerente alla f_0 (frequenza fondamentale del picco H/V) e la deviazione standard.

Il periodo proprio del sito (T) è stato calcolato considerando la stratigrafia fino alla profondità in cui il valore della velocità V_s può essere considerata appartenente al Bed Rock, mediante la seguente equazione:

$$T = \frac{4 \times \sum_{i=1}^n h_i}{\left(\frac{\sum_{i=1}^n V_{s_i} \times h_i}{\sum_{i=1}^n h_i} \right)}$$

In tabella vengono riportati i vari valori relativi alla prospezione sismica eseguita.

N° prova	Profondità bed rock (m)	Vsh (m/s)	Vs30 (m/s) e Categoria di suolo	Periodo del sito (s)	Frequenza Amplificazione sito (Hz)	F.A.D.
1	~ 140	494	315 - C	1.13	1.31	~2.8

informazioni ricavate dalle indagini geologico geotecniche eseguite direttamente nell'area di progetto. In particolare è stata eseguita un'analisi ad ampio raggio dell'assetto strutturale della Regione Campania, al fine di individuare le strutture e le aree sismogeneticamente attive ed è stato effettuato un attento esame dei terremoti più intensi che hanno interessato direttamente o indirettamente le zone di specifico interesse.

Dall'esame delle registrazioni dei terremoti, riportati nella specifica letteratura divulgativa si evince, infatti, che il territorio comunale non è una zona epicentrale, ma solamente contornato da strutture sismicamente attive, situate nel raggio di qualche decina di chilometri. L'area in esame può quindi essere ritenuta potenzialmente pericolosa, anche se la sismicità, sulla base dei terremoti manifestatisi in passato, risulta bassa. Le finalità della valutazione del rischio sismico sono mirate a fornire, ai progettisti delle opere d'arte, le indicazioni ed i parametri necessari per la messa in sicurezza delle fondazioni e delle strutture in elevazione delle nuove previsioni edificatorie.

CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA

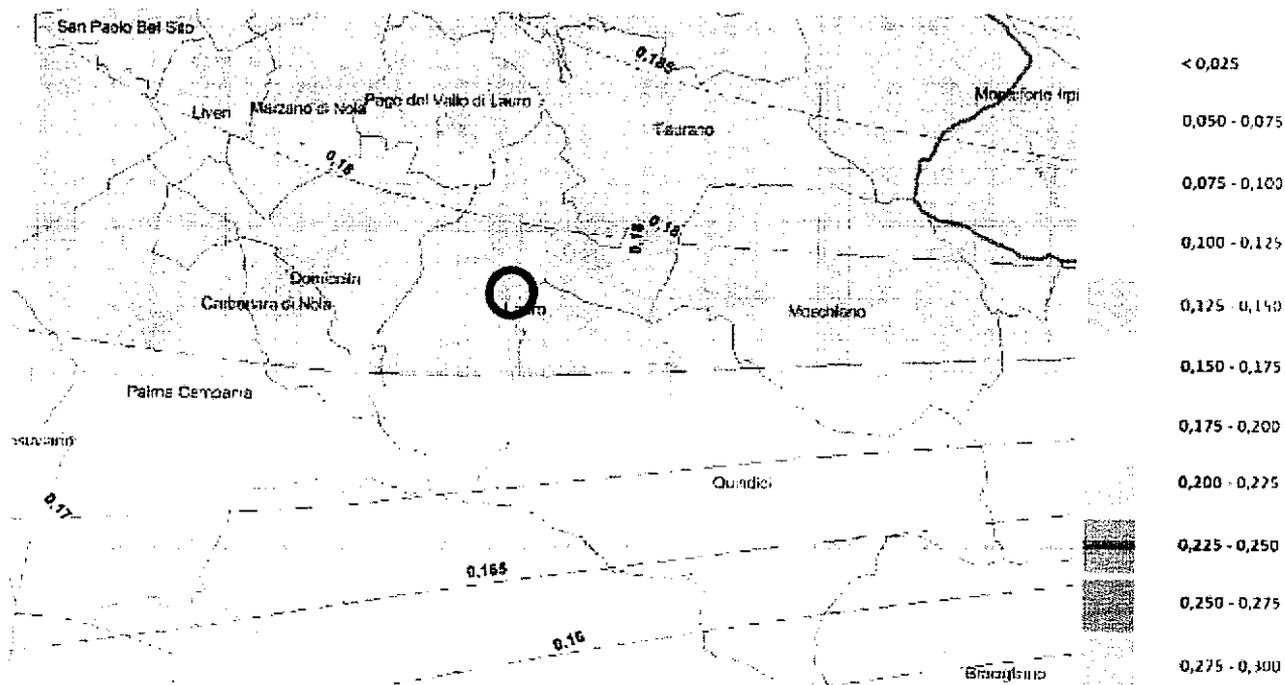
Il panorama legislativo in materia sismica è stato profondamente trasformato dalle recenti normative nazionali ovvero dall'OPCM n° 3274/2003 che è entrata in vigore dal 25 ottobre 2005, data coincidente con la pubblicazione della prima stesura delle norme tecniche per le costruzioni (D.M. 14 settembre 2005) e dalla successiva OPCM n° 3519/2006. La riclassificazione sismica del territorio nazionale prevede che tutto il territorio sia classificato sismico sulla base della **Mappa di Pericolosità Sismica del Territorio Nazionale** espressa in termini di accelerazione massima del suolo con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni riferita a suoli rigidi. In relazione alla pericolosità sismica, il territorio nazionale è stato suddiviso in quattro zone con livelli decrescenti di pericolosità (tabella sottostante) in funzione a quattro differenti valori di accelerazione orizzontale massima al suolo a_{g475} , ossia quella riferita al 50esimo percentile, ad una vita di riferimento di 50 anni e ad una probabilità di superamento del 10% riferiti a suoli rigidi caratterizzati da $V_{s30} > 800$ m/s.

Zona	Accelerazione orizzontale con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni
1	$A_{g475} \geq 0.25g$
2	$0.25 < A_{g475} \leq 0.15g$
3	$0.15 < A_{g475} \leq 0.05g$
4	$A_{g475} < 0.05g$

Tabella 1 - Valori di PGA per le varie zone

L'appartenenza ad una delle quattro zone viene stabilita rispetto alla distribuzione sul territorio dei valori di a_{g475} con una tolleranza 0.025g. Come si evince dalla tabella a ciascuna zona o sottozona è attribuito un valore di pericolosità di base, espressa in termini

di accelerazione massima su suolo rigido (a_g).



Mapa di pericolosità sismica in % di g della Regione Campania espressa in termini di a_{max} su suolo rigido ($V_{s30} > 800$ m/s - Cat. A - punto 3.2.1 del D.M. del 14/09/2005). Accelerazione massima al suolo nel sito in esame = [0.175; 0.180] % con probabilità di eccedenza del 10% in 50 anni.

Tale valore di pericolosità di base non ha però influenza sulla progettazione. Infatti le nuove Norme Tecniche per le costruzioni di cui al D.M. 14 gennaio 2008 in vigore dal 1° luglio 2009 hanno modificato il ruolo che la classificazione sismica aveva ai fini progettuali: per ciascuna zona, e quindi territorio comunale, precedentemente veniva fornito un valore di accelerazione di picco e quindi di spettro di risposta elastico da utilizzare per il calcolo delle azioni sismiche.

Dall' 1 luglio 2009 con l'entrata in vigore delle Norme Tecniche per le Costruzioni del 2008, per ogni costruzione ci si deve riferire ad una accelerazione di riferimento "propria" individuata sulla base delle coordinate geografiche dell'area di progetto e in funzione della vita nominale dell'opera. Un valore di pericolosità di base, dunque, definito per ogni punto del territorio nazionale, indipendentemente dai confini amministrativi comunali. La classificazione sismica (zona sismica di appartenenza del comune) rimane utile solo per la gestione della pianificazione e per il controllo del territorio da parte degli enti preposti (Regione, Genio civile, ecc.).

Il territorio comunale di **Lauro** sulla base della normativa nazionale e regionale sopra

menzionata è stato classificato in Zona sismica 2. Per quanto riguarda la massima intensità macrosismica I_{max} (che rappresenta una misura degli effetti che il terremoto ha prodotto sull'uomo, sugli edifici e sull'ambiente) si fa riferimento alla classificazione del Gruppo Nazionale per la Difesa dei Terremoti GNDT.

Le Norme Tecniche per le costruzioni del D.M. 14-01-2008 hanno modificato le modalità di valutazione delle azioni di progetto. In particolare nel documento sulla pericolosità sismica (Allegato A), l'azione sismica sulle costruzioni è valutata a partire dalla pericolosità sismica di base, che costituisce l'elemento di conoscenza primario per la determinazione delle azioni sismiche. La pericolosità sismica in un generico sito deve essere descritta in modo da renderla compatibile con le NTC e dotarla di un sufficiente livello di dettaglio, sia in termini geografici che in termini temporali. Le azioni di progetto si ricavano dalle accelerazioni ag e dai parametri che permettono di definire gli spettri di risposta ai sensi delle NTC e dalle relative forme spettrali. Le forme spettrali previste sono definite, su sito di riferimento rigido orizzontale, in funzione dei tre parametri:

- ag accelerazione orizzontale massima del terreno;**
- F_0 valore massimo del fattore di amplificazione dello spettro in accelerazione orizzontale;**
- T_C periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale.**

Questi tre parametri sono definiti in corrispondenza dei punti di un reticolo di riferimento i cui nodi distano fra loro 5 km, per diverse probabilità di superamento in 50 anni e per diversi periodi di ritorno (variabili tra 30 e 975 anni).

Punto	ID	Latitudine (ED50) [°]	Longitudine (ED50) [°]	Distanza [m]
1	32984	40.879440	14.614290	1073.94
2	32985	40.878770	14.680370	4482.19
3	32763	40.928760	14.681290	7134.42
4	32762	40.929440	14.615130	5654.46

Tabella 2: Coordinate dei punti della maglia elementare del reticolo di riferimento che contiene il sito e valori della distanza rispetto al punto in esame.

Nella tabella 3, vengono esplicitati i valori dei parametri dell'area oggetto dello studio.

Precisamente, ad ogni periodo di riferimento con tempo di ritorno (T_R) vengono associati i parametri simili corrispondenti, quali a_g , F_0 , T_C^* e T_R .

Tabella dei campi di variabilità dei parametri

"Norme Tecniche per le Costruzioni" - D.M. del 14/01/2008,
pubblicate sulla G. U. n. 29 del 04/02/2008 con Supp. Ord. n. 30

T_R [anni]	a_g [g]	F_0 [-]	T_C^* [s]
30	0.051	2.316	0.286
50	0.067	2.319	0.313
72	0.080	2.339	0.327
101	0.094	2.345	0.334
140	0.110	2.343	0.341
201	0.130	2.340	0.347
475	0.182	2.379	0.358
975	0.230	2.445	0.367
2475	0.299	2.569	0.375

Legenda:

a_g : accelerazione orizzontale massima attesa;

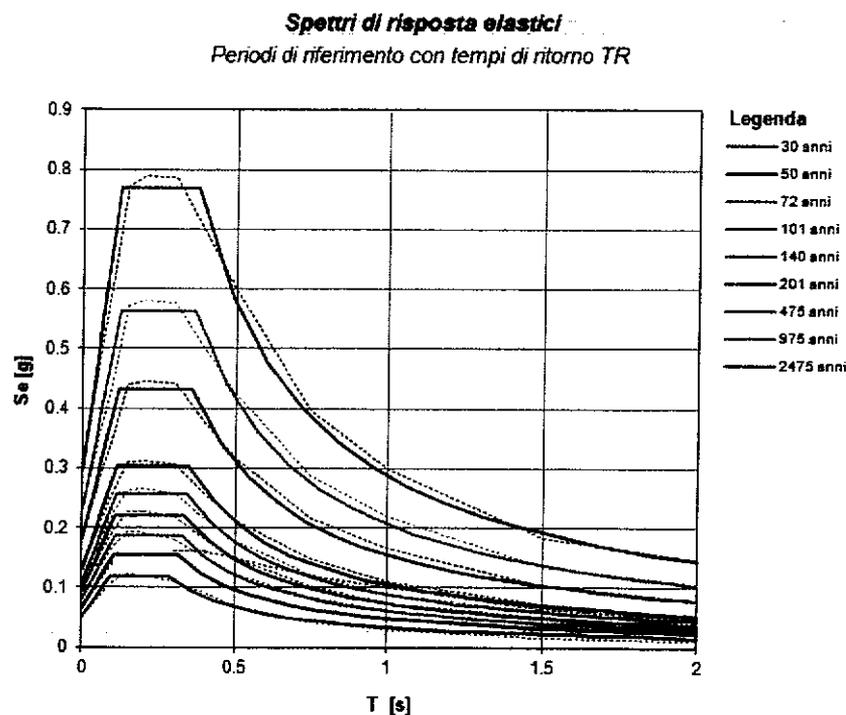
F_0 : fattore che quantifica l'amplificazione spettrale massima;

T_C^* : periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale;

T_R : periodi di ritorno di riferimento

Tabella 3 - Campi di variabilità dei parametri

In figura 3, invece, vengono rappresentati gli spettri di risposta elastici per i diversi stati limite da T_R 30 a T_R 2475.



(*) La linea continua rappresenta gli spettri secondo le "Norme Tecniche per le Costruzioni" - D.M. del 14/01/2008, pubblicate sulla G. U. n. 29 del 04/02/2008 con Supp. Ord. n. 30, mentre con quella a tratti gli spettri di progetto - S1-INGV.

Figura 3 - Spettri di risposta elastici

Le NTC18 prendono in considerazione 4 possibili *stati limite* (SL) individuati facendo riferimento alle prestazioni della costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali e gli impianti: due sono *stati limite di esercizio* (SLE) e due sono *stati limite ultimi* (SLU). Uno stato limite è una condizione superata la quale l'opera non soddisfa più le esigenze per la quale è stata progettata.

Più in particolare le opere e le varie tipologie strutturali devono essere dotate di capacità di garantire le prestazioni previste per le condizioni di esercizio (sicurezza nei confronti di SLE) e di capacità di evitare crolli, perdite di equilibrio e di dissesti gravi, totali o parziali, che possano compromettere l'incolumità delle persone o comportare la perdita di beni, oppure provocare gravi danni ambientali e sociali, oppure mettere fuori servizio l'opera (sicurezza nei confronti di SLU).

Gli stati limite di esercizio sono:

- **Stato Limite di Operatività** (SLO): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, non deve subire danni ed interruzioni d'uso significativi;
- **Stato Limite di Danno** (SLD): a seguito del terremoto la costruzione nel suo complesso, includendo gli elementi strutturali, quelli non strutturali, le apparecchiature rilevanti alla sua funzione, subisce danni tali da non mettere a rischio gli utenti e da non compromettere significativamente la capacità di resistenza e di rigidità nei confronti delle azioni verticali ed orizzontali, mantenendosi immediatamente utilizzabile pur nell'interruzione d'uso di parte delle apparecchiature.

Gli stati limite ultimi sono:

- **Stato Limite di salvaguardia della Vita** (SLV): a seguito del terremoto la costruzione subisce rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e significativi danni dei componenti strutturali cui si associa una perdita significativa di rigidità nei confronti delle azioni orizzontali; la costruzione conserva invece una parte della resistenza e rigidità per azioni verticali e un margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni sismiche orizzontali;
- **Stato Limite di prevenzione del Collasso** (SLC): a seguito del terremoto la costruzione subisce gravi rotture e crolli dei componenti non strutturali ed impiantistici e danni molto gravi dei componenti strutturali; la costruzione conserva ancora un margine di sicurezza per azioni verticali ed un esiguo margine di sicurezza nei confronti del collasso per azioni orizzontali.

Le NTC18, in presenza di azioni sismiche, richiedono le verifiche allo SLO solo per gli elementi non strutturali e per gli impianti di strutture di classi d'uso III e IV (NTC08, punto 7.1). Lo SLO si utilizza anche come riferimento progettuale per quelle opere che devono restare operative durante e subito dopo il terremoto. Le verifiche allo SLC sono, invece, richieste solo per le costruzioni o ponti con isolamento e/o dissipazione (NTC08, punto 7.10).

Ad ogni stato limite è associata una *probabilità di superamento* P_{VR} (Tabella 3.1), ovvero la probabilità che, nel periodo di riferimento V_R , si verifichi almeno un evento sismico ($n \geq 1$) di a_g prefissata (a_g = accelerazione orizzontale massima del suolo) avente frequenza media annua di ricorrenza $\lambda = 1/T_R$ (T_R = periodo di ritorno).

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	$P_{VR} = 81\%$
Stato limite di esercizio: danno	SLD	$P_{VR} = 63\%$

Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	P_{VR} = 10%
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	P_{VR} = 5%

Tabella 4 - Stati limite e rispettive probabilità di superamento, nel periodo di riferimento V_R

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'**Allegato A** delle NTC08:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

Tale relazione tra P_{VR} (probabilità) e T_R (statistica) risulta biunivoca poiché utilizza la distribuzione discreta Poissoniana.

Poiché è **V_R = 50 anni**, il tempo di ritorno T_R sarà:

Stato limite di esercizio: operatività	SLO	T_R = 30
Stato limite di esercizio: danno	SLD	T_R = 50
Stati limite ultimo: salvaguardia della vita	SLV	T_R = 475
Stati limite ultimo: di prevenzione del collasso	SLC	T_R = 975

Tabella 5 - Stati limite e rispettivi tempi di ritorno, nel periodo di riferimento V_R

Fissati V_R e P_{VR} associata ad ogni stato limite, è possibile calcolare il periodo di ritorno dell'azione sismica T_R, espresso in anni, mediante l'espressione riportata nell'**Allegato A** delle NTC08:

$$T_R = -\frac{V_R}{\ln(1 - P_{VR})}$$

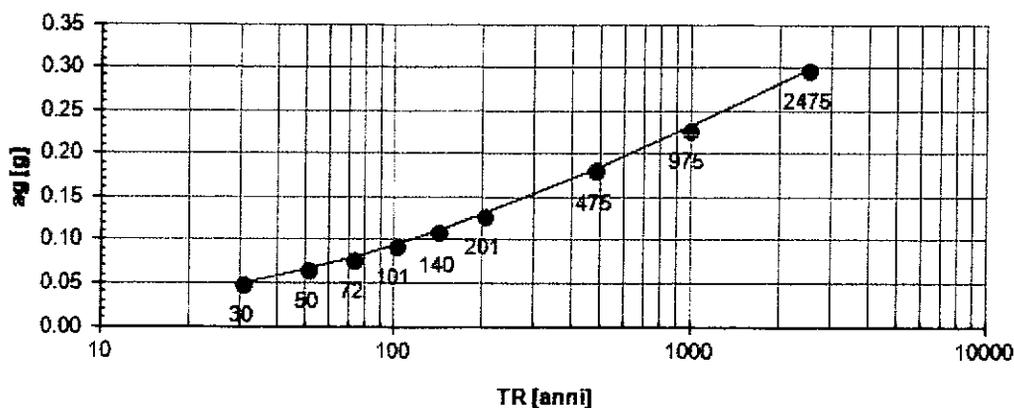
A seguire i parametri di pericolosità sismica, per i vari stati limite, relativi al sito in esame.

Stato limite	Tr [anni]	ag [g]	F0 [-]	Tc*[s]
Stato limite	Tr [anni]	Ag [g]	F0 [-]	Tc* [s]
SLO	30	0.051	2.315	0.286
SLD	50	0.066	2.320	0.313
SLV	475	0.181	2.379	0.358

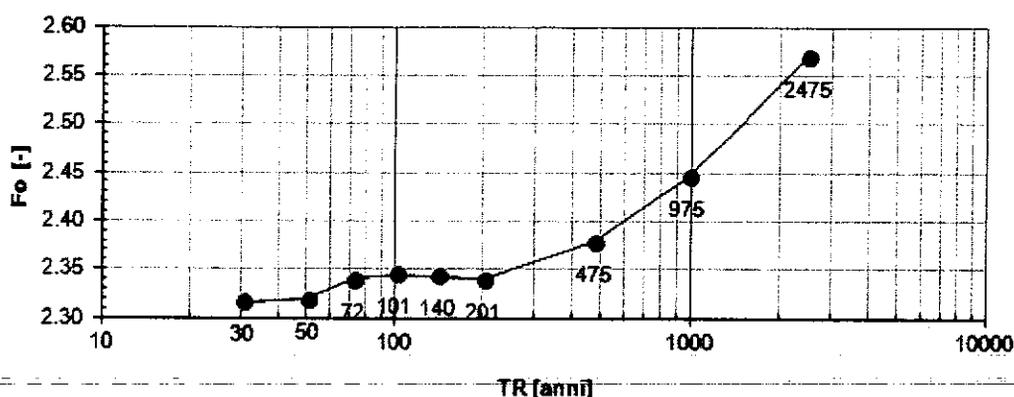
Tabella 6 – Parametri pericolosità sismica relativi al punto di indagine

Si riportano altresì i grafici inerenti alla variazione dei coefficienti sismici dell'area, a_g, F₀ e T_c*, rispettivamente l'accelerazione orizzontale massima attesa, il fattore quantitativo per l'amplificazione spettrale massima, il periodo di inizio del tratto a velocità costante dello spettro in accelerazione orizzontale. Tutti e tre i parametri in funzione di Tr.

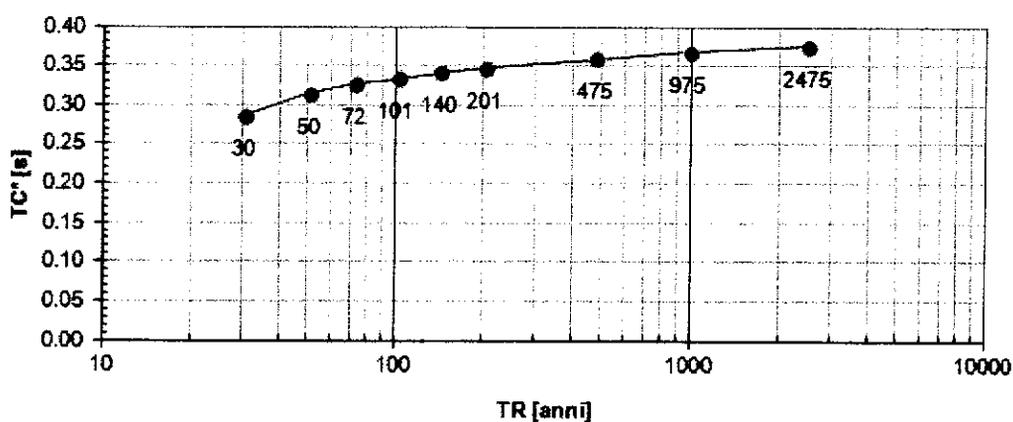
STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
Accelerazione orizzontale max attesa



Fattore quantitativo per l'amplificazione spettrale max



**Periodo iniziale tratto uniforme
spettro in accelerazione orizzontale**



La valutazione del rischio sismico, dopo la prima parte d'analisi generali, riguardanti le caratteristiche sismogenetiche, è stata condotta mediante un approccio analitico dei depositi che interessano il sottosuolo del territorio comunale. La procedura d'analisi consiste nella ricerca dei seguenti parametri:

- litologia prevalente dei materiali presenti nel sito;
- stratigrafia del sito;
- andamento delle Vs con la profondità fino a valori pari o superiori a 800 m/s;
- spessore e velocità di ciascun strato;
- modello geofisico - geotecnico.

Di seguito sono rappresentati i coefficienti sismici per la stabilità di pendii e fondazioni.

Coefficienti	SLO	SLD	SLV	SLC
K_h	0.015	0.020	0.063	0.087
K_v	0.008	0.010	0.031	0.044
a_{max} [m/s ²]	0.745	0.975	2.561	3.054
Beta	0.200	0.200	0.240	0.280

Dove:

K_h : coefficiente sismico orizzontale

K_v : coefficiente sismico verticale

a_{max} : accelerazione orizzontale massima attesa al sito

Beta: coefficiente di riduzione dell' a_{max}

Tabella 7 - Coefficienti sismici per la stabilità di pendii e fondazioni

DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE

Partendo dalle caratteristiche sismotettoniche complessive della Campania e delle principali manifestazioni sismiche, sia epicentrali, sia di risentimento dalle altre zone sismogenetiche presenti nelle vicinanze, la pericolosità sismica del territorio comunale è stata approfondita in relazione alle condizioni geologiche e morfologiche locali. Le caratteristiche sismiche di un'area sono definite dalle sorgenti sismogenetiche, dall'energia, dal tipo e dalla frequenza dei terremoti. Questi aspetti sono comunemente indicati come "pericolosità sismica di base" e sono quelli considerati per la classificazione sismica. Da queste caratteristiche deriva il moto di *input* atteso, per il calcolo del quale non sono considerate le caratteristiche locali e il territorio è trattato come se fosse uniforme ed omogeneo cioè pianeggiante e costituito da suolo rigido in cui la velocità di propagazione delle onde S (V_s) è maggiore di 800 m/s (suolo A dell'Eurocodice 8 - parte 1, EN 1998-1, 2003, dell'OPCM 3274/2003, del DM 14/9/2005 e DM 14.1.2008). Il moto sismico può essere però modificato dalle condizioni geologiche e morfologiche locali. Alcuni depositi e forme del paesaggio possono amplificare il moto sismico in superficie e favorire fenomeni di instabilità dei terreni quali cedimenti, frane o fenomeni di liquefazione. Queste modificazioni, dovute alle caratteristiche locali, sono comunemente definite "effetti locali". La zonazione del territorio sulla base della risposta sismica del terreno è perciò uno dei più efficaci strumenti di definizione e rappresentazione della pericolosità sismica e, quindi, di prevenzione e riduzione del rischio sismico, poiché fornisce un contributo essenziale per l'individuazione delle aree a maggiore pericolosità sismica ed agevola la scelta delle aree urbanizzabili con minor rischio e la definizione degli interventi ammissibili. Esiste ormai un generale accordo su quali depositi e forme del paesaggio possono, durante o a seguito di un terremoto, determinare amplificazioni del moto sismico in superficie o concorrere a modificare in maniera permanente l'assetto del

territorio causando cedimenti, franamenti e rotture del terreno.

Le conoscenze territoriali oggi disponibili, soprattutto grazie alle carte geologiche, alle banche dati geognostiche, alle carte topografiche ed ai modelli digitali del terreno, permettono la rapida individuazione degli elementi geologici e morfologici che possono favorire gli effetti locali.

Nella **Tabella 8** sono elencati i principali elementi del territorio che concorrono alla pericolosità sismica.

<p>Depositi che possono determinare amplificazione (spessore $Z \geq 5$ m):</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ detriti di versante (frane, detriti di falda, detriti eluvio-colluviali, detriti di versante s.l., depositi morenici, depositi da geliflusso); ○ detriti di conoide alluvionale; ○ depositi alluvionali terrazzati e di fondovalle; ○ accumuli detritici in zona pedemontana (falde di detrito e con di deiezione); ○ depositi fluvio-lacustri, riporti antropici poco addensati; ○ substrato affiorante alterato o intensamente fratturato (per uno spessore $Z \geq 5$ m); ○ litotipi del substrato con $V_s < 800$ m/sec.
<p>Elementi morfologici che possono determinare amplificazione: creste, cocuzzoli, dorsali allungate, versanti con acclività $> 15^\circ$ e altezza $Z > 30$ m</p>
<p>Depositi suscettibili di amplificazione, liquefazione e cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ depositi granulari fini (sabbie) con livello superiore della falda acquifera nei primi 15 m dal piano campagna, (fattori predisponenti al fenomeno di liquefazione); ○ depositi (spessore $Z \geq 5$ m) di terreni granulari sciolti o poco addensati o di terreni coesivi poco consistenti, caratterizzati da valori $NSPT < 15$ o $c_u < 70$ kPa.
<p>Aree soggette ad instabilità di versante:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ aree instabili: aree direttamente interessate da fenomeni franosi attivi; ○ aree potenzialmente instabili: aree in cui sono possibili riattivazioni (frane quiescenti) o attivazioni di movimenti franosi (tutti gli accumuli detritici incoerenti, indipendentemente dalla genesi, con acclività $> 15^\circ$; pendii costituiti da terreni prevalentemente argillosi e/o intensamente fratturati con acclività $> 15^\circ$; versanti con giacitura degli strati a franapoggio con inclinazione minore o uguale a quella del pendio; ○ aree prossime a zone instabili che possono essere coinvolte dalla riattivazione del movimento franoso; scarpate subverticali; accumuli detritici incoerenti prossimi all'orlo di scarpate).
<p>Elementi che possono determinare effetti differenziali, sia amplificazione che cedimenti:</p> <ul style="list-style-type: none"> ○ contatto laterale tra litotipi con caratteristiche fisico – meccaniche molto diverse; ○ cavità sepolte.

Tabella 8 - Principali condizioni geologiche e geomorfologiche che possono determinare effetti locali

SISMICITÀ STORICA

La sismicità storica del Comune di **Lauro** è stata desunta dal database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI15. Il database è stato realizzato nell'ambito delle attività del TTC (Tema Trasversale Coordinato) "Banche dati e metodi macrosismici" dell'INGV, con il contributo parziale del Dipartimento della Protezione Civile. La sismicità del territorio comunale è riassunta graficamente nel diagramma di Figura 4.

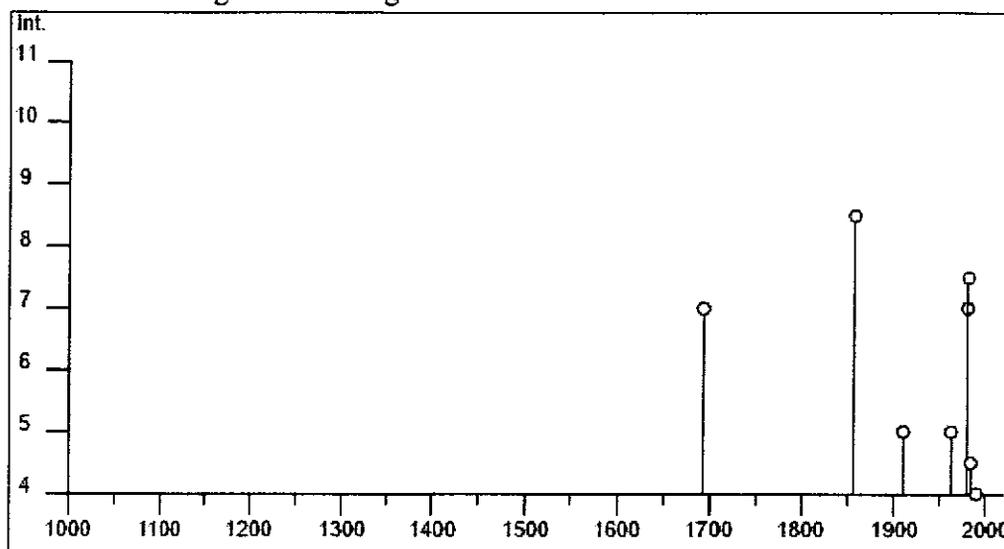


Figura 4 - Diagramma rappresentante la storia sismica del Comune di **Lauro**

Nella successiva Tabella 9 sono elencate le osservazioni, aventi la maggiore intensità al sito, disponibili per il territorio comunale.

Inoltre vengono indicate oltre alla stessa intensità al sito (Is), la data e l'ora in cui si è verificato, il numero dei punti di intensità (Np), l'intensità massima epicentrale in scala MCS (Io) e la magnitudo momento (Mw).

Effetti	data e ora		Sito	Np	Io	Mw
I [MCS]						
7	1694	09 08 11.40	Irpinia-Basilicata	251	10	6.79
7	1737	03 31 17.20	Campania	3	7	5.14
5-6	1910	06 07 02.04	Irpinia Basilicata	376	8	5.73
4	1913	10 04 18.26	Matese	205	7-8	5.37
4	1930	04 27 01.45	Salernitano	30	7	4.76
7	1930	07 23 00.00	Irpinia	547	10	6.62
4	1936	04 03 18.42	Valle Caudina	10	5-6	4.45
6	1962	08 21 18.10	Irpinia	262	9	6.13
7	1980	11 23 18:30	Irpinia Basilicata	1394	10	6.89
6-7	1981	02 14 17.20	Baiano	85	7-8	4.90
5-6	1990	05.05 07:20	Potentino	1374	7	5.80
4-5	1996	04 03 13:00	Irpinia	557	6	4.93
4-5	2005	05 21 19: 50	Irpinia	276	5-6	4.40

Tabella n° 9: elenco dei terremoti che hanno interessato l'area in esame

Lauro, Maggio 2019

Geologo *Carmine Domenico Manganiello*
 Carmine Domenico Manganiello
 Albo n. 832
 della Regione Campania
 geocarmine@alice.it

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

Geologo Carmine D. Manganiello



*Via Provinciale per Nola
San Paolo Belsito (NA)
Tel 0815105501 cell. 3281434274*

P.E.C. geologomanganiello@epap.sicurezzapostale.it email geocarmine@alice.it

COMUNE DI LAURO

Provincia di Avellino

ELABORATO

INDAGINE SISMICA METODO DEI MICROTREMORI



Il Geologo
Carmine Domenico Manganiello

Comune di Lauro, Cimitero Comunale

Strumento: TRZ-0128/01-10

Inizio registrazione: 17/06/15 09:21:18 Fine registrazione: 17/06/15 09:35:18

Nomi canali: NORTH SOUTH; EAST WEST; UP DOWN

Lat. 40.524470 Lon. 14.371263

Durata registrazione: 0h14'00". Analizzato 33% tracciato (selezione manuale)

Freq. campionamento: 128 Hz

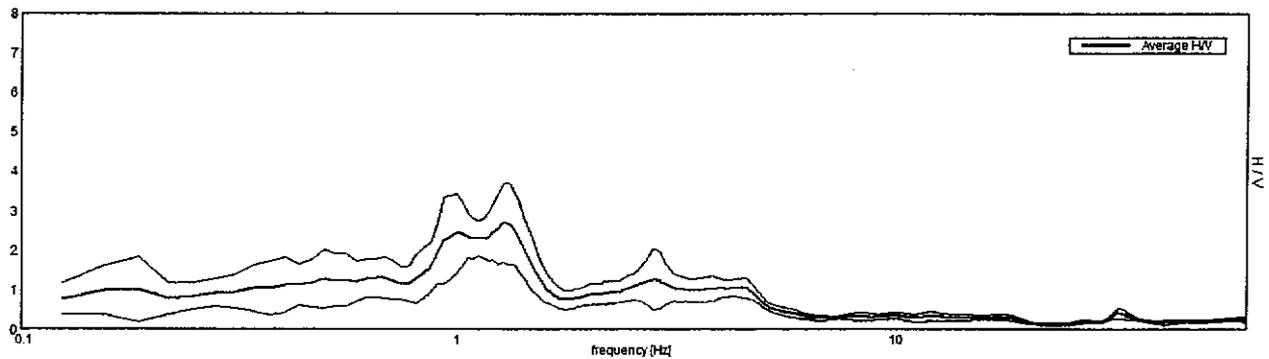
Lunghezza finestre: 20 s

Tipo di lisciamento: Triangular window

Lisciamento: 10%

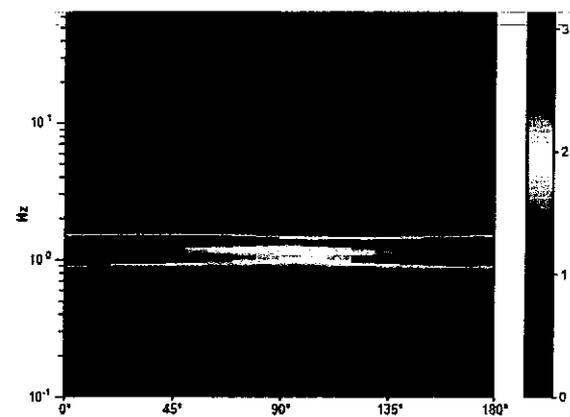
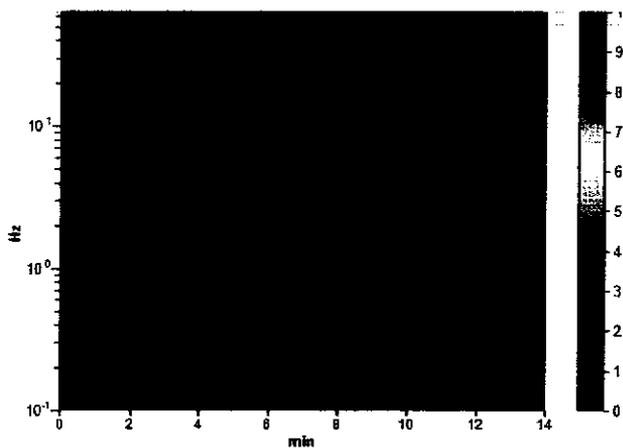
RAPPORTO SPETTRALE ORIZZONTALE SU VERTICALE

Max. HV at 1.31 ± 0.11 Hz. (In the range 0.0 - 20.0 Hz).

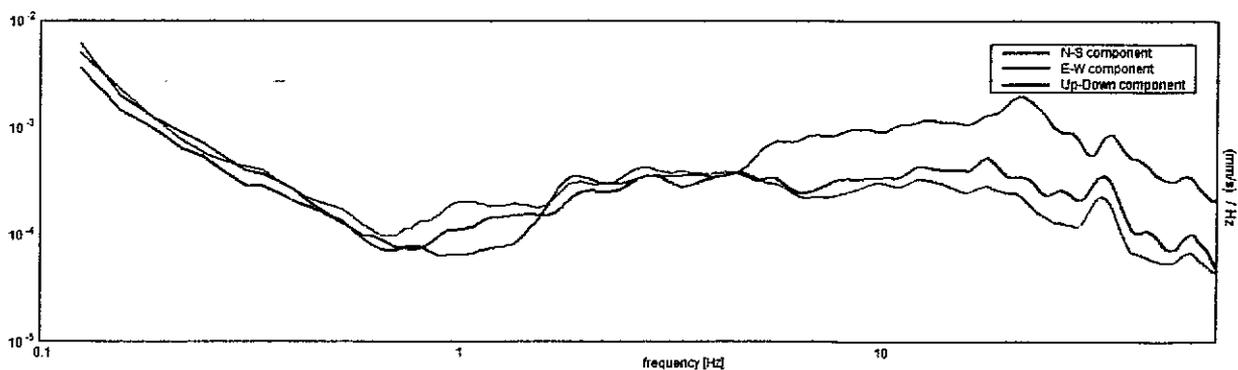


SERIE TEMPORALE HV

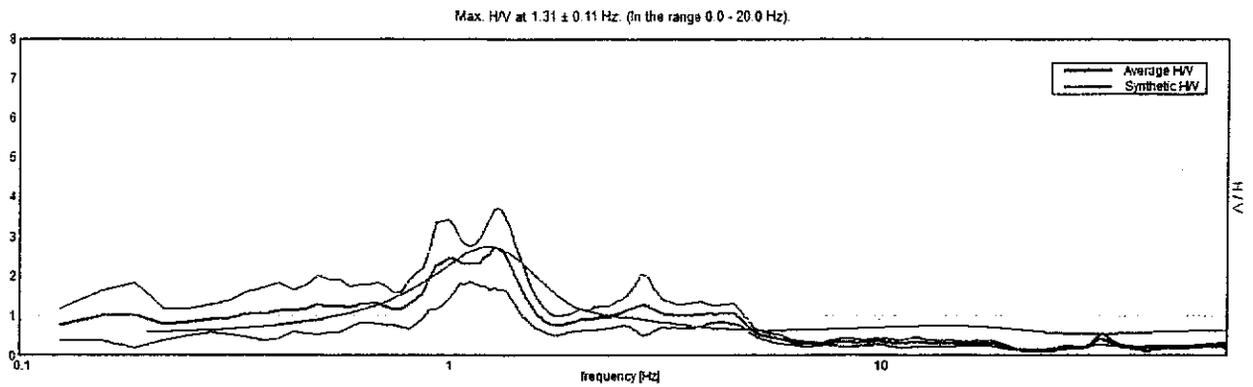
DIREZIONALITA' HV



SPETTRI DELLE SINGOLE COMPONENTI

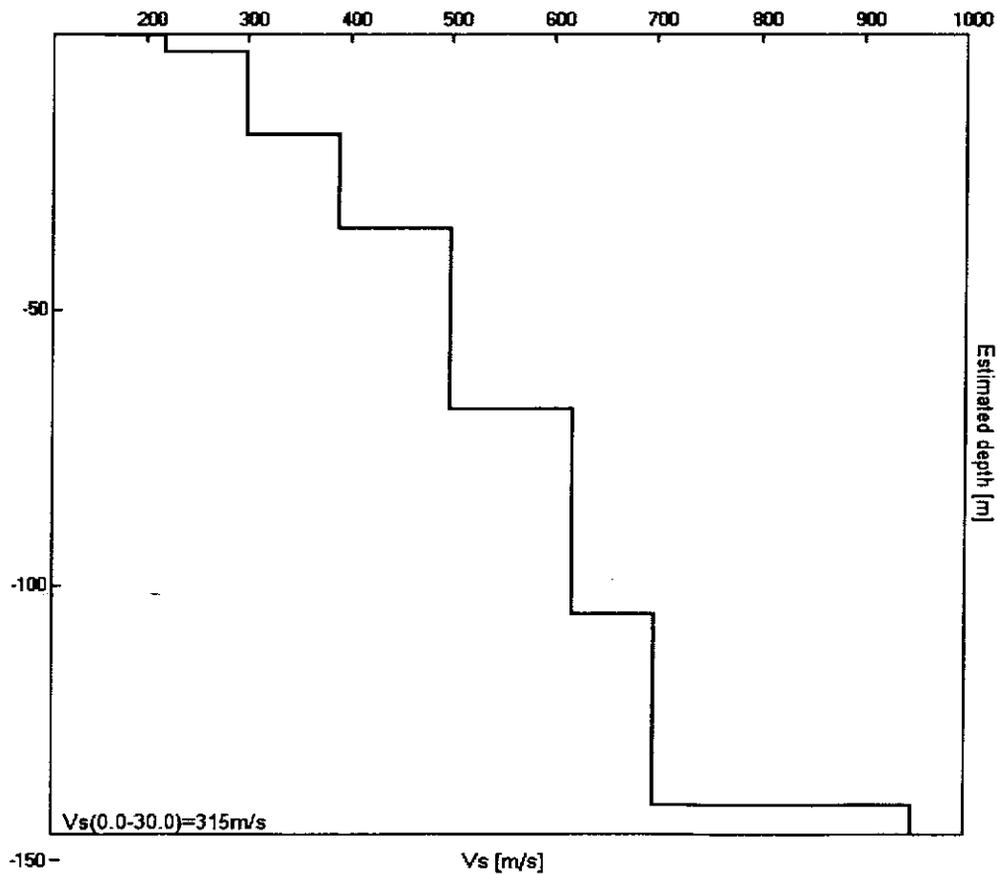


H/V SPERIMENTALE vs. H/V SINTETICO



Profondità alla base dello strato [m]	Spessore [m]	Vs [m/s]	Rapporto di Poisson
0.20	0.20	160	0.35
3.20	3.00	220	0.35
18.20	15.00	300	0.35
35.20	17.00	390	0.35
68.20	33.00	500	0.35
105.20	37.00	620	0.35
140.20	35.00	700	0.35
inf.	inf.	950	0.35

Vs(0.0-30.0)=315m/s



[Nella tabella seguente, si illustra la qualità del segnale acquisito in base al progetto SESAME (linee guida 2005). Per l'affidabilità della curva HVSR devono essere positivi i primi tre parametri mentre per avere un chiaro e pulito segnale del picco massimo devono essere soddisfatti almeno cinque dei sei criteri successivi. Si osserva che il picco a 1.31 Hz soddisfa tutti i criteri, per cui tale picco può essere considerato a tutti gli effetti la frequenza di amplificazione del sito]

Picco H/V a 1.31 ± 0.11 Hz (nell'intervallo 0.0 - 20.0 Hz).

Criteri per una curva H/V affidabile

[Tutti 3 dovrebbero risultare soddisfatti]

$f_0 > 10 / L_w$	$1.31 > 0.50$	OK	
$n_c(f_0) > 200$	$367.5 > 200$	OK	
$\sigma_A(f) < 2$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 > 0.5$ Hz $\sigma_A(f) < 3$ per $0.5f_0 < f < 2f_0$ se $f_0 < 0.5$ Hz	Superato 0 volte su 64	OK	

Criteri per un picco H/V chiaro

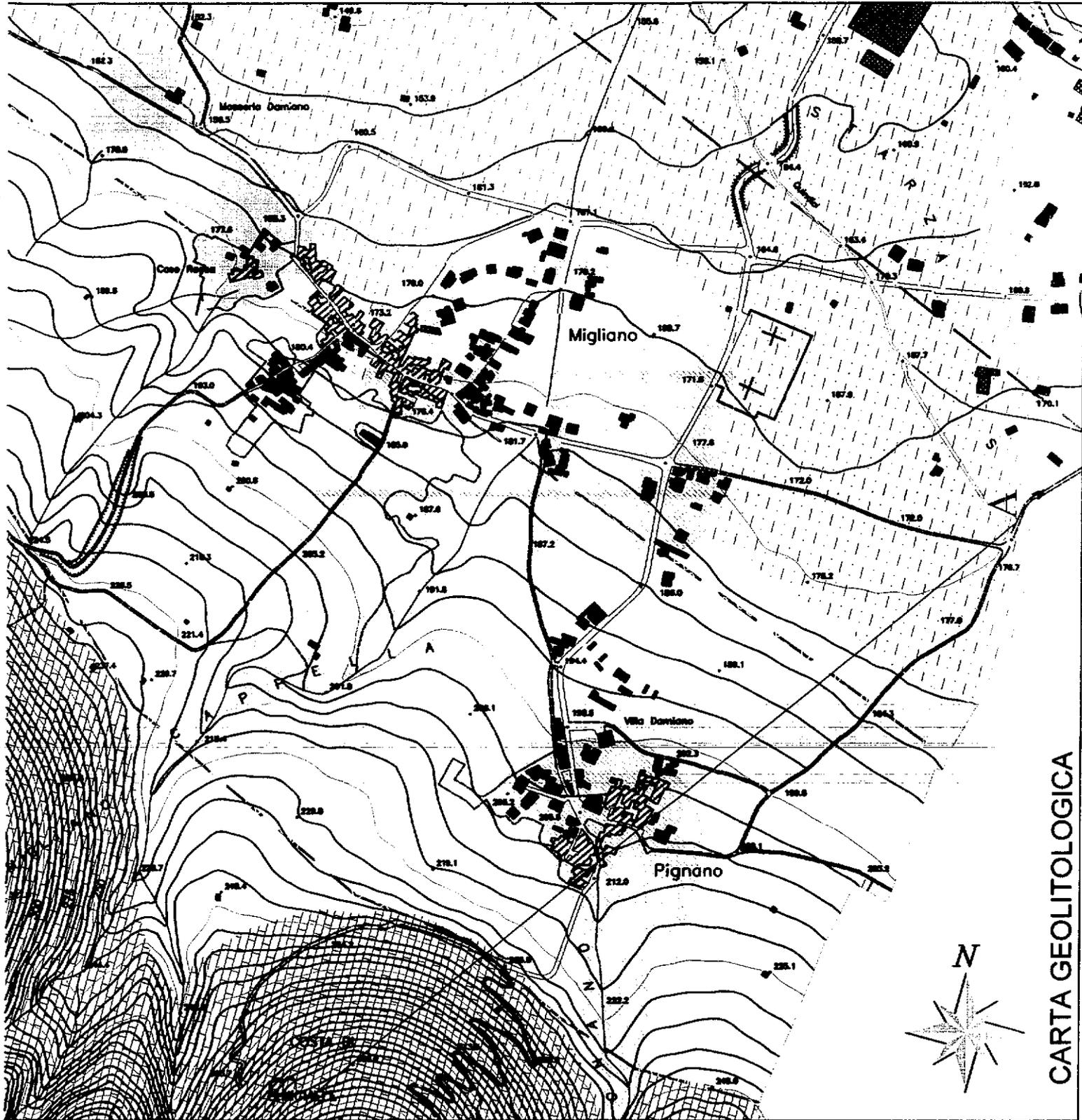
[Almeno 5 su 6 dovrebbero essere soddisfatti]

Esiste f^- in $[f_0/4, f_0]$ $A_{HV}(f^-) < A_0 / 2$	0.813 Hz	OK	
Esiste f^+ in $[f_0, 4f_0]$ $A_{HV}(f^+) < A_0 / 2$	1.563 Hz	OK	
$A_0 > 2$	$2.70 > 2$	OK	
$f_{\text{picco}}[A_{HV}(f) \pm \sigma_A(f)] = f_0 \pm 5\%$	$ 0.03788 < 0.05$	OK	
$\sigma_f < \varepsilon(f_0)$	$0.04971 < 0.13125$	OK	
$\sigma_A(f_0) < \theta(f_0)$	$0.4585 < 1.78$	OK	

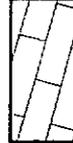
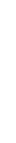
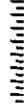
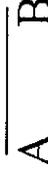
L_w	lunghezza della finestra
n_w	numero di finestre usate nell'analisi
$n_c = L_w n_w f_0$	numero di cicli significativi
f	frequenza attuale
f_0	frequenza del picco H/V
σ_f	deviazione standard della frequenza del picco H/V
$\varepsilon(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_f < \varepsilon(f_0)$
A_0	ampiezza della curva H/V alla frequenza f_0
$A_{HV}(f)$	ampiezza della curva H/V alla frequenza f
f^-	frequenza tra $f_0/4$ e f_0 alla quale $A_{HV}(f^-) < A_0/2$
f^+	frequenza tra f_0 e $4f_0$ alla quale $A_{HV}(f^+) < A_0/2$
$\sigma_A(f)$	deviazione standard di $A_{HV}(f)$, $\sigma_A(f)$ è il fattore per il quale la curva $A_{HV}(f)$ media deve essere moltiplicata o divisa
$\sigma_{\log HV}(f)$	deviazione standard della funzione $\log A_{HV}(f)$
$\theta(f_0)$	valore di soglia per la condizione di stabilità $\sigma_A(f) < \theta(f_0)$

Valori di soglia per σ_f e $\sigma_A(f_0)$

Intervallo di freq. [Hz]	< 0.2	0.2 - 0.5	0.5 - 1.0	1.0 - 2.0	> 2.0
$\varepsilon(f_0)$ [Hz]	$0.25 f_0$	$0.2 f_0$	$0.15 f_0$	$0.10 f_0$	$0.05 f_0$
$\theta(f_0)$ per $\sigma_A(f_0)$	3.0	2.5	2.0	1.78	1.58
$\log \theta(f_0)$ per $\sigma_{\log HV}(f_0)$	0.48	0.40	0.30	0.25	0.20



LEGENDA

- 
 Detrito di falda frammiato a piroclastici dilavate
- 
 Alluvioni di fondovalle costituite da terreni piroclastici rimaneggiati ed alterati intercalati con strati di ghiaia e sabbia
- 
 Calcarci ricoperti da terreni piroclastici di spessore variabile.
- 
 Lembi della serie silico marmosee
- 
 Conoide costituita almeno in parte da frange di colata, di tipo detrito fangoso o di fango, di età recente e/o storica.
- 
 Reticolo idrografico superficiale
- 
 Alvei
- 
 Ori di scarpate strutturali ed artificiali
- 
 Probabile sovraccorrimento
- 
 Probabile linea di faglia
- 
 Traccia di sezione
- 
 Profilo topografico

CARTA GEOLITOLGICA

SCALA 1:5000

Sommario

INDAGINI GEOTECNICHE	1
NORMATIVA DI RIFERIMENTO	1
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	4
SINTESI DI CALCOLO DEL Vs30	4
CONCLUSIONI	5

RELAZIONE SULLE INDAGINI

INDAGINI GEOTECNICHE

Il Comune di Lauro con determina n° 442 del 18-11-2015 ha incaricato lo scrivente Geologo Carmine Domenico Manganiello di redigere uno studio geologico nell'ambito del progetto [*Lavori di abbattimento di strutture fatiscenti poste all'ingresso del cimitero e la realizzazione di nuovo ingresso e di nuovi loculi*].

Di seguito viene prodotta la presente relazione esplicativa sulle indagini.

NORMATIVA DI RIFERIMENTO

- *L. 2 febbraio 1974, n.64: "Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche".*
- *D.M. 11 marzo 1988: "Norme tecniche riguardanti le indagini sui terreni e sulle rocce, la stabilità dei pendii naturali e delle scarpate, i criteri generali e le prescrizioni per la progettazione, l'esecuzione e il collaudo delle opere di sostegno delle terre e delle opere di fondazioni".*
- *Circolare LL.PP. 9 gennaio 1996: "Istruzioni applicative per la redazione delle relazioni geologica e geotecnica".*
- *Provvedimenti per le costruzioni con particolari prescrizioni per le zone sismiche (Legge 2/02/74 n.64 ed O.P.C.M. 3274/2003).*
- *D.M. Infrastrutture e Trasporti del 14/09/2005 pubblicato sulla G.U. del 23/09/2005 ed in vigore dal 23/10/2005.*

Per la ricostruzione della successione stratigrafica e la caratterizzazione geologico-tecnica dell'area d'intervento sono stati analizzati i dati raccolti mediante un approfondito rilevamento geologico di superficie, sono stati consultati vari lavori eseguiti nell'ambito del territorio comunale nonché gli studi geologici dei vari piani urbanistici. Sono state effettuate inoltre specifiche indagini in situ, quali n. 1 prospezione sismica con il metodo dei microtremori HVSR.

Tutte le fasi del programma di indagine sono state eseguite secondo le Raccomandazioni sulla programmazione ed esecuzione delle indagini geotecniche A.G.I. (1977). L'elaborazione dei risultati delle prove è stata effettuata nel pieno rispetto della vigente normativa tecnica, Norme Tecniche per le Costruzioni, D.M.14 gennaio 2008 e Circolare 2 febbraio 2009, n. 617, C.S.LL.PP..

Il tutto ha permesso di risalire alla stratigrafia dell'area, alla caratterizzazione geotecnica ed alla conseguente classificazione in prospettiva sismica secondo l'ultima normativa. La valutazione dei parametri geotecnici dei terreni affioranti è stata eseguita utilizzando classificazioni semplificate basate sulle caratteristiche granulometriche, sulla coesività e sulla consistenza dei materiali per le terre (AGI, 1977; HOECK & BRAY, 1981).

I terreni superficiali presentano un assortimento granulometrico che va dalla ghiaia ai limi attraverso tutti i termini intermedi (ghiaia, sabbie ghiaiose, sabbie limose, limi sabbiosi e/o ghiaiosi). Inoltre i materiali piroclastici sono generalmente sciolti ma in alcuni casi si presentano alquanto compatti. Comunque va ricordato che là dove i manufatti poggiano le proprie fondazioni sulle piroclastiti sciolte i problemi geotecnici sono legati, oltre che alla buona o cattiva qualità delle fondazioni, alle peculiarità di questi materiali. Le piroclastiti napoletane sono dei buoni terreni di fondazione e le caratteristiche meccaniche, riassumibili nell'angolo di attrito interno ϕ , sono buone. Questi terreni hanno però una particolarità che consiste nel fatto che quando vengono saturati d'acqua tendono a compattarsi con conseguente diminuzione degli spazi intergranulari (meati).

Nelle valutazioni che il progettista deve svolgere per pervenire ad una scelta corretta dei valori caratteristici, appare giustificato il riferimento a valori prossimi ai valori medi quando nello stato limite considerato è coinvolto un elevato volume di terreno, con possibile compensazione delle eterogeneità o quando la struttura a contatto con il terreno è dotata di rigidità sufficiente a trasferire le azioni dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti. Al contrario, valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri

geotecnici appaiono più giustificati nel caso in cui siano coinvolti modesti volumi di terreno, con concentrazione delle deformazioni fino alla formazione di superfici di rottura nelle porzioni di terreno meno resistenti del volume significativo, o nel caso in cui la struttura a contatto con il terreno non sia in grado di trasferire forze dalle zone meno resistenti a quelle più resistenti a causa della sua insufficiente rigidità. La scelta di valori caratteristici prossimi ai valori minimi dei parametri geotecnici può essere dettata anche solo dalle caratteristiche dei terreni. Basti pensare, ad esempio, all'effetto delle discontinuità sul valore operativo della resistenza non drenata. L' EC7, al punto 2.4.5.2 2, definisce quanto segue:

“Il valore caratteristico di un parametro geotecnico sarà scelto come una stima cautelativa del valore che influenza l'insorgere dello stato limite”.

Definire il valore caratteristico significa pertanto scegliere il parametro geotecnico che influenza il comportamento del terreno in quel determinato stato limite ed adottarne un valore, o stima, a favore della sicurezza. Nella tabella n° 1 sono riassunti i principali parametri geotecnici che possono essere attribuiti ai terreni presenti nei primi metri a partire dal piano campagna. I valori ricavati nel corso della presente indagine possono essere confrontati con quelli ricavati attraverso gli studi urbanistici, sulla base di una accurata ricerca bibliografica. Nella fattispecie si è tentato di fornire, per i terreni o gruppi di terreni individuati, una serie di parametri in grado di rappresentarli al meglio. Tali terreni hanno una compattazione variabile, medio bassa nella maggior parte dei litotipi presenti, elevata in corrispondenza di livelli ghiaiosi calcarei e/o cineritici particolarmente addensati. Nella tabella che segue sono riassunti i principali parametri geotecnici che possono essere attribuiti ai terreni presenti nei primi metri a partire dal piano campagna e ricavati da profili Penetrometrici Dinamici Pesanti e indagini di laboratorio eseguite in occasione dello studio per il P.U.C.

<u>Litologia</u>	ϕ (°)	γ (KN/mc)	Dr (%)	<u>Ed. Kg/cm²</u>	<u>Young Kg/cm²</u>
Terreno vegetale	23	14	14	38	43
Sabbia con piroclastiti	26	16	40	47	79
Pomici in matrice sabbiosa	22	13	19	50	70

Tabella n° 1

Dove: ϕ Angolo di attrito interno γ Peso di volume asciutto Dr Densità relativa
Ed. Modulo edometrico Young Modulo di Young

CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO

L'aggiornamento Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. del 17/01/2018,(GU supplemento n. 8 del 20-2-2018) ha introdotto la nuova normativa tecnica in materia di progettazione antisismica. Tra le importanti novità relative alle metodologie di calcolo delle strutture è stato introdotto la risposta sismica locale ma dove ne ricorrono i presupposti, in modo semplificato, si può ricorrere all'uso di coefficienti per la determinazione dello spettro elastico di risposta che dipende dalla classificazione dei suoli, per la definizione dell'azione sismica di progetto, in 5 categorie principali (dalla

A alla E) da individuare in relazione ai parametri di velocità delle onde di taglio mediate sui primi 30 metri di terreno (V_{S30}), Per V_{S30} si intende la media pesata delle velocità delle onde S negli strati fino a 30 metri di profondità dal piano delle fondazioni, determinata secondo la seguente formula:

$$V_{S30} = \frac{30}{\sum_{i=1,N} \frac{h_i}{V_i}}$$

SINTESI DI CALCOLO DEL V_{S30}

Nuove Norme Tecniche per le Costruzioni D.M. del 17/01/2018, (GU supplemento n. 8 del 20-2-2018).

Caratteristiche medie dei sismostrati:

Sismostrati	V_s [m/s]	Z [m]
1	220	3
2	300	15
3	390	12

Legenda V_s = Velocità delle onde di taglio Z= Spessore degli strati

Stima del Vs30 medio nei primi 30 metri di profondità a partire dal piano delle fondazioni

Vs30 =	315	[m/s]	Classe	C
---------------	------------	--------------	---------------	----------

Suolo	Descrizione geotecnica
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 e 180 m/s.
E	<i>Terreni con caratteristiche e valori di velocità equivalente riconducibili a quelle definite per le categorie C o D, con profondità del substrato non superiore a 30 m.</i>

Tab. 3.2.II

CONCLUSIONI

Per valutare l'idoneità del sito in studio, sono state prese in esame tutte le caratteristiche morfologiche, geotecniche ed idrogeologiche che concorrono, in senso positivo o negativo, a determinare le condizioni di stabilità e sicurezza del progetto da realizzare, quali:

- a) pendenza del terreno e condizioni di stabilità al contorno;
- b) presenza di falda acquifera superficiale;
- c) rischio di inondazioni;
- d) disturbi tettonici;
- e) capacità ammissibile del terreno di sedime di eventuali manufatti.

Gli elementi acquisiti durante il rilievo di superficie e quelli acquisiti dalla ricerca bibliografica hanno consentito di definire le caratteristiche geologiche, geomorfologiche ed idrogeologiche dell'area d'interesse. L'interpretazione dei dati raccolti ha permesso di ricostruire la successione litostratigrafica locale (vedasi stratigrafia in allegato alla presente). L'elaborazione delle indagini geognostiche e geofisiche ha consentito di caratterizzare il sito dal punto di vista geotecnico e sismico. La falda si rinviene ben oltre i 100 metri da piano campagna e quindi ininfluenza per le opere da realizzare. Dal punto di vista tettonico non esistono particolari rischi. Non sono noti infatti indizi di attività tettonica attiva neanche con

il terremoto del 1980. L'area di interesse, così come evidenziato dal PSAI redatto dell'Autorità di Bacino Distrettuale dell'Appennino Meridionale, ricade in area a rischio idrogeologico e lo si evince precisamente dagli stralci delle cartografie Rischio idraulico e da Frana, Tavole 448124 (vedi all. fig. n° 1 e 2).

San Paolo Bel Sito, Maggio 2019



STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA

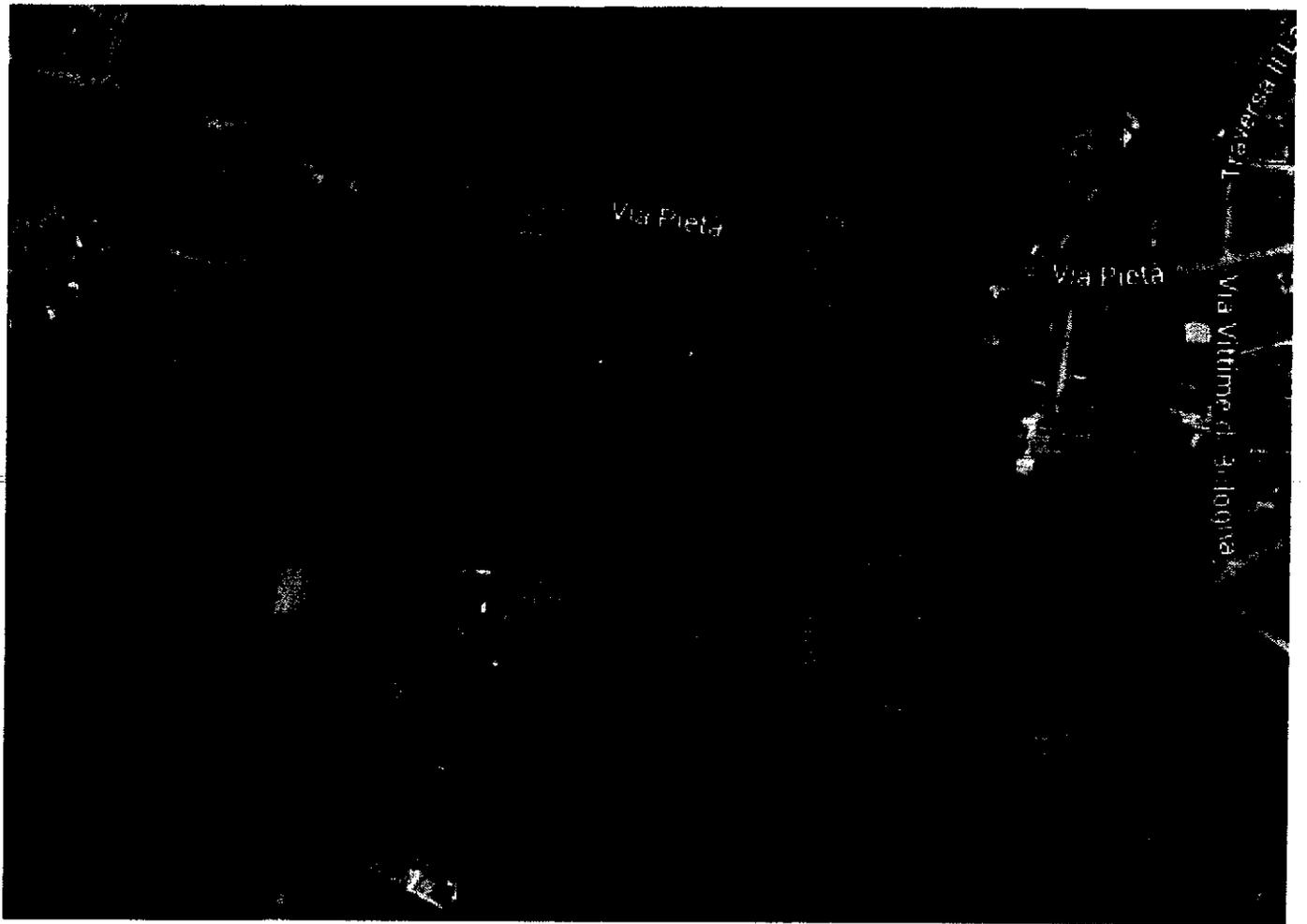
Via Provinciale per Nola San Paolo Belsito (NA)
 TEL.FAX 0815105501 CELL. 3281434274

Committente COMUNE DI LAURO Cantiere Cimitero comunale Indagine Sondaggio

Scala (mt)	Litologia	Descrizione	Quota	Falda	NOTE
1		Terreno Vegetale	0.80		
2		sabbia con piroclastiti			
3			5.70		
4					
5					
6					
7		sabbia e ghiaia			
8					
9					
10					
11					
12			12.50		
13					
14					
15					
16					
17					
18					
19		limo sabbioso			
20					
21					
22			7.00		
23					
24					
25					
26		cinerite addensata			
27					
28			4.00		
29					
30					
31					
32					
33					
34					
35					
36					



geologo Carmine D.Manganiello



Legenda ○ HVSR ◻ Dow Hole ◻ Penetrometrica pesante DPSH



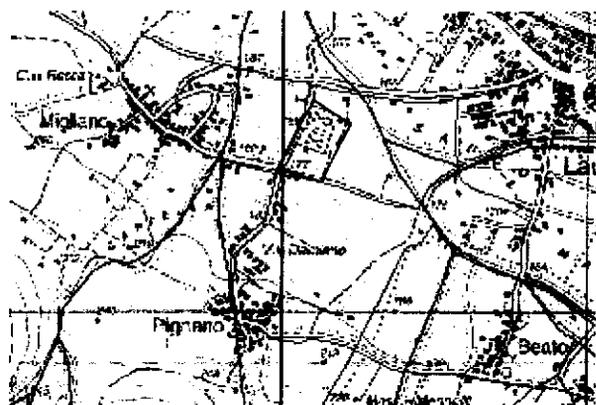
COMUNE DI LAURO

Provincia di Avellino

*Progetto per lavori di abbattimento di strutture
fatiscenti poste all'ingresso del cimitero e la
realizzazione di nuovo ingresso e di nuovi loculi*

Committente: Comune di Lauro (AV)

RELAZIONE SISMICA



				DATA	Maggio 2019

San Paolo Belsito (NA) VIA Provinciale per Nola TEL. 0815105501 CELL. 3281434274

P.E.C. geologomanganiello@epap.sicurezzapostale.it

email geocarmine@alice.it

Sommario

DATI GENERALI DEL PROGETTO	2
LOCALIZZAZIONE DEL SITO	3
ANALISI DEI MICROTREMORI.....	4
RUMORE SISMICO ED EFFETTI DI SITO	5
STRATIGRAFIA SISMICA	8
ESECUZIONE DI MISURE DI RUMORE SISMICO AMBIENTALE.....	8
<hr/>	
PREMESSA SULLE ELABORAZIONI	10
INTERPRETAZIONE HVSR	10
FATTORE DI AMPLIFICAZIONE DINAMICA.....	12
CARATTERIZZAZIONE SISMICA DEL SITO	14
CLASSIFICAZIONE SISMICA DELL'AREA.....	15
DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITÀ SISMICA LOCALE	22
SISMICITÀ STORICA	24

DATI GENERALI DEL PROGETTO

Progetto: [*Lavori di abbattimento di strutture fatiscenti poste all'ingresso del cimitero e la realizzazione di nuovo ingresso e di nuovi loculi*].

Località: Cimitero Lauro (AV)

Coordinate

Lat. 40.879140	Long. 14.620368
-----------------------	------------------------

Committente: Comune di Lauro

Quota: 170 m.s.l.m.

Data: 12/01/2019

PROSPEZIONE SISMICA HVSR (HORIZONTAL TO VERTICAL SPECTRAL RATIO) METODO MICROTREMORI

CARATTERISTICA DELLO STRUMENTO

Produttore: **Micromed S.p.a.**

Modello: **Tromino**

Proprietà: *Geologo Carmine Domenico Manganiello*

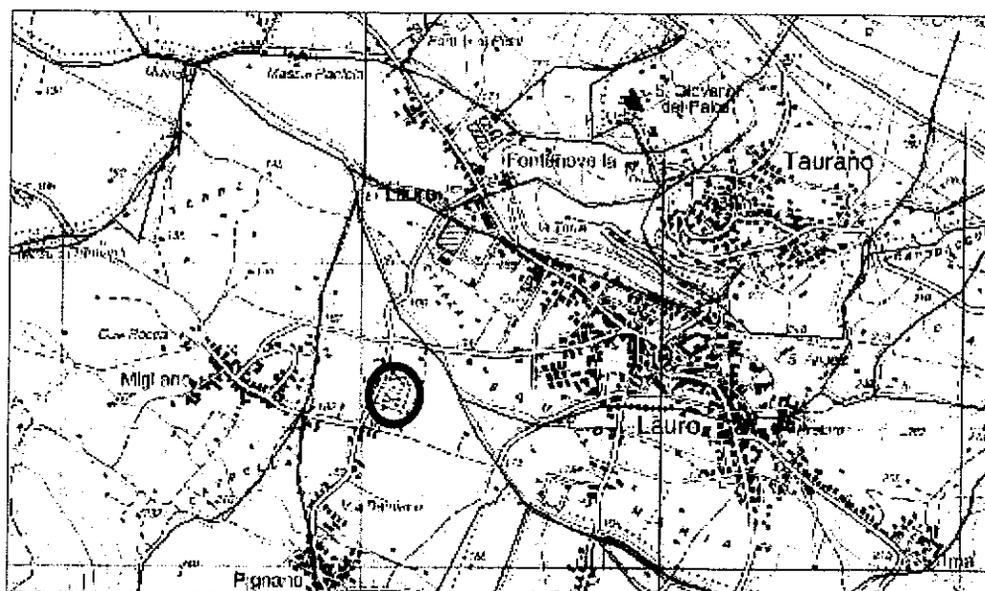
Direzione esecuzione prova: *Geologo Carmine Domenico Manganiello*

Elaborazione prova: *Geologo Carmine Domenico Manganiello*

Software Elaborazione *Grilla*

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
LOCALIZZAZIONE DEL SITO

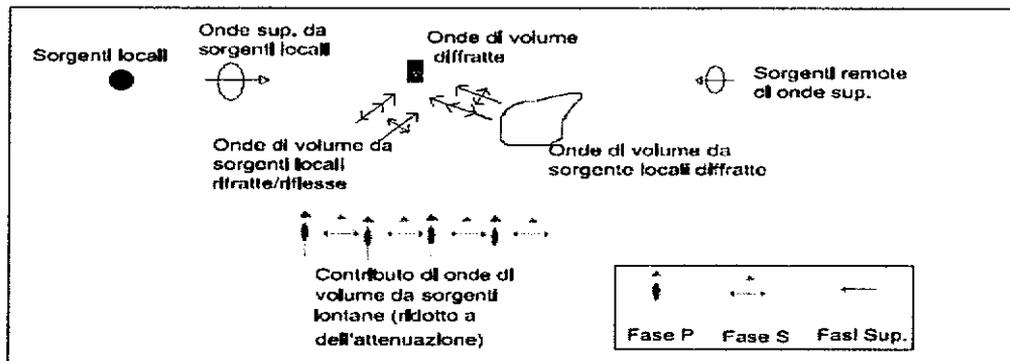
Planimetria con indicazione ubicazione prova



Stralcio planimetrico in scala 1:25000

STUDIO TECNICO DI GEOLOGIA
ANALISI DEI MICROTREMORI

Il metodo si basa sulla misura del rumore sismico ambientale che risulta prodotto sia da fenomeni atmosferici (onde oceaniche, vento) sia dall'attività antropica oltre che, ovviamente, dall'attività dinamica terrestre. Si chiama anche microtremore in quanto riguarda oscillazioni molto piccole ($10 - 15 \text{ (m/s}^2\text{)}$ in termini di accelerazione, inferiori di diversi ordini di grandezza rispetto a quelle indotte dai terremoti nel campo vicino. I metodi che si basano sull'acquisizione dei microtremori si dicono passivi poiché il rumore non è generato ad hoc, come avviene invece nel caso della sismica attiva (esplosioni).



Nel tragitto dalla sorgente al sito le onde elastiche (sia di terremoto che di microtremore) ~~subiscono riflessioni, rifrazioni, intrappolamenti per fenomeni di guida d'onda e~~ attenuazioni che dipendono dalla natura del sottosuolo attraversato. Questo significa che se da un lato l'informazione relativa alla sorgente viene persa e non sono più applicabili le tecniche della sismica classica di ray tracing, è presente comunque una parte debolmente correlata nel segnale che può essere estratta e che contiene le informazioni relative al percorso del segnale ed in particolare relative alla struttura locale vicino al sensore. Dunque, anche il debole rumore sismico, che tradizionalmente costituisce la parte di segnale scartata dalla sismologia classica, contiene informazione. Questa informazione è però sepolta all'interno del rumore casuale e può essere estratta attraverso tecniche opportune. Lo spettro in frequenza del rumore di fondo in un terreno roccioso pianeggiante presenta dei picchi a 0.14 e 0.07 Hz, comunemente interpretati come originati dalle onde oceaniche. Tali componenti spettrali vengono attenuate molto poco anche dopo tragitti di migliaia di chilometri per effetto di guida d'onda. A tale andamento generale, che è sempre presente, si sovrappongono le sorgenti locali, antropiche (traffico, industrie ma anche il semplice passeggiare di una persona) e naturali che però si attenuano fortemente a frequenze superiori a 20 Hz, a causa dell'assorbimento anelastico originato dall'attrito interno delle rocce.

RUMORE SISMICO ED EFFETTI DI SITO

Il metodo del rumore sismico per la valutazione degli effetti di sito è ampiamente usato in Giappone, ma molto meno nel resto del mondo per alcune questioni ancora irrisolte che riguardano essenzialmente la grande variabilità della sorgente del rumore da un sito ad un altro e la variabilità del livello del rumore durante il giorno. La ragione dell'utilizzo sempre maggiore del metodo del rumore risiede nel costo limitato e nella relativa facilità di misura ed analisi dei segnali. In relazione agli effetti di sito, l'analisi delle misure di rumore sismico può essere fatta con

Spettri di Fourier — Rapporti spettrali — Rapporti spettrali H/V

Nel nostro caso vengono analizzati i rapporti spettrali H/V.

La tecnica dei rapporti spettrali H/V consiste nel calcolo del rapporto degli spettri di Fourier del rumore nel piano orizzontale H (generalmente lo spettro H viene calcolato come media degli spettri di Fourier delle componenti orizzontali NS ed EW) e della componente verticale V. Il metodo è applicabile alle misure di rumore registrate in una singola stazione posta su sedimenti. Il metodo è stato introdotto da scienziati giapponesi (purtroppo in lingua giapponese) agli inizi degli anni '70, tra i quali Nogoshi e Igarashi (1971) e Shiono et al. (1979), che indagarono sul significato fisico del rapporto H/V e mostrarono la sua relazione diretta con la curva di ellitticità delle onde di Rayleigh. Essi conclusero che il picco massimo di ampiezza si verifica alla frequenza di risonanza fondamentale della copertura di terreni. Nel 1989, Nakamura propose in inglese il rapporto H/V come stima affidabile della funzione di trasferimento delle onde S per un dato sito. Le argomentazioni usate da Nakamura sono estremamente qualitative e si basano sull'ipotesi che i microtremori siano originati da sorgenti molto locali, come il traffico vicino al sismometro, e siano onde di Rayleigh che si propagano in un solo strato su un semispazio. Assumendo che le sorgenti, essendo molto locali, non eccitano la base dello strato di sedimenti, è possibile stimare la forma spettrale della sorgente del microtremore, A_s , come funzione della frequenza f , dal rapporto:

$$A_s(f) = \frac{V_s(f)}{V_b(f)}$$

essendo V_s e V_b gli spettri di ampiezza di Fourier della componente verticale del moto rispettivamente sulla superficie e alla base dello strato di sedimenti. Si assume poi che una stima degli effetti di sito per un terremoto, Se , è dato da:

$$Se(f) = \frac{H_s(f)}{H_b(f)}$$

in cui H_s e H_b sono gli spettri di ampiezza di Fourier del moto orizzontale, rispettivamente sulla superficie e alla base dello strato di sedimenti.