



**PROTEZIONE CIVILE**  
Presidenza del Consiglio dei Ministri  
Dipartimento della Protezione Civile



**CONFERENZA DELLE REGIONI E  
DELLE PROVINCE AUTONOME**

Attuazione dell'articolo 11 della legge 24 giugno 2009, n. 77

# MICROZONAZIONE SISMICA

## Relazione Geologica di Microzonazione Sismica

**Regione Lazio**

**Comune di Albano Laziale**



Regione	Soggetto Realizzatore	Data
	<p><b>IL RESPONSABILE</b> Dott. Geol. Massimiliano Carelli</p> <p><b>GRUPPO DI LAVORO</b> Dott.ssa Mariaelena Lulli Dott. Geol. Matteo Costantino</p>	

## INDICE

<b>1 - INTRODUZIONE.....</b>	<b>2</b>
1.1 - Articolazione dello studio.....	3
<b>2 - UBICAZIONE DELL'AREA E INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO .....</b>	<b>6</b>
<b>3 - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO .....</b>	<b>8</b>
<b>4 - GEOLOGIA.....</b>	<b>13</b>
4.1 - Sintesi geologico-strutturale .....	13
4.2 - Assetto geologico locale.....	18
<b>5 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO .....</b>	<b>22</b>
<b>6 - DATI GEOTECNICI E GEOFISICI .....</b>	<b>24</b>
6.1 - Indagini reperite .....	24
6.2 - Analisi delle vibrazioni ambientali .....	24
<b>7 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DEL SOTTOSUOLO .....</b>	<b>26</b>
<b>8 - ELABORATI CARTOGRAFICI.....</b>	<b>28</b>
8.1 - Carta delle Indagini.....	28
8.2 - Carta delle Frequenze fondamentali.....	29
8.3 - Carta delle microzone omogenee in prospettiva sismica.....	30
<b>9 - INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE.....</b>	<b>33</b>
<b>10 - BIBLIOGRAFIA .....</b>	<b>35</b>

### **ALLEGATI**

- Carta Geologico Tecnica
- Carta delle Indagini
- Carta delle Frequenze fondamentali
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

## 1 - INTRODUZIONE

Ai sensi della D.G.R. del 26 novembre 2010, n° 545 "Approvazione Linee Guida per l'utilizzo degli Indirizzi e Criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica nel territorio della Regione Lazio di cui alla D.G.R. n° 387/2009. Modifica della D.G.R. n° 2649/1999" pubblicata sul B.U.R.L. n° 48 del 28 dicembre 2010, Supplemento ordinario n° 22 ed in relazione alla Determina Comunale n° 25 del 22/12/2011 e alla Determinazione della Regione Lazio, Area Difesa del Suolo e Concessioni Demaniali n° A00931 sono state condotte le attività di Microzonazione Sismica di livello 1 (di seguito MS) del comune di Albano Laziale (RM).

Le diverse attività che hanno consentito il raggiungimento degli obiettivi prefissati sono state svolte dal Gruppo di Lavoro del **Soggetto Realizzatore** così costituito:

**Dott. Geol. Massimiliano Carelli:** *Project Manager*, rapporti con il Soggetto Proponente, progettazione delle indagini, rilevamenti geologici di controllo sul terreno, supervisione tecnico-scientifica, redazione degli Elaborati Finali, Responsabile delle attività di MS;

**Dott.ssa Mariaelena Lulli:** raccolta dati, rapporti con il Soggetto Proponente, analisi e sintesi delle informazioni raccolte, caricamento ed elaborazione dei dati di base, architettura GIS;

**Dott. Geol. Matteo Costantino:** raccolta dati, rilevamenti geologici di controllo sul terreno, caricamento ed elaborazione dei dati di base, indagini geofisiche;

### OBIETTIVI

Il principale obiettivo dello studio è la valutazione della pericolosità sismica locale attraverso l'individuazione di zone del territorio caratterizzate da comportamento sismico omogeneo (gruppo di lavoro MS, 2008), ovvero la suddivisione del territorio in:

- zone stabili;
- zone stabili suscettibili di amplificazione locale del moto sismico;
- zone suscettibili di instabilità.

Oltre alla suddivisione del territorio in microzone omogenee, ai sensi della D.G.R. n° 387/2009, nel presente studio si indica il livello di approfondimento necessario per ciascuna microzona distinta, si definiscono le tipologie di effetto atteso e si determina il modello geologico-tecnico del sottosuolo finalizzato alla MS.

In particolare, al fine di elaborare il suddetto modello geologico-tecnico di riferimento, lo studio è stato orientato alla individuazione dei principali caratteri geologico-

geomorfologici del territorio ed alla stima dei principali parametri geotecnici e geofisici relativi alle unità geologico-tecniche distinte nell'area comunale, con particolare attenzione a:

- identificazione dei rapporti stratigrafici fra le unità geologico-tecniche distinte;
- stima della velocità di propagazione delle onde di taglio nelle unità geologico-tecniche distinte e del periodo fondamentale di vibrazione del sottosuolo;
- valutazione delle caratteristiche morfologiche superficiali e sepolte del territorio ed in particolare della profondità ed andamento del contatto tra substrato rigido (ove identificato) e coperture;
- identificazione delle aree soggette o potenzialmente soggette a fenomeni di instabilità di versante, liquefazione e cedimenti differenziali.

### **1.1 - ARTICOLAZIONE DELLO STUDIO**

Le fasi di studio che hanno permesso la definizione del quadro conoscitivo finalizzato alla MS di livello 1, sono state eseguite secondo la seguente scansione di attività:

#### **ACQUISIZIONE DEI DATI DISPONIBILI**

La prima fase di studio è consistita nella perimetrazione preliminare delle aree soggette agli studi di MS e di quelle esentate; ciò è stato possibile mediante una proficua collaborazione con gli uffici tecnici comunali e mediante l'analisi approfondita degli strumenti urbanistici locali che ha definito l'assenza di aree per le quali le condizioni territoriali o normative non consentano trasformazioni insediative o infrastrutturali (aree tutelate, aree naturali protette, SIC, ZPS, aree a verde pubblico di grandi dimensioni che non siano già infrastrutturate, destinate a nuove edificazioni, ristrutturazioni o che non rientrino in aree vincolate dal PAI).

In seguito è stata condotta un lavoro di reperimento, consultazione ed acquisizione dei dati già presenti negli archivi comunali, del Genio Civile e nelle banche dati di privati e di enti presenti nel territorio e relativi a indagini geognostiche (sondaggi a distruzione di nucleo, sondaggi a carotaggio continuo), indagini sismiche (prove Down-hole e Cross-hole, MASW, SASW, tomografia sismica, sismica a rifrazione, analisi HVSR applicata a registrazioni di rumore sismico), indagini geoelettriche (SEV, tomografia elettrica), cartografie tematiche e rilievi di dettaglio. Tale fase di analisi è stata corredata dalle informazioni di carattere geologico-tecnico fornite dal Soggetto Validatore (carta geolitologica del Lazio, aree classificate dalle autorità di bacino e fonti bibliografiche) e dall'esame della cartografia DEM (Digital Earth Model) in formato .grd.

Tutte le informazioni reperite sono state archiviate in apposite tabelle *Access* e georeferite in ambiente GIS (sistema di riferimento WGS 84 – UTM fuso 33N) in modo da ottenere un *database* di riferimento secondo le indicazioni previste dagli standard descritti nella D.G.R. 545/2010 e D.G.R. 535/2012 e negli Standard di rappresentazione e archiviazione informatica redatti dalla Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di MS.

#### PROGRAMMAZIONE, ESECUZIONE ED INTERPRETAZIONE DELLA CAMPAGNA INDAGINI

Al fine di verificare il quadro conoscitivo ricavato dall'esame delle indagini pregresse sono state effettuate le seguenti indagini:

- rilevamento geologico-geomorfologico di terreno realizzato su base cartografica in scala 1:5.000;
- fotointerpretazione di immagini aeree;
- registrazione delle vibrazioni ambientali mediante sensore tromometrico singolo ed analisi dei dati acquisiti mediante tecnica HVSR (Nakamura, 1989; 2000; Sesame, 2005). In particolare le indagini sismometriche effettuate sono state programmate e realizzate in relazione alla distribuzione spaziale delle aree insediate, alla presenza di aree prive di informazioni di dettaglio ed in base alle indicazioni di utilizzo delle aree previste dai piani urbanistici. Le attività di misura del rumore ambientale hanno tenuto in debita considerazione l'accessibilità dei luoghi, la presenza di sorgenti monodirezionali, la distribuzione spaziale e temporale dei rumori nonché le condizioni topografiche, geologiche e geomorfologiche locali. La presente fase si è conclusa con l'informatizzazione dei dati acquisiti e con l'elaborazione e l'interpretazione delle misure.

A seguito di tali indagini, unitamente all'esame del quadro conoscitivo desunto alla fase precedente, è stato possibile determinare il modello geologico-tecnico di riferimento del territorio finalizzato alla MS.

#### ANALISI DEI RISULTATI, REDAZIONE DELLE ELABORAZIONI CARTOGRAFICHE E DELLA RELAZIONE GEOLOGICA DI MICROZONAZIONE SISMICA

L'ultima fase di studio ha permesso la redazione degli elaborati obbligatori previsti dalla D.G.R. n° 545/2010 e D.G.R. 535/2012 e della presente relazione illustrativa. Gli elaborati realizzati sono:

- Carta Geologico Tecnica
- Carta delle Indagini
- Carta delle Frequenze fondamentali
- Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica

In dettaglio all'interno dell'elaborato Carta delle Indagini sono state riportate, mediante differenti simbologie e cromatismi, tutte le indagini reperite e quelle appositamente

realizzate nel corso dello studio.

La Carta Geologico Tecnica contiene le informazioni di carattere litologico, litostratigrafico e geomorfologici locali, nonché la distribuzione spaziale delle unità geologiche individuate e la ricostruzione bidimensionale dell'immediato sottosuolo secondo n° 2 allineamenti ritenuti significativi ai fini del lavoro (scala 1:10.000/5.000).

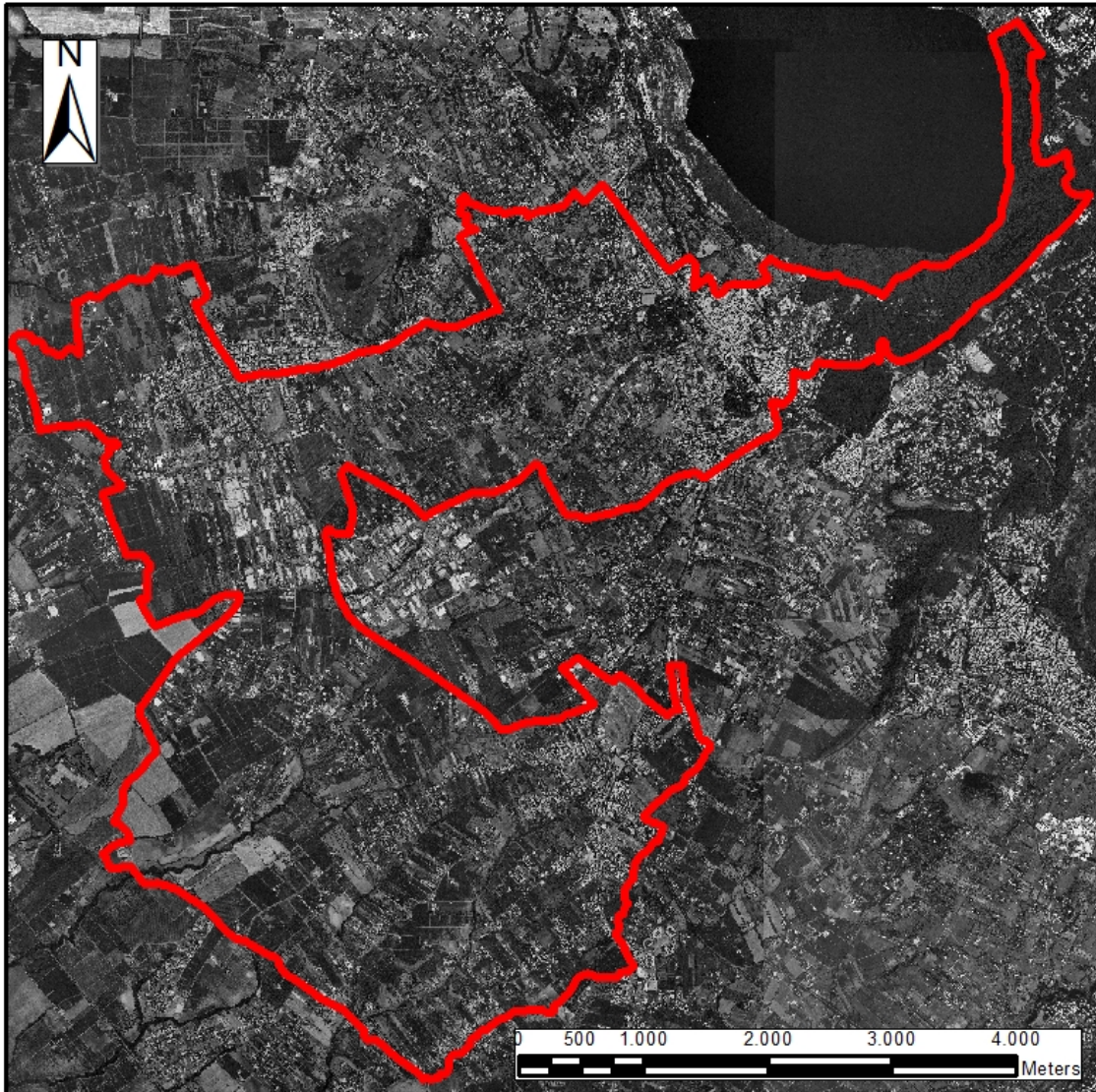
La Carta delle Microzone Omogenee in Prospettiva Sismica rappresenta l'elaborato di sintesi degli approfondimenti realizzati e il documento fondamentale delle attività di MS di livello 1. In esso sono riportate le informazioni necessarie per l'adeguamento delle pianificazioni urbanistico territoriali generali (fatte salve le pianificazioni già approvate e vigenti) in termini di risposta qualitativa dei terreni in caso di terremoto. A tal proposito il territorio comunale è stato suddiviso in areali omogenei stabili ma sintomatici della presenza di effetti amplificativi del moto sismico a causa delle caratteristiche litostratigrafiche del terreno e/o geomorfologiche.

La Carta delle Frequenze fondamentali contiene tutte le misure tromometriche condotte all'interno del territorio comunale, riportate in sovrapposizione sulla geologia locale.

Infine, la presente Relazione Geologica di Microzonazione Sismica espone in dettaglio le attività realizzate, il modello geologico, geomorfologico e geologico-tecnico locale e gli elementi caratterizzanti i prodotti cartografici; in aggiunta sono riportati i risultati delle indagini geofisiche e geotecniche reperite e del rumore ambientale e sono fornite delle indicazioni in merito alle aree in cui si rileva la necessità di effettuare nuove indagini nei successivi livelli di MS mediante la stima della classe di qualità delle elaborazioni cartografiche prodotte, con riferimento alla "Procedura semiquantitativa per stabilire la classe di qualità della carta di livello 1 di MS".



## 2 - UBICAZIONE DELL'AREA E INQUADRAMENTO TOPOGRAFICO



L'area oggetto del presente studio è rappresentata dal territorio comunale di Albano Laziale, un centro abitato ubicato circa 12 km a SE del G.R.A. di Roma, all'interno della cinta più recente (Fase delle Faete) del Complesso Vulcanico dei Colli Albani; esso confina a W con il comune di Roma (Municipio XXII), a NW con il comune di Castel Gandolfo, a N con quello di Rocca di Papa e con l'omonimo Lago, a E con Ariccia, a S con Ardea. Albano Laziale è posizionato immediatamente a S del Lago di Albano, una depressione, impostatasi all'interno di un *maar* poligenetico formato dalla coalescenza di cinque crateri minori e sul cui bordo sorgono oggi i paesi di Castel Gandolfo ed Albano. L'intero

comprensorio è quindi interessato dalla presenza dei depositi vulcanici dei Colli Albani.

I punti topograficamente più rilevati sono posti in corrispondenza del settore settentrionale del territorio comunale e raggiungono quote anche superiori ai 540 m s.l.m.; proseguendo in direzione SW si assiste ad una continua e lenta diminuzione di quota, con locali interruzioni costituite da esigui e limitati rilievi, fino ad arrivare a quote prossime ai 120÷130m s.l.m. in prossimità del confine con il territorio comunale di Ardea.

Con riferimento alla Carta Tecnica Regionale della Regione Lazio (scala 1:10.000) l'area di studio si individua all'interno degli Elementi nn° 388010, 388050, 387120, 387080; in base alla cartografia edita dall'Istituto Geografico Militare Italiano (I.G.M.I. – Serie 25v) il territorio comunale di Albano Laziale è posizionato nella tavoletta 150 III-SE "Albano Laziale", in scala 1:25.000.



### 3 - DEFINIZIONE DELLA PERICOLOSITA' DI BASE E DEGLI EVENTI DI RIFERIMENTO

La D.G.R. n° 387 del 22/05/2009 pubblicata sul BURL n° 24 del 27/06/2009 - Supplemento ordinario 106 ha approvato la "Nuova classificazione sismica della Regione Lazio" secondo i criteri dell'OPCM 3519/06 e aggiornando la "Riclassificazione sismica del territorio regionale" dettata dalla Deliberazione n° 766 della Regione Lazio del 01/08/2003. Questa moderna proposta di classificazione sismica è stata redatta dal servizio geologico regionale dell'area difesa del suolo in collaborazione con l'ENEA, al quale ha commissionato la ricerca sismologica di base. Novità di rilievo è l'istituzione di sottozone sismiche, al fine di differenziare in modo dettagliato la pericolosità sismica sul territorio regionale e di poter caratterizzare e gestire in modo più idoneo, moderno e preventivo i gradi di pericolosità sismica attraverso studi di MS. Secondo tale Deliberazione il territorio comunale di Albano Laziale è classificato in zona **sismica 2B** (fig. 3.1) con  $0.15 \leq a_g < 0.20$  (accelerazione di picco orizzontale su suolo rigido e pianeggiante con probabilità di superamento pari al 10% in 50 anni). La classificazione precedente inserisce il comune di Albano Laziale in zona **sismica 2** con  $0.15 \leq a_g < 0.25$  e accelerazione orizzontale massima convenzionale di ancoraggio dello spettro di risposta elastico pari a 0.25g.



Figura 3.1: Mappa della Nuova Classificazione Sismica della Regione Lazio con evidenziato il territorio comunale di Albano Laziale.

L'area, dal punto di vista della sismicità, è prossima alla sorgente sismogenetica del Complesso vulcanico dei Colli Albani (De Rita et al. 1988; 1995a). La sorgente è rappresentata in Figura 3.2.

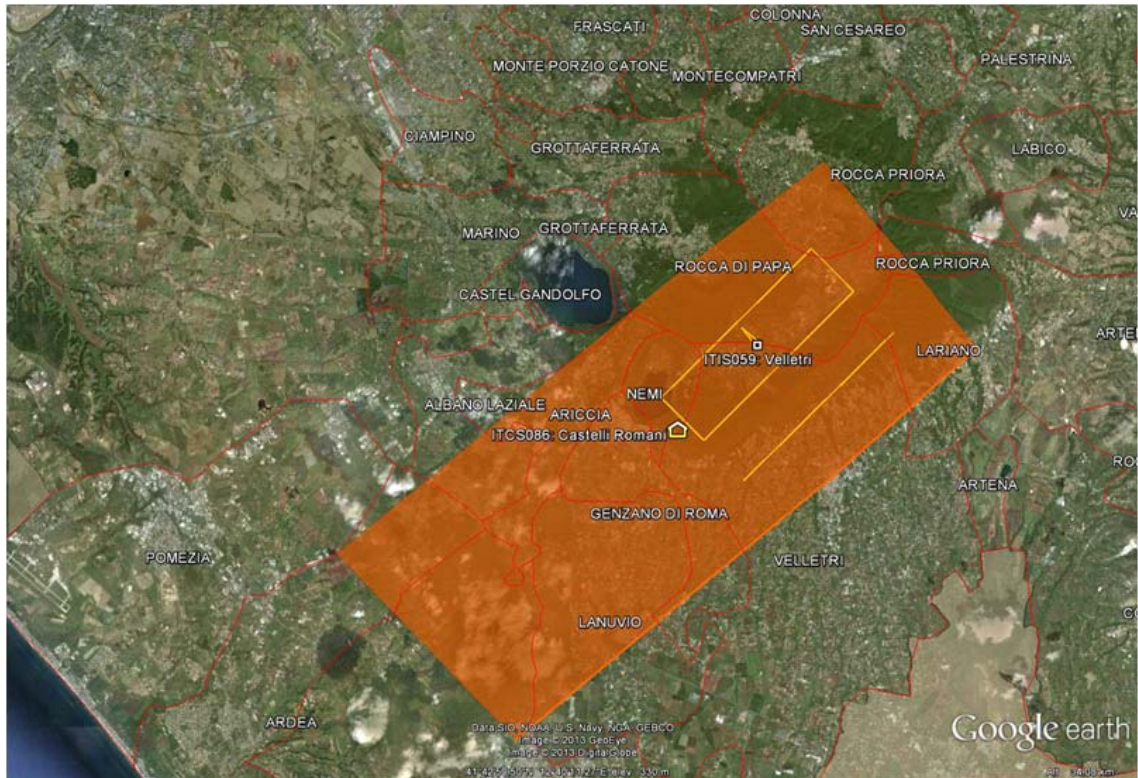


Figura 3.2: Immagine satellitare dell'area dei Colli Albani, in giallo è raffigurata la geometria della sorgente sismica (da DISS WG; 2010).

La geometria della sorgente è desunta sia da informazioni di carattere storico, come l'area epicentrale della distruttiva sequenza sismica del 1806 (Me 5.6), che da informazioni geologiche e sismologiche strumentali. In particolare la sorgente si caratterizza quale faglia normale di lunghezza pari a 7.2, strike con orientazione N225° e *dip* in direzione NW (DISS WG; 2010). La profondità stimata della sorgente comprende un intervallo di profondità che varia tra 5.4÷11 km, all'interno del basamento carbonatico e terrigeno, al di sotto della copertura vulcanica (Funciello e Parotto, 1978).

L'attività sismica recente, caratterizzata strumentalmente, si manifesta con sciami sismici frequenti composti da eventi superficiali (profondità inferiore a 7 km) e di debole magnitudo (generalmente inferiore a  $M_l$  4), con meccanismi focali di tipo trascorrente (Amato and Chiarabba, 1995a, 1995b). Tale attività, priva di sequenze di *mainshock-aftershock*, si differenzia da quanto ricostruito per la sequenza sismica del 1806 (Spadea et al., 1985). Rimangono tuttora poco conosciuti sia l'intervallo medio di ricorrenza della sorgente sismica, sia la relazione tra la sismicità superficiale legata al vulcanismo dei Colli Albani e l'evento relativamente profondo del 1806.

Nelle figure 3.3 e 3.4 vengono riportati, in relazione alla intensità sismica, i terremoti risentiti a Albano Laziale, di cui si ha memoria storica. I dati, estratti dal catalogo INGV-DBMI04, evidenziano che l'arco temporale analizzato contiene informazioni significative su risentimenti percepiti al sito compresi tra il 1806 (terremoto nei pressi dei Colli Albani) e il 1997.

**Storia sismica di Albano Laziale**  
**[41.728, 12.659]**

Numero di eventi: 20

Effetti

In occasione del terremoto del:

Is	Anno	Me	Gi	Or	Mi	Area epicentrale	Np	Ix	Mw
6-7	1806	08	26	07	35	Colli Albani	35	8	5.47
7	1829	06	01	09		Colli Albani	25	7	5.17
NF	1857	12	16	21	15	Basilicata	337	11	6.96
4	1874	12	06	15	50	Monti della Meta	43	8	5.47
3	1877	08	16	12	24	ROCCA DI PAPA	15	6	4.63
5	1877	08	24	02	45	Lazio meridionale	54	7	5.29
F	1883	09	02	07	03	FRASCATI	27	5-6	4.63
3	1884	02	06	23	30	ALBANO	4	7	5.17
4-5	1885	04	10	01	44	M. SIMBRUINI	43	D	4.63
4	1886	01	17	07	10	ALBANO	6	7	5.17
5	1895	11	01			CASTELPORZIANO	98	6-7	4.83
4	1898	06	27	23	38	RIETI	186	8	5.48
6-7	1899	07	19	13	18	Colli Albani	123	7	5.18
5-6	1915	01	13	06	52	AVEZZANO	1040	11	6.99
5	1919	10	22	06	10	ANZIO	142	7	5.53
3	1922	12	29	12	22	SORA	102	7	5.60
3	1927	10	11	14	45	MARSICA	77	7	5.27
6	1927	12	26	15	06	Colli Albani	38	8	5.02
4	1980	11	23	18	34	Irpinia-Basilicata	1317	10	6.89
NF	1990	05	05	07	21	POTENTINO	1374	7-8	5.84

Figura 3.3: Storia sismica di Albano Laziale per valori di intensità al sito (Is). (Dati forniti dall'INGV, catalogo sismico DBMI04).

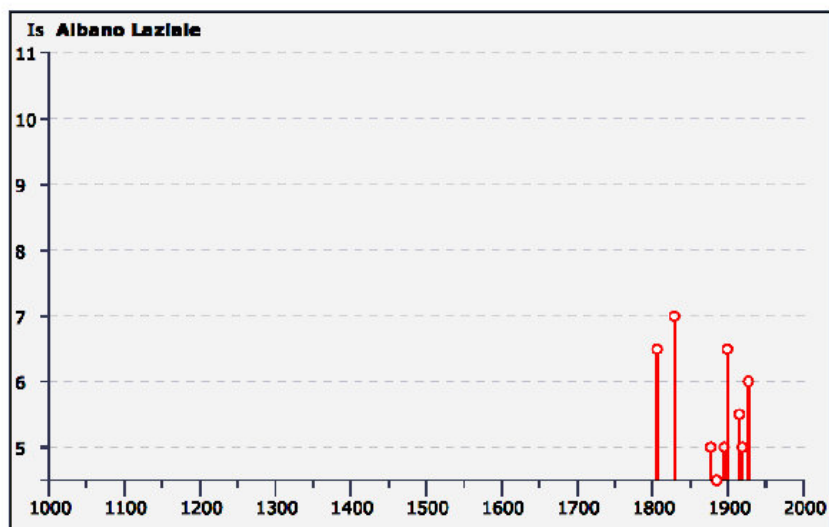


Figura 3.4: Diagramma della storia sismica di Albano Laziale (Dati forniti dall' INGV, catalogo sismico DBMI04).

Nell'ambito dello studio sono stati presi in considerazione i dati relativi ad una decina di eventi sismici che hanno avuto come epicentro località comprese tra la costa tirrenica e l'entroterra appenninico. Tali eventi sismici sono legati in parte all'evoluzione della catena appenninica e connessi con movimenti di faglie sismogenetiche come quelli aventi come epicentro Avezzano, Anzio, umbra-marche ed in parte al vulcano dei Colli Albani, tuttora considerato quiescente (Karner et al. 2001a, b) con zone epicentrali rappresentate dai Colli Albani e dagli abitati di Frascati e Rocca di Papa. In particolare l'attività sismica dei Colli Albani risulta essere concentrata essenzialmente nel settore occidentale, all'interno dell'area dove si è sviluppata l'attività freato-magmatica del Vulcano Laziale (Chiarabba et al., 1997). Attraverso uno studio relativo ai contenuti in frequenza dei fronti d'onda registrati nello sciame sismico verificatosi tra il 1989÷1990 nell'area albana (Chiarabba et al., 1997) si è supposto che i terremoti possano avere due origini: una legata alla tettonica regionale, l'altra alla tettonica locale generata dal sistema vulcanico.

L'analisi della figura 3.3 mostra sull'asse delle ascisse gli anni e sull'asse delle ordinate le intensità sismiche misurate attraverso la scala MCS (Mercalli, Cancani, Sierberg); si evidenzia che i risentimenti sismici più elevati hanno intensità sismica prossima a 8, con epicentro nei Colli Albani.



## 4 - GEOLOGIA

### 4.1 - SINTESI GEOLOGICO-STRUTTURALE

L'assetto geologico di questo settore della regione laziale risulta fortemente condizionato dall'attività eruttiva del Complesso di Albano. Il Vulcano Laziale si estende a sud di Roma e ricopre con la sua struttura un'areale complessivo di circa 1500 km<sup>2</sup> che confina a nord-ovest con la valle del fiume Aniene, ad est e a sud-est con i rilievi appenninici dei Monti Tiburtini, Prenestini e Lepini, a sud si estende fino alle propaggini settentrionali della pianura pontina e ad ovest arriva fino alla parte basse della valle del Tevere fino allo sbocco tirrenico.

Ad ampia scala, la regione Lazio si individua nella zona di passaggio tra domini paleogeografici e paleotettonici molto differenti tra di loro e che hanno dato origine a depositi diversi per litologia, composizione e messa in posto. In prossimità dell'area romana, infatti, convergono le strutture dell'Appennino Umbro-Marchigiano-Sabino e quelle della piattaforma Laziale-Abruzzese che un tempo erano separate a causa della presenza di un lineamento strutturale profondo (Faccenna et al., 1996) corrispondente ad una fascia di transizione scarpata-bacino, larga qualche km (fig. 4.1.1). Le unità paleogeografiche presenti definiscono un'azione deposizionale molto diversificata: si passa dai depositi carbonatici delle piattaforme ai sedimenti di origine silicoclastica cui si alternano i depositi di *slope*. All'interno di tale scenario i Monti Lepini rappresentano la piattaforma carbonatica s.s. e i monti Prenestini la zona di soglia (Boni et al., 1980).

Dal punto di vista strutturale l'area risulta caratterizzata da due direttrici principali separate tra di loro dalla linea tettonica Olevano-Antrdoco: la prima, orientata N-S, interessa il settore occidentale, la seconda, ad allineamento NW-SE, contraddistingue la zona orientale. Tale quadro viene ulteriormente arricchito dall'azione tettonica che all'inizio del Miocene causa la surrezione della catena appenninica. Nel settore laziale, quindi, a partire dal Tortoniano inizia una fase tettonica compressiva fragile con vergenza nord-orientale che determina il sovrascorrimento dei depositi litoidi mesozoici sui depositi fliscioidi posti ad oriente. Si vengono a definire numerosi elementi tettonici rappresentati da faglie di particolare interesse, pieghe di notevoli dimensioni e pieghe-faglie. In aggiunta durante la fase in atto si depositano al fronte delle falde in compressione sedimenti fliscioidi torbiditici sin-orogenetici. In questa fase si genera l'embrione dell'attuale Valle Latina, colmata nel Tor-



toniano da una massiccia deposizione di flysch argilloso-arenacei (formazione di Frosinone) e da una successiva fase compressiva con direzione di trasporto verso E-NE con conseguente accavallamento dei depositi flyschoidi sulla catena Simbruino-Ernica (Funciello, 1978).

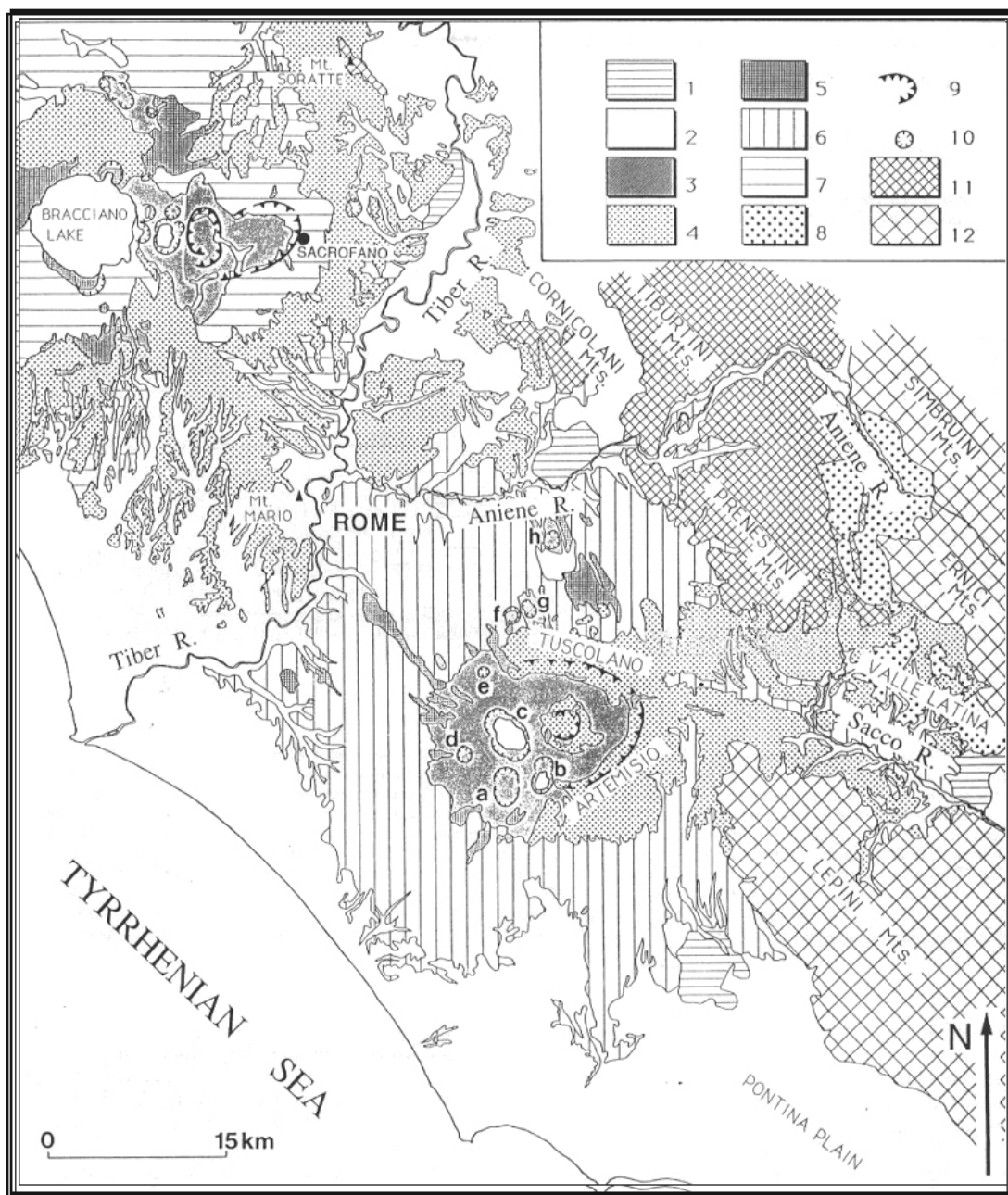


Figura 4.1.1: Carta geologica schematica dell'area dei Colli Albani. 1) travertino; 2) unità sedimentarie plio-pleistoceniche; 3) unità idromagmatica; 4) depositi da ricaduta; 5) flussi di lava; 6) unità di flusso piroclastico Albane; 7) unità di flusso piroclastico Sabatine; 8) flysch tortoniano (facies pelitico-arenacea); 9) orlo di caldera; 10) orlo di cratere; a: Ariccia, b: Nemi, c: Albano, d: Giuturna, e: Valle Marciana, f: Pantano Secco, g: Prata Porci, h: Castiglione; 11) unità carbonatiche pelagiche mesozoiche (facies Sabina); 12) unità carbonatiche di piattaforma meso-cenozoiche. (De Rita, et al., 1995)

Durante il Messiniano ed il Pleistocene inferiore una nuova fase compressiva a vergenza orientale interessa i Monti Prenestini generando accavallamenti verso E sulla piattaforma laziale-abruzzese e in direzione dei Monti della Laga. La fine di questo ciclo tettonico da inizio a movimenti di tipo trascorrente, mentre a partire dal Pliocene medio la fase tettonica distensiva provoca notevoli cambiamenti al panorama precedentemente descritto. La modifica del cinematismo, infatti, da luogo ad elementi tettonici diretti, spesso ricalcanti quelli già presenti, che favoriscono la risalita di ingenti masse di magma dando così origine all'intensa attività vulcanica dei distretti Vulsini, Sabatini e di Albano.

L'attività eruttiva del Vulcano Laziale ha origine circa 600.000 anni fa (intorno a 530.000 anni fa secondo alcune fonti radiometriche) e tutt'ora è considerata quiescente (De Rita et al, 1995). Essa può essere suddivisa in tre differenti cicli eruttivi, distinguibili in relazione alla tipologia di attività, modalità di messa in posto e caratteristiche dei depositi eruttati. La successione può essere sintetizzata come segue:

**FASE TUSCOLANO-ARTEMISIA (De Rita et al., 1988) o LITOSOMA VULCANO LAZIALE e TUSCOLANO-ARTEMISIA (Giordano et al., 2006)**

Tutti i depositi relativi a intervallo di tempo provengono dal vulcano-strato del Tuscolano-Artemisio che comprende quattro cicli eruttivi e la messa in posto di circa il 90% dei depositi eruttati (circa 283 km<sup>3</sup>). Si tratta di flussi piroclastici e subordinatamente di prodotti di ricaduta e colate laviche.

- **Primo ciclo del Tuscolano-Artemisio (0.7-0.5 Ma)**

L'unità è costituita da diverse sottounità le cui caratteristiche sono sintomatiche di una interazione acqua-magma.

- **Secondo ciclo del Tuscolano-Artemisio (0.5-0.4 Ma)**

L'unità in esame è caratterizzata da un flusso piroclastico ("Pozzolane Rosse" di Fornaseri et al., 1963) con un livello basale di ricaduta ("Paleosuolo C", Fornaseri et al., 1963) costituito da scorie e lapilli (settore sud-occidentale del vulcano). La colata piroclastica si presenta massiva con una matrice cineritica rossiccia in cui sono immerse scorie rosse, litici, cristalli di leucite e pirosseni.

- **Terzo ciclo del Tuscolano-Artemisio (0.4-0.38 Ma)**

Tale flusso piroclastico del Tuscolano-Artemisio ("Pozzolane Nere", Fornaseri et al., 1963) presenta alla base un livello di ricaduta di scorie e lapilli, che lo separa dai prodotti del II ciclo ("Paleosuolo D", Fornaseri et al., 1963). L'unità si presenta massiva con una matrice cineritica di colore nerastro contenente scorie nere, litici di natura sedimentaria, frammenti di lava, cristalli di pirosseni e scarsi cristalli di leucite. Lo spessore è estremamente variabile da 1m a sud della città di Roma fino a 20 m nel settore orientale.

- **Quarto ciclo del Tuscolano-Artemisio (0.38 Ma).**

Si tratta dell' "Unità eruttiva di Villa Senni" (Fornaseri et al., 1963), che comprende due membri:

- **Unità di flusso piroclastico inferiore (LFU)**, ("Tufo lionato", Fornaseri et al., 1963) con alla base un deposito da *surge* di spessore variabile ed un paleosuolo di passaggio alle sottostanti Pozzolane nere. Il Tufo lionato è caratterizzato da una matrice cineritica di colore fulvo, all'interno della quale sono immerse scorie vescicolate grigie o nere di varie dimensioni, pomici giallastre, cristalli di leucite e pirosseni. La frazione vitrifirica nella matrice è di solito composta dai minerali appartenenti alla famiglia delle zeoliti (di seconda generazione), responsabili dell'aspetto litoide del deposito.
- **l'unità di flusso piroclastico superiore (UFU)**, ha un aspetto assai variabile, da sciolto ("Pozzolanelle", Fornaseri et al., 1963) a consolidato ("tufo di Villa Senni", Fornaseri et al., 1963). In essa sono riconoscibili clasti di litici di dimensioni variabili, scorie di colore nerastro e/o violaceo immersi in una matrice cineritica ricca in cristalli. Presenza abbondante di cristalli di pirosseni e leucite non alterata con abito ben definito.

La transizione tra le unità è definita da un rapido cambiamento nelle caratteristiche tessiturali e nella percentuale dei componenti. La messa in posto della quarta unità di flusso piroclastico causa il collasso della caldera e la fine del ciclo Tuscolano-Artemisio.

**FASE DELLE FAETE O DEI CAMPI DI ANNIBALE (De Rita et al., 1988) o LITOSOMA FAETE (Giordano et al., 2006)**

A seguito del collasso della caldera ed allo sviluppo di un'attività sin-post calderica di tipo stromboliano, all'interno dell' area collassata si forma un nuovo edificio (detto delle Faete) di dimensioni minori rispetto a quello del Tuscolano-Artemisio e contraddistinto da colate piroclastiche eruttate da bocche differenti come la "Colata di Capo di Bove" e la "Colata dei Campi di Annibale". L'attività prevalente è di tipo stromboliano con la messa in posto di effusioni laviche di ingenti dimensioni soprattutto nell'ultimo periodo di attività.

In particolare, tra i livelli scoriacei si rinviene un deposito di flusso piroclastico ("Campi di Annibale") che affiora unicamente all'interno del cratere del lago di Nemi.

L'attività delle Faete termina con il collasso della caldera, al quale segue la formazione della caldera dei Campi di Annibale sul cui orlo si sviluppano i coni di scorie di Colliano e Monte Calvo.

**FASE IDROMAGMATICA (De Rita et al., 1988) o LITOSOMA VIA DEI LAGHI (Giordano et al., 2006)**

Si tratta della attività eruttiva più recente dei Colli Albani, rappresentata da esplosioni idromagmatiche sviluppatasi in diversi crateri localizzati soprattutto nel settore occidentale e, subordinatamente, in quello settentrionale. In dettaglio i centri eruttivi di Pantano Secco, Prata Porci, Valle Marciana e Castiglione presentano piccoli crateri monogenici,

mentre nel settore occidentale i centri di Ariccia, Nemi, Giuturna e Albano mostrano un'attività poligenica caratterizzata da più crateri coalescenti allineati lungo le fratture regionali (N-S e NW-SE). L'ultima attività del vulcano dei Colli Albani, è stata datata da attraverso il metodo della termoluminescenza e sembra risalire a 0,019 Ma (Triglia, 1995), anche se secondo ulteriori studi stimano un periodo finale di 7,5 Ka (Villa et al., 1999).

Al fine di rappresentare una sintesi delle differenti fasi e dei vari prodotti eruttati dal distretto vulcanico dei Colli Albani di seguito è riportata (fig. 4.1.2) una rappresentazione schematica della colonna stratigrafica di riferimento.

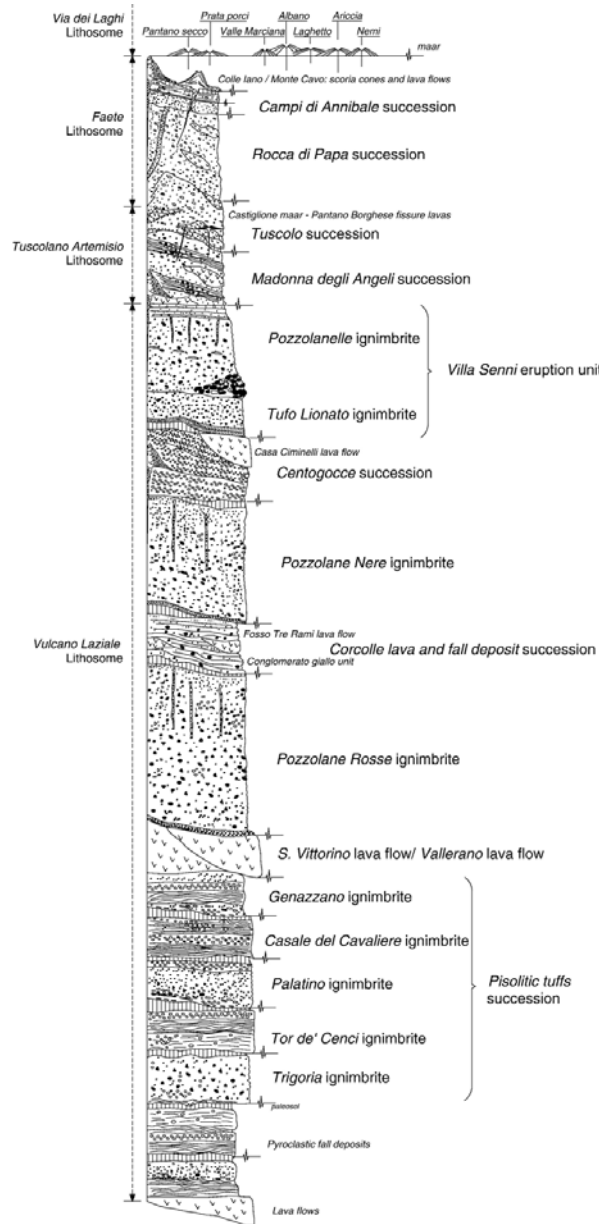


Figura 4.1.2: Stratigrafia schematica dell'attività vulcanica dei Colli Albani (Giordano et al., 2006).

## 4.2 - ASSETTO GEOLOGICO LOCALE

Nell'ambito del presente lavoro e al fine di ricostruire la distribuzione delle differenti unità geologiche presenti nel territorio comunale (circa 23.7 km<sup>2</sup>) è stato condotto uno studio di dettaglio consistito in:

- acquisizione e consultazione delle cartografie ufficiali;
- reperimento dei dati e degli elaborati tematici disponibili presso gli archivi;
- esecuzione di mirati approfondimenti di campo allo scopo di validare le informazioni conseguite e di rilevare le porzioni di territorio non coperte da cartografia geologica.

Tutti gli approfondimenti realizzati hanno definito un modello geologico e geologico-tecnico di riferimento, esaustivo per quello che concerne gli assetti stratigrafici locali, i rapporti tra le diverse unità riconosciute e la distribuzione spaziale dei corpi geologici riconosciuti.

Di seguito viene proposta una descrizione dettagliata dalle varie unità geologiche individuate, illustrata a partire dai termini più recenti.

### **RIPORTI**

Depositi di genesi antropica connessi con l'accumulo di materiali costituiti da miscele variabili di limo e sabbie con presenza abbondante di clasti poligenici (laterizi, cocci, materiali da costruzione e inclusi di origine vulcanica). (*Attuale*)

### **DETRITO**

Deposito detritico sciolto costituito da materiale vulcanico prevalente e rari elementi lapidei sedimentari. (*Attuale*)

### **DEPOSITO LACUSTRE**

Depositi di riempimento dei laghi craterici, costituiti da depositi ad elementi vulcanici limoso-sabbiosi alternati a livelli argillosi. Spessori >10 m. (*Olocene - Pleistocene sup.*)

### **UNITÀ DI ALBALONGA**

Deposito piroclastico da massivo e caotico a malstratificato in bancate, grigio-giallastre, a matrice cineritica prevalente, con cristalli di pirosseno, leucite e biotite ed abbondanti lapilli e blocchi lavici, carbonatici e olocristallini (10%), litoide per zeolitizzazione. Nella parte basale sono presenti abbondanti scorie nere con haüyna e leucite. Alla base è presente un caratteristico livello ben classato di pomici gialle scarsamente porfiriche da caduta. L'unità è relativa all'ultima eruzione nota del maar di Albano con meccanismi di deposizione prevalente da colata piroclastica. Spessore massimo 10 m. (*Pleistocene sup.*)



#### **UNITÀ DI VILLA DORIA**

Deposito piroclastico di colore grigio, costituito da livelli cineritici, a stratificazione incrociata ricchi di lapilli, con cristalli di biotite, pirosseno e leucite, e con rari (< 1%) xenoliti lavici, carbonatici, olocristallini. Spessore totale massimo di 6 m. L'unità si può relazionare ad un'eruzione freatomagmatica del maar di Albano con meccanismi di deposizione prevalente da base surge. (*Pleistocene sup.*)

#### **PEPERINO DI ALBANO**

Deposito piroclastico litoide per zeolitizzazione, grigio, a granulometria prevalente cineritica con cristalli di leucite, pirosseno e biotite ed abbondanti (>10%) xenoliti lavici, sedimentari (carbonatici e terrigeni), termometamorfici, metasomatizzati e intrusivi, da massivo e caotico (facies lapis albanus Auctt.), dove confinato in paleovalli, a stratificato (facies lapis gabinus Auctt.); alla base, ed intercalati, si possono trovare livelli di breccie grossolane con bombe balistiche fino a 1 m di diametro ed impronte da impatto. L'unità è relativa all'eruzione freatomagmatica di maggior volume del maar di Albano con meccanismi di deposizione da colata piroclastica, da base surge e da caduta. Spessore massimo 35 m. (*Pleistocene sup.*)

#### **UNITÀ DEL CANTONE**

Deposito piroclastico composto da alternanze di livelli cineritici e lapillosi, a stratificazione pianoparallela e incrociata da parzialmente a completamente zeolitizzati. Intercalato è presente un livello di breccia grossolana con xenoliti lavici, sedimentari, metamorfici, metasomatizzati ed intrusivi, con bombe balistiche fino a 1 m di diametro ed impronte da impatto. Spessore massimo 8-10 m. (*Pleistocene sup.*)

#### **UNITÀ DI CORONA DEL LAGO**

Deposito piroclastico grigio scuro composto da alternanze di livelli cineritici e lapillosi, con frequenti scorie grigie porfiriche a leucite, pirosseno e biotite e abbondanti lapilli accrezionari. L'unità è fortemente zeolitizzata alla base. (*Pleistocene sup.*)

#### **UNITÀ DI COSTE DEI LAGHI**

Deposito piroclastico grigio, composto da livelli cineritici e lapillosi a stratificazione incrociata e pianoparallela, molto zeolitizzati nella facies prossimale. L'unità è riferibile ad una eruzione freatomagmatica del maar di Albano con meccanismi di deposizione prevalenti da base surge e da ricaduta. Spessore massimo 28-30 m. (*Pleistocene sup.*)

#### **UNITÀ DI MONTAGNACCIO**

Deposito piroclastico composto da livelli cineritici e lapillosi a stratificazione incrociata e pianoparallela, a vario grado di zeolitizzazione. Una breccia a xenoliti lavici, sedimentari (terrigeni e carbonatici), termometamorfici e intrusivi è presente alla base dell'unità nel



settore SE del maar di Albano. Spessore massimo 13-15 m. (*Pleistocene sup.*)

#### **UNITÀ DI PAVONA**

Deposito piroclastico composto da alternanze di livelli cineritici e lapillosi, a stratificazione incrociata e pianoparallela, con abbondanti blocchi lavici. Intercalato è presente un livello di breccia grossolana con xenoliti lavici, sedimentari, metamorfici, metasomatizzati ed intrusivi, con bombe balistiche fino a 1 m di diametro ed impronte da impatto. Spessore massimo 25 m. (*Pleistocene sup.*)

#### **UNITÀ DI ARICCIA**

Deposito piroclastico composto da livelli cineritici e lapillosi a stratificazione incrociata e pianoparallela con bombe laviche ed impronte da impatto, passante verso l'alto a deposito caotico e massivo, a granulometria prevalente cineritica, con abbondanti xenoliti intrusivi, lavici e sedimentari, litoide per zeolitizzazione nella facies prossimale. Spessore massimo 30-40 m. (*Pleistocene sup.*)

#### **FORMAZIONE DI MADONNA DEGLI ANGELI**

La formazione è costituita di lave e piroclastiti derivanti da apparati monogenici pericalderici alternati con orizzonti di tefra provenienti dall'edificio delle Faete. Gli spessori massimi sono 250 m.

##### *FKBa – colate di lava*

Lave grigio scure, da tefritiche a K-foiditiche, da microcristalline a porfiriche, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite, spesso in individui centimetrici, clinopirosseno ed occasionalmente olivina; gli spessori delle singole colate raggiungono 20 m;

##### *FKBb – Litofacies piroclastica*

Depositi classati di scorie in bancate e ceneri, da ricaduta e rimaneggiati, più o meno pedogenizzati, associati prevalentemente all'edificio centrale delle Faete. Gli spessori possono raggiungere i 40 m.

#### **MEMBRO DI MONTE DUE TORRI**

Nel settore occidentale della cinta calderica sono presenti conici di scorie e lave associati a fratture pericalderiche, in buona parte coperti dai prodotti più recenti del Litosoma via dei Laghi cui in parte sono intercalati.

##### *FKB4a – colata di lava*

Lave grigio-scure, da tefritiche a K-foiditiche, da porfiriche a microcristalline, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite spesso in individui centimetrici, clinopirosseno ed occasionalmente olivina. Spessori massimi delle singole colate 35 m;

FKB4b - cono di scorie

Bancate di lapilli scoriacei, da saldati a sciolti, con intercalati livelli cineritici a giacitura quaquaversale associati ai cono di scorie.

**FORMAZIONE DI ROCCA DI PAPA**

La formazione raccoglie i prodotti lavici e piroclastici che formano lo stratovulcano intracalderico delle Faete ed i suoi apparati eccentrici.

RPPa - *Colate di lava*

Lave grigio-scure, da tefritiche a K-foiditiche, da porfiriche a microcristalline, da compatte a vacuolari, con contenuto variabile di fenocristalli di leucite spesso in individui centimetrici, clinopirosseno ed occasionalmente olivina. Spessori massimi 20 m.

RPPb - *Coni di scorie*

Bancate di lapilli scoriacei, da saldati a sciolti, con intercalati livelli cineritici.

**UNITÀ DI VILLA SENNI**

VSN2 - *Pozzolanelle*

Deposito piroclastico massivo, di colore da viola a nero, a matrice cineritico grossolana-lapillosa, povero in fini e ricco di cristalli di leucite, biotite e clinopirosseno, contenente grosse scorie nere, generalmente incoerente. Lapilli e blocchi di litici lavici e olocristallini possono raggiungere il 30% del deposito. Spessori massimi 30 m. (*Pleistocene med.*)

**POZZOLANE NERE**

Deposito massivo di natura piroclastica a tessitura variabile da granosostenuta a matrice sostenuta, di colore nero, marrone e localmente rossastro. Gli affioramenti mostrano la presenza di clasti (dai lapilli alle bombe) e cristalli (clinopirosseni, leucite e miche) immersi nella matrice cineritico-lapillosa. A più livelli si rinvencono orizzonti e/o lenti centimetriche di cineriti a comportamento semilitoide, mentre nella porzione bassa del deposito sono presenti lapilli scoriacei poco cementati. L'unità è riconducibile ad un ingente episodio ignimbrico della fase Tuscolano-Artemisia. (*Pleistocene medio*)

## 5 - INQUADRAMENTO GEOMORFOLOGICO

L'aspetto geomorfologico locale ricopre un ruolo fondamentale per quello che concerne la MS e, nello specifico, per la risposta sismica locale. La morfologia dell'area albana è da ricollegarsi in primo luogo alla storia eruttiva del Vulcano Laziale e all'azione degli agenti esogeni, quali le acque di scorrimento superficiale, nonché all'attività antropica che ha influenzato ed influenza notevolmente l'attuale assetto del territorio.

In linea generale l'attività vulcanica albana ha livellato e obliterato in parte o in toto la morfologia pre-vulcanica; infatti la messa in posto dei depositi ha in genere seguito l'andamento dei paleovalvei, colmandoli, almeno in parte, e ha definito la locale deviazioni dei corsi d'acqua dal loro tragitto originario. Il paesaggio che ne consegue è quindi composto da forme relitte pre-eruzione, evidenze vulcaniche e situazioni successive, sovrainposte alle precedenti connesse in prevalenza con l'azione erosiva degli agenti esogeni. Lo scenario geomorfologico del circondario dei Colli Albani è contraddistinto da evidenti forme vulcaniche che differiscono in forma, tipologia e origine. Tali morfologie sono rappresentative e caratteristiche di ognuna delle fasi eruttive sintetizzate in precedenza; in esse è possibile individuare peculiari informazioni morfologiche che spesso risultano parzialmente obliterare o modificate in base allo stato di conservazione o di frequente sono fortemente condizionate dalle fasi eruttive succedutesi nel tempo e dall'azione erosiva degli agenti esogeni.

L'assetto morfologico ad ampia scala si manifesta attraverso forme positive rappresentate dai coni di scorie e da forme negative evidenziate da depressioni sub-circolari.

Da una osservazione dettagliata del territorio emerge quindi che soprattutto i *crateri* e le *caldere* sono le forme vulcaniche che influenzano maggiormente la morfologia dell'area albana.

Le **forme negative**, infatti, sono tutte ben conservate con bordo craterico definito e forma praticamente invariata dal momento del collasso calderico. Un esame generale del Vulcano Laziale evidenzia una struttura calderica principale riferibile alla fase Tuscolano-Artemisia al cui interno è possibile individuare depressioni circolari secondarie relative a centri di emissione secondarie. Questi crateri sono dei *maar* connessi con gli ultimi cicli eruttivi e mostrano la classica forma di un edificio vulcanico ormai svuotato che molto spesso nasconde veri e propri inghiottitoi. Le depressioni di maggiore importanza sono quelle di Albano e Nemi (attualmente occupate dagli omonimi laghi), la valle di Ariccia (anch'essa con bordo craterico ben definito), la Valle di Castiglione, la Valle Marciana,

Giuturna, la depressione con ristagno idrico di Giulianello, Pantano Secco e Grata Porci. Le forme più piccole, considerate dei veri e propri crateri, si rinvengono soprattutto nel settore nord-occidentale del complesso vulcanico; le più importanti sono la Valle di Castiglione e la Valle Marciana (ad ovest di Grottaferrata). A sud-est si ritrova un'altra depressione con una forma rettangolare o ellittica, che ospitante un inghiottitoio, contiene il piccolo lago di Giulianello profondo 10 m e avente un'area di 0.121 km<sup>2</sup>.

Le **forme positive** (coni di scorie) sono abbondanti lungo il settore settentrionale del complesso vulcanico ed ospitano importanti nuclei insediati quali Monte Porzio Catone, Monte Compatri, Rocca Priora, Colonna; tali forme si trovano anche nella zona meridionale esterna al recinto vicino l'area dei laghi di Albano e Nemi. In questa zona i coni di Colle Tondo, Monte Pennolo, Colle delle Vacche e Monte Fiore sono rilevati, isolati e quindi facili da localizzare. Sull'orlo del muro, dalla parte interna, le scorie assumono forma conica come a Colle Iano (a Nord) e Monte Cavo (a Ovest); mentre Monte Vescovo nasce al centro della caldera.

Ciò che resta dell'apparato Tuscolano-Artemisio è una struttura a forma di ferro di cavallo, non completa nel settore SSW e con un'altezza massima di 921 m s.l.m. L'edificio delle Faete, al contrario, è notevolmente più piccolo e meglio conservato e raggiunge un raggio massimo di circa 2 km e una quota di 956 m s.l.m. In questo edificio si riconosce una depressione (Atrio della Molara) posta all'interno delle cime più elevate che mostra una forma anulare e una morfologia pseudo pianeggiante con quote medie nell'ordine di circa 650 m s.l.m.

I depositi litificati di flusso piroclastico spesso originano scarpate alte e ripide; quelli piroclastici scoriacei originano, invece, scarpate ad ampio raggio, dolci e poco acclivi.

L'ultimo fattore che ha modificato il paesaggio in modo assai sensibile è l'*attività antropica*. Le cave, sia attive che inattive già dai tempi dei Romani, e l'espansione urbanistica dell'ultimo secolo hanno influenzato in maniera evidente l'area dei Colli Albani.

## 6 - DATI GEOTECNICI E GEOFISICI

### 6.1 – INDAGINI REPERITE

I dati reperiti nel corso dello studio, opportunamente filtrati e reinterpretati in funzione del contesto geologico locale, sono stati inseriti all'interno del *database Cdl\_Tabelle*, secondo gli standard previsti dalle normative vigenti (D.G.R. 545/2010 e Standard di Rappresentazione e archiviazione informatica – Versione 2.0).

In dettaglio sono state archiviate n° 46 stratigrafie di sondaggio, analisi e prove di laboratorio eseguite su n° 32 campioni indisturbati di terreno, n° 19 prove penetrometriche dinamiche continue leggere e n° 2 prove penetrometriche dinamiche continue pesanti. Le indagini geofisiche consistono in n° 29 stendimenti MASW. Durante tale fasi si è riscontrato che le indagini reperite sono concentrate dal punto di vista spaziale in corrispondenza dei settori maggiormente antropizzati (settore nord del territorio comunale, località Cecchina, nucleo insediato di Pavona e porzioni di territorio oggetto di operazioni edilizie e Piani Attuativi). Ciò ha definito a livello comunale la presenza di areali totalmente scoperti dal punto di vista geognostico.

### 6.2 - ANALISI DELLE VIBRAZIONI AMBIENTALI

Nell'area esaminata sono state realizzate n° 43 misure di vibrazione ambientale allo scopo di:

- ottenere indicazioni in merito alla presenza di marcati contrasti d'impedenza nel sottosuolo;
- misurare le eventuali frequenze fondamentali di vibrazione ( $f_0$ ) dei depositi individuati dalle precedenti analisi;
- stimare lo spessore delle coperture sul substrato rigido e/o la velocità media di propagazione delle onde di taglio entro le coperture.

Per tali scopi si è utilizzata una singola stazione di misura costituita da tromometro triassiale digitale portatile del tipo TROMINO ZERO dotato di un sistema di acquisizione a 24 *bit* equivalenti.

Le misure sono state eseguite esclusivamente su terreno libero (escludendo mezzi artificiali quali asfalto o pavimentazioni), registrando il campo di vibrazioni ambientali per una durata totale di 16 minuti ed una frequenza di campionamento fissata in 128 sps.

I dati sono stati analizzati mediante la tecnica HVSR o di Nakamura (Nakamura, 2000; Sesame, 2005).

L'elaborazione delle tracce ha incluso le seguenti fasi:

- divisione delle registrazioni in finestre di ampiezza variabile (20 o 30s) in funzione della presenza di transienti distinti attraverso esame visivo della registrazione stessa;
- rimozione della deriva lineare eventualmente presente ed applicazione di un tapering del tipo coseno per una frazione pari al 5% della durata totale della finestra considerata;
- calcolo degli spettri delle tre componenti del segnale e lisciamiento mediante l'utilizzo di finestra mobile triangolare di estensione pari al 5% della frequenza centrale;
- calcolo dell'ampiezza spettrale della componente orizzontale come media quadratica delle due componenti orizzontali (N-S; E-W) e successivo calcolo del rapporto spettrale H/V per ciascuna finestra;
- calcolo della funzione HVSR quale media delle curve HVSR ottenute dalle singole finestre con il relativo intervallo di confidenza al 95%.

Al fine di verificare l'attendibilità delle funzioni HVSR ottenute e dei valori di  $f_0$  eventualmente osservabili, sono stati utilizzati i criteri fisico-statistici elaborati a seguito del progetto SESAME (Sesame, 2005); inoltre si è deciso di utilizzare la classificazione proposta da Albarello e Castellaro (2011) al fine di distinguere le elaborazioni ottenute sulla base di criteri più stringenti quali direzionalità ed eventuale presenza di rumore elettromagnetico. La classificazione ottenuta è sintetizzata nella tabella seguente.

Classe misura	Numero misure
A1	1
B1	19
B2	21
C	2

Le misure sono state distribuite sul terreno in maniera tale da caratterizzare tutte le unità geologico-tecniche distinte sulla base del rilevamento di terreno e dall'analisi delle informazioni ottenute dall'esame dell'archivio comunale. In particolare tale distribuzione spaziale vede concentrate le misure in corrispondenza delle aree maggiormente urbanizzate o di interesse a scopo di pianificazione del territorio ed una minore densità di misure in corrispondenza delle numerose aree agricole del comune.



## 7 - MODELLO GEOLOGICO-TECNICO DEL SOTTOSUOLO

In base agli elementi precedentemente illustrati è stato possibile elaborare il modello geologico-tecnico dell'area finalizzato agli studi di MS. Tale modello è sintetizzato nella Carta Geologico Tecnica comprensiva di sezioni geologico-tecniche di riferimento (cfr. MS00302). E' importante sottolineare come i rapporti geometrici tra le unità geologico tecniche individuate siano stati ricostruiti principalmente attraverso il rilevamento di terreno, l'esame dei dati di sondaggio archiviati (cfr. par. 8.1) e l'esame dei risultati ottenuti a seguito della campagna di misura delle vibrazioni ambientali.

In particolare sono state distinte 5 unità principali:

- Riporto;
- Detrito di versante;
- Depositi lacustri;
- Lave
- Depositi piroclastici.

La suddivisione delle unità geologico-tecniche si è fondata principalmente sulla consultazione dell'insieme di dati geognostici e sui risultati delle indagini HVSR realizzate. In particolare, la grande maggioranza della superficie comunale è costituita dall'affioramento dei termini vulcanici. Nella quasi totalità del territorio comunale, laddove risultano affioranti i depositi piroclastici, le analisi HVSR hanno evidenziato, ad eccezione di poche isolate indagini, l'assenza di picchi a frequenze inferiori al valore di circa 8 Hz. Tale evidenza può verosimilmente essere posta in relazione alla sostanziale assenza di discontinuità nel profilo di rigidezza entro i depositi vulcanici, fatta eccezione per una coltre di alterazione degli stessi con spessore stimato inferiore a 5 m. Questa è anche la principale ragione per cui non si è operata una distinzione, in termini di carta delle Microzone Omogenee in prospettiva sismica (cfr. 8.3), tra i litotipi vulcanici. In tale operazione si è fatta eccezione per l'unità delle lave, che rappresenta un livello litoide, verosimilmente ad elevata rigidezza, affiorante nella porzione meridionale del territorio, ed intercalato alle unità piroclastiche nel settore centrale e settentrionale. L'esame del valore di  $f_0$  per i pochi isolati punti in cui il massimo HVSR è compreso tra circa 6.5 e 7.5 Hz può essere posta in relazione con la presenza in tali punti isolati di una coltre superficiale di alterazione dei depositi piroclastici con spessore stimato inferiore a circa 10 m. La distribuzione spaziale di tali punti non ha permesso di definire un areale corrispondente all'affioramento di una unità rappresentata da tale coltre di alterazione.

Nel settore centrale del territorio, poco ad E dell'abitato di Albano Laziale, i depositi lacustri pleistocenici ed olocenici risultano sovrapposti ai termini della successione vulcanica. Purtroppo, per condizioni logistiche non è stato possibile determinare, mediante apposite misure HVSR, se il passaggio tra le unità succitate risulterebbe marcato da un contrasto d'impedenza sismica. Coltri di detrito e riporti antropici, sovrapposti stratigraficamente ai depositi vulcanici, sono stati identificati in ridotte porzioni di territorio rispettivamente poste a ridosso della sponda del Lago di Albano e a S della località La Massimetta, al margine SW del comune.

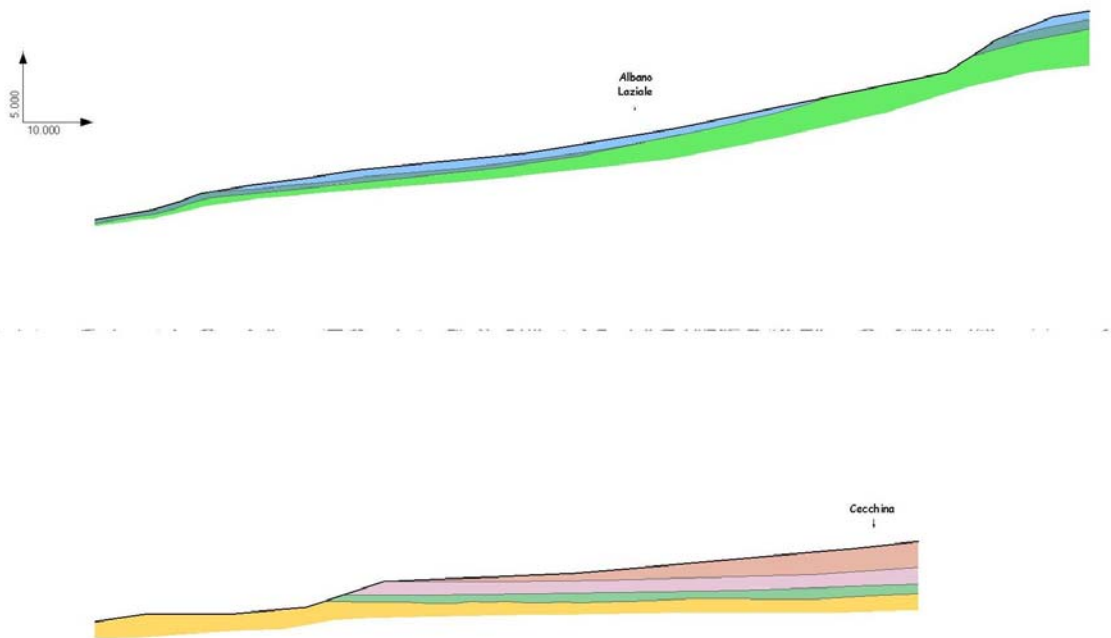


Figura 7.1: Sezioni schematiche lungo allineamento di direzione circa WSW-ENE e SW-NE.

## 8 - ELABORATI CARTOGRAFICI

### 8.1 - CARTA DELLE INDAGINI

In tale elaborato sono sintetizzate le informazioni ottenute dalla consultazione delle varie basi di dati esaminate ed archiviati secondo lo standard di informatizzazione predisposto dal Dipartimento della Protezione Civile Nazionale<sup>1</sup>. In particolare la carta in oggetto rappresenta la distribuzione spaziale su carta topografica in scala 1:10.000 (CTR Regione Lazio - Elementi nn° 388010, 388050, 387120, 387080) delle informazioni di ubicazione delle indagini riassunte in tabella 8.1.1.

TIPOLOGIA INDAGINE	NUMERO DELLE INDAGINI	PROFONDITÀ INVESTIGATA DAL P.C. [M]
Sondaggi	46	6.5-40
Sondaggi con campioni analizzati in laboratorio	32	3.0-19.5 *
SPT	83	2-28.45
Prova penetrometrica dinamica leggera	19	3.4-7.7
Prova penetrometrica dinamica pesante	2	5
HVSR	43	
MASW	29	1-30

\*Profondità riferita al campione

Tabella 8.1.1: Sintesi delle informazioni riportate nella Carta delle indagini

In particolare la distribuzione spaziale delle indagini risulta molto disomogenea. Ad eccezione delle misure delle vibrazioni ambientali, descritte al par. 6.2, le misure geotecniche si concentrano principalmente nelle aree del territorio comunale caratterizzate da una intensa antropizzazione sia in termini di unità abitative, strutture adibite ad attività e servizi o areali destinati ad espansione urbanistica. Tali aree sono ubicate a nei settori settentrionali del territorio ed ospitanti l'agglomerato urbano principale, in prossimità i località Cecchina e in corrispondenza del nucleo insediato di Pavona. Le indagini sono principalmente sondaggi con prelievo di campioni a basso grado di disturbo, SPT e prove penetrometriche dinamiche continue. Le analisi geotecniche prevalenti, sondaggi e prove

<sup>1</sup> Standard di rappresentazione e archiviazione informatica. Specifiche tecniche per la redazione in ambiente gis degli elaborati cartografici della Microzonazione Sismica. *Versione 2.0*. Commissione Tecnica per il monitoraggio degli studi di Microzonazione Sismica (articolo 5, comma 7 dell'OPCM 13 novembre 2010, n. 3907).

penetrometriche dinamiche leggere, si differenziano per le profondità investigate in quanto, mentre le prime raggiungono prevalentemente profondità maggiori o uguali a 30 m, le seconde raramente superano i 5-6 m di spessore investigato. Le uniche prove geofisiche archiviate, stendimenti MASW, si concentrano nei settori destinati ad espansione urbanistica.

### **8.2 - CARTA DELLE FREQUENZE FONDAMENTALI**

L'elaborato rappresenta il risultato delle misure di vibrazioni ambientali realizzate nell'area. Tali risultati sono espressi in termini di valore di  $f_0$  oppure dalla dicitura N.P., ad indicare l'assenza di risonanza nell'ambito di una misura ritenuta affidabile. Inoltre l'affidabilità stessa delle singole misure viene rappresentata nell'elaborato tramite tre diversi cromatismi riferiti alla classificazione adottata (Albarelli e Castellaro, 2011) e già descritta al precedente par. 6.2.

Le postazioni di misura sono rappresentate in sovrapposizione alla carta geologico-tecnica in scala 1:10.000 predisposta nell'ambito di questo studio.

### 8.3 - CARTA DELLE MICROZONE OMOGENEE IN PROSPETTIVA SISMICA

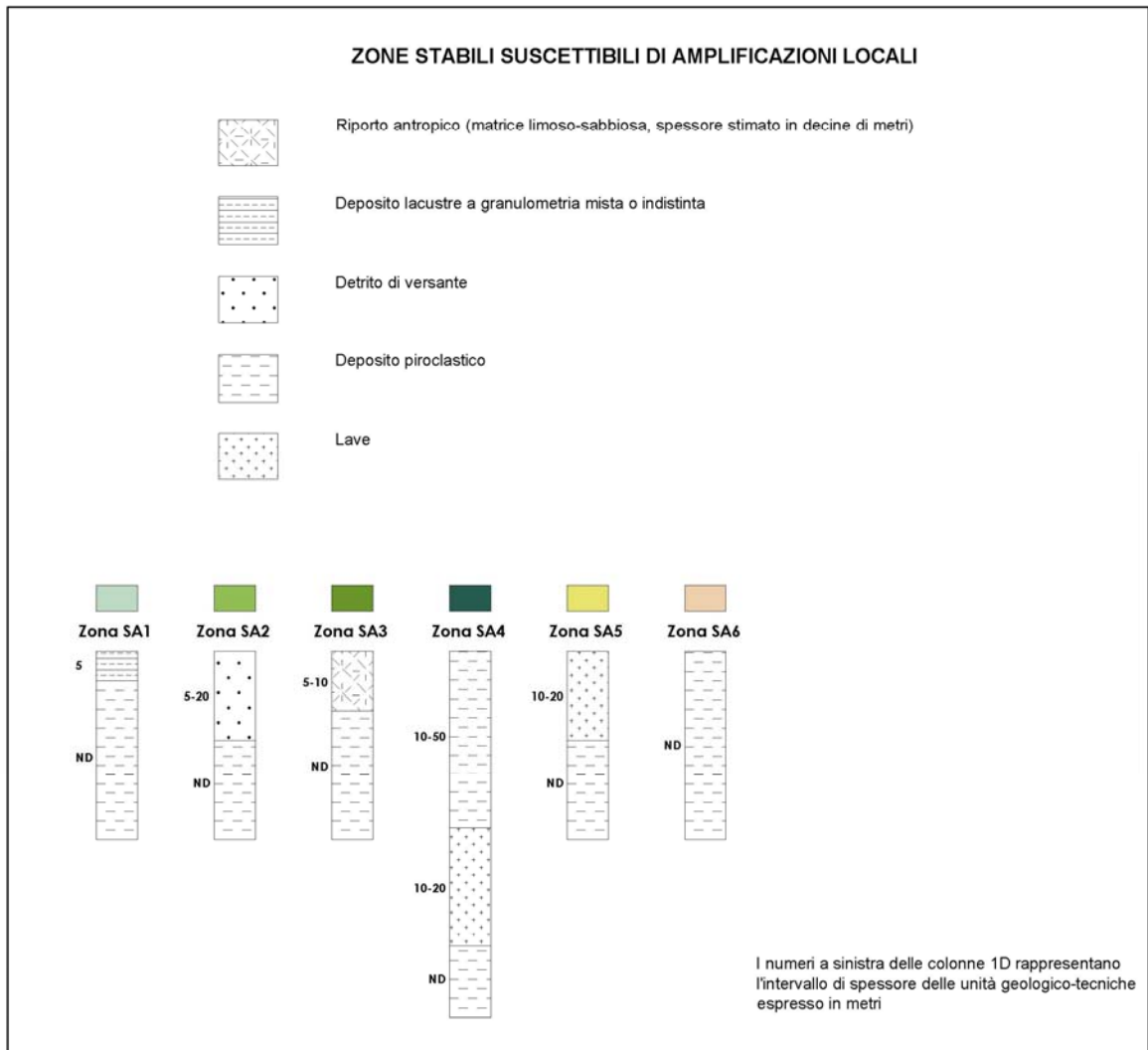


Fig. 8.3.1: Modelli monodimensionali delle singole microzone omogenee stabili suscettibili di amplificazione.

A seguito dello studio sin qui descritto, nel territorio comunale sono state distinte, n° 6 microzone omogenee stabili suscettibili di amplificazione locale (SA).

Le zone vengono di seguito descritte:

#### **ZONE STABILI SUSCETTIBILI DI AMPLIFICAZIONI**

##### **SA1**

La zona SA1 presenta estensione limitata ed è sintetizzabile attraverso la presenza di depositi lacustri potenti fino a circa 5 m, in sovrapposizione a depositi piroclastici (fig. 8.3.1). Essa si ritrova nella porzione centrale del territorio comunale, nei versanti interni del Lago di Albano ed in corrispondenza del settore di confine con il comune di Ariccia.

##### **SA2**

La zona SA2 presenta estensione molto modesta e poco significativa e si individua il corrispondenza di un limitato settore posto nei versanti interni del bacino di Albano. La microzona è caratterizzata da un modello monodimensionale del sottosuolo contraddistinto dalla presenza di depositi detritici di spessore compreso tra 5-20 m in sovrapposizione ai depositi piroclastici (fig. 8.3.1).

##### **SA3**

Analogamente al caso precedente, la zona SA3 presenta una estensione molto limitata e di scarso interesse ai fini del presente approfondimento. Essa è caratterizzata da modello esemplificativo del sottosuolo contraddistinto dalla presenza di depositi antropici di riporto con spessore prossimo ai 10 m su termini piroclastici. Gli unici areali contraddistinti da tale modello si ritrovano nella porzione meridionale del territorio comunale.

##### **SA4**

La zona SA4 (fig. 8.3.1) è sintetizzabile attraverso una colonna rappresentativa costituita dalla presenza di depositi piroclastici poligenici e polifasici intercalati da un orizzonte di lava spesso circa 20 m, riferibile alla formazione di Madonna degli Angeli. La microzona in oggetto è quella maggiormente rappresentata sul territorio comunale ed interessa numerose aree insediate e le arterie di comunicazione. In dettaglio essa è stata individuata in corrispondenza del centro urbano di Albano Laziale, in località Cecchina, Stazione di Cancelliera e Pavona.

##### **SA5**

La zona SA5 (fig. 8.3.1) è sintetizzabile attraverso una colonna rappresentativa costituita dalla sovrapposizione dell'unità lavica della Formazione di Madonna degli Angeli, con spessore prossimo ai 20 m, sulle sottostanti piroclastiti. Essa si ritrova in corrispondenza dei versanti posti nel settore meridionale del territorio comunale, in località Pian Savelli, Sodano e Quarto Roncigliano. La microzona in oggetto interessa aree insediate, come il nucleo insediato di Pavona, e le arterie di comunicazione.



### **SA6**

La zona SA6 (fig. 8.3.1) è stata sintetizzata mediante una colonna monodimensionale contraddistinta dalla presenza di depositi piroclastici poligenici e polifasici. Tale microzona è individuabile nei settori meridionali del territorio comunale, in località S. Maria Fornarola, Quarto Casette, Tenuta la Massimetta e Montagnano. Le aree risultano urbanizzate ed interessate da vie di comunicazione.

## 9 - INTERPRETAZIONI E INCERTEZZE

Al termine delle presenti note appare opportuno effettuare delle considerazioni sulle informazioni reperite e sui risultati ottenuti in modo da fornire indicazioni per i successivi livelli di MS ed elencare le incertezze scaturite a seguito del presente lavoro.

Il modello geologico-tecnico elaborato risulta affidabile in quanto il riconoscimento delle unità geologiche ed i loro rapporti stratigrafici è stato ottenuto mediante il rilevamento di campagna e l'analisi dei dati geognostici di archivio.

L'intero territorio comunale di Albano Laziale mostra la presenza di areali potenzialmente suscettibili di fenomeni amplificativi del moto sismico in conseguenza dell'assetto litostratigrafico. Difatti, nessuna tra le indagini reperite per l'area ha permesso di individuare delle zone stabili non suscettibili di amplificazione locale del moto sismico o la profondità del substrato rigido. La classificazione adottata è condizionata dalla scarsità, e comunque sostanziale inaffidabilità, delle indagini MASW reperite nell'area ed in particolare per la zona SA5. Difatti, considerato che l'unità geologico-tecnica delle lave si rappresenta quale orizzonte litoide con spessore stimato di circa 20 m in affioramento nella zona SA5, si potrebbe ragionevolmente ipotizzare che la VS30 nell'area in oggetto sia maggiore o uguale al valore di 700 m/s, ovvero il valore soglia per cui una zona viene classificata come zona stabile non suscettibile di amplificazione. In tal caso si verrebbe a determinare un ampio settore del territorio non suscettibile di amplificazione locale del moto. Pertanto, si suggerisce, in eventuali studi a maggior livello di approfondimento, di realizzare apposite campagne di misura geofisiche volte alla caratterizzazione dinamica dell'unità delle lave, ovvero alla verifica dell'ipotesi suddetta.

E' importante sottolineare che le misure HVSR non hanno evidenziato la possibile presenza di un marcato contrasto d'impedenza sismico all'interno dell'unità vulcanica nel territorio comunale. In tale contesto si sottolinea che le condizioni morfo-stratigrafiche presenti in larga parte del territorio, per lo più caratterizzate da debole acclività, risultano assimilabili a monodimensionali e di conseguenza, nei successivi livelli di approfondimento, si consiglia il ricorso ad approcci 1D.

L'esame dei dati reperiti rivela, come già sottolineato, una marcata scarsità di indagini geofisiche; ciò comporta notevoli carenze in termini di dati di velocità di propagazione delle onde di taglio nel sottosuolo. In particolare si nota l'assenza di indagini sismiche in foro tipo Cross-hole e Down-hole. Inoltre, risultano assenti dati ottenuti da analisi cicliche di laboratorio necessari per la realizzazione di simulazioni numeriche ai fini di una quantifica-

zione dell'amplificazione del moto previste per gli studi di MS di livello 3.

Per quello che concerne la "Procedura semiquantitativa per stabilire la classe di qualità della carta di livello 1 di MS" proposta nei "Contributi per l'aggiornamento degli ICMS 2008" è stato ottenuto un valore del Fattore di Qualità pari a 55.6%. Nel dettaglio è stato possibile riscontrare che la cartografia geologica è di ottima qualità in quanto è stato svolto un rilevamento ad *hoc* che soddisfa i criteri proposti per oltre il 90%; i sondaggi a carotaggio continuo soddisfano le condizioni al 44%, ma è importante sottolineare, come già scritto, che non è presente una copertura spaziale omogenea; le indagini geotecniche e quelle geofisiche sono scarse e mostrano un indice inferiore al 30%; le misure di frequenza di sito sono state realizzate in grande numero e con una sufficiente copertura territoriale; la percentuale ottenuta, pari al 41%, si spiega con la grande quantità di misure classificate in categoria B (affidabilità intermedia).

Palestrina (RM), febbraio 2013

IL RESPONSABILE

Dott. Geol. Massimiliano Carelli

IL GRUPPO DI LAVORO

Dott.ssa Mariaelena Lulli

Dott. Geol. Matteo Costantino

## 10 - BIBLIOGRAFIA

Albarelo D. e Castellaro S. (2011). Tecniche sismiche passive: indagini a stazione singola. Supplemento alla rivista Ingegneria Sismica - anno xxviii n. 2, 2011.

Amato, A., and C. Chiarabba 1995 Earthquake occurrence and crustal structure. In: Trigila, R. (ed), The Volcano of the Alban Hills, Roma, 193-211.

Amato, A., and C. Chiarabba 1995 Recent uplift of the Alban Hills Volcano (Italy): evidence for magmatic inflation?. *Geophys. Res. Lett.*, 22, 15, 1985-1988.

Basili R., G. Valensise, P. Vannoli, P. Burrato, U. Fracassi, S. Mariano, M.M. Tiberti, E. Boschi (2008), The Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), version 3: summarizing 20 years of research on Italy's earthquake geology, *Tectonophysics*, doi:10.1016/j.tecto.2007.04.014

Boni C., Bono P., Calderoni G., Lombardi S. e Turi B. (1980). Indagine idrogeologica e geochemica sui rapporti tra ciclo carsico e circuito idrotermale nella pianura pontina (Lazio meridionale). *Geol. Appl. e Idrogeologia*, 15: 203-247.

Camassi R. e Stucchi M. (1997). NT4.1.1, un catalogo parametrico di terremoti di area Italiana al di sopra della soglia del danno. G.N.D.T., rapporto interno, Milano, 95 pp..

Chiarabba C., Amato A. e Delaney P.T. (1997). Crustal structure, evolution, and volcanic unrest of the Alban Hills, central Italy. *Bull. Volcanol.* 59: 161-170.

De Rita D., Funiciello R. e Parotto M. (1988) – Carta geologica del Complesso vulcanico dei Colli Albani, scala 1:50.000. C.N.R. 1992, *Volcanica activity and drainage network evoluto of Alban Hills (Rome, Italy)*. *Acta Vulcanologica*, Marinelli, vol 2: 185-198.

De Rita D., Faccenna M., Funiciello R. e Rosa C. (1995). Stratigraphy and Volcano-Tectonics.

Del Mese S., Di Giovambattista R., Tertulliani A. e Tomassi P. (2001). Il terremoto di Palestrina del 17 luglio 1844. Revisione dopo il ritrovamento di un documento inedito. Pubblicazione interna del Circolo Culturale Prenestino "R. Simeoni" n° 35.

DISS Working Group (2010). Database of Individual Seismogenic Sources (DISS), Version 3.1.1: A compilation of potential sources for earthquakes larger than M 5.5 in Italy and surrounding areas. <http://diss.rm.ingv.it/diss/>, © INGV 2010 - Istituto Nazionale di Geofisica e Vulcanologia - All rights reserved.

Faccenna C., Funiciello R. e Marra F. (1996). Inquadramento geologico-strutturale dell'area romana. *Geologica Romana*: 32-112.

Fornaseri M., Scherillo A. e Ventriglia U. (1963). La regione vulcanica dei Colli Albani. CNR Roma.

Funiciello R. e Parotto M. (1978). Il substrato sedimentario nell'area dei Colli Albani: considerazioni geodinamiche e paleogeografiche sul margine tirrenico dell'appennino centrale. *Geologica Romana*, 17: 233-287.

Giordano G., De Benedetti A.A., Diana A., Diano G., Gaudio F., Marasco F., Miceli M., Mollo S., Cas R.A.F. e Funiciello R. (2006). The Colli Albani mafic caldera (Roma, Italy): Stratigraphy, structure and petrology. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 155 (2006) 49-80.

Gruppo di lavoro SPTI (2004). Catalogo parametrico dei terremoti italiani, versione 2004 (CPTI04), INGV, Bologna. <http://emidius.mi.ingv.it/cpti04/>

Gruppo di lavoro MS, 2008. Indirizzi e criteri per la Microzonazione Sismica. Conferenza delle regioni e delle province autonome - Dipartimento della Protezione Civile, Roma, 3 vol. E dvd.

D.G.R. del 26 novembre 2010, n° 545 "Approvazione Linee Guida per l'utilizzo degli Indirizzi e Criteri generali per gli studi di Microzonazione Sismica nel territorio della Regione Lazio di cui alla D.G.R. n° 387/2009. Modifica della D.G.R. n° 2649/1999" pubblicata sul B.U.R.L. n° 48 del 28 dicembre 2010, Supplemento ordinario n° 22.

Karner D.B., Marra F. e Renne P.R. (2001<sup>o</sup>). The history of the Monti Sabatini and Alban Hills volcanoes: groundwork for assessing volcanic-tectonic hazards for Rome. *Journal of Volcanology and Geothermal Research* 107: 185-219.

Karner D.B., Marra F., Florindo F. e Boschi E. (2001b). Pulsed uplift estimated from terrace elevations in the coast of Rome: evidence for a new phase of volcanic activity? *Earth and Planetary Science Letters* 188: 135-148.

Meletti C., Patacca E., Scandone P., (2000a). Construction of a seismotectonic model: the Case of Italy. *Pageoph*, 157, 11-35.

Nakamura Y. (1989). A method for dynamic characteristics estimation of subsurface using microtremor on the ground surface. *Quarterly report of railway technical research institute (rtri)*, 30(1), february 1989.

Nakamura Y.(2000). Clear identification of fundamental idea of Nakamura's technique and its applications. In *proceedings of the 12th world conference on earthquake engineering*, Auckland, New Zeland, 2000.

Salvini F. e Tozzi M. (1986). Evoluzione tettonica recente del margine tirrenico dell'appennino centrale in base a dati strutturali: implicazioni per l'evoluzione del mare Tirreno. *Mem. Soc. Geol. It*, 36: 233-241.

Sesame (2005). Guidelines for the implementation of the h/v spectral ratio technique on ambient vibrations measurements, processing and interpretation [1], 62 pages.

Spadea, M. C., M. Vecchi, P. Gardellini and S. Del Mese 1985 The Nemi earthquake of August 26, 1806. *Atlas of Isoseismal Maps of Italian Earthquakes*, D. Postpischl, CNR-PFG, Quaderni de "La Ricerca Scientifica", 114.

Stucchi M. et al. (2007). DBMI04, il database delle osservazioni macrosismiche dei terremoti italiani utilizzate per la compilazione del catalogo parametrico CPTI04. <http://emidius.mi.ingv.it/dbmi04/>. Quaderni di geofisica, vol 49, pp.38.

Villa M., Calanchi N., Dinelli E. e Lucchini F. (1999). Age and evolution of the Albano crater lake. *Acta Vulcanologica* 11: 305-310.

Trigila R. (1995). The volcano of Alban Hills. University of Roma "La Sapienza".